



**KLÍMAVÁLTOZÁS**

**TÁRSADALOM**

**GAZDASÁG**

**Hosszú távú területi folyamatok és  
trendek Magyarországon**

**Szerkesztette:  
Czirfusz Márton, Hoyk Edit, Suvák Andrea**



**Klímváltozás - társadalom - gazdaság**  
Hosszú távú területi folyamatok és trendek Magyarországon



# **Klímaváltozás – társadalom – gazdaság**

## Hosszú távú területi folyamatok és trendek Magyarországon

Szerkesztette  
*Czirfusz Márton, Hoyk Edit, Suvák Andrea*

Pécs, 2015

A projekt izlandi, liechtensteini és norvégiai támogatásból valósul meg. A jelen kötet kiadása Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a REC-en keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásával valósult meg. A könyv tartalmáért az MTA KRTRK felelős.

<http://nater.rkk.hu>

<http://eeagrants.org>

<http://eea.rec.org>



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER



MA GYARORSZÁG HOSSZÚ TÁVÚ TÁRSAD ALMI ÉS  
GAZDASÁ GI FEJLŐDÉSI PÁLYÁJÁNAK ELŐREJELZÉSE

## **Klímaváltozás – társadalom – gazdaság**

Hosszú távú területi folyamatok és trendek Magyarországon

*Szerkesztette: Czirfusz Márton, Hoyk Edit, Suvák Andrea*

Design, layout: IDResearch Kft. / Publikon Kiadó

Nyomda: Molnár Nyomda, Pécs

Kiadta a Publikon Kiadó.

ISBN: 978-615-5457-62-3

2015 © Czirfusz Márton, Hoyk Edit, Suvák Andrea

2015 © Szerzők

A kötet szerzői jogi védelem alatt áll, a kiadványt vagy egyes részeit felhasználni, másolni, sokszorosítani, továbbadni kizárólag a kiadó engedélyével lehet.

**publikon**  
KIADÓ

[www.publikon.hu](http://www.publikon.hu)

# Tartalom

Bevezetés <i>Czirfusz Márton – Hoyk Edit – Suvák Andrea</i>	7
<b>KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS TÁRSADALMI-GAZDASÁGI MODELLEZÉS – ELMÉLETI VITÁK ÉS LEHETŐSÉGEK</b>	
A területi modellezés Magyarországon 1945 és 1990 között <i>Lux Gábor</i>	13
Társadalmi-gazdasági folyamatok modellezése 1990 után <i>Baranyai Nóra</i>	31
Európai tapasztalatok a társadalmi-gazdasági modellezésben <i>Honvári Patrícia – Jóna László – Lados Mihály – Monostori Ádám – Schuchmann Júlia – Szörényiné Kukorelli Irén – Tóth Marcell</i>	49
A klímamodellezés nemzetközi eredményei <i>Kovács András Donát</i>	67
A magyarországi klímamodellek <i>Hoyk Edit</i>	91
Klímamodellek a társadalmi alkalmazkodásban – A sérülékenységvizsgálatok hazai eredményei és tapasztalatai <i>Uzzoli Annamária</i>	109
A klímaváltozás megjelenése a gazdasági modellezésben <i>Zsibók Zsuzsanna</i>	127
<b>MAGYARORSZÁG TÁRSADALMI-GAZDASÁGI FEJLŐDÉSE – MODELLEZÉSI KÍSÉRLETEK A TERÜLETI KUTATÁSOK SZÁMÁRA</b>	
Járási népesség-előreszámítás 2051-ig <i>Tagai Gergely</i>	141
A magyarországi népesség „status quo” morbiditási és mortalitási jövőképe 2016 és 2051 között <i>Király Gábor</i>	167

## TARTALOM

A deprivációs folyamatok területi képe Magyarországon <i>Koós Bálint</i>	179
A földhasználat-változás modellezése és előrejelzése Magyarországon <i>Farkas Jenő – Lennert József</i>	193
A magyar gazdaság két forgatókönyve 2016 és 2050 között – A klímaváltozás figyelembevételének lehetőségei <i>Zsibók Zsuzsanna – Sebestyén Tamás</i>	223
A lakosság klímaváltozással kapcsolatos attitűdjének empirikus vizsgálata <i>Baranyai Nóra – Varjú Viktor</i>	257
<b>FOGALOMTÁR</b>	285
<b>A KÖTET SZERZŐI</b>	301



# Bevezetés

*Czirfusz Márton – Hoyk Edit – Suvák Andrea*

Napjainkra a klímaváltozás ténye beépült a köztudatba. A váratlan időjárási eseményekkel, az okozott károk bemutatásával a médiában napi szinten találkozhatunk. Sokan azonban továbbra is kívülállóként szemlélik az eseményeket, arra hivatkozva, hogy az egyes embernek az időjárásra, az éghajlat alakulására nincsen hatása, másrészt a tágabb összefüggések meglehetősen ismeretlenek a közvélemény előtt.

Mértékadó vélemények szerint azonban az antropogén tevékenység káros hatásait akár egyéni szinten is lehet mérsékelni, valamint rendkívül fontos, hogy a bekövetkező változásokhoz megfelelő módon tudjunk alkalmazkodni. Ehhez első körben fel kell tárni a klímaváltozás társadalmi-gazdasági életben érvényesülő következményeit.

Kötetünkben az ebből az igényből fakadó munka eredményeit foglaljuk össze. Az itt megjelenő tanulmányok a Magyarország hosszú távú társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése című projekt keretében elvégzett feladatok eredményeit mutatják be. Célunk, hogy középtávon – 2050-ig – modellezzük három társadalmi-gazdasági terület alakulását;

- a várható demográfiai változásokat,
- a földhasználat változását, valamint
- a gazdasági folyamatokat

a klímaváltozás előrejelzett eredményeinek felhasználásával, valamint a lakosság klímaváltozással kapcsolatos attitűdjeit is felmérjük. Mindazonáltal a klímaváltozás és az emberi tevékenységek kölcsönös oda- és visszahatása olyan komplex folyamatokat eredményez, amelyek teljes körű modellezésével globális léptékű szervezetek küzdenek. A mi munkánk célja az volt, hogy egyes összefüggések kiragadásával Magyarországra és az ország térségeire vonatkozóan mutassunk be olyan valószínű változásokat, amelyek a legégetőbb problémák és a legsérülékenyebb területek és társadalmi csoportok körvonalazásával támpontot adhatnak a helyi és országos szintű döntéshozók gyors és körültekintő, az alkalmazkodást elősegítő beavatkozásaihoz. Munkánk során törekedtünk a minél részletesebb területi lépték elérésére, így eredményeinket megyei, járási, illetve – a földhasználati modellezés esetében – 250×250 m-es rácshálóra vonatkozó bontásban mutatjuk be.

A kutatás fő kimenete, hogy az EGT Alapok által támogatott Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz program részeként a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet által

fejlesztett Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszerbe (NATÉR) társadalmi-gazdasági adatokat szolgáltat, amelyek a szakpolitikai döntéshozást segítik a klímaváltozás hatásaira való felkészülésben. A nyolc hónapos kutatás keretében szakirodalmi feltárást végeztünk a területi társadalmi-gazdasági modellezés és a klímaváltozás kapcsolatairól, módszertani fejlesztést hajtottunk végre és néhány tématerületre 2050-ig számoltunk előre társadalmi-gazdasági mutatókat. A kutatás a rövid megvalósítási időtáv miatt nyilvánvalóan csupán az első lépése lehetett annak a munkának, amely a szélesebb akadémiai tudás és a szakpolitikai tudások összehangolásával elősegítheti a klímaváltozásra való, a területi különbségeket is figyelembe vevő felkészülést.

A kötet és maga a kutatás is természetesen nagyban épített az MTA KRTK Regionális Kutatások Intézetében a korábbiakban felhalmozott akadémiai és szakpolitikai tudásokra, valamint más hazai és nemzetközi kutatóhelyek korábbi eredményeire. A kötet közreadásával reményeink szerint a tudományos és a társadalmi párbeszédet is tovább tudjuk vinni; ezt elsődleges fontosságúnak tartjuk a klímaváltozáshoz kapcsolódóan a környezeti és térbeli igazságosság megteremtése, valamint a klímaváltozáshoz kapcsolódó társadalmi egyenlőtlenségek csökkentése érdekében.

A kötet két nagyobb részből áll, amely a kutatás során végzett munka felépítését is tükrözi. Az első, irodalomfeltáró részben a klímaváltozás és a társadalmi-gazdasági modellezés kölcsönkapcsolatait vizsgáljuk. A második rész a saját modellező munkánkat mutatja be, a három fő tématerületre (demográfia, földhasználat, gazdaság) vonatkozóan. A kérdőíves felmérés eredményeinek bemutatására is ebben a blokkban kerül sor.

Az első tanulmány Lux Gábortól a történeti előzmények felvillantásával áttekinti a területi modellezés magyarországi történetének főbb csomópontjait és dilemmáit, ezzel érzékeltetve, hogy a társadalmi-térbeli folyamatok előrejelzése és tervezése nem új keletű problémakör a szakpolitika-alkotásban. Baranyai Nóra az 1990 utáni magyarországi társadalmi-gazdasági modelleket, azok módszertanait és eredményeit foglalja össze. Az ezt követő fejezet az európai szintű társadalmi-gazdasági modellezések eredményeiből közöl áttekintést: ez a területi lépték, vagyis az európai uniós szintű közpolitikák vélhetően a hazai területi folyamatok alakulásában is meghatározó szerepet fognak betölteni a következő évtizedekben.

Az ezt követő tanulmányok a klímaváltozás modellezése felől néznek rá a társadalmi-gazdasági jövőbeli folyamatokra. Kovács András Donát a klímaváltozás modellezésének főbb csomópontjait tekinti át, különös tekintettel a leskálázási kérdéskörre és a társadalmi válaszokra. Hoyk Edit a magyarországi klímamodellek eredményeit mutatja be tanulmányában. A klímaváltozás és a társadalmi-gazdasági folyamatok kapcsolatrendszerét Uzzoli Annamária az éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálatok főbb megállapításainak összefoglalásával szemlélteti. A rész utolsó tanulmánya Zsibók Zsuzsannától a klímaváltozás hatásának mérését tárgyalja a gazdasági-ökonometriai modellezésben, nemzetközi szinten.

A második nagy tartalmi blokk tanulmányai közül az első három a népeiséget érintő változásokkal foglalkozik. Tagai Gergely egy járási szintre lebontott demográfiai modell előrejelzései alapján a 2051-ig várható népeiségi trendekről ír, amelyet Király Gábor tanulmánya egészít ki a várható mortalitás és morbiditás mutatóiról, amelyek a klímaváltozás hatásait egyébként nem mérő demográfiai modellhez képest mutatják ki a népeiség nagyságát, nemi és korösszetételét befolyásoló, a klímaváltozással bizonyos hatásaira beálló változásokat. Koós Bálint deprivációs index kidolgozásával azonosítja a klímaváltozás negatív hatásait a legkevésbé kivédeni képes társadalmi csoportokat és bemutatja azok területi megoszlását.

Farkas Jenő és Lennert József az általuk a Land Change Modeller szoftverben készített földhasználat-változási modellt mutatja be, amelynek segítségével 2051-ig a különböző földhasználati kategóriákban várható változások jelezhetők előre.

Sebestyén Tamás és Zsibók Zsuzsanna megyei szintre is lebontott országos makromodell segítségével fest képet a főbb makrogazdasági mutatók 2051-es helyzetéről. Modelljükbe a klímaváltozás egyes hatásait is beépítették, és az így kapott modellfuttatással lehetőség van a klímaváltozással számoló és az azt figyelmen kívül hagyó scenáriók összehasonlítására.

Egyik modell sem számol a társadalmi-gazdasági rendszerek – alulról vagy kormányzati szintről generált – időközbeni alkalmazkodásával, így a tanulmányok arra hívják fel a figyelmet, milyen problémákkal kell szembenézni 35 év múlva, amennyiben nem történik a klímaváltozáshoz való adaptációt elősegítő beavatkozás.

A blokk és egyben a kötet utolsó fejezetében Varjú Viktor és Baranyai Nóra a lakosság klímaváltozáshoz köthető ismereteit, tudatosságát és alkalmazkodási készségét feltérképező kérdőíves elemzés eredményeit mutatja be. A kérdőív fontos kiegészítése az adaptációval nem számoló gazdasági és demográfiai modellnek, hiszen a lakosság saját erőből való alkalmazkodásának várható mértékére és mikéntjére vonatkozó következtetéseket fogalmaz meg.

A kötetet a munkánk során és a tanulmányokban felmerült legfontosabb kifejezéseket tartalmazó fogalomtár zárja.

A kutatás eredményeit részletesebben a <http://nater.rkk.hu> oldalról letölthető tanulmányokból lehet megismerni, az általunk létrehozott adatbázisok pedig 2016 tavaszától a NATÉR részévé válnak és hozzáférhetőek lesznek a <http://nater.mfgi.hu/> oldalon.

Budapest–Kecskemét–Pécs, 2015. december

*A szerkesztők*



**KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS TÁRSADALMI-  
GAZDASÁGI MODELLEZÉS –  
ELMÉLETI VITÁK ÉS LEHETŐSÉGEK**



# A területi modellezés története Magyarországon 1945 és 1990 között

Lux Gábor

## Bevezetés

A fejezet az államszocialista fejlesztéspolitika, a területi tervezés, valamint a területi modellezés összefüggéseivel foglalkozik, bemutatva a fejlesztéspolitika hierarchikus célrendszerét, amely maga is jelentős átalakuláson ment keresztül a tervutasításos rendszertől az 1960-as évek reformkísérletein át a tervezés 1980-as években bekövetkezett *de facto* széthullásáig. Ismerteti, hogy a formálisan mindig érvényesülő három- és ötéves tervezés valójában eltérő tervezési gyakorlatok keveréke volt, amelyben a komplex területi tervezés szempontjai a termeléscentrikus, politikai és katonai céloknak is alávetett iparpolitika; a műszaki orientációjú vállalati üzleti tervezés; valamint a szociálpolitikai célokat szolgáló szakpolitikák alá rendelve, azok korrekciós eszközeként működtek. A fejezet foglalkozik a modellezés inputoldalának problémáival, így a tervezés információs rendszerének (pl. a felhasznált mutatók és az árrendszer) hiányosságaival és ismert torzító hatásaival; hasonlóképpen azzal, hogy milyen tényezők hátráltatták a modellezés eredményeinek hatékony felhasználását. Ezzel együtt bemutatja a területfejlesztés és területi modellezés eszköztárának és szemléletének fejlődését, a modellezés módszertanának bővülését, amelyeknek eredményei a területi elemzésekben, részben a kidolgozott tervkoncepciókban, részben pedig a gazdaságpolitikai cselekvésben is megjelentek.

## A területi modellezés történeti áttekintése

### *A gazdasági tervezés működése*

Az államszocialista fejlesztéspolitika 1945 utáni intézményei és gyakorlatai fokozatosan alakultak ki, a szovjet modellt követve, de integrálva a háború során már „bevetté vált” gyakorlatokat is. A központi tervezés totálissá válásával és az ellátandó feladatok szaporodásával nem a döntési rendszer egységesülése, hanem pont ellenkezőleg, *fragmentációja* következett be, egyre több párhuzamos testület

vett bennük részt. A központi apparátusok felduzzasztásával párhuzamosan a helyi szervek döntéshozatali önállósága radikálisan csökkent: a döntések végrehajtóiként mindennapos elosztási problémák kezelésével foglalkoztak.

A termeléscentrikus, hadiipari szempontokat előtérbe helyező, a településhierarchia mentén is diszkriminatív fejlesztéspolitika a lokális fejlődési jegyek létezését tagadó, természetátalakító terveket alkotó földrajzi nihilizmus talaján állt, vagyis semmiféle tekintettel nem volt saját környezetére (Hajdú 1999). A reáljövedelmek csökkenését eredményező és az emberek mindennapi életkörülményeit is megrontó tervgazdálkodás diszfunkcióinak korrigálása vagy részleges oldása az 1960-as és 1970-es években a reformszocializmus programjának központi elemévé vált. Mivel a gazdaság területi egyenlőtlenségeit a korban az ipar befolyásolta legerősebben, a legfontosabb területfejlesztési eszköz szerepét is elsősorban ez töltötte be. Magyarországon az iparcentrikus területfejlesztési politika két iránya vált meghatározóvá:

- az ipar szervezeti koncentrációja, amellyel többtelephelyes, magasabb önállósággal rendelkező és egyre erősebb lobbijerű iparvállalatok, vállalati konglomerátumok jöttek létre, és végeztek részben önálló tervező-fejlesztő tevékenységet;
- vidéki ipartelepítési kampányok a főváros tehermentesítésére és az elmaradott területek fejlesztésére.

A „tervezés” legrosszabb formájában nem takart tényleges komplex tervezési tevékenységet, hanem a politikai kommunikáció eszköztárához tartozó, a minduntalan változó célokat követő *ad hoc* politikai cselekvés indoklásaként (igazolásaként), esetleg utólagos támogatásaként alkalmazott, bőséges Marx- és Lenin-idézetekkel ellátott eszközzé süllyedt. A tervutasításos rendszer lazulásával a szocialista reformkísérletek esetében is fennmaradt a politikai döntések és az irányítási rendszer elsőbbségére helyezett hangsúly. Friss István, aki az 1950-es években az erőltetett országos iparosítási tervek egyik kimunkálója, a reformszocializmusban az új gazdasági mechanizmus egyik „atyjaként” a tervezés lazításának keresztapja volt, maga is ebből a feltételezésből indul ki (Friss 1968). Alaptézis az a szemlélet, amely szerint a fejlődésben a „gazdasági törvényszerűségek” „objektív szükségszerűsége” érvényesül, a tervezés hatékonysága pedig attól függ, milyen mértékben sikerül felismerni és érvényesíteni e szükségszerű törvényeket – amelyre nyilvánvalóan csak a szocialista állam lehet alkalmas (Ballai 1975). A tervezés fundamentalizmusa, nem teljesen eltérően a piaci fundamentalizmustól, az egyetlen lehetséges igazság meglétét feltételezi, és ennek megismeréséhez, megismerhetőségéhez kapcsolja a sikereket. A szélsőségesen pozitivistá világfelfogás könnyen vezetett a Faragó által bőven ismertetett és alapvető kritikával illetett abszolutista, „egy igaz tervben” hívó fejlesztési gyakorlathoz (Faragó 2005).

A közzsférában folyó, a társadalmi és gazdasági folyamatokba történő állami beavatkozás gyakran a modern tervezésben is magától értetődően „a hatalomgyakorlás eszköze”, amely az objektivitásnak csak az illúziójára hivatkozhat, és vállalt



értékeket, és politikai célokat valósít meg (Faragó 2005). Az államszocialista gyakorlat kapcsán nagyobb, „nagyságrendi különbségről” beszélhetünk. Az államszocialista tervezés rendszerében a Faragó által említett megközelítések közül egyszerre jelent meg a tervutasításos gyakorlat és az érdekcsoportok közötti bürokratikus egyeztetésen alapuló korporatív tervezés (a tervgazdaságok belső átalakulása maga is lassú átmenet volt a két forma között), míg az indikatív, strukturált közpolitikák kialakításán alapuló tervezési forma nem nyert polgárjogot. Beszédes, hogy bár az elkészült tervek több lehetséges forgatókönyv figyelembevételével készültek, és életbe lépésük előtt többlépcsős egyeztetésen, szakmai és politikai kontrollon estek át, nagyon ritkán készültek versengő tervváltozatok; nem tervekről, hanem „a” tervről, egyetlen javaslatról beszélhetünk (Kornai 1993).

A fejlesztéspolitika időhorizontja, akár ma is, nehezen tudott túllépni a néhány évre kiterjedő időhorizonton. Egyes stratégiai célok – például az ország iparosítása és a városépítések; iparágak kiemelt fejlesztése (pl. alumíniumipar vagy elektronika és híradástechnika); esetleg a településhálózat átalakítása (az 1971-es OTK) – hosszabb fejlesztési időszakokban valósult meg, de a hosszú távú, tíz- vagy huszonöt éves tervek bevezetését a politikai, gazdasági és társadalmi változások rendre keresztülhúzták.<sup>1</sup> Gyakran nem, vagy csak gyengén érvényesült a megfelelő utólagos tervmonitoring, amely átfogó hatástanulmány formájában értékelést nyújtott volna a tervezés következményeiről. Friss hangsúlyozza, hogy mivel sokáig csak a tervben foglalt teljesítésének megtörténtét vizsgálták, gyenge maradt a módszertani kontroll (Friss 1968). Ebből következik az is, hogy a fejlesztéspolitika aránylag érzéketlen maradt a tervezés externáliáira, amelyek gazdaságszerkezeti problémákban, urbanizációs hiányjelenségekben és tetemes környezeti károkból jelentkeztek. Nem mondhatjuk, hogy ezek a problémák az államszocialista rendszer egyedi vonásai lennének, hiszen a negatív környezeti és társadalmi externáliák Nyugat-Európában és Észak-Amerikában is jelentkeztek (általános leírásáról lásd Buday-Sántha 2002). Súlyosságuk, kezelésük elhalasztása vagy figyelmen kívül hagyása – a fejlesztéspolitikai rendszer forráséhségének és hiányok betömésére irányuló magatartásának köszönhetően – azonban igen.

Ahogy Kovács (1979) jelzi, a tervezési gyakorlat szűken értelmezte a társadalmi tervezés kérdését, azonosnak véve a szociálpolitikai célokat szolgáló tervezéssel, amelyek gyakran vállalati tervek részeként, vagy párhuzamosan, de alárendelt szerepben, a gazdasági tervezést korrigáló (és nem elsősorban társadalmi problémákat megoldó) tervek formájában készültek el. A kritika a szélesebben értelmezett, a gazdasági tervezést integráló komplex társadalmi tervezés mellett foglal állást, és a jövőkutatás szemszögéből a tervidőszakokon túl látó prognózisokra épülő tervezést szorgalmaz. Ez a tervezési koncepció nem veti el a matematikai-statisztikai

<sup>1</sup> Hasonló okokból az Európai Unió tervezése is hétéves tervidőszakokkal operál, és az események fényében ezek a tervek sem szokták kiállni a valóság próbáját – lásd a lisszaboni stratégia csúfos és elkerülhetetlen bukását.

módszerek alkalmazását, de óvatosságra int a beléjük vetett vakhittel szemben, és fontosnak tartja mind azok puha módszerekkel (pl. megkérdezéses módszerrel) történő kontrollját, mind azt, hogy maga a tervezés szélesedő társadalmi részvétel, a döntések generációk közötti jobb megosztásán alapuljon – vagyis a fiatalabb generációk részvételével és érdekében valósuljon meg. Ezek az elképzelések inkább a Faragó által ismertetett közösségi tervezési elméletekhez, mint a mindvégig erősen központosított államszocialista gyakorlathoz állnak közel.

Nem mindegy, mikor milyen tervezésről beszélünk. A központi egy- és ötéves tervek kidolgozása és végrehajtása mellett az országban sokféle, egymást részben keresztező tervezési tevékenység zajlott, és a tervezés rendszere időben is sokat változott. A megyék eleinte csak a központi tervek végrehajtóiként működtek, és gyakran elemi elosztási, ellátási feladatokat láttak el (kidolgozott terveiket tehát „operatív áttervezésnek” is nevezhetjük), később viszont szélesebb körű ágazati tervezési feladatköröket kaptak, és területi lobbikként is működve bizonyos szintű önálló stratégiai tervezésre is kísérletet tettek (Baranya példájáról lásd Lux 2010). Nem érthetjük meg a tervgazdaság működését, ha nem teszünk említést a rendkívüli szervezeti koncentráció hatására megerősödő iparvállalatokról, amelyek önmagukban is befolyásos szereplők voltak, az 1970-es évektől pedig országos, bár gyengén területi vonásokat is mutató lobbicsoportokba szerveződve már a központi tervezés prioritásainak kijelölőivé váltak – ezzel egyébként megbontva annak egységét, és részérdekekre bontva elősegítve végső felbomlását (Miklóssy 2004).

### ***A tervezés módszertani problémái***

Az ideológiai megfontolások a tényadatokra épülő gazdasági és társadalmi tervezés ideálját követték. Valóban, a korabeli elemző munkák és tervdokumentumok gyakran adatgazdagok; sőt, már-már öncélú adatfétisről tanúskodnak. Az adatok azonban, mint a központi tervezés kritikusai minduntalan felrótták, mégsem adtak pontos képet a valós gazdasági és társadalmi folyamatokról. A megbízható statisztikák nehéz elérhetősége és a hidegháborús logikából eredően sokáig titkolózó kezelése (az 1950-es években pl. a megyei statisztikai évkönyvek is számozott kiadványokként terjesztett, bizalmas anyagoknak számítottak) mellett az adatgyűjtés nehézségei és a gyűjtött adatok köre is korlátozta a tisztánlátást. Az elérhető mutatók nagy része naturáliákban, nem pénzformában megadott nyers adatként állt rendelkezésre; és ezek alakulását termelési indexek, bázis- és láncviszonyszámok sorozatai mutatták, amelyek alapján nehéz volt gazdaságossági számításokat vagy fenntarthatósági tanulmányokat készíteni. A korai vállalati modellek is naturáliák, a termékmennyiség vagy más mutatók optimalizálására törekedtek; csak nagyon esetlegesen foglalkoztak a költségvetési korlát problémájával, és ha igen, ezt jellemzően költségminimalizálással érték el.

Az 1970-es évekre az adatok elérhetősége jelentősen javult. Nemzetközi összehasonlító kutatásokban általános forrást jelentettek a KGST statisztikai évkönyvei és az

ENSZ statisztikai évkönyvei, a hazai statisztikák pedig – legalábbis kutatói felhasználásra – többnyire mind az állami, mind a gazdasági szervezetektől rendelkezésre álltak. A VÁTI jelentős, az akkoriban bevett hat területfejlesztési régióra kiterjedő térképes adatbázist állított össze Kóródi József megbízásából. A magas adatigényű kutatásokban, pl. az 1970-es években született balatoni vízgazdálkodási és ökológiai modellekben több esetben az ausztriai IASA (International Institute for Applied System Analysis) számítókapacitáit használták, az 1980-as évekre pedig az MTA-n már távoli kapcsolat is működött az adatcserére.

Az adatokra alapozott tervezési módszerek alkalmazását megnehezítette a rendelkezésre álló adatok, információk nehéz elérhetősége és alacsony megbízhatósága. A gazdasági tervezés számára jelentős problémát képviselt a fejlett országokban is ismert, de az államszocialista viszonyok között különösen elterjedt rejtett gazdaság számbavétele. Drechsler a nemzetgazdasági teljesítményt torzító adatok között sorolja fel ezek formáit (Drechsler 1985):

- kiegészítő tevékenységként végzett munka („fusi”);
- a szocialista szektorban elterjedt lopások (különösen az anyagok, építőanyagok tömeges eltulajdonítása);
- borraivalók és hálapénzek;
- csúszópénzek és korrupció;
- a vállalkozói forgalom rejtett, kimutatásokban nem szereplő tételei.

Ezt a problémát Drechsler egyszerre tekinti tervezési és újraelosztási kérdésnek is, amelynek növekvő tendenciái a népgazdaság egyre nagyobb hányadára terjednek ki, és hozzájárulnak egyrészt a gazdasági tervezhetőség, másrészt az adatok megbízhatóságának romlásához.

Több szerző említi az árrendszer aránytalanságából fakadó pontatlanságokat (Drechsler 1985; Friss 1968). A piaci realitásoktól elszakadó árak nagymértékben torzították a tervezés információs rendszerét. A hazai árakban, különösen olyan termékekben, mint a gyógyszerek és a lakhatás, jelentős szubvenciók hatásai jelennek meg, fölfelé módosítva a különböző makroindexeket. A belföldön használt árak különböztek a világpiacon kialakultaktól, és további gonddal jártak az áruval ellentételezett nemzetközi kompenzációs ügyletek (barter), amelyekhez a kontingensek vagy pénzkeretek kimerülése után gyakran nyúltak az üzletkötők. A vállalatok közötti és vállalatokon belüli elszámoló árak (amilyen mértékben érvényesültek, és nem naturáliákban megadott, még komolyabb trükközést lehetővé tevő mennyiségek voltak) jelentős eltéréseket mutattak a beszerzési, önköltségi, lakossági vagy exportárokhoz képest, és a piactól eltérő magatartásra serkentették a gazdálkodó szervezeteket. Az árrendszer káosza bizonyos mértékben a vállalati rugalmasságot szolgálta, de alaposan megnehezítette a modellezők és tervezők munkáját.

A vállalati szintű tervezés a szocializmus egész ideje alatt jellemzően fejlettebb módszertannal működött, mint a népgazdasági tervezés; még akkor is, ha a hagyó-

mányos üzleti tervezéstől eltérő, jellemzően műszaki problémákra vagy (rosszabb esetben) politikai utasításokra koncentráló, a gazdaságossági szempontokat negligáló vagy hátrасoroló megközelítésben. Ladó, Deli és Kocsis komplex iparvállalati szervezésről szóló munkája sok tekintetben jól szemlélteti az üzemgazdaságtan és a tervezés, illetve a tervezés és a piaci igények (szükségletek) kapcsolatát (Ladó, Deli, Kocsis 1971). A vállalati tervezés a szovjet modellt is figyelembe véve, de alapvetően taylori elveken nyugodott; módszerei között megjelent a fejlett operációkutatás, az optimalizálási eljárások alkalmazása, amelyhez az 1970-es évektől egyre inkább ökonometriai modellezés és számítógépes támogatás is társult. Az elterjedt megközelítések között említhető pl. a KTFO-eljárás (komplex tervezés fedezetoptimumra), az ÁKN-struktúra modell (ár-költség-nyereség), vagy az n dimenziós operációs terek számítása. A vállalati módszereket részben az ágazati tervezés is átvette, pl. a lineáris programozási modellek iparági – pl. műszál-, pamut- vagy alumíniumipari – alkalmazásával (Zalai, Bugnics, Móczár 1981). A vállalati szemlélet azonban alapvetően nem az optimalizációt, hanem egy kijelölt minimumcél meghaladását tartotta szem előtt, amely hozzájárult az állam felé fennálló és a vállalat továbbélését szolgáló kötelezettségek teljesítéséhez.

1. táblázat: A középtávú tervezésben alkalmazott modellek

A modell jellege	III. ötéves terv (1966–1970)	IV. ötéves terv (1971–1975)	V. ötéves terv (1976–1980)	VI. ötéves terv (1981–1985)
Kétszintű programozási modell**	x			
Összevont programozási modell**	x	x		
Naturális, érték- és pénzügyi mérleg***		x		
Háromszektoros dinamikus modell*			x	x
Tervszondázó modell*			x	x
Műszaki-gazdasági koncepció modell**			x	x
ÁKM alapú programozási modell**			x	x
Energiaprogramozási modell**			x	x
Külkereskedelmi modell***			x	x
Jövedelemmodell***			x	x
Lakossági fogyasztási modell			x	x
Ármodell***			x	x
Ökonometriai modell*			x	
Makroszimulációs modell*				x

Jelmagyarázat: \* a gazdaságpolitikai elgondolásokhoz; \*\* a koncepciók kidolgozásához;

\*\*\* a részletes terv kidolgozásához. Forrás: Zalai, Bugnics, Móczár 1981.

Zalai, Bugnics és Móczár a középtávú tervezésben az V. és VI. ötéves terv kapcsán már széles modellapparátus alkalmazását említi (1. táblázat), amely a korábbiaknál jobban beépült a tervezési folyamatba, és mind a gazdaságpolitikai koncepciók kialakításában, mind a tervváltozatok közötti döntésekben, valamint a konkrét tervek

kidolgozásánál szerepet kapott (Zalai – Bugnics – Móczár 1981). Ugyanakkor beszédes, hogy a szerzők a matematikai módszerek elterjedéséről szóló tanulmányukban így fogalmaznak a modellezés és a tervezés kapcsolatáról: *„Nem készülhet egyetlen modell sem olyan igénnyel, hogy a létező tervezési gyakorlatot felváltsa (erre nem is lennének képesek), hanem csak a meglévő gyakorlat tökéletesítésének céljával. Tekintve, hogy a legtöbb matematikai modellt „kívülről” kell bevinni a hagyományos tervezés rendszerébe, így nem sok sikerre számíthat az olyan vállalkozás, amely nem számol ezen bevétel szubjektív és objektív feltételeivel. Esetenként a modellezőnek engedményeket kell tennie a modellek elméleti eleganciája, egzakttsága rovására. (...) A matematikai modellek ma még legtöbbször csak a hagyományos módszerekkel kidolgozott tervjavaslatok felülvizsgálásának, szerény javításának eszközeként funkcionálhatnak. Ugyanakkor ma már megérttek arra a feltételek, hogy a tervezés és elemzés bizonyos jól körülhatárolt – döntően rutinszerű, mechanikus számításokat igénylő – területein felváltásák a hagyományos módszereket.”* Ezek a várakozások azonban soha nem teljesültek: a „tudományos szocializmus” tervezési módszereiben elmaradt a kvantitatív áttörés.

### ***A területi modellezés a komplex társadalmi és gazdasági tervezés rendszerében***

A termelésorientált fejlesztéspolitikában fokozatosan megjelent a társadalmi költségek csökkentésének igénye. A gazdasági, területi elemzések és a tervezés az 1960-es évektől nem voltak teljesen érzéketlenek a gazdaság szerkezeti problémáira (Frisz 1968). Az erőltetett iparosítással járó (bár a nyugati iparvidékeken sem teljesen ismeretlen) urbanizációs hiányjelenségek, a monofunkcionális vagy funkciószegény ipari központok, iparvidékek kérdése megjelenik a kor elemző és programalkotó munkáiban. Ebből az is következik, hogy a területfejlesztés elsősorban nem fejlesztési, hanem korrekációs mechanizmusként épült be a központosított tervgazdaság működésébe.

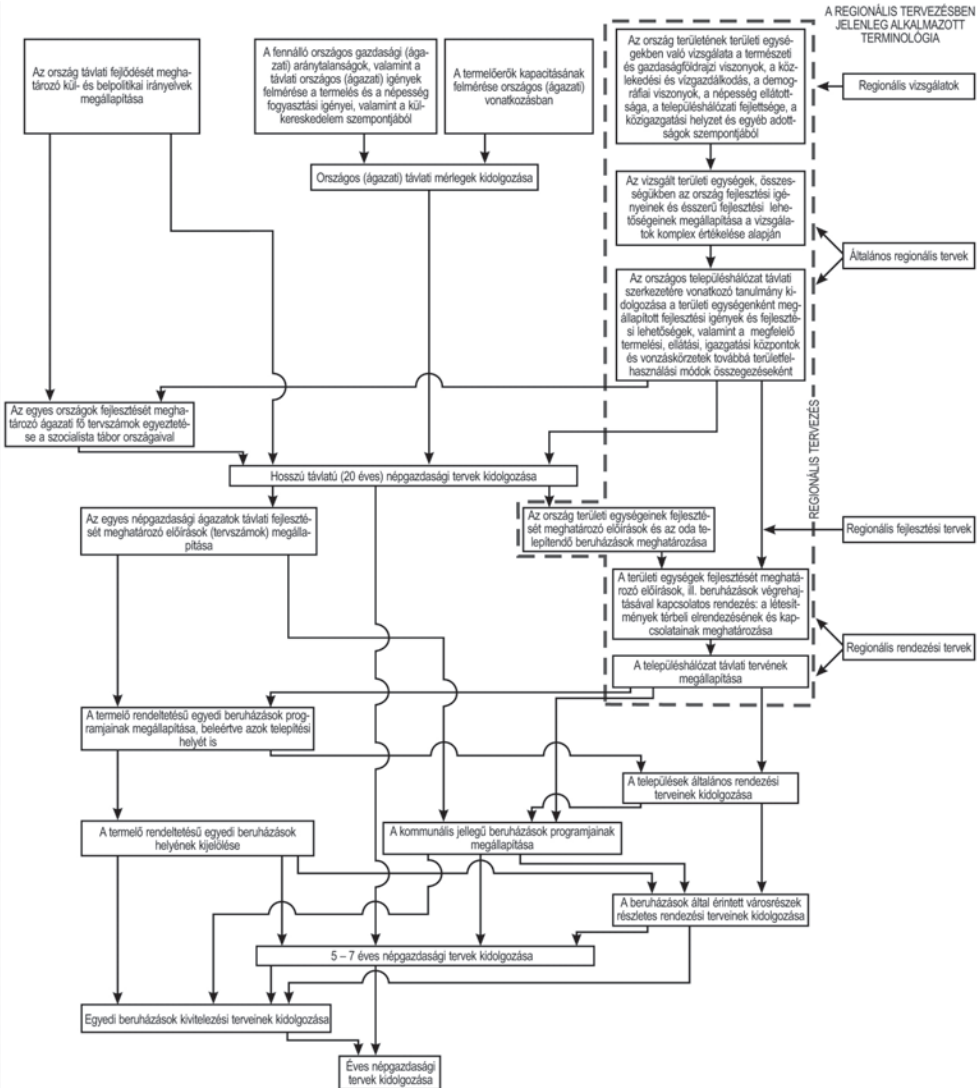
A területi tervezés 1960-as évek elején használt módszertani háttéréről és szemléletéről jó képet nyújt Gerle a Mérnöki Továbbképző Intézetben tartott előadássorozat tananyagaként megjelent munkája, amely egyben a területi tervezés népgazdasági tervezésben elfoglalt helyét is lehatárolja (1. ábra) (Gerle 1963).

Ez a munka, szakítva az 1950-es évek mobil munkaerőre alapozó megközelítésével, a népességet és annak térbeli elhelyezkedését tekinti a tervezés legfontosabb alapjának; a tervezés két legfontosabb feladatának pedig tulajdonképp e népesség munkahelyekkel és fogyasztási javakkal, illetve szolgáltatásokkal való ellátását tekinti. A népesség „adottság” jellegét kisebb mértékben befolyásolja a lakóhelyváltoztatás vagy ingázás, de csak korlátozott mértékben, és a regionális tervezés sem törekszik a népesedési viszonyok megváltoztatására (ezeket a feltételezéseket „a félreértések elkerülésére” Gerle határozottan cáfolja).

Gerle definíciói szerint a regionális tervezés „a tervezési terület – körzet, kistérség, régió, ország közös tervezési területe, stb. – távlatban előirányzott állapotának meghatározása, leírása, ábrázolása”; míg a regionális tervek „a regionális tervezés

eredményei, amelyek az előírányzott távlati állapotot leíró (szöveges és számszerűen jellemzett), valamint ábrázoló (kartografikus) formában is bemutatják” (Gerle 1963). Értelmezése nemcsak a „komplex regionális területi egységként” értelmezett régiókra, hanem a tervezési és „funkcionális régiókat is megkülönböztetve a területi tervezés szélesebb skálájára vonatkozik, beleértve az egész országterületet átfogó vagy a kistájakra irányuló tervezést.

1. ábra: A területi tervezés kapcsolata a népgazdasági tervezéssel



Forrás: Gerle 1963.

Jellegzetes regionális tervekként említi az alábbi, kisebb térségekben végzett tervezési feladatokat:

- „a jelentősebb ipari beruházások és a hozzájuk területileg kapcsolódó beruházások által érintett települések körzete,
- a nagyobb városoknak a városias településsel szerves egységben fejlesztendő környéke,
- összefüggő – és emiatt egységes fejlesztést igénylő – üdülőterületek,
- egymással szoros gazdasági-műszaki kapcsolatban fejlődő települések csoportjának (agglomerációjának) körzete.”

A területi tervezés elsődleges feladata a munkahelyek biztosítása a népesség számára, amelyekhez először „általános regionális tervek” formájában fel kell tárni a helyi munkaerőbázis felhasználásának lehetőségeit (egyben figyelembe véve a terület fejlesztési igényeit és lehetőségeit); másodsorban pedig „regionális telepítési tervek” (avagy „regionális rendezési tervek”) segítségével megállapítani a letelepítendő munkahelyek munkaerő-ellátásának térbeli-műszaki feltételeit, elsősorban a közlekedési kapcsolatok és az ellátás fejlesztésével. A tervezés tehát elsősorban egy munkaerő-optimalizálási feladat, amelyhez ki kell dolgozni a térségek távlati munkaerőmérlegét, prioritási sorrendet felállítva az egyes munkahelyek létesítése között. Ezt követik a terület népességét ellátó szolgáltatások. A terv hatékonysági kritériuma (tehát az optimalizáció célja) a térségen belüli különböző funkciók (adott esetben mennyiségek és áramlások) arányossága és gazdaságossága.<sup>2</sup> Az ellátási feladatok első alapelveként „az ellátási igények norma szerinti hiánytalan kielégítésének biztosítását” jelöli meg, amelyekhez a munkaerőhöz hasonlóan ellátottsági mérlegeket állít fel.

A területi tervezés módszertani bővülése elsősorban az előzetes és utólagos hatásvizsgálatokat, illetve a tudományos kutatásokat gazdagította. Az új modellek elsősorban elemzői módszerekként működtek, a gazdaságpolitikai döntésekbe lassabban és kisebb mértékben szivárogtak be (bár ez a modern államokban is így van). A tudományos kutatások néhány kivétellel elsősorban állami megrendeléseken alapultak, és nem alap-, hanem alkalmazott kutatási célokat szolgáltak. A kivételek között említhető például:

- az első magyar jövőkép kutatásai 1970–1973-ban (Kovács Géza vezetésével);
- az MTA agroökológiai potenciálmodell-programja az 1980-as években (Csáki Csaba vezetésével);
- az 1982–1988 közötti multidiszciplináris, közgazdászok és pénzügyesek mellett pl. hidrológusokat és meteorológusokat is bevonó „Tudományos és technikai haladás és területi fejlődés” program (Nováky Erzsébet vezetésével). A prog-

<sup>2</sup> Ilyen gazdaságossági alkritérium lehet pl. adott erőforrások igénybevételének minimalizálása, a társadalmi haszon maximalizálása adott erőforrás-felhasználás mellett, vagy egyes funkciók működtetése a legkisebb nélkülözhető ráfordítással (Gerle 1963).

ram eredményeként egy három részmodellt összefogó ökológiai és társadalmi modellegyüttes készült, bár átfogó modell nem.

A területi tervezés két legfontosabb szereplőjeként a VÁTI és az ÉKSZI emelkedett ki; részben saját munkáikkal, részben egyetemi és akadémiai kutatások megrendelőiként olyan szervezetekként, amelyek jelentős gazdaságpolitikai döntés-előkészítő munkát is végeztek. Az ÉKSZI az 1980-as években egyes tanácsok részére is készített személyre szabott gazdálkodási modelleket („igazgatási egységekhez kapcsolódó modell”). Kiterjedt társadalmi-gazdasági modellező munka zajlott a Tervgazdasági Intézetben, a KSH-ban és a Demográfiai Intézetben.

A komplex területi tervezés lehetőségeit és fejlett döntéselőkészítő, elemző rendszerét mutatják a kimerülő bányavidékeken végzett rekultivációs és regenerációs munkák, így pl. a hidasi bányaüzem bezárása utáni, új ipartelepítésre és a szakmunkások részleges áttelepítésére törekedő fejlesztések Baranya megyében, vagy az 1960-as években még tízezer fölötti alkalmazottat alkalmazó Dorogi Szénbányászati Tröszt a dorogi szénmedence kimerülését követő felszámolása (BML 1966). Bartke részletesen tárgyalja az „egyoldalú iparszerkezettel rendelkező területek” fejlesztésének kérdéseit, Kóródi és Kőszegfalvi pedig a bányásztelepülések speciális várostervezési problémáiról ad áttekintést (Bartke 1971; Kóródi, Kőszegfalvi 1971). A másik oldalon láthatjuk a határokat is: bár Baranya megyében a fejlesztéspolitikáért felelős szakpolitikusok már az 1960-as évek közepétől érzékelték a megye egyoldalú, a szénbányászattól túlzottan függő iparszerkezetének problémáit és fenntarthatatlanságát, és több, egymást követő tervdokumentumban szorgalmazták egy komplex szerkezetátalakítási tervcsoomag végrehajtását, a koncepció a tervezőasztalon maradt (Lux 2010).

A fenntarthatóság dilemmája az előbbi példákban gazdasági és (a foglalkoztatás kérdésén keresztül) jóléti szemszögből fogalmazódott meg. A fejlesztéspolitika szélesebben értelmezett társadalmi és környezeti kérdései nyugati felbukkanásukkal, különösen a Római Klub jelentéseivel párhuzamosan jelentek meg a társadalomkutatás gondolkodásában, de csak megkésve és szűk területeken a társadalmi tervezésben, és alig-alig a konkrét fejlesztésekben. A tervezés szemléletváltását említi Kovács, amikor a nagy távlatú komplex jövőkép egyik legfontosabb elemeként a természeti környezetet azonosítja, és a természet leigázása (vagyis a természetátalakítás földrajzi nihilista programja) helyett a globális természeti környezettel való együttélés, illetve a környezetbe való „visszaépülés” szükségességéről beszél. Nem csak a globális klímaváltozás széles nemzetközi nyilvánosságot kapott hatásait, hanem a felhasznált technológiák megváltozása és a jövőbeli termelési rendszer várható, de előre pontosan nem prognosztizálható technikai-biológiai különbségeit is mérlegelni kell (Kovács 1979).

További tárgyalást igényelne, de fejezetünkben csak említés szintjén utalhatunk arra, hogy a fenntartható fejlődés kérdésének elhanyagolása hogyan hatott a



rendszer váltásra és az utána következő poszt-szocialista időszakra. Ha a magyar rendszer váltás szélesebb társadalmi bázisa elsősorban a fogyasztás vágyának forradalma volt, akkor szűkebb értelmiségi körökben a nyugati mintákat követően nálunk is meggyökerező demokratikus-környezetvédelmi mozgalmak szerepéről beszélhetünk. Átfogó szemléletüket a nagyipar-ellenesség (így különösen a Bős-Nagymaros vízlépcsőrendszer természetrombolása és az erdélyi falurombolások), valamint a tervezés bürokratikus embertelensége és ellenőrizhetetlensége elleni tiltakozás határozta meg. Az ipar, iparosítás és tervezés szocialista diktatúrával való azonosítása (amely a bányá- és iparvidékeken cseppet sem volt elterjedt vagy akár népszerű gondolat) azonban maga is súlyos gazdasági és társadalmi áldozatokat eredményezett, és a destruktív dezindusztrializáció jelenségeihez vezetett a rendszer váltás utáni Magyarországon, elmélyítve a társadalmi különbségek térben is jól látható választóvonalait.

### ***A területi modellezés módszerei***

Az 1960-as, 1970-es években a tervezés már komoly módszertani háttérrel dolgozott. A modellezők jól ismerték a Nyugat-Európában és Észak-Amerikában elterjedt eljárásokat, és ezeknek számos hazai adaptációját, kiegészítését is elkészítették.<sup>3,4</sup> Bár az 1970-es évek második felében még nem volt általános a számítógépek elterjedtsége, elvárásá vált, hogy a kutatásokat kidolgozott modellező munkával támasszák alá. A módszerek közül elsősorban a Kulcsár Viktor szerkesztette, területi és tanácsai tervezésről szóló tanulmánykötet, Kádas területi modellezési módszertani összefoglalója, Kőszegfalvi regionális gazdaságtani monográfiája, és a Sikos T. és társai által írt, területi kutatásokban bevett matematikai és statisztikai módszereket ismertető kötet alapján a következőket emelhetjük ki (Kádas 1976; Kőszegfalvi 1982; Kulcsár 1972; Sikos T. et al. 1984).

*Alapvető területi egyenlőtlenségi mutatók.* Ezeket Nemes Nagy a szélsőértékek összevetésén alapuló, a szórásalapú és a megoszlási viszonzyszámok összevetésén alapuló mutatók csoportjaiba sorolta (Nemes Nagy 1984).

A Lösch- és Christaller-féle *központi helyek elméletére* épülő módszerek a településhálózat tervezésére. Ezeket Kádas ritkuló használatuk miatt csak említés szintjén tárgyalja, pedig az 1970-es évek közepéig nagyon nagy jelentőséggel bírtak a társadalmi tervezésben. Az 1971-ben elfogadott Országos Településhálózat-fejlesztési Konceptió (OTK) elsősorban Doxiadis és Christaller koncepcióinak továbbfejlesztésén és a korabeli nyugat-európai (pl. bajor) gyakorlaton nyugodott; kidolgozását Perczel

<sup>3</sup> A piaczgazdasági viszonyok között erős állami beavatkozást megvalósító francia tervezés modelljeiről és statisztikai módszertanáról pl. Theiss közölt összefoglalót, de ide sorolható Kádas munkája is (Kádas 1976; Theiss 1972). Egyes szerzők, pl. Walter Isard, orosz kiadású műveik révén voltak ismertek.

<sup>4</sup> Meg kell jegyezni, hogy bizonyos modellek, pl. a Jay Forrester-féle világmodell, embargós termékek voltak, ugyanolyan behozatali korlátozásokkal, mint a modern számítógépek. A hazai modellezőknek néha saját erőből kellett pótolniuk a hiányukat.

Károly menedzselte. Az OTK egyszerre működött top-down és bottom-up szemléletű tervként; decentralizációs szándékát egy 1972-es központosítási fordulat 1985-ös megszüntetéséig az állami centralizáció erősítésére használta fel.

*Gravitációs és potenciálmódellek*, pl. vonzáskörzetek és települési, vállalati „erőterek” lehatárolására, térbeli népesség- és anyagáramlások (így különösen a közlekedés, anyag- és áruszállítás) modellezésére és tervezésére. Magyarországon a Kisalföldön Beluszky Pál, az Észak-Tiszántúlon Papp A., az egész településhierarchia háromszintű elemzésében Lackó László végzett gravitációs módszereken nyugvó vizsgálatokat. Az 1970-es évek második felétől Lackó irányítása alatt a gravitációs modellek gyakorlati alkalmazása elterjedté vált a VÁTI szakmai munkájában, például logisztikai bázisok kijelölésénél használták fel őket.

A népgazdasági szinten is gyakori *input-output modellek* alkalmazása régiókon belüli vagy régiók közötti vizsgálatokra. Leontyev, Granberg és követőik révén sok régiós megközelítések is születtek ágazatok vagy iparágak termékkibocsátásának és áramlásainak optimalizálására, amelyeket az USA, számos európai ország és a Szovjetunió is széles körben alkalmazott. A szovjet tervezés az 1920-as években kísérletezett először átfogó, a későbbi input-output modellekhez hasonló szemléletű mérlegrendszerekkel. Magyarországon Kóródi József kazincbarcikai modellje volt az első jelentős területi input-output modell.

A tervezés módszertanában tartósan polgárjogot nyert az egy- és ötéves tervek kidolgozásában is felhasznált, 15-20 szektoros bontású, *input-output-alapú Ágazati Kapcsolati Mérleg (ÁKM) modell*. A forrásokat és felhasználásokat szembeállító, egyensúlyi állapotokat kereső ÁKM-eljárásokat az ötvenes-hatvanas évek fordulóján vezették be Magyarországon, elsőként az éves tervek koordinációs munkáiban, majd egyre szélesebb körben, a tervek egyensúlyának ellenőrzésére, tervvariánsok kidolgozására és korrigálására, az ártervezés területén stb. (Móczár, Zalai 1981; Zalai, Bugnics, Móczár 1981).

Bródy, aki a modell egy hosszú távú tervezéshez felhasználható változatát is közölte, az eredeti ÁKM gyengeségeként említi, hogy a technológiai változásokat és a munkaerő újratermelését, illetve képzését szolgáló kiadásokat „nem termelő ráfordításokként”, így „végső fogyasztásként” kezeli. Az ÁKM alapmodellje továbbá statikus modell, az előbbieket nem endogén, hanem exogén tényezőkként szerepelteti. Ez a módszertani probléma – amelynek feloldására Bródy egy továbbfejlesztett változatot tesz közzé – a fejlesztéspolitika általános gyenge oldala; ugyanis a bevett módszerek pont a gazdasági fejlődést előrehajtó innovációt és humán tényezőket kezelték maradékelven, amely súlyosan rontotta az államszocialista gazdaság alkalmazkodóképességét. A statikus megközelítés még az ország exportszerkezetének állandóságát is feltételezte, így nem számolt az ipar- és termékszerkezet – egyébként az 1970-es, 1980-as években kiterjedt és alapos szakmai viták által kísért – átalakulásával (Bródy 1969).

Az ÁKM-modellek inkább makroszinten működtek, míg regionális alkalmazásukra inkább csak részterületi alkalmazások születtek. Az ÁKM-modell területi

kiterjesztését az 1980-as években Rechnitzer János végezte el (lásd pl. Rechnitzer 1984). A megbízható és megfelelő bontásban rendelkezésre álló adatok hiánya különösen a területi elemzések számára jelentettek problémát. A magyar ipar 1960-as évektől kiemelkedően koncentrált szervezeti rendszere, a fővárosi vagy ritkábban nagyvárosi központú, de vidéken működő részlegipari telephelyek adatai jelentős hézagot képviseltek, mert sem a telephelyük gyanánt szolgáló térségek, sem a fővárosi vállalati központok nem rendelkeztek róluk pontos információkkal. Az 1979-től meginduló szervezeti dekoncentrációs folyamattal számos részlegipari telephely önállósodott vagy visszanyerte önállóságát, és ezzel „megjelent” a területi statisztikákban (Rechnitzer 1983). Rechnitzer a korlátok feloldását több lehetséges becslési módszerrel látta áthidalhatónak:

- Az országos együtthatók regionalizálása (felbontása) adott téregységekre jellemző lokációs hányados segítségével, amely fogyasztókra és kibocsátókra tagolja a teret. Ez a módszer, illetve a több ágazat hatását vizsgáló lokációs hányados figyelmen kívül hagyja az egyes térségek gazdasági súlyát, ezért korrigált, a térségek relatív nagyságát figyelembevevő változatuk is ismert.
- A helyi árumérlegeket felhasználó kereslet-kínálat pool módszer.
- RAS módszer, az ágazatokra lebontott területi belső felhasználás és termelő fogyasztás, valamint bruttó területi termelés felhasználásával képzett területi ráfordítási együtthatók és területi táblák előállítására. Ez a módszer, bár pontos, ismét adatigényes, és ezért csak részbecslésnek tekinthető.

*Exportbázis-modellek* adott területi egységek termelő tevékenységeinek mérésére, valamint a bázisiparágakban foglalkoztatott lakosság ellátását biztosító szolgáltatások és lakóhelyek tervezése Lowry területhasználati módszerével. Az eredetileg Pittsburghre kidolgozott modellt az 1960-as években világszerte alkalmazták a várostervezésben, pl. brit új városok modellezésében, és számos változata, továbbfejlesztése született.

*Telepítési modellek* lineáris költségfüggvények minimalizálásával vagy ezeknek a kialakítandó ipari komplexumok agglomerációs előnyeit is figyelembe vevő, optimális telephely kijelölésére törekedő nemlineáris formáival, geometriai programozással. Ezek a módszerek részben Peter Nijkamp nevéhez fűződnek, de a nagy távolságok által elválasztott ipari komplexumok telepítésének problémái miatt a Szovjetunióban különösen komoly hagyományokra támaszkodtak.

Magyarországon úttörő jelentőségű, és a vidéki iparosítási kampányok során a gyakorlatban is alkalmazott módszer volt a VÁTI Telephelyforgalmi Irodájának mátrixmódszerre alapozott telepítési modellje. A modell telepítési igényeik (víz-, energia-, szállítás-, munkaerő-, szakképzettség, koncentráció, állóeszköz, termelékenység és technikai felszereltség-igény) alapján, ezeket súlyozva osztályozta a különböző iparágakat, majd az igények szerinti ellátottság alapján a városok körül szerveződő ipari vonzáscentrumokat. Az inputoldalán 61 ágazatot és Budapesttel

együtt 112 lehetséges telephelyet (köztük koncentrált ipartelepítéssel 32 kiemelt telephelyet) vett figyelembe. A telepítési döntéseket az iparági és területi szempontok mátrixa, valamint súlypont- és szállítási optimalizációs számítások eredménye adta ki. A magas beruházási igényekkel, egyben kiemelkedő termelékenységgel rendelkező iparágak (vas- és színesfémkohászat, vegy- és kőolajipar, papíripar, cukoripar, gyógyszeripar, gumigyártás és betongyártás) elsőbbséget élveztek a legjobb telephelyekre, míg a kevésbé tényezőérzékeny iparágak osztoztak a kevésbé jó adottságú lokációkon. A modell eredményeként született telepítési térkép nemcsak fejlesztésre alkalmas telephelyeket, hanem lokális beruházási, fejlesztési szükségleteket is kimutatott (Bartke, Bora, Illés 1973; Kóródi 1972). A modell alkalmazása erős vállalati ellenállásba ütközött, és bár kedvező, de féloldalas eredményeket hozott.

*Regionális és közlekedési ökonometriai modellek* interregionális és nemzetközi áruszállítások előrebecslésére. Kádas bírálja a modellek statikus szemléletét, az idősoros adatok hiányából fakadó leegyszerűsítő megközelítést, valamint túl magas területi aggregációját. Magyarországon a figyelembe vehető régiók erős heterogenitása is gondokat jelentett. Itt Kádas Szabady Balázs 1973-as, a Statisztikai Szemlében megjelent tanulmányának gyakorlati következtetéseit idézi, egyben jelzi, hogy „[a] modell paramétereinek becslése az adatbeszerzési és egyéb nehézségek miatt még nem történt meg” (Szabady 1973, idézi Kádas 1976).

Az ökonometriai modellek elsősorban a Tervgazdasági Intézet és a Közgazdaságtudományi Intézet kutatómunkájában voltak elterjedtek; a VÁTI és általában a területfejlesztés nem gyakran alkalmazta őket. A közlekedés hálózati modellezésére az 1970-es évek közepétől a Közlekedéstudományi Intézet országos és városi léptékben is számos szimulációs modellt dolgozott ki; a közlekedési modellezés igen kiterjedt, de itt részletesen nem ismertetett alkalmazási területté vált.

*Faktor- és klaszteranalízis* a gazdasági fejlettség egyes tényezőinek – gazdaságszerkezet, életszínvonal, infrastruktúra-ellátottság, stb. – vizsgálatára. A napjainkban is népszerű eljárást Magyarországon számos célra használták. A módszer elterjedése magas számításigénye miatt a számítógépek növekvő használatát követte, az 1970-es évek végére számos kutatásban felhasználták:

- Az OTH Tervgazdasági Intézetében az elmaradott térségek vizsgálatára: Francia László az Országos Tervhivatal közleményeiben közzétett kutatása az elmaradottság tényezőinek – pl. aprófalvas, tanyás jelleg – beazonosítására és a fontosabb fejlesztési igények kijelölésére tett kísérletet kb. 2200 település 95, majd az elmaradottsággal nem korreláló mutatók eltávolítása után 20 mutatószámmal végzett munkájával. A kutatás elsősorban az aprófalvas térségek elmaradottságát igazolta (Francia 1974, idézi Kádas 1976).
- A második OTK kidolgozásához, Baráth Etele vezetésével.
- Az MTA Földrajztudományi Kutatóintézetében Enyedi György és Beluszky Pál közreműködésével az életkörülmények területi színvonalának vizsgálatára és a mezőgazdaság kutatására.

- A Népszégtudományi Kutatóintézetben 1981 és 2000 közötti népességprognózisok készítésére mind a prognózisok nemzeti, mind mikrotérségi oldalát bemutatja (Habicsek 1985; Langerné Rédei 1985).
- Az MTA Dunántúli Tudományos Intézetében agglomerációk vizsgálatára is használták; az ekkor zajló agglomerációkutatás ökológiai szempontok szerint is vizsgálta Pécs város és környezete kapcsolatát (Lehmann, Sas 1985).

*Játékelméleti modellek felhasználása a körzetközi-ágazatközi telephelyválasztási döntésekben, lineáris programozási módszerek felhasználásával: „A termelési komplexum modellje megfogalmazható úgy is, mint a lehetséges stratégiák, pl. a termelési tervek alternatíváinak halmaza és a komplexum irányító szervei kifizetőfüggvényének leírása, ahol az optimalitás kritériuma a nyereség. A tervkidolgozás folyamata felfogható játékként, amelyben a játékosok a tervezési és irányítási rendszer különböző szintjei”* (Sikos T. 1978).

Jelen kutatás szemszögéből külön érdekesek a regionális környezetvédelmi modellek. Ezek részben a levegőszennyeződés koncentrációjára, valamint a széláramlás és más tényezők által is befolyásolt területi terjedésére összpontosító, részben pedig vízgazdálkodási vizsgálatok voltak. A szennyeződés visszaszorítására szolgáló – a munkában költségesnek értékelt – módszerek, technológiák összehasonlító értékelésére születtek modellek, amelyek egyes régiók saját és máshonnan származó környezetterhelését is figyelembe vették. A modellek módszerei között megtaláljuk az input-output számításokat, a gravitációs modelleket, az iparvállalatok profitjainak diszkontálásával operáló profitmaximalizáló függvények alkalmazását, valamint lineáris programozásra épülő módszereket is. A KFKI a Római Klub módszereit felhasználva végzett világmodell-számításokat. Az 1970-es években fejlett modellező munka folyt a Balaton-kutatásokban; Somlyódy László vezetésével a Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóintézet (VITUKI) összetett vízminőségi modelleket dolgozott ki (Somlyódy, van Straten 1986).

## **Összefoglalás**

Az államszocialista rendszerben akkor sem volt egyszerű a területi tervezés és a területi modellezés helyzete, ha a rendszer névleg „a falu és város közötti különbségek megszüntetésére” törekedett, és a komplex társadalmi-gazdasági tervezés fontosságát hirdette. A területi elemzések, a tervezés és a megvalósult fejlesztéspolitika között komoly ellentmondások húzódtak; az utóbbi szemlélete pedig mindvégig ágazati és erősen központosított maradt.

Ha értékelnünk kellene a területi tervezés és a mögötte álló elemző-tervező munka szerepét, akkor összefoglalóan a mélységesen diszfunkcionálisan működő, nem túl erős, de pozitív korrekciós szerepet hangsúlyozhatnánk. A magyar területi elemzések a korszakban elterjedt módszerek átvételével és adaptálásával, saját eljárások és modellek kifejlesztésével azonosították az államszocialista fejlesztéspolitika területi

ellentmondásait, és a lehetőségekhez mérten megpróbálták enyhíteni azokat. A forráselosztásban fennálló erőviszonyok, illetve politikai érdekek keresztülhúzták azokat az elképzeléseket, amelyek az átfogó, komplex területfejlesztés meghonosítását eredményezték volna. A rendszerváltás és az átmenet magát a tervezés szükségességét kérdőjelezte meg, szűk beavatkozási területeket leszámítva a piaci folyamatokra bízva a gazdaság és a társadalom térbeli folyamatainak alakulását, az új „győztesek és vesztesek” kiválasztását. Ez – a várakozásokkal ellentétben – nem az államszocializmusban mindvégig létező térbeli diszkriminációs gyakorlat megszűnését, hanem átalakulását hozta magával; ezekben az évtizedekben a centrum-periféria viszony új formákat öltött.

Az államszocialista területi tervezés elmélete és gyakorlata – bár párhuzamokat vonni soha nem problémamentes – a közösségi tervezés mai problémáihoz is szolgál érvényes tanulságokkal. A fejlődési folyamatok útfüggőségén, az uralkodó intézmények és ideák tehetetlenségi erején könnyen megtörnek a fejlesztő tervezés korrekciós törekvései, de a célzott, jól átgondolt kezdeményezéseknek van valamennyi esélye a megvalósulásra (bár gyakran nem akkor, amikor először megfogalmazódnak). Magyarország fővároscentrikus térszerkezete tartós keretfeltétel, de a centralizáció béklyója kis mértékben enyhíthető; a méltányosabb forráselosztás képviselőre érdemes cél.

Tanulságos a kutatások, a tervezés és a fejlesztéspolitika közötti kapcsolatok alakulása is. A három szint közötti „transzformációs veszteségek” mértéke, a területi elemzések által feltárt helyzetkép és a valós forrásallokáció közötti szakadék a tervezés tartós de facto gyengeségére mutat rá – még „tervgazdasági” körülmények között is. A részsikerek eléréséhez olyan intézményekre, az intézményekben pedig olyan szakemberekre van szükség, akik meg tudják jeleníteni a területi kutatások eredményeit és a területfejlesztés szükségességét a döntéshozók előtt. A valóban hatásos szakpolitikák sikeressége a módszertanilag jól megalapozott kutatások bázisán, némi kompromisszumkészségen, mindenekelőtt pedig következetes munkán és a kis lépésekkel is haladni képes tartós építkezésen alapulhat.

## Irodalom

- Ballai L. (1975): *A népgazdaság tervezése*. Kossuth Könyvkiadó, Budapest
- Bartke I. (1971): *Az iparilag elmaradott területek ipari fejlesztésének főbb közgazdasági kérdései Magyarországon*. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Bartke I., Bora Gy., Illés I. (1973): *Az ipartelepítés hosszú távú területi modellje*. Területi Statisztika, 5., 472–488.
- BML/1/1966/2. (1966): *Jelentés a hidasi bányüzem leállításával kapcsolatos feladatokról*. BML MSZMP Archívum/1/1966/2. 1966. II. 22. VB ülés jkv.
- Bródy A. (1969): *A hosszabb távú tervezés egy matematikai modelljéről*. In: Gazdasági fejlődés és tervezés. KJK, Budapest, 11–26.
- Buday-Sántha A. (2002): *Környezetgazdálkodás*. Dialóg Campus Kiadó, Budapest, Pécs

- Drechsler L. (1985): *A gazdasági eredmények mérésének problémái. Áttekintés a magyar makroökonómiai számítások statisztikai és tervezési gyakorlatáról*. MTA Közgazdaságtudományi Intézet, Budapest
- Friss I. (1968): *Gazdasági törvények, tervezés, irányítás*. Kossuth, Budapest
- Gerle Gy. (1963): *A regionális tervezés gazdasági kérdései*. Tankönyvkiadó Vállalat, Budapest
- Hablicsek L. (1985): Az 1981–2000 közötti időszakra szóló területi népességprognózisok kidolgozásának módszertani tapasztalatai. In: Káposztás F. (szerk.): *A népesség területi elhelyezkedése és mozgása. A TIT Demográfiai-Szociológiai Választmánya, az MTA Regionális Kutatások Központja és a Népességtudományi Kutató Intézet tudományos szemináriuma: Pécs 1984. április 25-26*. KSH Népességtudományi Kutatóintézet, Budapest, 81–87.
- Hajdú Z. (1999): Környezet és politika: a természetátalakítás „zseniális sztálini terve”. In: Tóth J., Wilhelm Z. (szerk.): *Változó környezetünk: Tiszteletkötet Fodor István professzor úr 60. születésnapjára*. JPTE TTK Földrajzi Intézet, MTA RKK Dunántúli Tudományos Intézet, Pécs, 131–145.
- Kádas S. (1976): *A regionális modellezés irodalma*. KSH Könyvtár és Dokumentációs Szolgálat, Budapest
- Kornai J. (1993): *A szocialista rendszer*. Heti Világgazdaság Kiadói Rt., Budapest
- Kóródi J. (1972): Az ipar területi terve. In: Kulcsár V. (szerk.): *Területi tervezés, tanácsi tervezés*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 140–174.
- Kóródi J., Kőszegfalvi Gy. (1971): *Városfejlesztés Magyarországon*. Kossuth Könyvkiadó, Budapest
- Kovács G. (1979): *Jövőkutatás és társadalmi tervezés*. KJK, Budapest
- Kőszegfalvi Gy. (1982): *Regionális tervezés*. Műszaki Könyvkiadó, Építésügyi Tájékoztatási Központ, Budapest
- Kulcsár V. (szerk.) (1972): *Területi tervezés, tanácsi tervezés*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest
- Ladó L., Deli L., Kocsis J. (1971): *A komplex iparvállalati tervezés módszertana*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest
- Langerné Rédei M. (1985): Kistérségek népességelőrejelzésének egyes módszerei és lehetőségei. In: Káposztás F. (szerk.): *A népesség területi elhelyezkedése és mozgása. A TIT Demográfiai-Szociológiai Választmánya, az MTA Regionális Kutatások Központja és a Népességtudományi Kutató Intézet tudományos szemináriuma: Pécs 1984. április 25-26*. KSH Népességtudományi Kutatóintézet, Budapest, 89–102.
- Lehmann A., Sas B. (1985): A pécsi agglomeráció vizsgálata ökológiai és ökonómiai szempontok alapján. In: Rechnitzer J. (szerk.): *Vonzáskörzetek – agglomerációk II*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 101-136.
- Lux G. (2010): Periférikus fejlődés, szerkezetátalakítási törekvések: Baranya megye és az államszocialista iparpolitika. *Közép-Európai Közlemények*, 3., 161–169.
- Miklóssy E. (2004): *Területi tervezés államalapításunktól napjainkig*. Agroinform Kiadóház, Budapest
- Móczár J., Zalai E. (1981): Matematikai modellek alkalmazása a tervekkoordinációban. In: Stark A. (szerk.): *Tervgazdálkodás*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 478–503.
- Nemes Nagy J. (1984): Területi egyenlőtlenségi mutatók. In: Sikos T. T. (szerk.): *Matematikai és statisztikai módszerek alkalmazási lehetőségei a területi kutatásokban*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 65–79.

- Rechnitzer J. (1983): *Az intraregionális input-output modellek előállítása becslési eljárásokkal.* Területi Statisztika, 5., 445–469.
- Sikos T. T. (1978): *Változatok a termelőerők területi elhelyezésének gazdaságmatematikai modellezésére.* (Játékelméleti modellek). Földrajzi Értesítő, 3-4., 357–377.
- Sikos T. T. (szerk.) (1984): *Matematikai és statisztikai módszerek alkalmazási lehetőségei a területi kutatásokban.* Akadémiai Kiadó, Budapest
- Somlyódy, L., van Straten, G. (eds.) (1986): *Modeling and Managing Shallow Lake Eutrophication. With application to Lake Balaton.* Springer Verlag, Berlin
- Theiss E. (1972): *A francia tervezés modelljei és statisztikai sajátosságai.* Statisztikai Kiadó Vállalat, Budapest
- Zalai E., Bugnics R., Móczár J. (1981): A tervezés fontosabb matematikai módszerei. In: Stark A. (szerk.): *Tervgazdálkodás.* Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 90–121.



# Társadalmi-gazdasági folyamatok modellezése 1990 után Magyarországon

*Baranyai Nóra*

## **Bevezetés**

Fejezetünkben a társadalmi-gazdasági modellezés magyarországi tapasztalatainak bemutatására vállalkozunk. Az előrejelzések érdeklődésének középpontjában korábban a társadalmi-demográfiai előreszámítások álltak, az utóbbi két évtizedben azonban egyre szélesebb körben kutatják a gazdasági, s az ezzel összefüggésben álló társadalmi (pl. munkaerő-piaci) folyamatok jövőbeli alakulását is.

Magyarország népessége még a legoptimistább forgatókönyvek szerint is csökkenni és öregedni fog az elkövetkezendő évtizedekben, amelynek munkaerő-piaci, így gazdasági hatásai is kedvezőtlenek. Az ország hatalmas kihívás előtt áll, a jelen szakpolitikai döntéseinek tétje a hosszú távú fenntarthatóság. Az előrejelzések a szakpolitikai döntéshozatal számára elengedhetetlenül szükségesek mind kiindulási alapként, mind pedig kitűzhető célként. A politikai irányok, döntések tartalmát befolyásolhatják a modellek eredményei, akár úgy, hogy a várható tényezők ismeretében fogalmazzák meg a jelen programjait, akár pedig úgy, hogy az előrejelzett mutatószámok elérése vagy éppen valóra válásának elkerülése érdekében hirdetik meg stratégiáikat. A tanulmány a rendelkezésre álló társadalmi (demográfiai) és gazdasági modellek módszertanának és mutatóinak bemutatásával kívánja összegezni az eddigi eredményeket annak érdekében, hogy segítse a hosszú távú és területi szintű előrejelzések továbbfejlesztését. Ehhez áttekintjük az 1990 utáni időszakban Magyarországon kialakított és Magyarországra alkalmazott társadalmi és gazdasági folyamatokra vonatkozó előrejelzéseket, modelleket. Kiemelt célunk, hogy a társadalmi és gazdasági folyamatok előrejelzéseinél a lehető leghosszabb időtávú modellek felkutatásával rendszerezzük a prognózisok módszertanát, a további elemzések során alkalmazható indikátorokat. Külön szempont volt azon előreszámítások módszertani bemutatása, amelyek regionális, megyei vagy járási szintű egységekre tartalmaznak prognózisokat.

### Elméleti háttér és rövid történeti áttekintés

A társadalmi folyamatok modellezése országos szinten az 1950-es évek óta van jelen Magyarországon, ekkortól készülnek népesség-előreszámítások, amelyek alapját a népszámlálások adják. A nullpontnak tekintett censzusok során feltárt alapvető társadalmi-népességi jellemzők továbbvezetése, jövőbeli becslése az alkotóelem- vagy kohorszkomponens-módszerrel történik, amely során négy tényező, az élveszületések és a halálozások (azaz a természetes népmozgalom), a vándorlások, valamint a korszerkezet jellegzetességeit, s az ezekre alapozott hipotéziseket veszik figyelembe (Hablicsek é.n.). A *KSH Népeségtudományi Kutatóintézetben* készülő országos népesség-előreszámítások hosszú távú (kb. 50 év) prognózisokat tartalmaznak, s nemcsak közvetlenül a tízévente lebonyolított népszámlálások után, hanem rendszerint ötévente frissítik őket. A területi (megyei) népesség-előreszámítások az 1960-as évektől jellemzőek Magyarországon, szintén a KSH Népeségtudományi Kutatóintézetben készülnek a prognózisok. Az országos szintű előrejelzésekhez meggyező módszertannal készülő előreszámítások azonban rövidebb időtávúak (kb. 30 év). Szintén a kohorszkomponens-módszer alkalmazásával készültek előrejelzések a népesség jövőbeli családi állapotáról és nemzetiségi összetételéről. A demográfiai előrebecslések egy másik csoportját alkotják azok a számítások, amelyek ráépülnek az alapnépesség-előreszámításra, s a becsült adatokat bontják tovább bizonyos jellemzők szerint. E típusba tartozik a KSH Népeségtudományi Kutatóintézetben a hagyományos előrebecslésekhez képest később megjelent, rövidebb időtávra szóló (kb. 20–30 év), a népesség háztartások, iskolai végzettség, valamint gazdasági aktivitás szerinti prognózisa.

A gazdasági előrejelzések a társadalmi-demográfiai előreszámításoknál újabb keletűek, amire az államszocialista időszak ideológiája, s a tervutasításos gazdaság sajátos vonásai adnak magyarázatot (vö. Lux 2015). A rendszerváltozás után megjelent előrejelzések azonban számos ponton eltérnek a demográfiai prognózisoktól mind időtávlatukban, mind területi metszetükben. A makrogazdasági előrejelzéseit immár két évtizede rendszeresen közzé tévő *GKI Gazdaságkutató Zrt.* mindössze 1-2 éves időtávlatokban készíti el országos szintű, makroadatokra koncentráló prognózisait. A gazdasági modellezés során a tényadatok mellett számos egyéb tényező figyelembevételre szükséges, így a múltban megfigyelt szabályszerűségeken alapuló matematikai és logikai összefüggések mellett a szabályozási és gazdálkodási környezet lehetséges hatásai is az előrejelzések részét képezik (GKI 2014).

A gazdasági és a társadalmi előreszámítások közös, bár nem ugyanolyan mértékű jellemzője a bizonytalansági tényezők sora, amelyeket a modellek készítőinek is figyelembe kell venniük. A társadalmi-demográfiai modellezés magyar gyakorlatában voltaképpen mindig háromféle előreszámítás készül, a legvalószínűbbnek tartott (alap- vagy közepes) változat mellett kiszámítják az ettől pozitív és negatív irányba eltérő, a lehetőségek határait kijelölő (alacsony és magas) változatokat is (Hablicsek é.n.). A gazdasági modellezésben bizonyos tényezők nem mérhetőek megbízhatóan,

s előfordulhat az is, hogy egyes tényezők ismeretlenek a prognózis készítésekor. Tekintettel arra, hogy hatásukat megbecsülni nem lehetséges, a modelleket készítőik a negatív és pozitív irányú kockázatokra sok esetben csak szöveges formában hívják fel a figyelmet (GKI 2014).

A társadalmi és a gazdasági modellezés két legnagyobb múltú intézménye mellett számos új szereplő jelent meg az előrejelzések készítésének területén, ami mind módszertanilag, mind tematikailag újdonságokkal szolgált. A metodikailag jelentős elmozdulást, komplex megközelítést alkalmazó *jövőkutatás* megerősödése, „bevetté válása” Magyarországon is átalakította a jövővel kapcsolatos előrejelzések irányát. Jóllehet, a tudományterület korábban már intézményesült (MTA Jövőkutatási Bizottság, 1976), s azóta is erősödést mutat (BCE Gazdaságföldrajz és Jövőkutatás Tanszék), a tanulmány a továbbiakban részletesen nem foglalkozik eredményeikkel, hiszen azok különféle scenáriók felvonultatásával mutatják be a lehetséges fejlődési irányokat, jobbára számszerűsíthető eredmények, indikátorok nélkül (lásd Korompai 2010; Pongrácz 2010).

### **A magyarországi társadalmi modellezés főbb eredményei**

#### ***A társadalmi-demográfiai modellek által felvázolt jövőkép***

Magyarország népessége 1981 óta folyamatosan csökken, aminek a népesség összetétele mellett egyéb gazdaság-, illetve szociálpolitikai eredői, illetve hatásai is vannak. A nyugat-európai trendektől eltérő, s dinamikus fogyás az abszolút számokban is egyértelműen kimutatható (a még 1981-ben 10 713 000 főt számláló népesség 2011-re 9 982 000 főre apadt), és számos negatív demográfiai folyamattal párosul. A csökkenő termékenység, a növekvő halandóság, a társadalom elöregedése, s az ezeket ellesúlyozni egyre kevésbé képes migráció (korábban relatíve magas bevándorlás jellemezte az országot, amely egyrészt csökken, másrészt pedig egyre dinamikusabb elvándorlással párosul) együttes eredményeként a továbbiakban is a népesség dinamikus csökkenése prognosztizálható (vö. Tagai 2015).

#### ***Országos társadalmi-demográfiai előrejelzések***

A KSH Népeségtudományi Kutatóintézetben végzett, módszertanilag egységes előreszámításokat számos alkalommal nyilvánosságra hozták. A rendelkezésre álló népszámlási adatok, valamint a publikáció megjelenése nagymértékben befolyásolja az előrejelzés időbeli végpontját, így míg korábban 2021-ig, 2030-ig, 2050-ig készültek előreszámítások, a legutóbbi becslések már 2060-as évvel záródóan adják meg a népesség várható létszámát. A 2011-es népszámlálás adatállományán végzett előreszámítás különböző hipotézisrendszereken alapuló három változata a következő:

- alapváltozat: közepes termékenység, közepes élettartam, közepes vándorlási egyenleg;
- alacsony változat: alacsony termékenység, alacsony élettartam, alacsony vándorlási egyenleg;

- magas változat: magas termékenység, magas élettartam, magas vándorlási egyenleg.

A népesség-előreszámítás egyik legfontosabb eredménye, hogy a népesség-csökkenés alaptendencia valamennyi változatban, azaz a társadalom létszámának bővülésére még a termékenység jelentős emelkedése és az intenzívebbé váló (nemzetközi) bevándorlás esetében sem lehet számítani (Földházi 2013). Jóllehet a 2001-es népszámlálási adatok továbbvezetésén alapuló előreszámítás (Hablicsek 2009) még látott esélyt a népesség gyarapodására (a magas változat szerint 2030-ban 10 290 000 fő), a jelenlegi előrejelzések (KSH NKI 2013) alapján már pesszimisták a kutatók (szintén magas változat, 2030-ban 9 289 848 fő).

Az előreszámítás három változata alapján 2060-ra az alábbi scenáriók fogalmazhatók meg Magyarország népességére és a társadalom főbb demográfiai jellegzetességeire vonatkozóan.

- A legvalószínűbb, azaz az alapváltozat szerint a várható népességszám 2060-ban 7 922 289 fő lesz (2050-ben 8 336 330 fő), azaz a jelenlegihez képest 2 millióval csökken. Az előrejelzés szerint a feltételezett enyhe termékenységnövekedés ellenére a fiatalok (0–19 éves) száma a jelenlegi 2 millióról 1,4 millió főre esik vissza, népességen belüli arányuk 18 százalék körül alakul majd. A Ratkó-korszak gyermekeinek elöregedésével a 20–64 közötti korosztály zsugorodása is elkezdődött, számuk a jelenlegi 6,2 millió főről (63%) várhatóan 4,1 millió főre (52%) csökken. A két korosztály számának és arányának csökkenése természetesen az idősek számának és arányának növekedésével jár; jelenlegi 1,7 millió fős létszámuk (17%) 2060-ra az előrejelzés szerint 2,4 millió főre (30%) emelkedik.
- A legkedvezőtlenebb népmozgalmi folyamatokkal számoló alacsony változat szerint 2060-ban Magyarország népessége mindössze 6 917 758 fő lesz (2050-ben 7 611 033 fő), azaz 3 millióval kevesebb, mint ma. A népesség korcsoportok szerinti bontása ebben az esetben 1,2 millió fiatal (17%), 3,7 millió aktív korút (50%), s 2,1 millió (30%) időskorút feltételez.
- A legoptimistább, a magas változat szerint is több mint 1 millió fővel csökken az ország népessége, a számítás alapján 2060-ban 8 590 639 fő él majd hazánkban (2050-ben 8 793 837 fő). A fiatalok száma ebben a változatban 1,6 millió fő (19%), az aktívaké 4,3 millió fő (53%), míg az időseké 2,6 millió fő (31%).

A legújabb, 2015-ös népesség-előreszámítás csaknem ugyanezeket az eredményeket hozta: Magyarország össznépessége az alapváltozat szerint továbbra is 7 millió 900 ezer fő körül alakul, az alacsony és a magas változat azonban a korábbinál némileg kedvezőtlenebb (6 millió 700 ezer fő), illetve kedvezőbb (7 millió 900 ezer fő) értékekkel számol. A számítás további lényeges új megállapítása, hogy a várható élettartam kitolódásával az idősek aránya 2060-ra a korábban jelzett 30% helyett elérheti a 33%-ot is (Földházi 2015).

Egy korábbi, a KSH Népeségtudományi Kutatóintézetben készült, 2030-ig történő előrejelzést tartalmazó tanulmány a már ismertetett alapváltozat, az alacsony és magas hipotézisrendszer mellett a fiatal (magas termelékenység, alacsony várható élettartam, magas vándorlás) és az idős (alacsony termelékenység, magas várható élettartam, alacsony vándorlás) változatot is megalkotta (Hablicsek 2009). Az előreszámítási eredmények szerint a fiatal és az idős változat között kisebb az eltérés, mint az alacsony és magas változatok között. Az időközben elavult eredmények és az új számítások összegezhető megállapítása az, hogy a 2011. évi népszámlálási adatokon alapuló prognózisok valamennyi változata pesszimistább a népességszám jövőbeli alakulását illetően.

A népesség számának további, évtizedeken átívelő csökkenése az előreszámítások szerint tehát egyértelmű. A kutatók a nemzetközi migráció esetleges ellensúlyozó hatásait is megvizsgálták (Hablicsek, Tóth 2000). A nemzetközi vándorlási egyenleget az alapváltozatban 5000 fős többletre, az alacsony változat szerint 5000 fős negatív szaldójúra becsülik, míg a magas változat 15000 fős pozitív vándorlási egyenleggel számol. A tanulmányban a szerzők arra keresték a választ, hogy milyen mértékű vándorlás tudja megőrizni a népességszámot a 2050-es évvel záródóan. A lehetséges szerepkört négy forgatókönyvben foglalták össze. A *bevándorlási* scenárió az 1990-es években tapasztalt viszonylag magas, évi 10 ezer fős migrációval számolt, ez azonban rövid távon nem képes a csökkenés érdemi mérséklésére. A *betelepítési* forgatókönyv a spontán évi 10 ezer fős bevándorlás mellett egyszeri, nagy számú (1,8 millió fő) tömeg érkezésével számol, a prognózis szerint azonban ez csak ideiglenesen lenne alkalmas a népességszám megőrzésére. A *migrációs* forgatókönyv évi szinten a tapasztaltnál magasabb (47 ezer fős), tartós bevándorlás mellett hosszabb távon megoldást jelenthetne. A *fenntartható fejlődés* scenáriója az évi 40 ezer fős migráció mellett a termelékenység javulásának és a várható élettartam kitolódásának szerepét hangsúlyozza a népességszám-megtartás szempontjából, s kiemeli, hogy „a hosszabb távon is fenntartható népességfejlődés csak mindhárom komponens összhatásával, fokozatosan érhető el” (Hablicsek, Tóth 2000).

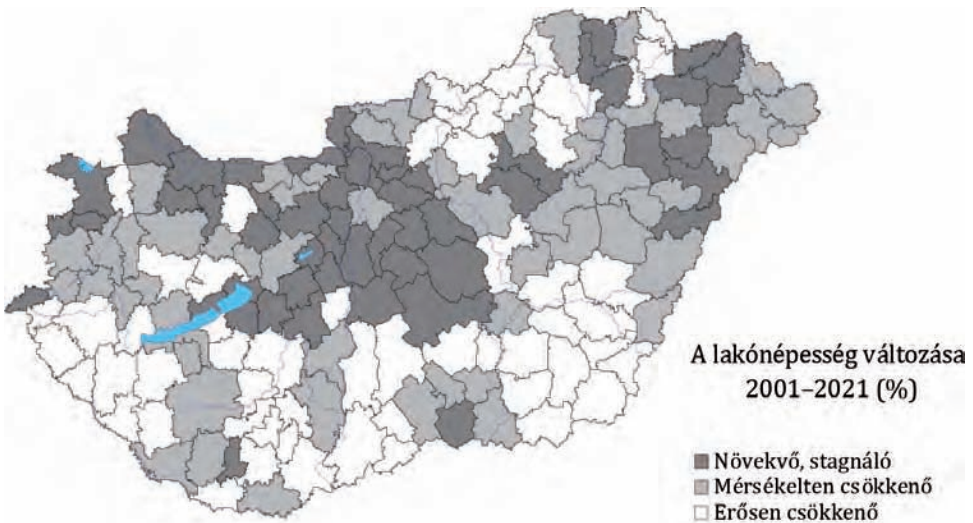
### ***Területi társadalmi-demográfiai előrejelzések***

A KSH Népeségtudományi Kutatóintézetben nemcsak az országos, hanem az ennél nagyobb (lásd pl. Hablicsek, Tóth, Veres 2004) vagy kisebb területi lépték népességszámának előrejelzésére is történtek kísérletek. Egy, a 2021-es évvel záruló prognózis (Hablicsek 2007a) a területi (regionális, megyei és kistérségi) előrebecslések kérdéskörével külön is foglalkozik (1. ábra).

Az országos szintű előreszámításokkal megegyező módszertannal készült tanulmány megállapítja, hogy az általános népességcsökkenési tendencia a régiók nagy részében megjelenik, mindössze Közép-Magyarország számíthat népességtöbbletre (106 ezer fő). A legnagyobb vesztes az Észak-magyarországi régió, ahol várhatóan 139 ezer fővel csökken a népesség száma 2021-re. A Közép-magyarországi régió

kedvező prognózisa – mint ahogy a megyei vizsgálatból világossá válik – Pest megye többletét jelenti, amely mellett még Győr-Moson-Sopron megyében számíthatunk a népesség növekedésére. Fejér megye stagnálással, míg a többi terület egység népességcsökkenéssel nézhet szembe az elkövetkezendő évtizedben. Abszolút számokban a legnagyobb veszteség Budapestet (-144 ezer fő), arányaiban Békés, Borsod-Abaúj-Zemplén, Nógrád, Jász-Nagykun-Szolnok és Tolna megyéket éri (több mint 10%-os népességcsökkenés). Kistérségi szinten is általános népességveszteség prognosztizálható, csak 38 kistérségben várható valamennyi növekedés. A Közép-magyarországi régió kistérségeiben, valamint a Budapest–Győr és Budapest–Székesfehérvár-területen elhelyezkedő kistérségek tartoznak ebbe a körbe, itt a kedvezőbb demográfiai folyamatok (magasabb gyerekszám, hosszabb várható élettartam, pozitív vándorlási egyenleg) indukálják a növekedést, míg a szintén gyarapodást mutató Észak-Alföldön a magas termékenység a pozitív előrejelzés oka. A területi különbségek bár az 1980-as évektől egyre markánsabbak, ezek jobbra fáziskésésekként értékelhetők, s a demográfiai mintaváltás teljessé válásával később elindul a kiegyenlítődési folyamat.

1. ábra: A lakónépesség változásának típusai 2001–2021 között



Forrás: Habcsek 2007a.

A népességnövekedés szempontjából kedvező helyzetben lévő megyékben a halálozások relatíve alacsonyabb száma, azaz az élettartam kitolódása miatt a társadalom elöregedése 2010 után felgyorsul, 2001-hez képest Pest megyében 60, Fejér megyében 43, Veszprém megyében 37, Győr-Moson-Sopron megyében 33%-kal nőhet meg az idősek száma 2021-re. Az idősek népességen belüli aránya az előreszámítás szerint Békés megyében lesz a legmagasabb (több mint 30%), a legkisebb volumennű növekedés pedig Budapesten várható. A szerző az iskolázottság előrejelzésére

is kísérletet tesz, s a számítás során azzal a feltételezéssel él, hogy arányaiban az alacsonyabb területi szinteken is az országos folyamatok érvényesülnek. Így az iskolázottság esetében kiegyenlítődéssel felé haladnak az egyes területegységek jelenlegi különbségei. A gazdasági aktivitás szerinti előrejelzést két módszere közül az első az iskolázottsági expanzióból indul ki, ennek hatásait vezeti át (alapváltozat), míg a másik jelentős területi kiegyenlítődéssel számol (optimális változat). A rendszerváltás előtti, illetve körüli foglalkoztatási arányszámok a számítások szerint az optimális változat forgatókönyve alapján képzelhetők el.

A területi szempontot is figyelembe vevő előreszámítások sorába illeszkedik a roma népesség számának becslése (Habicsek 2007b), amelynek szintén 2021 a záróéve. A népszámlálási adatok ebből a szempontból nem teljes körűen megbízhatóak, hiszen a cigány identitás vállalása nem általánosan jellemző a roma lakosság körében. A szerző ezért szociológiai felmérésekhez is nyúl a roma népesség jelenlegi és jövőbeli létszámának becslésekor. Az általános előreszámítások során alkalmazott módszer szerint alap-, alacsony és magas változatban, regionális bontásban is elkészült a roma népesség létszámára és arányára vonatkozó becslés.

A KSH NKI módszertanának felhasználásával más területegységekben gondolkodó előreszámítások is készültek a népesség számáról. Obádovics – amellet, hogy az előreszámítások és az azóta ismertté vált tények közötti eltéréseket vizsgálja – a társadalmi-gazdasági egyenlőtlenségek és a népességváltozás összefüggéseit vizsgálta meg; a klaszteranalízis során a gazdasági erő és a korstruktúra szerepelt csoportképző ismérvként (2. ábra).

A népesség-előreszámítási adatokat a valós demográfiai folyamatokkal (1980–2011 között) összevetve az 1. klaszter (gazdaságilag elmaradott, öregedő népesség) és a 4. klaszter (gazdaságilag fejletlen, magas termékenységi ráta) esetében a valós adatokat felül-, míg a 2. klaszter (gazdaságilag nagyon fejlett, fiatal korösszetételű) esetében korábban alulbecsülték, s csak az átlagosnak nevezhető 3. klaszter esetében volt pontos az előrejelzés (Obádovics 2012).

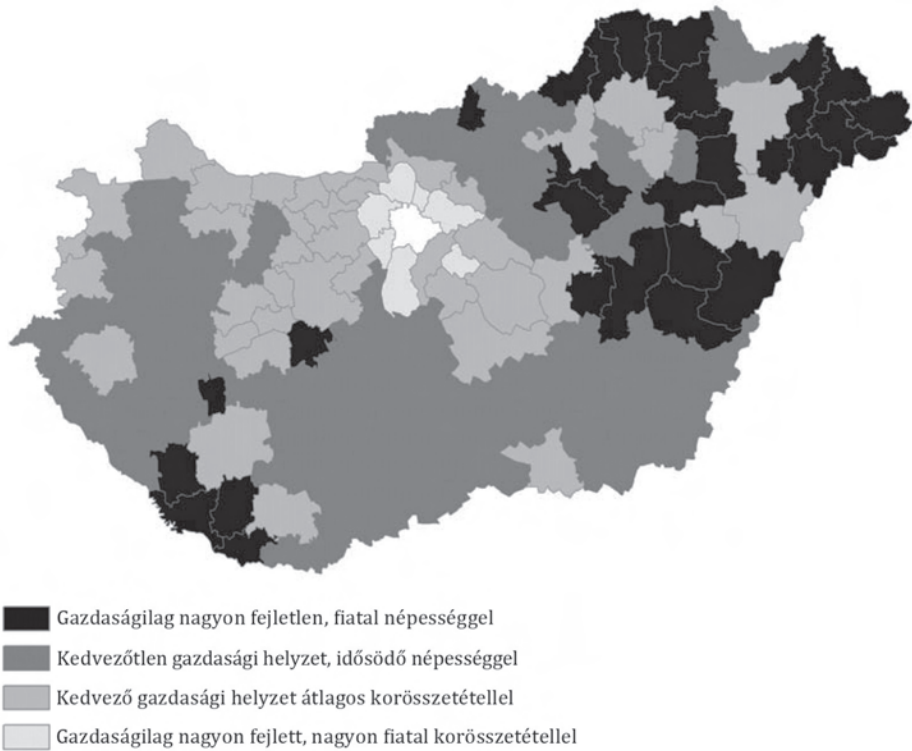
A KSH NKI által közzétett népesség-előrebecslések területi vonatkozásának egy sajátos értelmezését<sup>1</sup> láthatjuk Domokos tanulmányában, amelyben egy településre, Székesfehérvárra érvényes becslésre vállalkozik (Domokos 2010).

A *Budapesti Corvinus Egyetem* és az *MTA KRTK Közgazdaságtudományi Intézete* által kidolgozott *Iskolázási mikroszimulációs modell* (ISMIK) célja a népesség iskolázottsági szintjének előrejelzése. A dinamikus keresztmetszeti, diszkrét idejű, rekurzív mikroszimulációs, országos és regionális modellben három különböző eseményt szimuláltak, a demográfiai eseményeket (születés, halálozás), az egyének iskolai karrierjét, illetve a regionális modellben a régiók közötti migrációt. A mikroszimuláció alapját a 2001. évi népszámlálás adatbázisa szolgáltatta, a kiinduló népesség az

<sup>1</sup> Jóllehet, fejlesztési dokumentumokban a KSH NKI által készített települési szintű előrejelzésekkel is találkozhatunk.

adatbázis 50 százalékos véletlen lakásmintáján és az intézetben lakók 50%-os mintáján alapul, a modellezés a 2001–2020 közötti időszakra vonatkozik. A modellezést segítette, hogy a 2011. évi népszámlálás valós iskolázottsági adatainak ismeretében az előreszámítás eredménye ellenőrizhetővé, módszertana korrigálhatóvá vált.

2. ábra: A kistérségi klaszterek területi elhelyezkedése



Forrás: Obádovics 2012.

A szimuláció során a szerzők a KSH népesség-előrejelzéseire támaszkodtak, az iskolai átmenetvalószínűségeket nagy részét a TÁRKI és az Educatio Kht. Életpálya-adatfelvételeinek eredményein becsülték meg. A modellhez szükséges hiányzó adatokat a 2001-es népszámlálás, valamint a 2005-ös mikrocenzus eredményeiből nyerték. A továbbtanulásra vonatkozó becslések során a FELVI adatbázisa, illetve a felsőoktatási statisztikai adatok nyújtottak támpontot.

Az országos előrejelzés alapváltozata szerint a 25–64 éves népesség iskolázottsági szintje 2010 és 2020 között továbbra is javulni fog, de lelassul (feltételezve, hogy a szabályozási környezetben nem történik változás) (1. táblázat).



1. táblázat: A 25–64 éves népesség legmagasabb iskolai végzettség szerint (%)

Év	Általános iskolánál alacsonyabb	Általános iskola	Szaktanulmány / szakiskola	Érettségi	Felsőfok	Együtt
2001	3,7	29,6	24,1	27,9	14,6	100
2010	2,4	21,7	27,5	31,1	17,3	100
2015	2,2	19,1	27,3	32,1	19,3	100
2020	2,1	16,5	26,8	32,8	21,3	100

*Forrás: Hermann, Varga 2012.*

A fiatal korcsoportok iskolázottságának változásával külön foglalkoznak a szerzők, hiszen elsősorban ezek befolyásolják a hosszabb távú tendenciákat. Bár általánosságban igaz, hogy a nagyon alacsony végzettséggel rendelkezők aránya csökken, ez a fiatal generációknál éppen ellenkezően alakul, s nő az általános iskolai végzettséggel sem rendelkezők aránya. A középiskolai szinten a szaktanulmány vagy szakiskolai végzettséggel rendelkezők arányának csökkenése és az érettségizettek arányának növekedése megáll. A felsőoktatási expanzió üteme lelassul a vizsgált időszak végére, a felsőfokú végzettségűek arányának növekedése mérséklődik. A nemek szerinti vizsgálat hatalmas különbségeket tárt fel, s az előrejelzés szerint a nők iskolázottsági szintje sokkal nagyobb ütemben javul majd, mint a férfiaké, ami legfőképpen a felsőfokú végzettségűek közötti erősebb jelenléttel magyarázható (2020-ra az alapváltozat szerint a diplomások 62 százaléka nő lesz).

A regionális előrejelzés szerint a vizsgált időszak első éveiben az alacsony iskolázottság regionális különbségei csökkennek, majd állandósulnak, ugyanakkor a legfiatalabb korosztályokban ismét növekedésnek indulnak, köszönhetően az Észak-magyarországi és az Észak-alföldi régióban élő fiatalok növekvő iskolázatlan rétegeinek. A közép- és felsőfokú végzettségűek körében a különbség a Közép-magyarországi régió és a többi régió között tapasztalható, amely a kezdeti közeledés után 2010 után jelentősen már nem csökken.

A tanulmány a roma népesség iskolázottsági szintjének változásait szintén modellezi, majd néhány olyan oktatáspolitikai tényező figyelembevételével is készít előrejelzéseket, amelyek az iskolázottsági viszonyokra hatást gyakorolhatnak, s hosszú távon az alapváltozathoz képest jelentős változásokat generálhatnak. A tankötelezettségi kor csökkentése és a szakiskolai továbbtanulás növelése, valamint az állami finanszírozású felsőoktatási férőhelyek számának korlátozása a modell szerint egyaránt kedvezőtlenül alakíthatja a jelenleg pozitív folyamatokat, s az alacsony iskolai végzettségűek számának növekedését, míg a felsőoktatásban a létszám csökkenését vetíti előre.

## **A magyarországi gazdasági modellezés főbb eredményei**

### ***Rövid távú gazdasági előrejelzések***

A GKI Gazdaságkutató Zrt. minden évben elkészíti a következő év országos makrogazdasági adatainak előrejelzését, negyedéves bontásban. Az elemzések során a GDP termelési és felhasználási oldalának főbb mutatóira, valamint a nemzetgazdasági egyensúly mutatószámaira készítenek prognózisokat. A számítások során az előző időszak statisztikáit veszik figyelembe, de ezeket korrigálják a kormányzati szándékok és egyéb externáliák várható hatásaival.

A legjellemzőbb negyedéves előrejelzések mellett az intézet középtávú, 2-3 éves prognózisokat is készít, amelyek tematikailag megegyeznek a fenti elemzéssel. A hosszabb távú modellekben hangsúlyosabb a háttér folyamatok (szerkezeti változások, trendek) szerepe. A GKI időnként kifejezetten rövid távú, havi előrejelzést is készít, amelynek alapját kérdőíves adatfelvétel képezi. Ezen elemzések során indexálással következtetnek a gazdaság egyes szegmenseire, pl. a kiskereskedelmi forgalom alakulására.

Szintén rövid távú előrejelzésre alkalmas makroökonometriai modell kialakítására vállalkozott a *Balaton András, Mellár Tamás* (2011) szerzőpáros. Az általuk közzétett tanulmány a modell részletes bemutatását tartalmazza, de nem ad prognózist a gazdasági folyamatok jövőbeli alakulására, igaz, ez kimondottan nem is volt célja. Az öt fő blokkból álló modell felépítése során több adatállományból származó, 1995–2010 közötti negyedéves idősoros adatokat használtak fel. A gazdaság hosszú távú fejlődését leíró kínálati, valamint a keresleti blokk mellett a munkaerőpiacra, az inflációra és a költségvetésre is végeztek számításokat. A modellezés során már meglévő (pl. nemzetközi intézetek által közzétett) előrejelzések mellett a puha tényezők esetében szakértői becsléseket is figyelembe vettek.

A rövid távú előrejelzések sorába illeszkedik a *Nemzeti Munkaügyi Hivatal és az MKIK Gazdaság- és Vállalkozáskutató Intézet* együttműködésében évente készülő, a következő naptári évre vonatkozó prognózis. A korábban ismertetett két modellel szemben ez az előrejelzés kizárólag a munkaerőpiac várható alakulásával foglalkozik, s nem statisztikai adatokon, hanem egy viszonylag nagymintás országos kérdőíves adatfelvételen alapul.

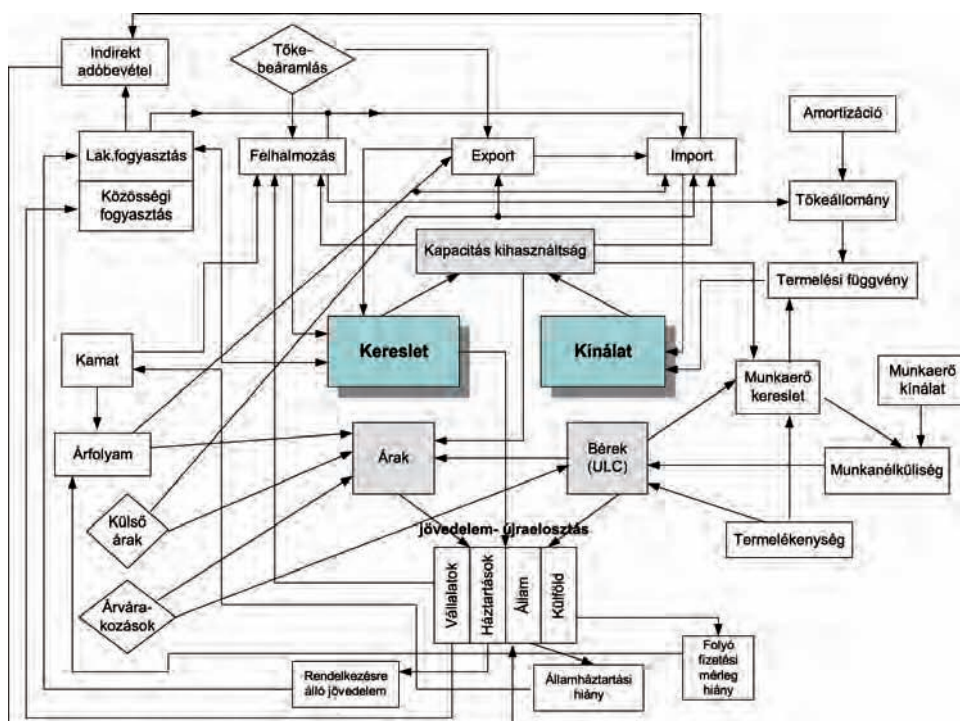
A prognózis alapvetése, hogy a gazdasági szervezetek felmért foglalkoztatási várakozásai önmagukban nem, csak statisztikai korrekció után értelmezhetőek. A várakozások iránya és mértéke mellett a vállalkozások alapjellemzői (pl. ágazatok, exporttevékenység), illetve a létszámvárakozások kontextusa (pl. beruházási tervek, üzleti várakozások) alapján három modellt (valószínűsíthető, optimista és pesszimista forgatókönyvet) hoznak létre.

### ***Közép- és hosszú távú gazdasági modellek***

A KSH ECOSTAT által kifejlesztett modellel, az ECO-TREND egy közép- és hosszú távú előrejelzésre alkalmas kalibrált modell (Keresztély 2004), amelynek hátránya, hogy

csak korlátozottan alkalmas előrejelzésre (3. ábra). Az előrejelzés megbízhatóságát nehezíti, hogy nem állnak rendelkezésre megfelelően hosszú idősorok, ezért szakértői becslések és egyéb, gazdaság-specifikus tapasztalatok alkalmazására is szükség van a számítások, becslések során. A modellt egyrészt alternatív forgatókönyveken alapuló, közép-, illetve hosszú távú makrogazdasági prognózis kialakítása, másrészt a gazdaságpolitikai döntések hatásainak vizsgálata, különböző gazdaságpolitikai scenáriók elemzése érdekében hozták létre. Az éves adatokon alapuló szimulációs modell részben (ökonometriai módszerekkel számszerűsített) sztochasztikus, részben determinisztikus (mérleg-) egyenleteket tartalmaz, s négy fő szektort (háztartási, államháztartási, vállalati és külgazdasági) különböztet meg.

3. ábra: Az ECO-TREND modell folyamatábrája



Forrás: Keresztély 2004.

A modell előrejelző képességének ex-post vizsgálata után a tanulmány ex ante scenáriók felvázolására is vállalkozik. A forgatókönyvek (alap-, optimista, pesszimista scenárió) a 2020-as évvel bezáródóan az ország egészére vonatkoznak.

Az alapszenárió az alábbi exogén változókkal számol:

- a külső kereslet változó értéke 2-2,5%-kal nő;
- az exportárindex és az importárindex egyaránt évente 1,5-3%-kal nő;

- az árvárakozások indexe szerint 2007-ig defláció, majd 2008-tól 3% körül stabilizálódó infláció;
- a betéti és hitelkamatlábak 2010-ig fokozatosan konvergálnak az aktuális eurókamatokhoz, 2011-től pedig elérik azokat;
- a természetbeni társadalmi juttatások értéke összehasonlító áron évente átlagosan 2%-kal nő;
- a közvetlen külföldi tőkebefektetések értéke évente 3–4 milliárd euró;
- 2007-től a ténylegesen felhasznált EU-transzferek értéke eléri a GDP 2,5–3%-át.

Az alapszcenárió eredménymutatói között a GDP százalékos növekedése, a GDP-arányos államháztartási bevételek és kiadások, az adósságállomány és a nettó hitelpozíció alakulásáról számol be a tanulmány.

Az optimista szcenárió exogén feltételei néhány ponton eltérnek az alapszcenárióban megfogalmazott várakozásoktól:

- a külső kereslet növekedési ütemét 1 százalékponttal megemelték 2004 és 2010 között;
- az exportárindexet 1 százalékponttal megemelték, míg az importárindexet és az árvárakozások indexét 1 százalékponttal csökkentették 2005 és 2007 között;
- a kamatlábakat 1 százalékponttal csökkentették, a természetbeni társadalmi juttatások növekedési ütemét 1 százalékponttal megemelték 2005 és 2010 között;
- a közvetlen külföldi tőkebefektetések mértékét 50 százalékkal megemelték.

A kedvezőbb exogén hatások összességében kismértékű pozitív változást eredményeznek az outputokban. Ugyanakkor a pesszimista szcenárió esetében a külső hatások és folyamatok kisebb változtatása már fenntarthatatlan rendszert, reálgazdasági veszteségeket vázol fel. A pesszimista szcenárió feltételei az alábbiak:

- a külső kereslet növekedési ütemét 1–1,5 százalékponttal csökkentették 2004 és 2008 között;
- az exportárindexet 1 százalékponttal, az importárindexet és az árvárakozások indexét 2 százalékponttal megemelték 2005 és 2007 között;
- a kamatlábakat 2 százalékponttal, a természetbeni társadalmi juttatások növekedési ütemét 2 százalékponttal emelték meg 2005 és 2008 között;
- a közvetlen külföldi tőkebefektetések mértékét 50 százalékkal csökkentették.

Az MTA KRTK Közgazdaságtudományi Intézetében több, egymáshoz modulárisan illeszkedő részmodellből álló modellt hoztak létre, amely 2020-ig képes előrejelezni a munkaerő-piaci, azaz a gazdasági, foglalkoztatási és képzettségi folyamatokat. A GDP előrejelzése során 10 szektoros makroökonómiai modellé alakították át a PM KTI kétszektoros makromodellt. A magán- és a közszféra (amelyek dinamikájukban jelentősen eltérnek egymástól) szétválasztásán túl különböző szektorok GDP-előrejelzése is lehetővé vált. Az export és az állami szféra alkalmazotti létszáma alapján

három-három (alap, pesszimista, optimista) lehetőséget vettek figyelembe, így összesen kilenc előrejelzés készült. A modell eredményei szerint (Vincze 2011) a reál-GDP éves növekedési üteme 2011–2020 között az 1–3,5%-os sávban mozog. A scenáriók alapján megmutatkozott, hogy az állami foglalkoztatás alakulása csak kismértékben befolyásolja a növekedés ütemét, a GDP-t és a kibocsátást, miközben az exportpálya jelentős hatást gyakorol ezekre.

Az ágazati foglalkoztatás és a munkanélküliség előrejelzésének alapváltozata szerint a foglalkoztatottak száma 2012-höz képest nem nagyon változik meg 2025-re (+4362 fő), arányuk azonban – főként a népesség várható csökkenésének következtében – 4,2 százalékponttal magasabb lesz, mint 2012-ben. A munkanélküliségi ráta a vizsgált időszak végéig meghaladja a 10%-ot. A foglalkoztatottak nemzetgazdasági ágazatok szerinti megoszlásában jelentős átrendeződésekre nem kell számítani (Bakó, Uliha, Vincze 2014).

A GDP-előrejelzés az ágazatok kibocsátásán túl a munkakereslet-modell számára az adott termelési értékhez szükséges munkaerő adatait szolgáltatja. Mivel 10 ágazatra vonatkozik az adat, ezt tovább kell bontani 200 foglalkozástípusra. A hét nem állami ágazatot 16 alágazatra bontották, s ezek kibocsátását a korábbi trendek alapján próbálták megbecsülni. Az állami szektorban rögzített arányok alapján becsülték meg a foglalkoztatottak számát. A 200 foglalkozáson belül nemek, iskolai végzettség (5 kategória) és régiók szerint is készítettek becsléseket (a Bértarifa-adatbázis alapján). A modellezés részletes eredményeit Antal, Sutherland Earle, Telegdy (2012) tanulmánya tartalmazza. A foglalkoztatás regionális (ez esetben a Közép-magyarországi régiót kettébontva Budapestre és Pest megyére, nyolc régióval számolva) jellegzetességeiben közép- és hosszú távon sem várható jelentős változás. Kisebb negatív irányú változás az Észak-alföldi és a Dél-alföldi régióban, míg némi növekedés a Közép-Dunántúlon és Budapesten várható. A régiókban foglalkoztatottak abszolút számai alapján a gazdasági válság visszavetette a foglalkoztatást, az utóbbi években azonban a létszám az ezt megelőző időszakhoz közelít, s ez 2020-ig jellemző is marad. A Dél-alföldi és az Észak-alföldi régióban más tendencia rajzolódik ki, amelyekben most és a jövőben is inkább további csökkenés vagy stagnálás várható.

A munkakínálati modell alapját az ISMIK előreszámítása jelenti (részletesebben lásd: Hermann, Varga 2012), amelyet az aktivitás becslésével egészítettek ki (nem, korcsoport, régió). A meglévő adatok alapján multinominális logit becsléssel adták meg az egyes szakmákba tartozás valószínűségét. Az előrejelzést a korábbi évre (2008) vonatkozó megoszlás alapján adták meg, feltételezve, hogy jelentősebb változások nem lesznek.

Az aktivitási rátát 10 ágazatban és 200 foglalkozási kategóriában jelezték előre (Major et al. 2012). A modellszámítás inputadatai közé tényadatok, demográfiai előrejelzések adatai, a munkaképes korú várható népesség létszáma a 200 foglalkozási kategóriában, valamint a GDP-előrejelzés adatai tartoztak. A számításokat követően három modellváltozat (teljes, vegyes és férfi-nő modell) készült el, amelyek a nemek

kezelésében, valamint a magyarázó változóban különböznek egymástól. A modellszámítás során feltételezték azt, hogy a nyugdíjkorhatár nem változik. Mivel a nyugdíjkorhatár-emelésnek reális esélye van az elkövetkezendő időszakban, ennek az aktivitási rátára gyakorolt hatását is szemléltették.

A tematikailag színes munkapiaci előrejelzés során a specifikus modellek mellett kiegészítő modellek alkalmazására is szükség volt. E modellek elsősorban a munkaerő-piaci kereslet-kínálat eltérések értelmezése során váltak szükségessé. E körbe tartoznak a rejtett foglalkoztatás, illetve a kormányzati szándékok, stratégiák elemzése, a szerkezeti változások, az iskolázottsági, szakmai elvárások, a kompetenciák változásainak, azaz a munkahelyi követelmények rugalmasságának vizsgálata, a felsőfokú végzettségűek munkaerő-piaci helyzetében várható változások előrejelzése.

A foglalkoztatási szerkezet 2020-ig történő alakulásával foglalkozik tanulmányában *Adler Judit* (2012), aki a versenyszféra ágazatok szerinti foglalkoztatási szerkezetének vizsgálata mellett a munkaerő-tartalékként is értelmezhető munkavállalási korú inaktívák várható létszámának előrejelzésére tesz kísérletet. A szerző három gazdasági növekedési pályát elemez. A stacioner változat azt feltételezi, hogy a gazdasági növekedés az eddigiekhez hasonlóan folytatódik, kevés pótlólagos vállalkozás jön létre, s a vállalati szerkezet sem változik. Mindez csak 200 ezer fős pótlólagos munkaerőigényt feltételez, azaz a foglalkoztatási problémákra nem jelent megoldást. A feldolgozóipari és a gazdasági szolgáltatások változatokban a jelölt ágazatokban jönnek létre új munkahelyek, ezzel jelentős átrendeződést generálnak a munkaerőpiacon. A két gyors növekedést feltételező változat jelentős munkaerőigénnyel bír (1,2–1,3 millió fő), amit viszont az ország sem mennyiségileg, sem minőségileg nem tud biztosítani.

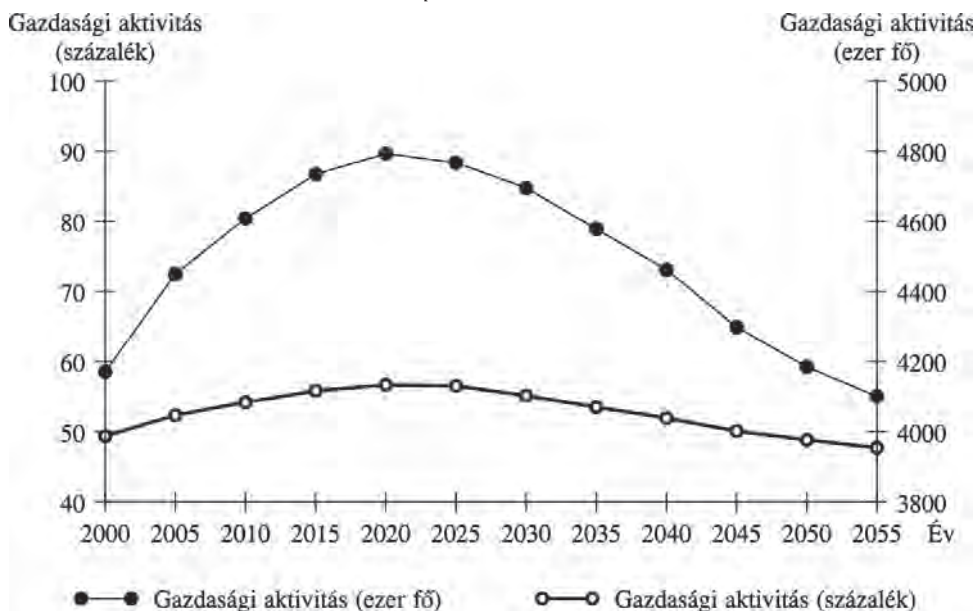
Az inaktívák létszámának változását is e három változatban (stacioner, feldolgozóipari és gazdasági szolgáltatások szcenárió) vizsgálja meg, s arra a megállapításra jut a jogszabályok, politikai szándékok és a lehetséges gazdasági növekedési modellek ismeretében, hogy az inaktív réteg bármelyik forgatókönyv megvalósulása esetén csökken, s szerkezetük is jelentősen átalakul.

A létszámcsökkenést a stacioner változatban (-170 ezer fő) a nyugdíjrendszer átalakulása eredményezi, a feldolgozóipari változatban pedig a nemzetgazdaság (feldolgozóipar által vezérelt) dinamikusabb növekedésének, a foglalkoztatás emelkedésének hatására csökken az inaktív réteg nagysága (-400 ezer fő). A legnagyobb mértékű csökkenés a gazdasági szolgáltatások változatban következne be, a nagyobb munkaigénnyel jellemezhető ágazatok térnyerésével még nagyobbá válna az inaktívák foglalkoztatottá válása (-540 ezer fő). Az egyes változatokban feltételezett gazdasági változások jelentős hatást gyakorolnak az inaktívák szerkezetére, csökkentve a nyugdíjas és egyéb gazdaságilag inaktív státuszban lévők arányát.

Szintén a munkaerőpiac, foglalkoztatás jövőbeli változásának kérdéskörével foglalkozik *Polónyi István és Timár János* (2002), akik 2055-ig becsülték meg a gazdasági aktivitás, foglalkoztatás mutatószámait. A számítás arra a feltételezésre épül, hogy a férfi és női korcsoportok gazdasági aktivitása összefüggésben áll az egy főre jutó

vásárlóerő-paritáson mért GDP-vel mért gazdasági fejlettséggel. A foglalkoztatási előreszámításokat három változatban készítették el, a valószínűsíthető legalacsonyabb, legmagasabb és közepes foglalkoztatási szintet hozó forgatókönyvet (4. ábra).

4. ábra: A népesség előreszámított gazdasági aktivitása Magyarországon 2055-ig a valószínűsíthető közepes változat szerint



Forrás: Polónyi, Timár 2002.

A közepes változat eredményei szerint a nők foglalkoztatása meghaladja, a férfiaké pedig alulmúlja a Magyarországhoz hasonló gazdasági fejlettségű országok értékeit, azonban hosszabb távon a nemzetközi tendencia hazánkban is érvényesülni fog. A foglalkoztatás szintje a munkaképes korú népesség csökkenésével süllyedni fog a jövőben, ezért a szerzőpáros „átgondolt nemzetközi vándorlási stratégia” kidolgozását sürgeti, amelynek eredményeként lehetségessé válik a munkaerő pótlása (Polónyi, Timár 2002).

A rövid, közép- és hosszú távú makromodellek hasznosságát és előnyeit a kutatókon túl a szakmapolitika is felismerni látszik. A Költségvetési Tanács felkérésére több gazdaságkutató intézet is javaslatokat fogalmazott meg a makrogazdasági mutatók előrebecslésére, annak módszertanára. A *Kopint-Tárki Zrt.* az ismert és alkalmazott makroökonómiai modellek típusainak bemutatását követően egy olyan rövid távú makromodell kidolgozására tett javaslatot, amely a Tanács által végzett feladatokhoz illeszkedően négy, egymással összekapcsolt blokkból áll össze:

- makrogazdasági kínálatot leíró blokk, kapcsolata a kínálati oldallal;
- makrogazdasági keresleti blokk, a GDP felhasználásának főbb összetevőire egyenként;

- pénzügyi blokk, nominális mutatók (árfolyam, infláció, kamatok);
- államháztartás blokk, a reál- és nominális változók hatása az államháztartás bevételeire (Palócz, Vakhal 2014).

A *Századvég* középtávú makrogazdasági modell kialakítására tett javaslatot, s a különféle típusok összefoglalását követően egy félig strukturális modellt mutat be, amely négy fő részre, aggregált keresletre, aggregált kínálatra, monetáris és fiskális politikára osztható. A kimeneti oldalon egy középtávú, 10–15 éves előrejelzésre alkalmas államháztartási és költségvetési mutatórendszerrel jelölnek meg eredményként (Századvég 2014).

### Következtetések

A demográfiai előrejelzéseknél a kohorszkomponens-módszer az általános és a KSH Népeségtudományi Kutatóintézet keretében intézményesült módszer a népességszám előreszámítására. Az így készített előrejelzések – minél nagyobb időtávra van szó – azonban pontatlanok, a módszer korrekciójára állandó az igény és akarat, olykor csak egy-egy összetevő pontosabb megbecslésével (pl. migráció), olykor a számítási eljárás egészével kapcsolatban (lásd Kovács 1997).

A gazdasági előrejelzések esetében sokkal nagyobb a szórás az egyes módszerek és vizsgált területek között. Egyre nagyobb az igény a közép- vagy hosszú távú makrogazdasági folyamatok előrejelzésére, s egyre gyakoribb az országos alatti szinteken történő elemzések készítése. Egyes kutatók kifejezetten hangsúlyozzák, hogy nemcsak országos, hanem regionális szinten is releváns a makrogazdasági folyamatok és összefüggések leírását tartalmazó modellek kialakítása (jelen kutatásban lásd Zsibók, Sebestyén 2015). E területen történtek már előrelépések az input-output modellek regionális kiépítésével (lásd Smahó 2007; Koppány, Kovács, Szabó 2014), előrejelzések azonban még nem készültek.

A minden számítás szerint várhatóan kedvezőtlen demográfiai folyamatokkal (fogyó és egyre öregedő népesség) összefüggésben a kutatók az elengedhetetlenül szükséges, de önmagában teljes megoldást nem nyújtó migráció munkaerőpiacra, foglalkoztatásra gyakorolt pozitív hatását hangsúlyozzák, ami a jelenlegi menekültválságban a politikai döntéshozók számára is utat mutathat az e kérdésben vallott álláspont kialakításában.

### Irodalom

- Adler J. (2012): *A foglalkoztatás szerkezeti keretei*. Műhelytanulmány. Budapesti Corvinus Egyetem Vállalatgazdaságtan Intézet, Budapest
- A GKI előrejelzése 2015-re* (2014): GKI Gazdaságkutató Zrt., Budapest [http://www.gki.hu/sites/default/files/users/Petz%20Raymund/sajtoanyag\\_1506.pdf](http://www.gki.hu/sites/default/files/users/Petz%20Raymund/sajtoanyag_1506.pdf) (Letöltés: 2015. július 29.)
- Antal, G., Sutherland Earle, J., Telegdy, Á. (2012): *Labor Demand Forecasting by Occupation, Gender, Education and Region*. TÁMOP – 2.3.2-09/1 Műhelytanulmányok T/14. MTA KRTK



- Közgazdaságtudományi Intézet, Budapest <http://elorejelzes.mtakti.hu/publikaciok/TaMOP-2-3-2-09-1-muhelytanulmanyok/16/> (Letöltés: 2015. július 29.)
- Bakó T., Uliha G., Vincze J. (2014): Ágazati foglalkoztatás és munkanélküliség előrejelzése 2025-ig. TÁMOP – 2.3.2-09/1 Műhelytanulmányok T/18. MTA KRTK Közgazdaságtudományi Intézet, Budapest <http://elorejelzes.mtakti.hu/publikaciok/TaMOP-2-3-2-09-1-muhelytanulmanyok/16/> (Letöltés: 2015. július 29.)
- Balaton A., Mellár T. (2011): Rövid távú előrejelzésre használt makroökonometriai modell. *Statisztikai Szemle*, 12., 1213–1241.
- Domokos T. (2010): Székesfehérvár népessége 2050-ben. *Nonprofit Monitor*, 4., 29–34.
- Földházi E. (2013): Magyarország népességének várható alakulása 2011–2060 között. *Demográfia*, 2–3., 105–143.
- Földházi E. (2015): A népesség szerkezete és jövője. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH NKI, Budapest, 213–226.
- Hablicsek L. (é. n.): *Cenzusok és népesség-előrszámítások*. Előadás. [http://www.mstnet.hu/cikkek/elo\\_00008.html](http://www.mstnet.hu/cikkek/elo_00008.html) (Letöltés: 2015. november 29.)
- Hablicsek L. (2007a): Népességünk következő évtizedei – különös tekintettel a területi különbségekre. *Demográfia*, 4., 392–429.
- Hablicsek L. (2007b): Kísérleti számítások a roma lakosság területi jellemzőinek alakulására és 2021-ig történő előbecslésére. *Demográfia*, 1., 7–54.
- Hablicsek L. (2009): A népesség szerkezete és jövője. In: Monostori J., Óri P., S. Molnár E., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai Portré 2009. Jelentés a magyar népesség helyzetéről*. KSH Népességtudományi Kutatóintézet, Budapest, 133–144.
- Hablicsek L., Tóth P. P. (2000): A nemzetközi vándorlás szerepe a magyarországi népesség számának megőrzésében 1999–2050 között. *Demográfia*, 1., 11–46.
- Hablicsek L., Tóth P. P., Veres V. (2004): *A Kárpát-medencei magyarság demográfiai helyzete és előrszámítása, 1991–2021*. Központi Statisztikai Hivatal Népességtudományi Kutatóintézetének Kutatási Jelentései, 78. KSH Népességtudományi Kutatóintézet, Budapest
- Hermann Z., Varga J. (2012): A népesség iskolázottságának előrejelzése 2020-ig. Iskolázási mikroszimulációs modell (ISMIK). *Közgazdasági Szemle*, 7–8., 854–891.
- Keresztély T. (2004): Előrejelzés és scenárióelemzés hosszú távú makromodellel. *Statisztikai Szemle*, 10–11., 919–944.
- Koppány K., Kovács N., Szabó D. R. (2014): Város és vonzáskörzete: gazdasági kapcsolatrendszer és növekedés. Vázlat a győri járműipari körzet regionális makromodelljének kidolgozásához. *Tér és Társadalom*, 2., 128–158.
- Korompai A. (2010): Új tendenciák településeink megújulásában. In: Nováky E. (szerk.): *Magyarország 2025*. II. kötet. Gazdasági és Szociális Tanács, Budapest, 360–374.
- Kováts Z. (1997): Népességi előrebecslés új elmélete az 1996-os adatok figyelembevételével. *Demográfia*, 4., 375–382.
- KSH Népességtudományi Kutatóintézet (2013): *Magyarország népességének alakulása 2011–2060 között a népesség előrszámítás alap-, alacsony és magas változata szerint*. <http://demografia.hu/hu/letoltes/tudastar/nepesseg-eloreszamitasok/nepesseg-eloreszamitas-2013.pdf> (Letöltés: 2015. július 27.)
- Lux G. (2015): *A területi modellezés Magyarországon 1945 és 1990 között*. Jelen kötetben.
- Major K. et al. (2012): *Az inaktívak és az aktívak létszámának előrejelzése ágazati és foglalkozási bontásban. Előrejelző modell és előzetes eredmények*. Előadás.

- Zsibók Zs., Sebestyén T. (2015): *A magyar gazdaság forgatókönyvei 2016 és 2050 között – a klímaváltozás figyelembevételének lehetőségei*. Jelen kötetben.
- Obádovics Cs. (2012): A népesség területi szintű vizsgálata az előreszámítások és a tényadatok alapján Magyarországon. *Területi Statisztika*, 2., 125–145.
- Palócz É., Vakhal P. (2014): *Alapozó előtanulmány a makrogazdasági és költségvetési előrejelzési módszertanokról a Költségvetési Tanács számára*. Kopint-Tárki Zrt., Budapest <http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/Modell-v%C3%A1zlat+Kopint-T%C3%A1rki.pdf/ae94a305-e1f1-4ef1-8ee8-ed9df4a86f9c> (Letöltés: 2015. augusztus 18.)
- Polónyi I., Timár J. (2002): A népesség, a gazdasági aktivitás és a nemzetközi migráció távlatai Magyarországon, 1950–2050. *Közgazdasági Szemle*, 11., 960–971.
- Pongrácz T.-né (2010): A magyar családok jellemző demográfiai sajátosságai 2025 körül. In: Nováky E. (szerk.): *Magyarország 2025*. I. kötet. Gazdasági és Szociális Tanács, Budapest, 169–182.
- Rövidtávú munkaerő-piaci prognózis – 2015 (2014). MKIK Gazdaság- és Vállalkozáskutató Intézet, Budapest [http://gvi.hu/files/researches/426/prognozis\\_2014\\_tanulmany\\_141125.pdf](http://gvi.hu/files/researches/426/prognozis_2014_tanulmany_141125.pdf) (Letöltés: 2015. július 29.)
- Smahó M. (2007): Kísérlet egy régió szimulációs modeljének kidolgozására. *Tér és Társadalom*, 1., 117–129.
- Századvég (2014): *Középtávú makrogazdasági, költségvetési (államháztartási) előrejelző modell – Módszertani előtanulmány*. Századvég Gazdaságkutató Zrt., Budapest [http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/KKM\\_el%C5%91tanulm%C3%A1ny\\_KT\\_SzGK\\_20141031+Sz%C3%A1zadv%C3%A9g.pdf/b4697d83-1b98-4189-90a3-823ad954e17a](http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/KKM_el%C5%91tanulm%C3%A1ny_KT_SzGK_20141031+Sz%C3%A1zadv%C3%A9g.pdf/b4697d83-1b98-4189-90a3-823ad954e17a) (Letöltés: 2015. augusztus 18.)
- Tagai G. (2015): *Járási népesség-előreszámítás 2051-ig*. Jelen kötetben.
- Vincze J. (2011): Ágazati kibocsátás. TÁMOP – 2.3.2-09/1 Műhelytanulmányok T/9. MTA KRTHK Közgazdaságtudományi Intézet, Budapest <http://előrejelzes.mtakti.hu/publikaciok/TaMOP-2-3-2-09-1-muhelytanulmanyok/16/> (Letöltés: 2015. július 29.)

# Európai tapasztalatok a társadalmi-gazdasági modellezésben

*Honvári Patrícia – Jóna László – Lados Mihály – Monostori Ádám – Schuchmann Júlia – Szörényiné Kukorelli Irén – Tóth Marcell*

## Bevezetés

Fejezetünkben a társadalmi-gazdasági folyamatok modellezésének európai tapasztalatait mutatjuk be. Régóta foglalkoztatja a tudomány képviselőit a jövőre vonatkozó, a társadalmat vagy a gazdaságot érintő modellezések lehetőségének kérdése. Milyen módszertanokat, milyen indikátorokat lehet alkalmazni? Milyen időtávra készüljön egy-egy előrejelzés? Melyek a bizonytalansági tényezők, és hogyan lehet ezeket kiküszöbölni?

A jövő társadalmi-gazdasági-modellezése iránti érdeklődés Európa-szerte nagy. Ez persze természetes, hiszen az öreg kontinens jelenleg eddigi történelmének legnagyobb és legösszetettebb kihívása előtt áll. Az európai társadalom előregedik, a munkaképes korú lakosság részaránya csökken, ami hatással van a versenyképességre és a gazdasági mutatószámok alakulására. A kontinens nagy arányú migrációval néz szembe napjainkban, és ennek jövőre vonatkozó tendenciáira csak bizonytalan becsléseket lehet adni. Mégis, hogy fog kinézni Európa társadalma néhány évtized múlva? Milyen gazdasági tendenciák párosulnak a demográfiai mutatókhoz? Természetes reakció a tudomány és a politika részéről, hogy különféle társadalmi és gazdasági modellek felállításával választ kívánnak kapni ezekre a kérdésekre. Ezekbe a modellezésekbe, jövőbe mutató scénáriókba, forgatókönyvekbe, előrejelzésekbe ad bepillantást a tanulmány.

Célunk, hogy képet adjunk azokról a társadalmi-gazdasági modellekről, amelyek hosszú távon bemutatják Európa társadalmi és gazdasági folyamatait. Olyan módszereket és indikátorokat említünk, amelyek az általunk megvalósított projekt során a modellezési folyamatokat segítették. Ugyanakkor a fejezet terjedelme nem engedi, hogy ezeket a modelleket teljes körűen és mélyrehatóan elemezzük. A tanulmány azonban utal a legfontosabb módszertani szempontokra, és arra, hogy a vizsgált előrejelzések milyen eredményeket irányoznak elő.

Jelen tanulmánynak nem célja, hogy a klímaváltozás hatását vizsgálja a társadalmi-gazdasági modellezések európai gyakorlatában, ugyanakkor említést érdemel az a tényező, hogy a vizsgált szakirodalmak (gyakran uniós szintű stratégiai dokumentumok) nem, vagy csak kis mértékben számolnak a klímaváltozás hatásaival. Természetesen, ahol a vizsgált modellekben említik a klímaváltozást, ott ezt külön jelezzük.

### **Módszertan**

Tanulmány szakirodalmi feltárára épül, melyben olyan európai szintű fejlesztéspolitikai stratégiákat, dokumentumokat, tanulmányokat tekintünk át, amelyekben jövőre vonatkozó modellek és/vagy indikátorok találhatóak. Említést érdemel, hogy a vizsgált szakirodalmak (gyakran uniós szintű stratégiai dokumentumok) nem, vagy csak kis mértékben számolnak a klímaváltozás hatásaival. A szakirodalmi áttekintés kezdő szakaszában összesen húsz dokumentumot választottunk ki, melyből végül nyolcat vizsgáltunk részletesen, amelyek vegyesen tartalmaznak társadalmi és gazdasági típusú előrejelzéseket is (1. táblázat). A kiválasztott dokumentumokban az aktuális uniós fejlesztéspolitikai stratégiák, keretdokumentumok, kutatások, valamint az ESPON által készített scenáriók szerepelnek a legnagyobb arányban.

1. táblázat: A tanulmányban részletesebb vizsgálat alá került szakirodalmak

Sorszám	Cím	Évszám
1.	ESPON: ET2050 – Territorial Scenarios and Visions for Europe – Final Report	2014
2.	ESPON: Demographic and Migratory Flows affecting European Regions and Cities – Final Report	2010
3.	ESPON: Spatial indicators for Europe 2020 Strategy – Territorial Analysis	2012
4.	ESPON: The spatial effects of demographic trends and migration	2005
5.	EC: KING – Migrations in the EU: Long term demographic scenarios	2014
6.	Eding et al: Long term demographic scenarios for the European Union	1996
7.	EC: Long term labor productivity and GDP projections for the EU25 member states	2006
8.	EC: The 2015 Ageing Report	2014

A fejezet legnagyobb része a nyolc dokumentum megállapításaival, elemzésével foglalkozik. A társadalmi és a gazdasági modelleket külön alfejezet mutatja be. Hangsúlyt helyeztünk a migrációs trendekre, valamint a gazdasági alegységen belül az EU2020 stratégiájára. A modellek áttekintése után két nemzetállami előrejelzési példával ezen országok gyakorlatába is bepillantást nyerhetünk.

### **A témakör elméleti háttere és rövid történeti áttekintés**

2050-re a Föld népessége 2-4 milliárd fővel lesz nagyobb, és idősebb is lesz, mint a 20. században. A következő évtizedek fő demográfiai bizonytalansági tényezői a nemzetközi migráció és a családok szerkezete. Kényelmes, ám kétségkívül veszélyes a népességi projekciókat a gazdasági, környezeti, kulturális és politikai scenáriók

exogén inputjaként kezelni, és úgy tekinteni rájuk, mintha a népesedési folyamatok autonómak lennének.

A Föld népességének jövőbeli száma és összetétele régóta áll tudományos viták és kutatások középpontjában. Ez azonban nem csoda, hiszen a Föld népessége mintegy tízszeresére növekedett 1700 és 2003 között, 600 millióról 6,3 milliárdra. 1750-től 1950-ig Európa és az Újvilág tapasztalta a leggyorsabb népességnövekedést, míg az ázsiai és afrikai régiók többségében a növekedés lassú ütemű volt. 1950-től a gyors népességnövekedés a nyugati országokról Afrika, a Közel-Kelet és Ázsia irányába tolódott. 1965–70 körül a globális népesedési növekedési ráta elérte minden idők csúcspontját, évi 2,1%-os értékkel. Azóta fokozatosan csökkent, 2002-ben 1,2%-os értéket mutatott. A népesség abszolút éves növekedése 1990-ben érte el a csúcspontját 86 millió fővel. Míg 1960-ban csak öt ország rendelkezett a populáció hosszú távú fenntartásához szükséges termékenységi rátánál kisebb mutatószámmal, addig 2000-ben már 64 országban mutatkozott ez a tendencia, és ez a népesség 44%-át érintette (Cohen et al. 2003).

Az első modern globális népességi előrejelzés *Frank Notestein* nevéhez fűződik 1945-ben. Notestein lett az akkoriban újonnan alapított ENSZ Népesedésügyi Osztályának első igazgatója. Az 1950-es évektől kezdve ez a szervezet rendszeresen globális népességi projekciókat készített (1950 és 2008 között összesen 21-et). A Világbank 1978-ban kezdte el saját, független társadalmi előrejelzéseit, amelyeket főként a bank fejlesztési terveihez, belső használatra készítettek. Az Egyesült Államok Népszámlálási Hivatala 1985 óta készít szcenáriókat a világ minden országára, változó időhorizontokat alkalmazva. O'Neill és szerzőtársai tanulmányukban e hivatalok előrejelzéseit mutatják be részletesen. A kutatás a felhasznált módszertanok és feltételezések kritikai áttekintését is tartalmazza (O'Neill et al. 2001).

A társadalmi előrejelzésekben sokszor úgy tűnik, a legtöbben csak a népesség teljes jövőbeli méretére kíváncsiak. Ugyanakkor nehéz olyan politikai vagy kutatási kérdésre gondolni, ahol mindössze az abszolút számban bekövetkezett változás számítana. Hagyományosan a társadalmi modellezések egyszerűen az akkori teljes népesedési adatokból kiindulva feltételezésekkel éltek a népesség jövőbeli növekedési rátáiról. Ez volt a sztenderd módszertan a korszecifikus, *kohorszkomponens módszer* megjelenéséig, amely Cannan nevéhez fűződik (1895), ám széles körben csak a második világháborút követően terjedt el. Különösen a nemzeti szintű népesedési előrejelzések esetében váltak a korcsportalapú projekciók fontossá. Különösen a társadalom előregedése kapcsán vált a népesség változó korszekerkezete központi kérdéssé. A jelenleg domináló kérdések a nyugdíjrendszerek fenntarthatósága körül forognak. Továbbá, a munkaerő növekvő átlagéletkora a jövőben csökkenő termelékenységgel is együtt járhat. Ezek mind olyan kérdések, ahol a jövőbeni népesség korösszetétele meghatározó tényező.

A társadalmi és gazdasági trendeket illetően a jövőt sosem lehet bizonyossággal megjósolni. A kohorszkomponens népességi előrejelzési modellben a társadalmi változásra utaló mindhárom tényező (a jövőbeni termékenységi ráta, a halálozási

arány és a migrációs trendek) bizonytalan. A *bizonytalansági tényezők* kezelésére négy módszer terjedt el széles körben. Az első lehetőség a bizonytalansági tényező ignorálása, és mindösszesen egy előrejelzés publikálása. A második az alternatív, valószínűségeen alapuló szcenáriók meghatározása. A harmadik lehetőség a magas, közepes és alacsony variánsok alapján felállított előrejelzések meghatározása (vö. Tagai 2015). Végül a negyedik lehetőség, hogy olyan valószínűségeen alapuló projekciókat készítenek, amelyek a bizonytalanságról mennyiségi információkat adnak (Lutz, Samir 2010). A bizonytalansági tényezők megjelenéséről Lutz és Goldstein (2004) munkája ad részletesebb leírást.

## **Eddigi eredmények – kitekintés a 2050-es évekre**

### ***A jövő társadalmá: demográfiai modellezések***

Az Európai Unió közép- és hosszú távú versenyképessége szempontjából talán az egyik legfontosabb kérdés, hogyan fognak alakulni a jövőben az unió tagállamainak demográfiai folyamatai. A tudomány – és vele együtt az európai politika is – számos kérdést fogalmazott meg ezzel kapcsolatban. A népességszám jelenlegi csökkenését tudja-e ellensúlyozni az egyre növekvő, Európán túli területekről történő bevándorlás? Mekkora regionális különbségek lesznek a demográfiai folyamatokban az unió eltérő adottságú és fejlettségű területei között? Mely térségek fognak profitálni és mely régiók lesznek a legveszélyeztetettebbek a népesség elöregedése, elvándorlása okán? Melyek azok a külső kihívások (pl. a globális klímaváltozás), amelyek átrendezhetik Európa népességének jelenlegi területi eloszlását, milyen új népességkoncentrációk jöhetnek létre? Ezek a kérdések motiválták az alábbiakban bemutatott társadalmi modelleket is.

### ***A MUDEA-modell***

Eding és szerzőtársai az 1990-es években készült demográfiai előrejelzéshez a *MUDEA* (Multiregional Demographic Analysis) modellt alkalmazták. Ez a tisztán demográfiai modell determinisztikus, időben diszkrét és az alábbi paramétereket veszi figyelembe: regionális termékenységi ráta, halálozás és kivándorlás, valamint a régiók közötti migráció. A modell kétfajta változót használ. A stock változók írják le a népesség összetételét és nagyságát egy adott időpontban. A flow változók pedig reprezentálják az adott intervallumban bekövetkezett demográfiai események vagy átmenetek számát. A következő flow változókat vizsgálták:

- a régiók közötti migráció mértéke nem és kor szerint,
- a régiókban történt halálesetek száma nem és kor szerint,
- a régiókban történt születések száma nem és kor szerint,
- a kivándorlók és bevándorlók száma nem és kor szerint.

A MUDEA-modell alapján két forgatókönyvet határoztak meg a népesség előrejelzésére, nagyobb területi egységeket alkalmazva: egyrészt az EU (akkor még Európai

Közösség), valamint az EFTA-országok demográfiai folyamatait vizsgálva. Az „*alacsony népesség*” *forgatókönyv* alapján az EU12 népessége alig növekszik, hosszú távon pedig csökkenés prognosztizálható. A 2020-as előrejelzés 338 millió főre becsüli a 12 ország népességét, amely 5 millió fővel elmarad az 1990-es értéktől. A demográfiai előrejelzés a legnagyobb, 4 millió fős, közel 7%-os csökkenést Németországban mutatja. (Az azóta eltelt időszak ezt a hipotézist nem támasztotta alá. Az Eurostat adatai alapján Németország népessége 2003-ig folyamatos növekedést mutatott, igaz, az azt követő időszakban valóban csökkent ez a mutató, de a 2014-es adat is még meghaladja az 1990-es népességszámot. Az pedig aligha valószínű, hogy 2020-ig 4 millió fővel csökkenne a német lakosság.)

A másik, a „*magas népesség*” *forgatókönyv* alapján az EU12 lakossága továbbra is növekedni fog. 2020-ra közel 400 millió lesz, amely 45 millió fővel haladja meg az 1990-es szintet. A növekedést új, de kisebb mértékű baby boommal, valamint a magas nettó bevándorlással támasztják alá. A jelenlegi népességadatok alapján úgy tűnik, ez a forgatókönyv áll közelebb a valósághoz: az Eurostat adatsorai alapján a modellben szereplő 12 EU-tagállam népessége 1990 és 2014 között 34 millió fővel növekedett. Az 1996-ban készült előrejelzés Franciaországban és Németországban közel 11 millió, az Egyesült Királyságra pedig 8 millió fős népességnövekedést prognosztizált a vizsgált időszak alatt (Eding et al. 1996). 2014-ig Németország nem, de az Egyesült Királyság, valamint Franciaország népessége jelentős növekedést mutat az 1990-es szinthez képest (mindkét ország esetében kb. 7 millió fős a növekedés).

### ***Európai Bizottság: Ageing Report***

Természetesen nemcsak a népességszám pusztán növekedésének (vagy csökkenésének) előrejelzése fontos, a versenyképesség szempontjából talán lényegesebb kérdés, hogy a korcsoportok közötti megoszlás hogyan alakul. Vagyis, mennyire öregszik el az európai társadalom? A kérdés fontosságát jól bizonyítja az a tény is, hogy az EU 2009 óta átfogó és komplex „öregedési jelentéseket” készít. A legutóbbi, 2015-ös *Ageing Report* 2060-ig ad előrejelzéseket, tagállami bontásban.

Az EU-s dokumentum a népesség jövőbeni trendjeit a termékenységi ráta, a halálozás és a várható élettartam, valamint a nettó migráció tükrében vizsgálja. Az előrejelzés feltételezései szerint a *termékenységi ráta* 2013-as 1,59-es értéke 2030-ra 1,68-ra, 2060-ra pedig 1,76-ra növekszik. Szinte valamennyi tagállam esetén a mutató növekedésére számítanak. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a népesség fenntartása 2,1-es érték mellett biztosított. Az előrejelzés szerint a kedvező folyamatok ellenére az összes tagállam ettől elmaradó értékekkel rendelkezik még 2060-ban is. A *várható élettartam* növekedése hosszú ideje jellemző a fejlett országokban. 1960 óta az összes EU-tagállamban növekedett a mutató értéke, különösen a nők körében. Az előrejelzés szerint a 2013-as 77,6 éves várható élettartam 84,7-re növekszik 2060-ra az Európai Unióban. Ami pedig a *nettó migrációt* illeti, az 1980-as években átlagosan évi 198 ezer fő nettó bevándorlás volt az EU irányába, ami a 2000-es évek elején már 1,5-1,8 millió

fős értéket mutatott. A tradicionális célországok Németország, Franciaország és az Egyesült Királyság, de az elmúlt évtizedben Olaszországban, Spanyolországban és Írországban növekedett a leginkább a bevándorlók száma. Az előrejelzés 2040-re 1,4 millió, 2060-ra pedig 1 millió fős nettó migrációs nyereséget jósol.

Ami a *korcsoportok közötti megoszlást* illeti, a 2015-ös Ageing Report előrejelzése szerint a 0–14 évesek népességén belüli aránya várhatóan 2060-ban is a jelenlegi 15%-os szint körül lesz. A 15–64 éves korosztály részesedése azonban 66%-ról 57%-ra csökken, a 65 évesek és ennél idősebbek aránya pedig 18%-ról 28%-ra növekszik. Ha csak a 80 évesek és ennél idősebbek arányát vizsgáljuk, akkor az 5%-ról 12%-ra emelkedik. Ez a tendencia egyrészt a munkaerőpiacra, másrészt az idősödés okozta kiadási tételek növekedésére is jelentős hatással lesz. Az öregedéshez kapcsolódó kiadási tételek közül az Ageing Report külön foglalkozik a nyugdíjkiadásokkal és az egészségügyi ellátások költségeivel. Az állami egészségügyi kiadások alakulását több tényező is befolyásolja majd a jelentés szerint: a lakosság egészségi állapota, a gazdasági növekedés és fejlődés, az új technológiák, az orvostudomány fejlődése, valamint az egészségügy erőforrás-felhasználása (humán erőforrás és tőke).

Az elmúlt 25 év tapasztalatai alapján a 25–54 éves férfiak körében a legmagasabb a *munkaerőpiaci aktivitás*, stabilan 90% körüli. Az 55–64 éves férfiak esetében csökkenő tendencia figyelhető meg, de ez a nyugdíjreformok hatására valószínűleg megfordul. A nők esetében növekedett a munkaerőpiaci aktivitás, amely elsősorban társadalmi okokra vezethető vissza. A munkaerőpiacon a továbbtanulás miatt a 15–24 éves korosztályban csökkent a részvételi arány az elmúlt 25 évben. A munkaerőpiacra vonatkozó 2060-as előrejelzést az Ageing Report az úgynevezett Cohort Simulation Model segítségével végezte el. Ebben a modellben a munkaerő-piaci előrejelzés kezdő éve 2013, a részvételi arányok kiszámítását nemek és kor szerint a 2004–2013 közötti belépési és kilépési arányok felhasználásával végezték el. Nem feltételezhető a 15–24 éves korosztály részvételi arányának további csökkenése, valamint figyelembe vették a nyugdíjreformok munkaerőpiacra gyakorolt hatásait is.

Az előrejelzés eredményei alapján a 20–64 évesek munkaerő-kínálata 2013 és 2023 között várhatóan stabilizálódni fog, majd 2023 és 2060 között 8,2%-kal (kb. 19 millió fővel) csökken. A foglalkoztatási ráta 2013-as szintje 68,4% volt az EU-ban, mely várhatóan 2023-ra 72,2%-ra, 2060-ra pedig 75,1%-ra emelkedik (EC 2014).

### **A DEMIFER-projekt**

Míg az előzőekben bemutatott társadalmi modellezések és előrejelzések uniós vagy nemzetállami szinten végeztek számításokat, addig az ESPON kutatás keretében lezajlott DEMIFER-projekt (Demographic and Migratory Flows affecting European Regions and Cities) *régiós szinten* végzett kutatásokat. Az átfogó cél az volt, hogy megvizsgálják, vajon az európai társadalmak előrejedése hogyan befolyásolja az európai régiók versenyképességét. Másfelől – szintén eltérően az előző két bemutatott modelltől – a DEMIFER a globális klímaváltozás hatásait is figyelembe vette, és arra is kíváncsi volt,



vajon a klímaváltozás hogyan rendezheti át a népesség területi elhelyezkedését, milyen új mintázatok, új népességkoncentrációk alakulnak ki, esetleg melyek azok a régiók, amelyekben felgyorsulhat az elvándorlás. Harmadsorban pedig a kutatás célul tűzte ki, hogy kimutassa ezeknek a hatásoknak a regionális különbségeit, hiszen a kutatás alaphipotézise szerint az említett hatások nem egyformán érintik a régiókat.

Ellentétben az Ageing Reporttal, a kutatás azt állapította meg, hogy a mai demográfiai folyamatokból kiindulva 2050-ig közel 40 millió fővel fog csökkenni Európa lakossága. Ez a csökkenés jelentős regionális szóródást fog mutatni, a régiók 40%-ában növekedés, 60%-ában pedig csökkenés várható. A népességszám csökkenése pedig leginkább azért problematikus, mert a prognózisok szerint a legnagyobb arányban az aktív munkanépes korúak arányában fog bekövetkezni a drasztikus csökkenés.

A DEMIFER szintén meghatározó tényezőként értékeli Európa népességének meghatározásakor a nemzetközi migrációt. A számítások szerint az európai régiók egynegyedében 2050-re a bevándorlás következtében 30%-kal lesz magasabb a népességszám. A régiók egyharmadában azonban a népességszám növekedés mögött elsősorban nem a nemzetközi (tehát Európán túli területekről való bevándorlás), hanem az európai tagállamok és régiók közötti vándorlás áll. A nagyvárosi metropolisztérségek, a délszláv, délspanyol és görög régiók esetében viszont éppen ellenkezőleg, az Európán túli területekről való bevándorlás okozza a népességszám növekedését. Már a fentiek alapján is kijelenthető, hogy az európai régiók társadalmi és gazdasági helyzete nagyon különböző. A DEMIFER-projekt keretében kidolgoztak egy régiótípusizálást az eltérő demográfiai trendek alapján, összesen 7 régiótípust elkülönítve (2. táblázat).

2. táblázat: A DEMIFER kutatási projektben elkülönített 7 régiótípus

Régió elnevezése	Tipizálás
Euro standard	Kedvező demográfiai helyzetű régiók, a korszerkezet inkább fiatal, a régió GDP-je az ESPON-térség GDP átlagával megegyezik, a migránsok aránya az ESPON-térség átlagánál alacsonyabb.
Family Potentials	Erőteljes népességnövekedés, a fiatalabb és az idősebb korcsoportok egyensúlyával. Magas születési arányszámok és mérsékelt bevándorlás.
Challenge of labour force	Bár fiatalosabb korszerkezettel bírnak, mégsem jelentenek potenciális munkaerőt. Ezekben a régiókban a legnagyobb a kihívás, hogy ezeket a korosztályokat jobban integrálják a munkaerőpiac világába. A fő probléma a népesség alacsony iskolai végzettsége.
Challenge of decline	Egyértelműen csökkenő népességgel bírnak, egyrészt a csökkenő termékenységi ráta, másrészt a jelentős elvándorlás miatt.
Challenge of ageing	Ezen régiók közös jellemzője az előregedés. Ezt a tendenciát a pozitív migráció némiképp ellensúlyozza.
Young potential	A GDP az ESPON-térség átlagánál magasabb, a népesség korszerkezete fiatal, a népesség iskolázottsága viszonylag magas.
Overseas	Jellemzően fiatalos korszerkezettel bírnak, magasabb a születések száma és alacsonyabb az időseké.

Forrás: a DEMIFER (ESPON 2010) alapján saját szerkesztés.

A projekt megvizsgálta a klímaváltozás következtében fellépő lehetséges, Európán belüli migráció forgatókönyveit, valamint a kezelés lehetőségeit is. Ennek alapján a klímaváltozás által erőteljesebben érintett régiók lehetnek a mediterrán régiók, vagy a téli sportokra specializált hegyvidéki térségek, amelyek a klímaváltozás során jelentős pénzügyi forrásoktól is eleshetnek. A globális klímaváltozáshoz való adaptálódásban a magasabb jövedelmű területek egyértelműen jobb helyzetben lesznek, hiszen ezek azok, amelyek rendelkeznek az ehhez szükséges anyagi forrásokkal. A régiótípusokból pedig azok lesznek a sérülékenyebbek, amelyek előregedő korszerkezettel és a képzetlenebb népesség magasabb arányával bírnak (ESPON 2010).

### ***Migrációs trendek***

A fent bemutatott modellek és előrejelzések egyértelműen rávilágítanak arra a tényezőre, hogy a migráció nagyban fogja befolyásolni Európa tagállamainak és régióinak népességét, valamint korösszetételét. Éppen ezért fontos, hogy néhány olyan kutatási eredménybe is bepillantást adjunk, amelyek célzottan ezzel a kérdéskörrel foglalkoznak.

Az úgynevezett *KING-projekt* (Migrations into the EU: Long-term demographic Scenarios) Európa közép- és hosszú távú demográfiai folyamatait vizsgálta. A fő kérdésfeltevés az, hogy vajon a bevándorlás közép- és hosszú távon mennyire lesz képes ellensúlyozni a tagállamokban a népességfogyást. A kutatás szerint a jelenlegi nemzetközi bevándorlás alapvető tényező az Európai Unió népességének szinten tartásában. A népességszám csökkenését már az sem ellensúlyozhatja, ha új tagállamokat vesznek fel (pl. Szerbia), hiszen már ezekben az országokban is csökken a népesség és alacsony a születések száma. A hosszú távú scenáriók alapján a kutatás azt a fontos megállapítást tette, hogy amennyiben a születések száma a jelenlegi szinten marad, az EU népességfogyása fel fog gyorsulni, még abban az esetben is, ha középtávon a migráció felgyorsulna. A KING-kutatásban tagállami bontásban számításokat végeztek a népességszám alakulására, abban az esetben, ha nincs bevándorlás, és akkor, ha van. Az eredmények minden esetben azt mutatták, hogy az EU28 népességfogyása az akkori, 2006-os bevándorlási dinamikával számolva sem állítható meg.

A kutatási projekt másik fontos megállapítása, hogy a népességszám csökkenés leginkább az aktív korosztályt érinti, vagyis a 20–64 év közöttieket, ami fontos kihívást jelent az Európai Unió versenyképessége szempontjából. Bár a migránsok jellemzően a fiatalabb korosztályból kerülnek ki, még növekvő bevándorlás esetén sem tudják ellensúlyozni a népességfogyást. Az aktív korosztály arányának csökkenését 47%-ról 27%-ra prognosztizálják (Blangiardo 2014).

Egy másik ESPON-projekt, a *Spatial Effects of Demographic Trends and Migration*, az Európai Unió demográfiai folyamatainak regionális különbségeit vizsgálta, szintén kiemelt figyelmet fordítva a migrációs trendeknek. A projekt tipizálta a régiókat a népességnövekedési dinamikájuk (természetes népességnövekedés és migrációs egyenleg) alapján, és hat régiótípust különített el.

Az első kategóriába azokat a régiókat sorolták, amelyek a legkedvezőbb demográfiai helyzetben vannak. Ezekben növekszik a népesség, nagyjából a bevándorlásnak köszönhetően, a fiatalabb korcsoportok aránya magasabb. A jelenlegi demográfiai folyamatok alapján hosszabb távon is fenntartható a jelenlegi állapot. A második típusba azokat a régiókat sorolták, amelyekben a napjainkban még kedvezőbb trendek csak rövid távon tarthatóak fenn. Hosszú távon az elvándorlás miatt a stabil népességszám csökkenésbe fog átfordulni. A harmadik típusba azok a régiók kerültek, amelyek már csökkenő népességgel rendelkeznek a népességük természetes fogyása miatt. A bevándorlás is csak rövid távon képes ellensúlyozni a fogyást. A negyedik típusba azokat a régiókat sorolták, amelyekből elvándorlás figyelhető meg, a népességük pedig fogyó és elöregedő. A kedvezőtlen trendek a jövőben is folytatódni fognak. A demográfiai folyamatokat illetően ezek a legkedvezőtlenebb helyzetűek. Az ötödik típust azok a régiók képviselik, amelyek viszonylag fiatalos korszerkezettel rendelkeznek, de az elvándorlás is erős, hagyományosan magas termékenységi rátájú régiók. Végül, a hatodik típusba azok a régiók kerültek, amelyekre jellemző a bevándorlás, de jellemzően az idősebb korosztályban, vagy az egyedülálló körében. Ezért a régió népességének reprodukciója gyenge. A jövőbeli trendek a bevándorlás korosztályi összetételétől függenek (ESPON 2005).

### **Gazdasági célkitűzések és prognózisok az Európai Unióban**

Természetesen nehéz a jövőben várható gazdasági trendeket teljesen külön kezelni a társadalmi, demográfiai előrejelzésektől, hiszen a társadalmi folyamatok alapvetően meghatározzák a gazdasági folyamatokat is, elég csak a munkaerőpiac jövőbeli alakulására gondolnunk. Ez az alfejezet alapvetően azokat a trendeket mutatja be, amelyek Európa gazdaságát befolyásolják közép- és hosszú távon. Elsőként egy általános gazdasági mutatószámokkal foglalkozó modellt tekintünk át. Ezen túlmenően jelentős hangsúlyt kap az Európai Unió 2020-as stratégiája is, hiszen az EU gazdasági növekedésének pilléreit erre a stratégiára alapozza, amely így jelentős hatásokkal bírhat a hosszú távú folyamatokra.

### ***Gazdasági növekedés és versenyképesség***

Az Európai Bizottság hosszú távú (2050-ig tartó) előrejelzést készített az Európai Unió 25 tagállamára, a *munkatermelékenységre* és a *GDP növekedési rátájára* vonatkozóan (Long-term labor productivity and GDP projections for the EU25 member states: a production function framework címmel). Módszertanát a Cobb-Douglas-féle termelési függvény keretrendszer adta. Ennek alapján a GDP leírható a tényezőinputok kombinációjának, valamint a technológiai szint vagy a teljes tényezőtermelékenység szorzataként. Alapvető indikátorai a munkakerő-kínálat, a tőkeállomány, a műszaki folyamatok és a teljes foglalkoztatottság együttes hatékonysága.

A prognózis értelmében az EU jelenlegi *potenciális éves átlagos növekedési üteme* 2,4%-ról az előrejelzések alapján élesen csökkenni fog az elkövetkezendő évtizedek-

ben, 1,5%-ra a 2021–2030-as időszakban, majd 1,2%-os értéken stabilizálódik 2031 és 2050 között. Ami az *egy főre jutó GDP előrejelzéseket* illeti, mind az EU15, mind pedig az EU10 tagállamai kisebb csökkenést mutatnak az éves növekedési ráták csökkenésénél, hiszen a teljes népességnövekedési ráták csökkenésével számol a tanulmány a 2004–2050-es időszakra. Az EU15-ben a relatív GDP/fő némileg csökken Ausztriában, Németországban, Görögországban, Hollandiában, Spanyolországban és Olaszországban, nagyjából változatlan marad Belgiumban, Dániában, Franciaországban és Portugáliában, valamint növekedni fog Írországban, Luxemburgban, Finnországban, Svédországban és az Egyesült Királyságban. Ugyanakkor ezeket az eredményeket nem szabad félreértelmezni: a relatív GDP/fő csökkenése nem jelenti azt, hogy a GDP/fő csökken egy adott országban. Az EU10 tagállamaiban gyorsabb egy főre jutó GDP-növekedéssel lehet számolni, mint az EU15 tagállamaiban, és ennek következtében az egy főre jutó jövedelem az EU15-ökhöz viszonyított 2004-es 50%-ról 2050-re 78%-ra növekedik (EC 2006).

### ***EU2020: Fenntartható, intelligens és inkluzív növekedés?***

Az Európai Unió EU2020-as stratégiája három fő pillér mentén képzei el a növekedést: a fenntartható, az intelligens és az okos (smart) növekedés mentén. A *SIESTA* (Spatial Indicators for a Europe 2020 Strategy – Territorial Analysis) ESPON-projekt az EU2020 átfogó területi analízisét végezte el. A cél az volt, hogy különböző indikátorok megállapításával megvizsgálja, vajon elérhetők-e a kitűzött stratégiai célok.

Az EU2020 értelmében a SIESTA is három fő fejeztben vizsgálta a növekedés dimenzióit. Az első, a *fenntartható növekedés* pillére azt jelenti, hogy az EU erőforrás-hatékonyabb, zöldebb gazdaságot dolgozzon ki, melynek eleme a tiszta és hatékonyabb energiatermelés és -fogyasztás. A pusztán gazdasági növekedési mutatószámok közül a tanulmány az egy főre jutó GDP-t mérte vásárlóerő-paritáson, régióként. A különbség a leggazdagabb és a legszegényebb régió között 35-szörös. Országos szinten vizsgálták továbbá a külkereskedelmi mérlegben a magas technológiájú termékek arányát, valamint a városokban a transznacionális vállalatok székhelyeit.

Ami a zöld gazdaság megvalósulását illeti, olyan megközelítést kell alkalmazni, amely elejét veszi a környezeti degradációnak, a biodiverzitás csökkenésének, a források fenntarthatatlan használatának. Erre a kutatás számos indikátort határozott meg. Néhány példa: a megújuló energia részaránya a teljes bruttó energiafogyasztáson belül, lehetséges villamosenergia-termelés szélerőművekkel, lehetséges villamosenergia-termelés napelemekkel, a gazdaság energiaigényessége (a bruttó belföldi energiafogyasztás és a GDP hányadosa), üvegházhatású gázok emissziója. További indikátorként vizsgálták az ingázók arányát a teljes foglalkoztatottak között. A zöld közlekedéspolitiká megvalósítása fontos lenne a sűrűn lakott területeken, ami a közösségi közlekedés növelését, a tiszta technológiák fejlesztését jelenti.

Az *intelligens (smart) növekedés* a kutatás, az innováció és a tudástranzfer elősegítésére helyezi a hangsúlyt. Fontos az oktatás minősége, az oktatás különböző szintjei

és intézményei, valamint a digitális agenda, vagyis az infokommunikációs technikák alkalmazása a gazdaság és a társadalom szolgálatában. Általános mutatószámként a GERD (general expenditure in research and development), a kutatás-fejlesztésre fordított kiadások mérőszáma alkalmazható. Az EU2020 célja, hogy 2020-ra az egyes területeken a GDP 3%-át K+F-re fordítsák. Az innovációról azonban nincsenek igazán jó indikátorok, sem országos, sem regionális szinten. Ugyanakkor, a SIESTA javaslatot tett egy innovációs mutató kidolgozására, amelyben például a szabadalmak is szerepelnek.

Ami az oktatást illeti, törekedni kell az iskolaelhagyók arányának csökkentésére. Az EU-ban az egyetemi képzés sem megfelelő színvonalú, a végzetek aránya is alacsonyabb, mint az Egyesült Államokban vagy Japánban. A tudásintenzív gazdaság kialakításához éppen erre lenne szükség, enélkül nincs innováció és nem várható a versenyképesség javulása. Pozitív korreláció mutatható ki a felsőfokú képzettségűek és a humán erőforrás magas értéke között, ez pedig szükséges ahhoz, hogy az intelligens növekedés célkitűzése elérhető legyen.

A digitális társadalom szintén az európai versenyképesség egyik fontos eleme. Indikátorként alkalmazható az IKT-szektorban dolgozók aránya a foglalkoztatottakon belül, a széles sávú internetet használók aránya az összes háztartáson belül, a 14–74 évesnépességből az interneten keresztül vásárlók aránya, valamint azon személyek aránya a lakosságból, akik soha nem használták az internetet.

Az EU2020 harmadik pillére, az *inkluzív növekedés* a munkahelyteremtéssel, a képzéssel, a munkaerőpiac reformjával, továbbá a szegénység csökkentésével és a társadalmi befogadással foglalkozik. Két fő cél fogalmazódott meg az inkluzív növekedésről 2020-ra. Az egyik, hogy a 20–64 év közötti népesség 75%-a foglalkoztatott legyen, a másik, hogy 20 milliónál kevesebb ember éljen szegénységben az EU-ban. Az alapvető indikátorok a foglalkoztatottsági ráta (nemek és kor szerinti megoszlásban) és a munkanélküliségi ráta. A stratégia hangsúlyt helyez az élethosszig tartó tanulásra is.

A szegénység és a kirekesztettség indikátoraként alkalmazható a szegénységi küszöb vagy a társadalmi kirekesztésben élők aránya a teljes népességen belül, a súlyos anyagi nélkülözés mértéke a teljes lakosság százalékában, valamint az alacsony munkaintenzitású háztartások a 0–59 éves népesség százalékában. Feltételezhető, hogy ez utóbbi indikátor szoros összefüggést mutat a foglalkoztatottsággal és a munkanélküliséggel.

*Európa előregedését* már korábban tárgyaltuk, ezt a tényezőt a SIESTA is kiemeli. A bevándorlás ugyan segíthet az előregedési tendencián, de egyre nehezebb lesz hosszú távon fenntartani a nyugdíjrendszert. Az európai népességi struktúra ugyanis a világ legöregebb struktúrája. Az előregedéssel kapcsolatosan a tanulmány az alábbi indikátorokat vizsgálja: az öregségi index értéke régióként (vagyis a 15 évnél fiatalabb és a 65 évnél idősebb népesség hányadosa), a nők és a férfiak várható élettartama nyugdíjba vonulásuk után.

A SIESTA a fent említett pillérek mentén végezte el az értékelést, és bemutatta a regionális és városi különbségeket. Ugyan *prognosztizált értékeket* nem számolt (hiszen alapvetően nem ez volt a célja), mindenképpen fontos megállapításokat tett Európa gazdaságának és versenyképességének jövőjéről. Az EU2020 céljainak elérése, a fenntartható, intelligens, inkluzív növekedés előirányzatai nemcsak időben, hanem térben is távol vannak egymástól. Az általános értékelés érdekében a SIESTA egy *aggregált indexet* is kifejlesztett, amely azt méri, hogy az egyes régiók értékei milyen távol vannak az EU2020 nyolc vezető céljától. Azaz egy régiónak 100 pontja lenne, ha mind a nyolc célt elérné, és nulla pontja, ha egyiket sem. Ez alapján a 10 legrosszabb mutatóval rendelkező régió között szerepel Észak-Magyarország. A teljesítéshez pedig Svédország és Finnország régiói állnak közel, mintegy 90%-os értékkel.

A kutatásban *klaszteranalízist* is készítettek. Míg az aggregált index megállapította a területi rangsorokat, a klaszteranalízis segítségével azon régiók csoportjai rajzolódtak ki, melyek „közel” vannak egymáshoz. A klaszterek az EU2020 négy vezető céljára készültek el. Az eredmények azt mutatják, hogy észak és dél között vannak nagy különbségek, holott általában nyugat és kelet között érezhető a szakadék. Összegzésképpen megállapítható, hogy az aggregált index és a klaszteranalízis együttesen megmutatta, hogy továbbra is nagyok a területi különbségek, az EU2020 kitűzött céljainak elérése nem lesz zökkenőmentes feladat. A nyitott kérdés az, hogy az EU-s politikák – különösen a kohéziós politika – képes lesz-e ezeket a kihívásokat kezelni, és megvalósul-e a fenntartható, intelligens és inkluzív növekedés Európa-szerte (ESPON 2012).

### ***Területi vonatkozások: az ET 2050***

A fentiekben bemutatott modellek – akár társadalmi, akár gazdasági – nemcsak a felhasznált indikátorokban, módszertanukban (és gyakran az eredményekben) különböznek, hanem a területi léptékben is. Láthattunk példát uniós, nemzetállami és regionális vizsgálatokra is. De vajon melyik területi szint lehet a legalkalmasabb a vizsgálatok lefolytatására? Többek között erre is választ ad az ESPON-kutatások keretében készült ET 2050 (Territorial Scenarios and Visions for Europe) jelentés, amelynek elsődleges célkitűzése az volt, hogy Európa jövőbeli fejlődési pályáit, irányvonalait, lehetőségeit meghatározza. Alternatív szcenáriókat dolgozott ki 2030-ra és 2050-re és politikai iránymutatásokat határozott meg.

Elsődleges megállapításai közé tartozik, hogy a *területi vonatkozások* továbbra is fontosak. Európa nem homogén terület, hanem extrém módon diverzifikált régiók mozaikja, különböző földrajzi és történelmi háttérrel. Éppen ezért a jövőre vonatkozó európai vízióknak külön figyelmet kell fordítaniuk a területi szemléletre. Az ET 2050 a globális klímaváltozás hatásaira is kitér, amelyek szintén egyenlőtlenül fogják érinteni Európa egyes területeit. Az adaptációs kapacitás is eltérő, magasabb az északi és középső területeken, míg alacsonyabb a keleti és a déli régiókban.

Európa jövőjére vonatkozóan a 2030-as időszakig *három alternatív scenáriót* dolgozott ki a kutatási jelentés: a „nagy metropoliszoknak kedvező piaci alapú növekedés” (A scenárió), a „második vonal városainak hálózatát segítő közpolitikák” (B scenárió), valamint a „szociális és regionális újraelosztást erősítő közpolitikák” (C scenárió). A „B” scenárió számol a legnagyobb GDP-növekedéssel (évi 2,3%), ezt követi az „A” scenárió (évi 2,2%), míg a „C” scenárió esetén 1,8%-os évi növekedéssel lehet számolni. A vizsgálatok alapján a „B” scenárió lesz az, amely megvalósulása esetén a legnagyobb kohézió és a legmagasabb versenyképesség érhető el.

A 2030-ra felállított három scenáriót *2050-re* is meghatározták. Az európai metropoliszoknak kedvező „A” scenárió a fővárosok és a globális metropoliszok további fejlődésével számol. Az EU2020-as stratégiájának is részét képező globális versenyképesség megvalósulásához az európai metropolisztérségek járulnak hozzá. A „B” scenárió az európai területek olyan vízióját képzei el, amelyben a gazdaság és a népesség, ahogyan a magán- és a közberuházások is növekedési tendenciát mutatnak. Ez a forgatókönyv az ESDP prioritásait követi egy kiegyensúlyozott, policentrikus városhálózat érdekében. A „C” scenárió a kisebb városok és a kevésbé fejlett régiók növekedését ösztönzi, ahol a városi és a rurális területek képesek az együttműködésre. Ebben a forgatókönyvben önálló és gazdaságilag rugalmas régiók jelennek meg.

A hosszú távú elemzés értelmében a gazdasági növekedést nem befolyásolja különösebben egyik fent vázolt scenárió sem. Ugyanis a gazdasági növekedés leginkább azokhoz a technológiai változásokhoz kapcsolható, amelyek a termelékenységet növelik. Éppen ezért mindhárom, 2050-re meghatározott scenárió Európa egészében hasonló gazdasági növekedést eredményezne. Ugyanakkor a fejlődési szakadékokat azok a politikai irányvonalak tudják csökkenteni, amelyek a második vonalas városokba és a periférikus régiókba helyeznek forrásokat – ez a „B” és a „C” scenárió esetében valósulna meg (ESPON 2014).

### **Kitekintés – nemzetállami gyakorlatok**

Az eddig bemutatott modellek, előrejelzések, stratégiák európai szinten készültek el. Ugyanakkor, érdemes egy-egy nemzetállam saját gyakorlatába is bepillantást nyerni a társadalmi-gazdasági modellezés területén, és megvizsgálni, vajon összecsengenek-e az uniós és a nemzetállami vizsgálatok eredményei, módszerei. Az alábbi fejezet rövid betekintést ad két nemzetállam (Németország és az Egyesült Királyság) társadalmi-gazdasági modellezésébe.

Több tényező is indokolta e két országnak a kiválasztását. Egyrészt a fellelhető modellek és előrejelzések e két nemzet esetében viszonylag széles körben elérhetőek. Másrészt a korábban bemutatott társadalmi modellezések alapján ebben a két országban jelentős változások várhatók a következő évtizedekben, hiszen mindkét uniós tagállam a bevándorlások hagyományos célországának számít, ugyanakkor eltérő stratégiát kell alkalmazniuk: míg 1990-hez viszonyítva Németország lakossága

2014-ben közel ugyanakkora volt, addig az Egyesült Királyságban ugyanebben az időszakban a népesség több mint 7 millió fővel növekedett. Az alábbiakban két, a vizsgált országokból származó előrejelzést, példát mutatunk be.

### ***Németország: társadalmi modellezés a nyugdíjreformok értékeléséhez***

Németországból Fehr és Habermann (2006) munkáját mutatjuk be, amely alapvetően a német nyugdíjreformok kockázatelemzésével foglalkozik, ám alapvető feltételezés a jövőre vonatkozó demográfiai bizonytalanság, így a társadalmi modellezés is kiemelt szerephez jut.

A legtöbb fejlett országhoz hasonlóan Németország is demográfiai átmenettel néz szembe, az idősebb generáció aránya a népességen belül jelentősen növekszik. A munkaképes korú lakosság aránya csökkenni fog, vagy nagyon lassú növekedést fog mutatni, köszönhetően az elmúlt évtizedek alacsony termékenységi rátájának. Mivel az idősebb generáció a fiatalabbakra utalt a nyugdíjak és az egészségügyi juttatások előteremtésében, az elöregedő népesség fiskális válságot hozhat a jövőben. Egyes előrejelzések szerint a nyugdíjra, egészségügyre és a hosszú távú ellátási rendszerekre fizetett munkáltatói adók 36-ról 56%-ra növekedhetnek középtávon. Mivel ezek a feltételezések a jövőbeni demográfiai és gazdasági trendektől függenek, az adóemelés-előrejelzések mindig bizonytalanok. A tanulmány értelmében éppen ezért fontos figyelembe venni a társadalmi és gazdasági előrejelzések bizonytalansági tényezőit, és azt, hogy ez a bizonytalanság hogyan fogja érinteni a különböző generációkat.

Korábbi, hasonló témával foglalkozó kutatások általában determinisztikus népesedési előrejelzéseken alapultak, ahol a jövőbeli termékenységi, halálozási és migrációs ráta meghatározott értékével számoltak (pl. Fehr 2000; Hirte 2002). Voltak olyanok is, amelyek a népességi előrejelzések bizonytalanságait úgy vették figyelembe, hogy a különféle előrejelzések eredményeit összehasonlították (pl. Beetsma, Bettendorf, Broer 2003), amelyek vagy „optimista”, vagy pedig „pesszimista” feltételezéseken alapultak a jövőbeli demográfiai trendekről. Ugyanakkor ezek a szcenárióalapú szemléletek több hiányosságot is felmutattak.

A népességi modell kiindulópontját Németország 2000-es népességi szerkezete adta. A korszecifikus előrejelzésekhez azt a feltételezést alkalmazták, hogy az akkori termékenységi ráta szintje (1,4-es érték) a jövőben is meghatározó lesz. Hasonlóképpen a migrációs rátával (évi nettó 200 ezer fő) is stabil tényezőként számolnak a jövőben. A halálozásoknál az előrejelzés azzal a feltételezéssel számol, hogy a jövőben várható élettartam növekedni fog: 2050-ben a nők esetében 85 év (80,5 helyett), férfiak esetében pedig 78,7 év lesz (74,5 helyett) (Fehr, Habermann 2006).

### ***Egyesült Királyság: fókuszban a nemzetiségek***

Az Egyesült Királyságra vonatkozó projekciót a Leedsi Egyetem kutatói készítették el (Ethnic population projections for the UK and local areas, 2001-2051). Ebben az



elemzésben a nemzetállamra vonatkozó társadalmi előrejelzéseket vizsgálták a 2001-től 2051-ig tartó időszakban. Bár elsősorban a nemzetiségekre fókuszáltak, a tanulmány átfogó képet ad az Egyesült Királyság népességéről és a nemzetközi migráció trendjeiről is.

Az Egyesült Királyság népessége mérsékelt ütemű növekedést mutat, amelynek több tényező áll a háttérében: az 1960-as, 1970-es évek magas termékenységi rátája, a várható élettartam folyamatos növekedése, valamint a nettó migráció magas értéke. Ugyanakkor a népességnövekedés területileg eltérő képet mutat. Mindezzel összefüggésben a népesség etnikai összetétele is gyorsan változik.

A népesség előrejelzését a kutatás egy innovatív modell felállításával valósította meg. A modell legfontosabb jellemzője, hogy az egyes területek közötti migrációs kapcsolatok feltárására is alkalmas. A modell ezen túlmenően mind a 16 etnikai csoportot megjeleníti, amelyeket a 2001-es népszámlálás során regisztráltak. Az előrejelzés a népesség változásához hozzájáruló összes komponenst vizsgálta: a termékenységet, a halálozási rátát, a ki- és bevándorlást (belső és külső egyaránt).

Az előrejelzés értelmében 2051-re az Egyesült Királyság népessége 77,7 millió főre növekszik, ugyanakkor óriási különbségek várhatóak a különböző etnikai csoportok potenciális lélekszám-növekedésében. Például 2001 és 2031 között a fehér brit csoport 4%-kal, míg a fehér ír csoport 10%-kal növekszik. Míg az ázsiai csoportok növekedési üteme 95%-153% közé tehető, a fekete afrikai csoporté 179%-ra. Ennek következtében az Egyesült Királyság etnikai összetétele lényegesen megváltozik 2051-ig, és a nemzetállam sokkal változatosabb képet fog mutatni (Wohland et al. 2010).

### **Következtetések**

Ami a demográfiai modelleket és előrejelzéseket illeti, a vizsgált szakirodalmak, kutatási projektek különböző eredményeket mutatnak. Az egyes jelentések még abban sem értenek teljes körűen egyet, hogy Európa lakossága a jövőben növekedni vagy csökkenni fog (pl. Ageing Report – DEMIFER projekt).

Abban azonban a vizsgált szakirodalmak azonosak, hogy az elöregedés folyamata fel fog gyorsulni, és az aktív, munkaképes korosztály körében drasztikus csökkenés várható, ami kiemelt probléma a gazdasági versenyképesség és a szociális jóléti rendszerek sérülékenysége szempontjából. Alacsonyabb területi szinten a demográfiai folyamatok sok esetben már most is jelentős különbségeket mutatnak, és a jövőben ez tovább fog erősödni. Bár összességében Európa népessége elöregedő, ez nem igaz a metropolisztárségek, nagyvárosi régiókra és a tengerparti övezetekre.

A régiók közötti különbségek nemcsak a demográfiai, hanem a gazdasági előrejelzésekben is megmutatkoznak. A jövő gazdaságára vonatkozóan Európa szempontjából a régiók közötti kohézió kulcsfontosságú lesz. A 2020-as stratégia megvalósulása kérdéses, főként azért, mert Európa egyes régiói között szinte lehetetlen olyan mutatót találni, ahol ne lennének nagyok a különbségek. Éppen ezért a különbségek kiegyenlítésére kiemelt figyelmet kell fordítani.

A globális, externális hatások, mint például a globális klímaváltozás átrendezhetik a korábbi népességkoncentrációkat, a népesség új területi eloszlását eredményezhetik. A klímaváltozás szempontjából a legsérülékenyebb régiók a tengerparti régiók, a nagyvárosok és a magashegységi területek lehetnek. A jövőben a klímaváltozás negatív hatásai miatt várhatóan egyes régiók népességsökkenéssel, míg más régiók népességnövekedéssel számolhatnak.

A döntéshozóknak ezekre a jövőben várható hatásokra fel kell készülniük és a regionális sajátosságoknak megfelelő válaszokat, adaptációs stratégiákat kell kidolgozniuk.

## Irodalom

- Beetsma, R., Bettendorf, L., Broer, P. (2003): The budgeting and economic consequences of ageing in the Netherlands. *Economic Modelling*, 5., 987–1013.
- Blangiardo, G. C. (2014): *Migrations into the EU: Long term demographic scenarios – KING project*. ISMU Foundation, Milánó. <https://ec.europa.eu/migrant-integration/index.cfm?action=furl.go&go=/librarydoc/migrations-into-the-eu-long-term-demographic-scenarios---king-project-research-paper> (Letöltés: 2015. július 14.)
- Cohen J. E. et al. (2003): Human population: the next half century. *Science*, 5648., 1172–1175.
- Eding, J. H. et al. (1996): *Long term demographic scenarios for the European Union*. Faculty of Spatial Sciences, Groningen
- ESPON [European Observation Network for Territorial Development and Cohesion] (2014): *ET2050 – Territorial Scenarios and Visions for Europe*. [http://www.espon.eu/main/Menu\\_Projects/Menu\\_AppliedResearch/ET2050.html](http://www.espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_AppliedResearch/ET2050.html) (Letöltés: 2015. július 16.)
- ESPON [European Observation Network for Territorial Development and Cohesion] (2010): *Demographic and Migratory Flows affecting European Regions and Cities*. [http://www.espon.eu/main/Menu\\_Projects/Menu\\_AppliedResearch/demifer.html](http://www.espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_AppliedResearch/demifer.html) (Letöltés: 2015. július 16.)
- ESPON [European Observation Network for Territorial Development and Cohesion] (2012): *Spatial indicators for Europe 2020 Strategy – Territorial Analysis*. [http://www.espon.eu/main/Menu\\_Projects/Menu\\_AppliedResearch/siesta.html](http://www.espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_AppliedResearch/siesta.html) (Letöltés: 2015. július 18.)
- ESPON [European Observation Network for Territorial Development and Cohesion] (2005): *The spatial effects of demographic trends and migration*. [http://www.espon.eu/main/Menu\\_Projects/Menu\\_ESPON2006Projects/Menu\\_ThematicProjects/demographicitrends.html](http://www.espon.eu/main/Menu_Projects/Menu_ESPON2006Projects/Menu_ThematicProjects/demographicitrends.html) (Letöltés: 2015. július 18.)
- European Commission – Directorate-General for Economic and Financial Affairs (2006): *Long term labour productivity and GDP projections for the EU25 Member States: a production function framework*. [http://ec.europa.eu/economy\\_finance/publications/publication680\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/publication680_en.pdf) (Letöltés: 2015. július 18.)
- European Commission – Directorate-General for Economic and Financial Affairs (2014): *The 2015 Ageing Report – Underlying Assumptions and Projection Methodologies*. [http://ec.europa.eu/economy\\_finance/publications/european\\_economy/2014/pdf/ee8\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/european_economy/2014/pdf/ee8_en.pdf) (Letöltés: 2015. július 16.)
- Fehr, H., Habermann, C. (2006): Pension reform and demographic uncertainty: the case of Germany. *Journal of Pension Economics and Finance*, 1., 69–90.

- Fehr, H. (2000): Pension reform during the demographic transition. *Scandinavian Journal of Economics*, 3., 419–443.
- Hirte, G. (2002): Welfare and Macroeconomic Effects of the German Pension Acts of 1992 and 1999: a dynamic CGE study. *German Economic Review*, 1., 81–106.
- Lutz, W., Goldstein, J. (2004): Special issue on how to deal with uncertainty in population forecasting? *International Statistical Review*, 1–2., 1–106, 157–208.
- Lutz, W., Samir, K. C. (2010): Dimensions of global population projections: what do we know about future population trends and structures? *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 1554., 2779–2791.
- O’Neill, B. C. et al. (2001): A guide to global population projections. *Demographic Research*, 8., 203–288.
- Tagai G. (2015): *Járási népesség-előreszámítás 2051-ig*. Jelen kötetben.
- Wohland, P. et al. (2010): *Ethnic population projections for the UK and local areas, 2001–2051*. School of Geography, University of Leeds, Leeds



# A klímamodellezés nemzetközi eredményei

*Kovács András Donát*

## **Bevezetés**

Napjaink egyik legfőbb kihívása a klímaváltozáshoz és az ahhoz kapcsolódó komplex hatásokhoz való alkalmazkodás. Az elmúlt évtizedben a témával kapcsolatos ismeretek kibővültek, így mára elfogadottá vált a tény, mely szerint az emberiségnek az éghajlati tényezők változásával és mindenre kiterjedő következményeivel szembe kell néznie. A tudományos konszenzuson alapuló előrejelzések szerint a földi átlaghőmérséklet – különböző természeti és antropogén hatások eredményeként – a jövőben emelkedni fog, így a 21. században számos globális és regionális hatással kell majd számolni.

A klímaváltozásra vonatkozó kijelentések jelentős részükben olyan, jövőre vonatkozó modellprojekciók alapján valószínűsíthetők, amelyek szimulálják a klimatikus elemek változását. A klímaváltozásra fókuszáló modellezési eljárásoknak óriási jelentősége lehet, hiszen a várható tendenciák előrejelzése elősegítheti a változásokra való felkészülést, a komplex környezeti kockázatkezelést és az energiafelhasználás optimalizálását. A klímamodellek segítségével megfogalmazható jövőscenáriókat figyelembe vevő intézkedések révén az egyes közösségek felkészülhetnek a változásokra. Az ezek nagyságrendjét és irányát egyre pontosabban bemutató modellszimulációk jelentősége tehát nem csupán a tudományos ismeretek végett, hanem a társadalmi paradigmák, a környezettudatosság szempontjából is nagy.

Jelen fejezetben röviden összegezzük az éghajlati modellek legfőbb típusait és eredményeit. Természetesen mindezt a teljesség igénye nélkül, hiszen az előzmények és források sokasága nem teszi lehetővé a témakör mindenre kiterjedő és részletekbe bocsátkozó feldolgozását.

Alapvető célkitűzésünk a nemzetközi klímamodellezés eddigi eredményeinek összefoglalása, a globális és regionális modellezés alapjainak bemutatása. Ezen túlmenően – közvetett módon – szeretnénk megerősíteni a változásokra való felkészülés fontosságát is. A klímamodellek által prognosztizált változásokra még időben reagáló társadalmi közösségek ugyanis hatékonyabban óvhatják és őrizhetik meg a településkörnyezeti rendszerek állapotát. A klímavédelmet szolgáló tevékenységek csökkent-

hetik az energiafüggőséget, adott esetben (akár a zöld-gazdaság révén) élenkítőleg hathatnak a helyi gazdaságra, végső soron pedig – a megfelelő kommunikáció, nevelés és tudatformálás mellett – szemléleti, magatartásbeli javulást generálhatnak.

Áttekintésünket elsősorban hazai szerzők (többek között Bartholy, Bozó, Haszpra, Mika, Pieczka, Pongárcz, Práger, Szépszó) korábbi munkái alapján állítottuk össze, így a külföldi szakirodalom egy részét is közvetett módon hivatkozunk. Emellett a felhasznált források olyan nemzetközi hivatkozásokat is tartalmaznak, mint a Klímaváltozási helyzetértékelő program (U.S. Climate Change Assessment Program, CCSP – Synthesis and Assessment Product – SAP); a Climate Models: An Assessment of Strengths and Limitations (Bader et al. 2008), az IPCC által összeállított Helyzetértékelő Jelentések és egyéb nemzetközi online források, mint pl. a NCAR UCAR University Corporation for Atmospheric Research, NOAA National Atmospheric and Ocean Administration, NASA Goddard Institute for Space Studies, vagy a PRUDENCE és ENSEMBLES kutatások eredményei.

## **A témakör történeti áttekintése**

### ***A globális klímamodellek evolúciója***

A 20. század során a földi légkörről alkotott ismeretek jelentősen kibővültek, így a század közepére kialakultak azok a légkörfizikai, meteorológiai elméletek és módszerek, amelyek segítségével lehetővé vált az éghajlati modellezés. A klímamodellezés atyjának sokan Richardsont (1922) tekintik, aki elsőként alkalmazott numerikus kalkulációkat a légköri folyamatok előrejelzésére (McGuffie, Henderson-Sellers 2005). A számítógépes előrejelzés története az amerikai Institute of Advanced Studies (IAS) keretei között indult el, olyan kutatók közreműködésével, mint J. Neumann, J. Charney, N. Phillips, P. Thompson, R. Fjortoft, A. Eliassen, E. Lorenz és J. Smagorinsky. Ebben a körben merült fel először, hogy a modelleket úgy kellene kialakítani, hogy a légkör kiindulási állapotának, „kezdeti feltételeinek” megadása helyett „pontos peremfeltételeket” jelenítsenek meg. Így egy bizonyos időtartamra vonatkozó integrálással a modell alkalmassá válhat bizonyos légköri folyamatok szimulációjára. Az ezt követő évtizedekben a modellezéssel kapcsolatos elképzeléseket fokozatosan továbbhangolták, a technológia pedig rohamléptekben fejlődött. Fontos mérföldkövet jelentett az ENSZ égisze alatt megalakult Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) globális éghajlatváltozást értékelő első jelentése (First Assessment Report FAR1990). A világ összes éghajlattal kapcsolatos kutatási eredményét szintetizálva az IPCC működése lendületet adott az éghajlatmodellezésnek is. A FAR szerint: „Az éghajlatváltozás előrejelzésének megbízhatóbbá válása az éghajlatmodellek fejlődésén alapszik, mely egyben a World Climate Research Program, az Éghajlatkutatási világprogram (WCRP) klímamodellezési alprogramjának célja.” Ezzel párhuzamosan indult az USA Globális változás kutatási programja (The United States Global Change Research Program, USGCRP), amely az éghajlati modellezést fő céljai közé emelte (Our Changing Planet 1991) (Práger 2011).

A kilencvenes években a többszörösen összetett légköri-óceáni modellek összekapcsolása során megkezdődött a légkör-óceán általános cirkulációs modellek (Atmosphere-Ocean General Circulation Model) globális szintű átfogó összehasonlítása (Coupled Model Intercomparison Program, CMIP). A CMIP módszertanával lehetőség nyílt a modellek validálására, a klímaszcenáriók összevetésére. Az általános légkörzést és a világoceán általános vízkörzését szimuláló modellek felbontása, pontossága, komplexitása egyre javult, míg a számtalan modellvariációs lehetőség végül a kapcsolt modellek megvalósításához vezetett (Práger 2011).

A korszerű éghajlati modellek több fontos követelménynek is megfelelnek: egyrészt az éghajlat legfontosabb jellemzőit pontosan szimulálják, illetve a fizikai, kémiai, biológiai folyamatokat a légköri-éghajlati jellemzőket befolyásoló komplex környezeti rendszerben lezajló kölcsönhatásokat és visszacsatolásokat is beépítik. Széles körű mechanizmusok leírására képesek; nemcsak az éghajlati átlagértékeket, hanem az extrém értékeket és a változékonyság jellemzőit is visszaadják. Emellett a természetes hatások mellett a legátfogóbb klímamodellek tükrözik az antropogén kényszereket is (Práger 2011).

Miután az éghajlati rendszer folyamatai néhány órától több ezer évig terjedő időskálán, illetve néhány centimétértől több ezer kilométerig terjedő térskálán zajlanak, a modellkísérletek a legfejlettebb számítógépes technológiát igénylik. A rendelkezésre álló hardver- és szoftverkapacitás behatárolja a modellek részletességét. „A számítógépek teljesítőképességének fejlődése minden bizonnyal lehetővé teszi, hogy a modellekben alkalmazott közelítések, megszorítások egyre enyhüljenek, és helyüket az egyre egzaktabb fizikai leírások és matematikai formulák vegyék át” (Práger 2011). Ma már a különböző modellgenerációk hibáival külön tudományterület foglalkozik, mely alapján egyértelmű, hogy az éghajlatmodellek evolúciója és teljesítménye egyenletesen javuló tendenciát mutat (Reichler, Kim 2008).

### ***A modern globális éghajlatmodellek***

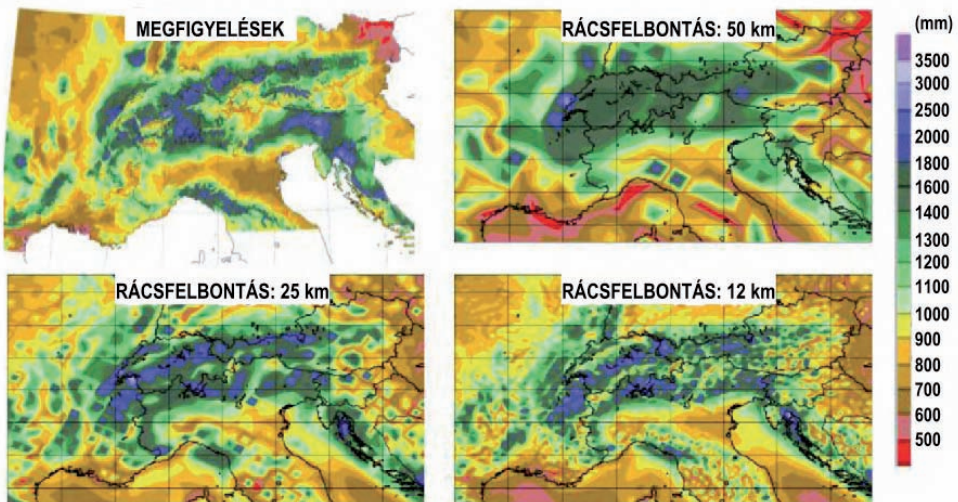
A korszerű klímamodellek általában részmodellekből állnak, amelyek az éghajlati rendszer egy-egy alrendszerét írják le. A légköri folyamatokat leíró általános cirkulációs modellek (Atmospheric Global Circulation Model, AGCM) a háromdimenziós térben zajló légköri mozgásokat írják le a hőmérséklet, csapadék, légnyomás és egyéb éghajlati változók értékeire vonatkozóan. Horizontális felbontásuk átlagosan 100-300 km. Komplex modellek, melyek segítségével szimulálható a légkör állapotának (hőmérséklet, légnyomás, áramlási sebesség, és a víz különböző állapotainak sűrűsége) időbeli alakulása. Az AGCM-ek a folytonosnak tekintett állapotathározó-mezőket többszintű rácshálózat pontjaiban adják meg. Mivel a teljes légkör csupán vékony rétegnek tekinthető, ezért a vertikális rácstávolságok általában két nagyságrenddel kisebbek (~0,1-1 km), mint a horizontális távok (~10-100 km). A modellek általában a troposzférát és az alsó sztratoszférát (a légkör össztömegének 95%-át) magában foglaló 25-30 km vastagságú rétegeket veszik figyelembe, ahol gyakorlatilag minden

fontos meteorológiai és levegőkémiai folyamat zajlik. Az egyes AGCM-ekben alkalmazott egyenletrendszerek alapvetően nem különböznek, de számítási algoritmusaik jelentősen eltérhetnek egymástól. További különbségek jelentkezhetnek a használt koordinátarendszerben, a rácshálózat geometriájában és felbontásában. Ma már minden modellben felszínkövető koordinátarendszert alkalmaznak, amelyben a földfelszín koordinátafelület (Kim, Lee 2003). A globálisan összehangolt modellezéssel párhuzamosan az elmúlt évtizedekben kiterjedt mérési programokat indítottak a parametrizációk tesztelésére és javítására. Ide tartozik a mezoskálájú alpesi program (Mesoscale Alpine Program, MAP) vagy a sugárzásátviteli és felhőparametrizációk tesztelését szolgáló légköri sugárzásmérési program (Atmospheric Radiation Measurement Program, ARM – Ackerman, Stokes, 2003) (Práger 2011).

A globális légköri modellek közé tartoznak a változó felbontású modellek, amelyeknél a térbeli felbontás nem egységes: a kiemelt fontosságú területe(ke)n a felbontás finomabb (mint a regionális modellek esetében). A legfinomabb alkalmazott felbontások néhányszor 10 km-es nagyságrendűek, bár újabban arra is van példa, hogy 10 km alatti felbontású klímamodellt használnak (Hay et al. 2006).

A finomabb felbontású klímamodellek alkalmazása nem minden esetben ad pontosabb eredményeket egy adott térségre. Elsősorban azokban az esetekben várhatunk jelentős javulást, amikor térben nagyon változékony a csapadék vagy erősen tagolt a domborzat. Ilyen finom felbontású modelleket főként 20-30 éves időtávlatra készítenek (1. ábra) (Christensen et al. 2007).

1. ábra: Az eltérő felbontások különbsége a becslült csapadékmezők és a megfigyelt évi csapadékösszegek összehasonlítása példáján



Forrás: Christensen et al. 2005 nyomán Bartholy, Pongrácz 2013.



A világoceán vízkörzési modelljei (óceáni általános cirkulációs modell – Oceanic General Circulation Model, OGCM) a légkörhöz hasonlóan a megmaradási törvények matematikai formuláinak közelítő megoldásán alapulnak. „Az óceáni modellek felbontása általában meglehetősen durva: 100-300 km. A vertikális irányban definiált koordinátarendszer a leggyakrabban hagyományos felszínkövető rendszer, vagy izopiknikus (azonos sűrűségű) felületek által kijelölt koordinátarendszer. A felső határfeltételeket a momentum, a látens és szenzibilis hő, valamint a csapadék fluxusai jelentik. Az óceáni modellek között a legnagyobb különbség a fizikai parametrizációs csomagokban található – leginkább a horizontális és vertikális diffúzió, valamint a keveredés leírásánál” (Szépszó 2014).

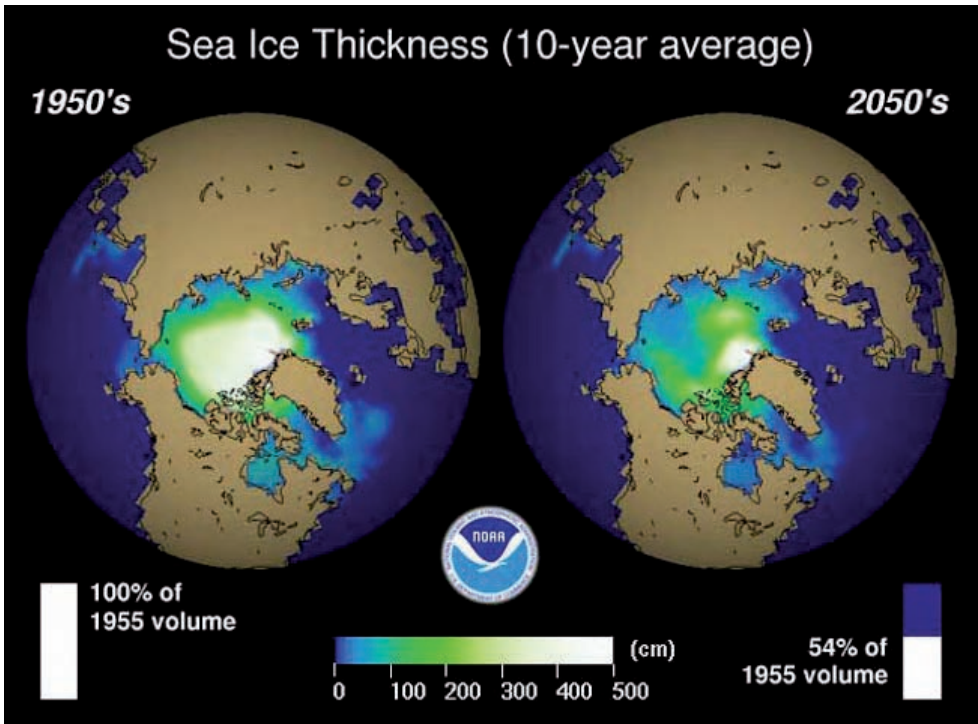
A csatolt éghajlati modellekben az OGCM-ek az AGCM-ekhez hasonlóan a teljes összecsatolt modellnek csak egy részmodulját alkotják. A csatolásokat a légkör és az óceán közötti impulzus-, hő- és vízgőzáramok, valamint az óceán és a tengeri jég közötti hőáramok és a sókoncentráció kiegyenlítődése jelentik. Az OGCM-ekben számos közelítés látott napvilágot, amelyek hasonlóak a légkör felszínközeli rétegében alkalmazottakhoz. Komoly kérdést jelentenek a világoceán változásainak több évtizedes hatásai és az ebben rejlő pontatlanságok, amelyek nagymértékben növelik azt a bizonytalanságot, amelyet az óceán éghajlatalakító hatásáról a modelledmények mutatnak. A szállítórendszerek, az árapály, a napsugárzás és az óceánok édesvíz-bevétele mellett számos olyan bizonytalansági tényező is van, amelyeket az eddigi modellek csak érintőlegesen tudtak bemutatni. Mára önálló modellezési részterületté vált a csatolt légkör-óceán-tengerijég-modellek létrehozása, amelyekben egyelőre szintén számos bizonytalanság van (Práger 2011).

A földfelszín- és felszíniréteg-modellek – legyen szó akár szárazföldi, akár tengerfelszínről – az éghajlati rendszer kölcsönhatásainak valószínűleg legjelentősebb és legösszetettebb csoportját képviselik; a felszín modellezése az éghajlatmodellezés leginkább interdiszciplináris ága. E modellekben szétválaszthatatlanok az éghajlati, hidrológiai és bioszférikus hatások. A legelső globális éghajlatmodellekben a földfelszín energiáramokat befogadó és kibocsátó kétdimenziós felületnek tekintették, mára viszont e modellekbe számos faktort beépítettek (pl. talajbeli szénciklus; szenzibilis és látens hőáram; hórétegvastagság; hófúvás, hótakaró; permafroszt-modellezés; jégmodellek). Az elmúlt évtizedben a felszínmodellek összehangolását többen is megkísérelték, de a meglehetősen bonyolult bioszféra-almodelleket a legtöbb modellbe még nem építették be, mert ezekhez nagy számú bemenő paraméterre van szükség, s kalibrálásuk napjainkban még nem lehetséges (Práger 2011).

A globális modellek készítői fokozatosan ébredtek rá, hogy mennyire fontos tényező a tengeri jég. A tengerijégmodellek tartalmazzák a tengeri jég dinamikájának és hőtanának elemeit: a jég mozgásának fizikáját, a jégen belüli, illetve a jég és a környező tengervíz közötti hő- és sótartalom-átadási folyamatokat. Míg a valóságban a tengeri jég 10–10 000 m nagyságú, de csak néhány méter vastagságú jégtáblákat alkot, a modellekben a tengeri jeget megszakítás nélküli jégtakaróként értelmezik.

A jégmodellek nagy változatosságot mutatnak, de leírásukra többnyire a reológiát használják, amely a nyírési feszültségek és az általuk létrehozott mozgás és alakváltozás közötti kapcsolatot határozza meg. A sarkvidékekre készült 2050-ig kitekintő becslések többsége a poláris jégsapkák drasztikus csökkenését prognosztizálja (2. ábra).

2. ábra: Az északi sarki tengeri jég csökkenése 100 év alatt (cm)



Forrás: NOAA National Atmospheric and Ocean Administration <http://www.noaa.gov/>.

„Jelenleg a legösszetettebb éghajlatmodellek az AOGCM-ek. E modellek a mind több beépített éghajlati folyamat és modul révén az éghajlati rendszer dinamikájának egyre egzaktabb reprezentációját adják” (Práger 2011). A globális kapcsolt modellek képesek leírni azokat a hosszú időskálájú folyamatokat és kölcsönhatásokat, amelyek az egész Föld cirkulációjára és éghajlatára lassú kényszerítő hatással bírnak, így segítségükkel meghatározhatók az éghajlati rendszer viselkedésének aszimptotikus jellemzői. Tehát az éghajlati rendszer leírására alkalmazott hosszabb időskálán a klímamodellek eredményeit mint statisztikai sokaságot kell tekintenünk, ahol nincs jelentősége annak, hogy adott előrejelzés melyik konkrét időpontra vonatkozik, s a modellek megbízhatóságát aszerint osztályozzuk, hogy a kiválasztott időszak átlagos éghajlati viszonyait milyen pontossággal képesek viszszatükrözni. Ehhez persze a vizsgált időszak hosszának megválasztása is lényeges.

A Meteorológiai Világszervezet ajánlása szerint az éghajlat csak hosszabb, több évtizedes időskálán értelmezhető, ezért a modellek eredményeit általában 30 éves időszakokra vizsgáljuk. Az AOGCM-ek használatának fő korlátja a számítógép-kapacitás. Ezért ha nem a világ legnagyobb teljesítményű szuperszámítógépén futtatunk egy ilyen modellt, csak néhány, több évtizedes időtávú szimulációt végezhetünk. Ez hátráltatja a bizonytalanságok feltérképezését és az ennél hosszabb távú futtatásokat. Jólal kevésbé bonyolultak az „egyszerű éghajlati modellek, amelyek általában magas fokon parametrizált (erősen leegyszerűsített) modulokból állnak: a jövőbeli emissziószenáriók, a gázok és az aeroszol, az aeroszol-prekursor anyagok kibocsátásából származó sugárzási kényszer számítása, a globális felszíni átlaghőmérsékleti válasz számítása, a hőtágulásból származó globális átlagos tengerszint-emelkedés, valamint a kontinentális és tengeri jégtakarók kiterjedésében mutatkozó válasz számítása. Ezek a modellek nagyságrenddel kisebb hardverigénnyel bírnak, így számos különböző szenárió kiszámítására alkalmasak. A bizonytalanságok a nagyszámú futtatás alapján jól számszerűsíthetők, mivel lehetőséget adnak az éghajlatváltozás valószínűségi eloszlásfüggvényekkel történő meghatározására, ami az AOGCM-ekkel lehetetlen. Az egyszerű klímamodellek és az AOGCM-ek közötti különbségek áthidalását az EMIC-ek segítségével oldhatók meg. Az EMIC-ek általában leegyszerűsített légköri (AGCM és/vagy OGCM) almodelleket használnak. Felbontásuk elég durva, a folyamatok leírásához pedig parametrizációkat alkalmaznak (Práger 2011).

### **A nemzetközi klímamodellek eredményei – szenáriók, trendek és projekciók**

Ugyan a globális modellek kisebb térszálakon kevésbé megbízhatóak, térbeli felbontásuk fokozatosan javul, így egyre inkább alkalmassá válnak az éghajlatváltozás finomabb sajátosságainak, mint például az extrém időjárás jelenségekben bekövetkező változásoknak az elemzésére.

A klímamodell-alapú szenáriókban az emberi tevékenységekkel összefüggő fizikai törvényszerűségek be vannak építve az alkalmazott modellbe, ahol a legfontosabb input az üvegházhatású gázok koncentrációjának 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) ajánlása alapján ezeket a forgatókönyveket továbbfejlesztették. A négy jövőkép, illetve szenáriópár (A1, B1 és A2, B2) közös nevezője, hogy mindegyik a 2100-ig tartó folyamatos gazdasági növekedésre épül. Az A1 szenárión belül 3 alszenárió létezik. Az IPCC ún. SRES-forgatókönyvei és forgatókönyv-családjai (Special Report on Emission Scenarios) az antropogén kibocsátás következtében várható CO<sub>2</sub>-koncentrációváltozásokat 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. Az egyes szenáriók jellemzőik a következők (Haszpra 2011):

- A1 (legpesszimistább forgatókönyv): nagyon gyors gazdasági növekedés, a népesség növekedése a 21. 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. Alszcenáriói:
  - A1FI: a fosszilis energiahordozók intenzív felhasználása jellemzi,
  - A1T: a megújuló energiaforrások elterjedése jellemzi,
  - A1B: a fosszilis és megújuló energiaforrások kiegyenlített használata jellemzi.
- A2 forgatókönyv: folyamatosan növekvő népesség, lassúbb gazdasági növekedés, a gazdasági növekedés térben differenciált, a technológiai változások lassabban jelennek meg és a térben nem egyenletesen, jelentős különbségek a régiók között, heterogén világmép, helyi önkormányzatok és önszerveződések hangsúlyosabb működése.
- B1 (legoptimistább forgatókönyv): a népesség növekedése a 21. század közepéig tart, majd csökken, a globális egyenlőtlenségek kiegyenlítődnének, a szolgáltatási és információs ágazatok túlsúlya a gazdasági szerkezetben, környezetbarát és energiahatékony 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 kibocsátási forgatókönyvek legnagyobb korlátja, hogy 50-100 évre előre nem ismerik az üvegházhatású gázok emissziójának és -koncentrációjának pontos értékeit. A regionális klímamodellek (pl. a hazánkban is futtatott ALADIN, PRECIS, RegCM, REMO) általában három forgatókönyvet vesznek figyelembe: B2 optimista; A2 peszsimista; A1B középértékes (Nakicenovic et al. 2000).

Az IPCC 2012-es ajánlásában a jövőbeli forgatókönyvek az üvegházhatású gázok koncentrációjának időbeli menetét veszik alapnak. Ezek az RCP-típusú forgatókönyvek (RCP = Representative Concentration Pathways), amelyek a koncentrációnövekedésből eredő sugárzási kényszer változására utalnak, egyben alkalmasak 2100-ig, illetve 2300-ig projekciók létrehozására (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-szenáriókat kiterjesztették: 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/](http://ipcc.ch/report/ar5/wg2/)).

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](http://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, Szabó 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 2011):

1. forgatókönyv: a 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: a politika prioritására épülő scenárió – lényege, hogy a szociális és környezeti célok elérése érdekében a nemzeti kormányok hozzák meg a legfőbb döntéseket.
3. forgatókönyv: a 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: a 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 változására építette a jelentés: intézményi és társadalmi-politikai keretek, demográfia, gazdasági kereslet, piacok és kereskedelem, tudományos és technológiai innovációk, értékrendszerek (Vág 2011).

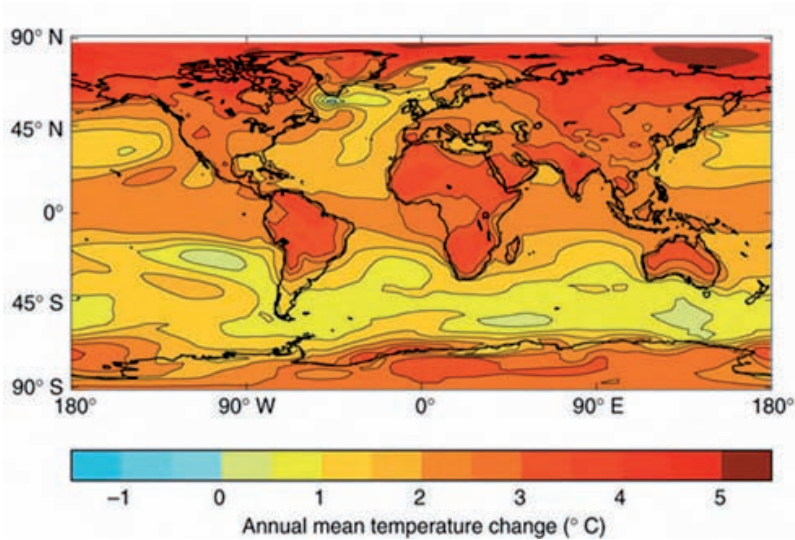
A GEO-4 jelentés módszertanának és tapasztalatainak felhasználásával szubregionális forgatókönyvek születtek 2007-ben. Ezek közül az egyik a Kárpátok térségére vázol fel három lehetséges forgatókönyvet 2020-ig (Pomázi, Szabó 2008; Vág 2011): az UNEP GEO-4 és GEO-5 jelentésből a politikai, a piaci és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

A nemzetközi partnerséget igénylő összehangolt globális klímaszimulációk elvégzésére jó példa a CMIP38 (Meehl et al. 2007) illetve a CMIP59 projekt, melyekben a legfontosabb (SRES illetve RCP) scenáriókkal és a lehető legtöbb globális modellel hajtottak végre kísérleteket.

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának mértékét befolyásoló forgatókönyvekre épülő éghajlati modellek előrejelzései szerint a globális földfelszíni átlaghőmérséklet 1,1-6,4 Celsius-fokkal fog növekedni az 1990-től 2100-ig tartó időszakban (3. ábra).

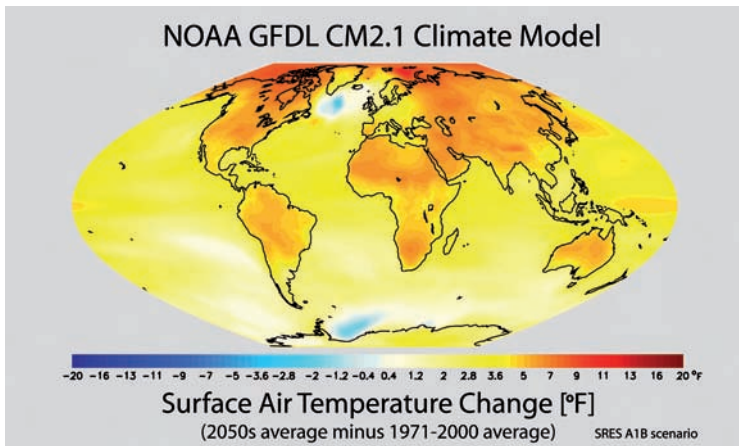
A globális modellek jelentős része a 2050–2100 időszakra próbál jövőképeket felvázolni. A hőmérséklet- és csapadékváltozással összefüggő legfőbb eredmények az átlagos évi középhőmérséklet növekedését és a csapadékeloszlások megváltozását vetítik előre (4. és 5. ábra).

3. ábra: A  $CO_2$  ~1%/év emelkedésével számolt globális évi középhőmérséklet-változás 2050-re ( $^{\circ}C$ )



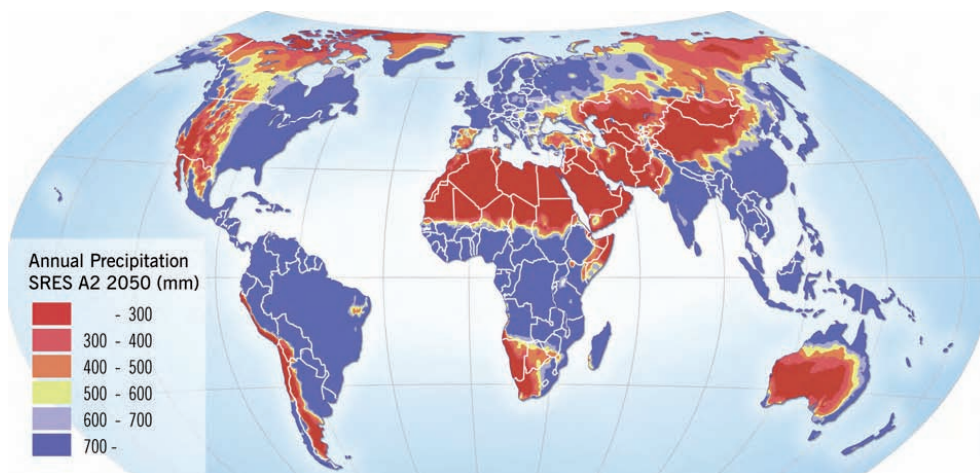
Forrás: <http://www.gfdl.noaa.gov/visualizations-climate>

4. ábra: A léghőmérséklet változása ( $^{\circ}F$ ) a 2050-es projekció és az 1970-2000 közötti időszak átlagának különbségéből számolva (NOAA GFDL CM2.1 SRES A1B)



Forrás: <http://www.gfdl.noaa.gov/visualizations-climate>

5. ábra: Az évi csapadékmennyiség projekciója 2050-re (SRES A2)

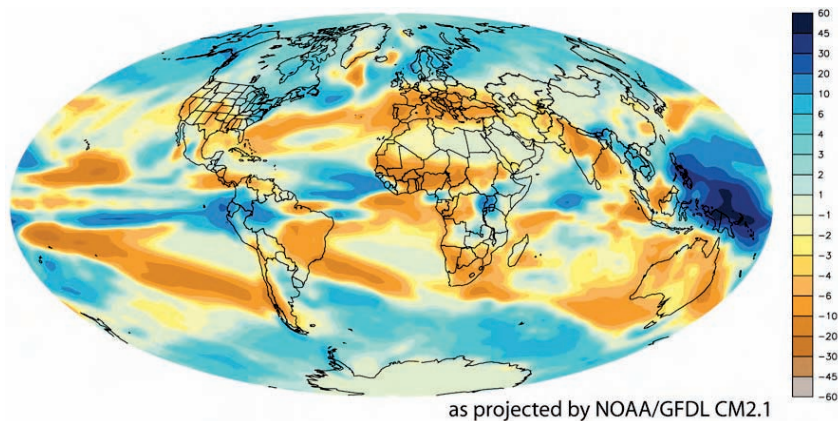


Forrás: <https://nordpil.com/portfolio/mapsgraphics/precipitation-2050/>

„A 21. századra előrevetített melegedés a forgatókönyvektől függetlenül hasonló földrajzi eloszlást mutat, amelyek hasonlítanak az utóbbi évtizedekben megfigyelt mintázatokhoz is. A melegedés várhatóan a szárazföldeken és az északi félgömb magasabb földrajzi szélességein lesz a legerősebb, míg a déli óceánok és az észak-atlanti óceán egyes részein pedig a leggyengébb” (Mika é.n.).

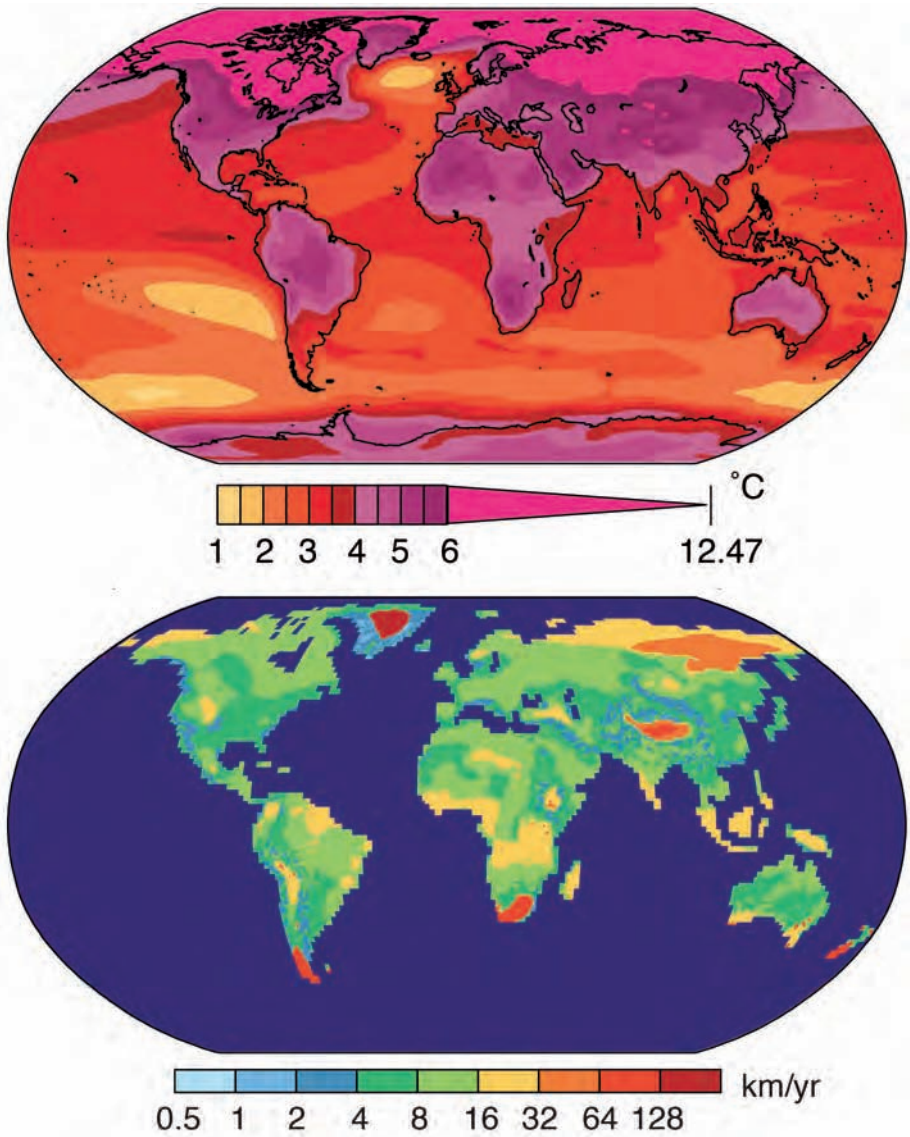
Miután a modellek egy része leképezhető korábbi földtörténeti időszakokra és a közelebbi múltra is, így hosszabb történeti szakaszok áttekintésére is lehetőség nyílik, amivel a jövőbeni változások intenzitása megbecsülhető. Ezek az eredmények azt mutatják, hogy a mostani felmelegedés a korábbiaknál intenzívebb mértékben zajlik (6. és 7. ábrák).

6. ábra: A csapadék mennyiségi változása a 21. század végéig (inch/év)



Forrás: <http://www.noaanews.noaa.gov/stories2007/s2787.htm>

7. ábra: Az évi középhőmérséklet növekedése a 21. század végi projektált értékek és a jelenlegi értékek különbségéből számolva, 21 különböző modell összevetésével (fent); az egyes fajok vándorlási igénye km/év-ben kifejezve, hogy elérjék a számukra megfelelő élőhelyi körülményeket a 21.század végéig (lent)



Forrás: Diffenbaugh, Field 2013.

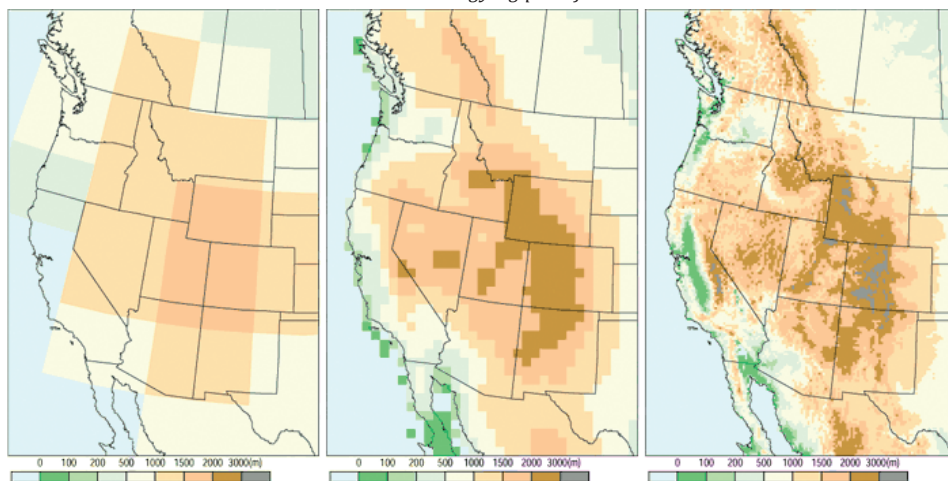
### A regionális klímamodellezés és legfőbb eredményei

A jelenlegi globális modellekkel regionális térskálára is alkalmazható, megfelelő pontosságú becsléseket nem lehet készíteni. Egyrészt mert a globális modellek területi



felbontása túl nagy (150-250 km-es rácpontokra alkalmazható), másrészt e megközelítés nem tartalmazza a felszín és a domborzat részletesebb adatait. A globális modellek eredményeit felhasználva azonban olyan korlátos tartományú modellek is futtathatók, melyek felbontása akár 10-15 km is lehet, s ez lehetővé teszi kisebb térségek pontosabb éghajlati változásainak leírását (8. ábra).

8. ábra: A topografikus felbontás különbségei globális és regionális modellezéssel a Sziklás-hegység példáján



Megjegyzés: A= GENESIS AGCM; B=RegCM; C=ETOPO 15 km-es felbontás. Forrás: Thompson et al. 1998.

A regionális klímamodellezés a meteorológia dinamikusan fejlődő részterülete. A korlátos tartományú modellek klímamodellezési célokra való felhasználását az 1980-as évek végén kezdték meg. Ekkorra a globális klímamodellezés már több évtizedes múltra tekintett vissza, azonban a földi vagy kontinentális megközelítésű modellek 300-500 km-es felbontása nem tette lehetővé részletesebb előrejelzések készítését. A kutatók közül egyesek felvetették, hogy az időjárás előrejelzésében alkalmazott korlátos tartományú modellek – melyeket addig csak néhány órá, néhány napos időszakra készítettek – alkalmazhatók lennének komplexebb és hosszabb távú éghajlati változások vizsgálatára. A kutatások azt bizonyították, hogy a korlátos tartományú modellek alkalmazásai – bizonyos módosításokat követően és a megfelelő peremfeltételek beépítésével – az éghajlati skálára is kiterjeszthetők. „A rövid távú modellek átalakítása regionális klímamodellekké elsősorban a modellek fizikai parametrizációs eljárásainak módosítását követeli meg, mivel az éghajlati skálán egészen más fizikai folyamatok dominánsak, mint a néhány napos időskálán” (Pieczka 2012).

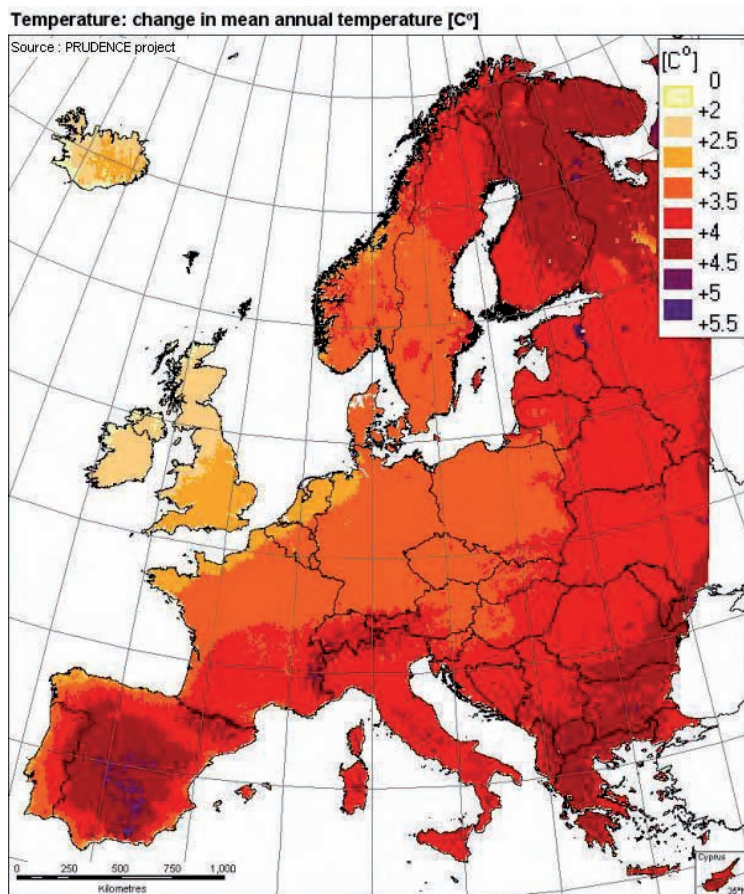
A regionális klímamodellek (RCM-ek) alapját globális klímamodellek finomításai, valamint elemzései adják. Ezek kidolgozása a globális modelleknél is nehezebb. A különböző dimenzióban lévő modellek között rendszerint egyirányú csatolást al-

kalmaznak, vagyis elviekben a regionális modell által leírt éghajlati folyamatok nem hatnak vissza a globális modellre. A csatolás alapvető feltételezése szerint a globális modell (bizonyos határokon belül) a földi méretű folyamatok mellett képes leírni a nagy skálájú globális éghajlati tényezők regionális vetületeinek egy részét, míg a regionális modell csak a globális modell rácsfelbontásánál kisebb skálájú, lokális vetületeken alkalmazható. A hangsúly mindig azon van, hogy a regionális modelleknek le kell írniuk az éghajlati változók helyes eloszlását, azaz meghatározhatóvá kell tenniük a kisebb téregységek még elfogadható hibával rendelkező klímaprojekcióit. A regionális klímamodellezés eredményei kapcsán számos folyamat részleteit is tisztázni lehetett (pl. sugárzási kényszer, felhőkonvekció, felszíni folyamatok). A regionális klímamodellek folyamatosan fejlődnek: a horizontális és vertikális felbontás nő, a fizikai parametrizációk fejlődnek és csatolt modellrendszereket hoznak létre (Pieczka 2012).

A nagyobb felbontás lehetővé teszi a felszíni és kisebb léptékű folyamatok pontosabb leírását, amelyek lényeges szerepet játszanak a regionális éghajlati viszonyok alakításában. A regionális modellek bizonyos értelemben a globális tényezőket skálázzák le és egészítik ki új, lokális részletekkel a kiválasztott régióra, ugyanakkor 10-25 km-es felbontásukból adódóan egyszerűbb sémákat használnak a csapadékképződéssel és a felhőzettel kapcsolatos kölcsönhatások leírására. A kisebb léptékekben való gondolkodás esetében az egyszerűbben becsülhető adatok, mint az évi középhőmérséklet és a csapadék előrejelzése is egyre bonyolultabbá válik és erősen korlátozott reprezentációt tesz lehetővé, különösen az olyan heterogén régiókban, mint pl. a lánchegységek vagy a Mediterráneum térsége. E bizonytalanságok csökkentése érdekében több olyan modellkísérlet zajlott és zajlik, amely az adott térségek szintjén megpróbálja pontosítani a jövőbeli hatásokat. A regionális dimenzióra koncentráló projektek hasznosításának komoly korlátja, hogy a regionális modellszimulációk eredményei számottevően eltérhetnek egymástól. Nagy jelentőséggel bírnak tehát azok a nemzetközi kutatások, amelyek során az egyes országok kutatócsoportjai hasonló módszertannal és közösen alakítják ki a klímamodelleket és azok projekcióit. Az eddigieket tekintve – a korábbi modellkísérleteket (PROVOST; ERA; EURRA; DEMETER; MICE; STARDEX) követően – a PRUDENCE és az ENSEMBLES voltak azok a jelentősebb európai klímamodellprojektek, amelyek projekcióikat több eltérő területi szintű modell futtatásával, különböző kibocsátási forgatókönyvek és bizonytalansági tényezők figyelembevételével valósították meg.

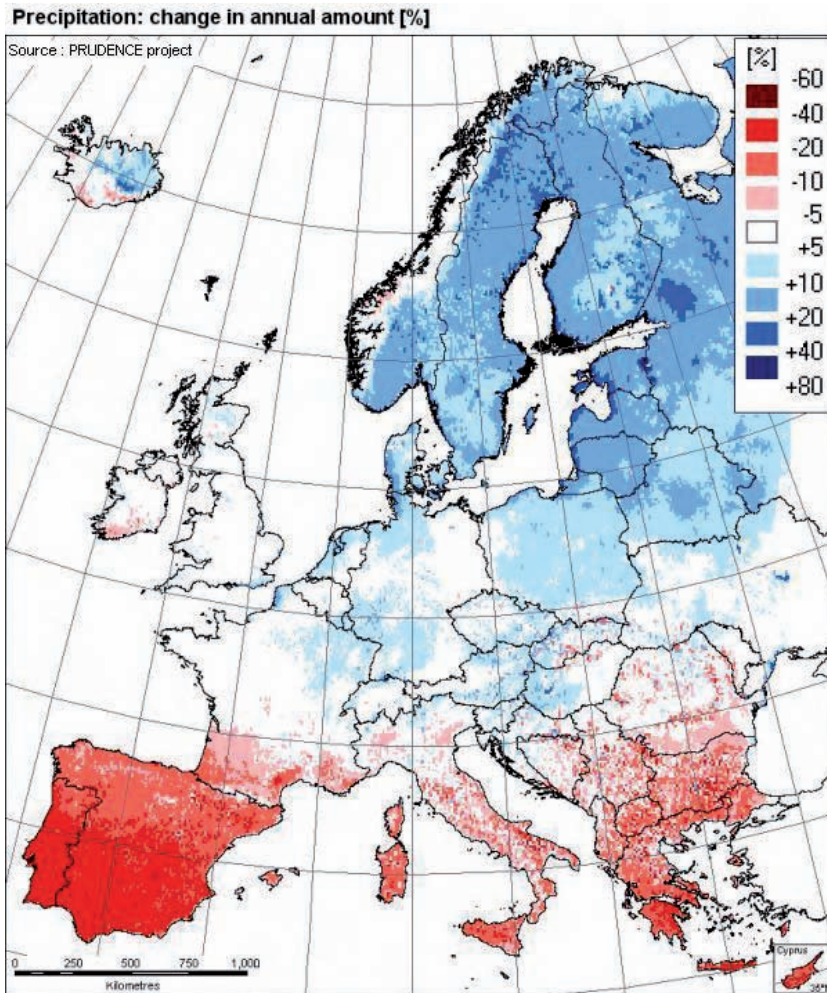
A PRUDENCE (Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects – Christensen et al. 2007) során nagy felbontású éghajlatváltozási forgatókönyveket dolgoztak ki, amely közel egy évszázadra előre írja le Európa különböző térségeinek éghajlati változásait, a pesszimistább A2 és az optimistább B2 kibocsátási forgatókönyvek alapján (9. és 10. ábra) (Zsebeházi 2011).

9. ábra: Az évi átlagos középhőmérséklet lehetséges változása 2071–2100 között az 1961–1990-es periódushoz viszonyítva, az IPCC SRES A2. szcenárió alapján, a HadCM3 globális cirkulációs modell és a HIRHAM 12km-es felbontású regionális modell felhasználásával



Forrás: PRUDENCE.

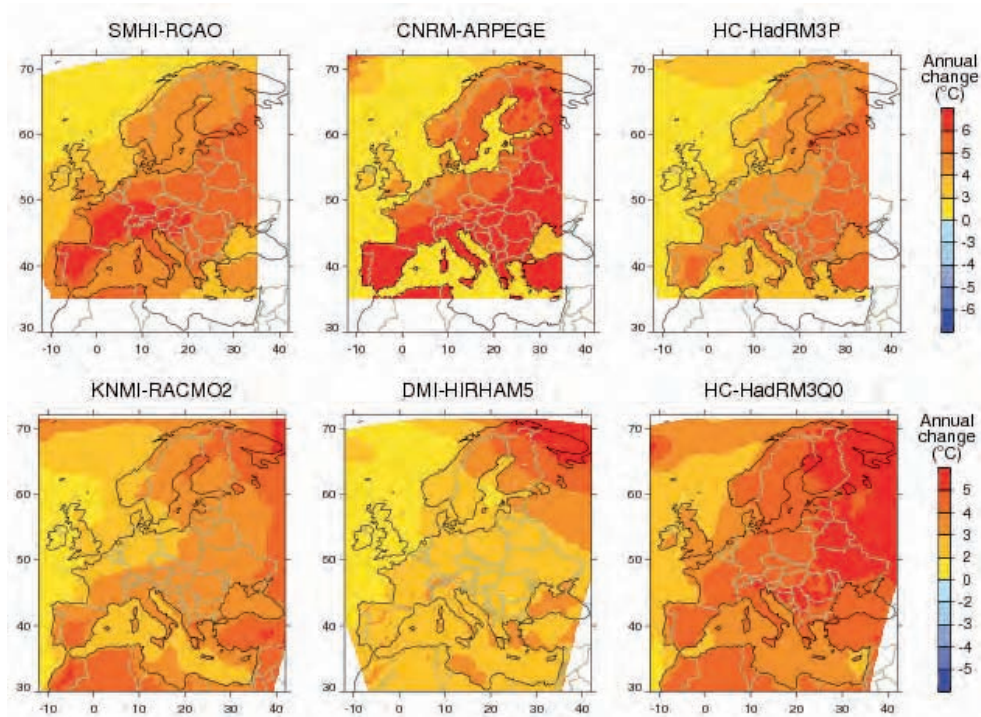
10. ábra: Az évi átlagos lehulló csapadékmennyiség lehetséges változása 2071–2100 között az 1961–1990-es periódushoz viszonyítva, az IPCC SRES A2 scenárió alapján, a HadCM3 globális cirkulációs modell és a HIRHAM 12km-es felbontású regionális modell felhasználásával



Forrás: PRUDENCE.

Az ENSEMBLES során konkrét módszereket dolgoztak ki a modelleredmények együttes vizsgálatára. Nagy felbontású, európai globális és regionális modelleket alkalmaztak, a modelleredményeket validálták és Európát lefedő rácsponti megfigyelési adatbázist hoztak létre. 25 km-es horizontális felbontásban öt globális modell szolgáltatotta a kezdeti és határfeltételeket. Összesen 25 szimulációt végeztek, az átlagosnak tekinthető A1B scenárióval. Ezek közül az ALADIN; REMO; RegCM hazai adaptációjára is sor került (11. ábra).

11. ábra: Az átlagos évi középhőmérséklet változása 2071–2100 között az 1961–1990-es periódushoz viszonyítva, a PRUDENCE A2 (felső sor) és az ENSEMBLES A1B (alsó sor) szimulációi alapján



Forrás: <http://www.cru.uea.ac.uk/projects/ecochange/climatedata/desc>

A modellkísérletek eredménye ugyan más és más, ugyanakkor a tendenciák jól kiolvashatók. Ezek alapján „Európában a hőmérséklet várható emelkedése meghaladja majd a földi átlagos melegedést. Télen és évi átlagban a kontinens északkeleti, míg nyáron a déli vidékei melegszenek gyorsabban. A csapadék változásának előjele északon pozitív, délen negatív. Az elválasztó vonal (zérus változás) télen tőlünk délebbre, nyáron tőlünk északabbra húzódik” (Mika é.n.).

A kontinentális projekteket összefogó, 2009-ben induló CORDEX projekt az egész Földre (korábban kevésbé kutatott térségekre, mint pl. Afrika) kiterjedő regionális éghajlati leskalázást valósít meg, alapvetően 50 km-es grid segítségével, de ennél kisebb, akár 10 km-es felbontásokkal is kísérletezve. A több nagyrégióra fókuszáló finom felbontású modellezésben – a megfelelő összehasonlítás érdekében – a tervezett szimulációk mindegyikére egységes követelmények vonatkoznak (Jacob et al. 2013; Teichmann 2015). A nemzetközi projektek mellett számos kutatóintézet és kutatócsoport végez regionális modellkísérleteket és vizsgálja a klímaváltozás lehetséges hatásait. Ennek eredményeként bővülnek azok a projekciók, amelyek alapján jobban körvonalazható a jövő.

## **Konklúziók – a klímamodellezés legfőbb nehézségei**

### ***Az éghajlati szimulációk bizonytalanságai***

A globális és regionális éghajlati modellek előrejelzései számos kérdéses tényezőt rejtenek magukban, ugyanakkor a bizonytalanság vizsgálata segít a becslésekhez képest várható „kilengéseinek” számszerűsítésében. A legfontosabb bizonytalansági tényező az éghajlati rendszerek evolúciója: már az éghajlatváltozás fogalmának definiálása sem egyszerű, ugyanis az éghajlati rendszernek egyik fontos jellemzője, hogy minden külső kényszer nélkül is képes időről időre jelentősen megváltozni. A változás iránya előre nem látható, és az sem tudható, hogy rövidebb vagy hosszabb ideig tart. Mivel az éghajlati rendszerek újabb egyensúlyi állapot felé tartanak, lényegében nincs átlagosnak tekinthető egyensúlyi állapotuk. Ezt a változékonyságot tapasztaljuk például akkor, amikor egy csapadék szempontjából nem rendkívüli időszakot néhány, a szokásosnál jóval szárazabb vagy nedvesebb év követ. Ez az éghajlati rendszerek természetes, belső tulajdonsága; a „szabad belső változékonyság”, amelyet a méréseken és a modellszimulációkon alapuló vizsgálatokban el kell különíteni az éghajlat tendenciózus változásától. Az elmúlt évszázadra vonatkozó modellfuttatásokból következtethetünk a múltban lezajlott éghajlatváltozások okaira, s ezen információkat felhasználhatjuk a jövőre vonatkozó éghajlati becslésekhez. A klimatikus modellek megalkotása mégis nagy nehézségekbe ütközik, hiszen a közép- és hosszú távú alkalmazhatóság igénye miatt nincs „garancia” arra nézve, hogy a múlt éghajlatát jól leíró modell megbízható képet ad a jövő éghajlati változásainak leírására. Miután a modelleket a korábbi időszakok változásait figyelembe véve készítik és tesztelik, így tökéletesen pontos eredményekre senki nem számít. A modellek a valós folyamatokat közelítik, ezért az eredmények kisebb-nagyobb hibával terheltek, amelyek kiküszöbölésére a jövőbeli eredményeket nem önmagukban, hanem a modellek saját referencia-időszakához viszonyítva értelmezik (Bartholy, Pongrácz 2013).

Az éghajlatra ható tényezők között igen komoly bizonytalansági tényező az emberi civilizáció jelenléte. Miután az antropogén tevékenységek alakulásáról és pontos irányáról csak elképzelések vannak, a jövőbeli hatásokról is csak feltételezések lehetnek. Az alternatívák külső kényszerként számszerűsíthetők, így az adott modell az éghajlati rendszer egészének válaszát szimulálja a feltételezett külső kényszerre. Tehát az emberi tevékenységek változása és hatása éghajlati modellek segítségével vizsgálható. Az elmúlt évtized antropogén hatásainak tapasztalatai szükségessé tették a jelenleg használatban lévő SRES scenáriók felülvizsgálatát, amelynek eredményeképpen megszülettek az RCP projekciók (Moss et al. 2010).

### ***Összetettség és az ebből fakadó dilemmák***

A tudományos és szakpolitikai diskurzusokban – mint ahogyan a közvélekedésben is – a klímaváltozást erőteljes dilemmák és nézetkülönbségek övezik (erről lásd pl. jelen kötetben Baranyai, Varjú 2015). Ennek elsődleges oka, hogy a változások előrejelzése még kvantitatív módszerek alkalmazásával sem tökéletes, hiszen a globális

környezeti rendszerben lezajló folyamatokat az atmoszféra, hidroszféra, litoszféra, krioszféra és bioszféra többszörösen összetett kölcsönhatásai jellemzik.

Az éghajlati rendszer tényezői és mozgatóerői – a teljes földi környezeti rendszerbe ágyazódva – bonyolult kapcsolatban állnak egymással, ráadásul az egyes alrendszerekben olyan visszacsatolások működnek, amelyek iránya és eredménye csak közelítő jelleggel becsülhető meg. A természetben zajló hatásmechanizmusok már önmagukban óriási kihívást jelentenek a klímamodellek kialakításában és lefuttatásában. Erre példa egy folyamatban lévő kutatás, amely arra hívja fel a figyelmet, hogy a kelet-szibériai fagyott talaj olvadása miatt évente nyolc millió tonna metán kerül a légkörbe. Mivel a metán a szén-dioxidnál harmincszor hatékonyabban segíti elő a légkör hőmérsékletének növekedését, csak ez az egy tényező jelentősen befolyásolhatja a globális felmelegedést, megváltoztathatja a klímamodellek korábbi becsléseit (Shakhova et al. 2014).

A természeti tényezők mellett az antropogén változások értelmezése és azok mértékének kiszámítása ugyancsak nehéz feladat. A mai álláspontok szerint az emberi tényezők által előidézett változások jelentősen befolyásolhatják a természetes ingadozások mértékét, így e faktorok vitás kérdéseket vetnek fel az előrebecslések során. Az antropogén hatások számszerűsítésekor a legtöbb modell a szén-dioxid-koncentráció monoton növekedését mutatja be, s ez a jelenlegi felfogás szerint tovább növelheti a felmelegedés mértékét és annak veszélyeit. A legtöbb kutató úgy véli, hogy a természetes és antropogén éghajlat-alakító folyamatok alakulását hosszabb távra csak feltételezni lehet, ezért különböző forgatókönyveket kell felállítani az eltérő jövőbeli irányok bemutatásához, melyeket időközönként felül kell vizsgálni, illetve az újabb adok felhasználásával időről időre frissíteni szükséges (Szépszó 2014).

A nemzetközi szakirodalomban a „klímamodellezés versus klímarealitás” kérdése rendszeresen felmerül. Medimorec és Pennycook (2015) az IPCC és a NIPCC közötti sajátos vitát elemzik és annak hatását a klímaváltozással kapcsolatos felfogás alakulására. Tény, hogy az utóbbi néhány évben a klímaszkeptikusok egyre inkább bekapcsolódnak a diskurzusba. Egyre többen azt vallják a globális hőmérséklet változásával kapcsolatban, hogy az 1970-es, 1980-as évekbeli modellszerű becslések többsége jóval magasabb hőmérsékletemelkedést jelzett előre, mint amekkora valójában bekövetkezett. Vagyis az ellenőrzések nyomán kiderült, hogy a modellek többsége jócskán felülbecsülte a 2000-es évektől várható változást. (A legtöbb klímamodell az 1961–1990 időszakot veszi alapul, mert leginkább így mutatható ki megfelelően szignifikáns változás a 21. századra).

Többen – így pl. az Alabamai Huntsville Egyetem klímakutatói is – úgy vélik, hogy a korábbi projekciók alapján egyértelmű a modellek kudarca, hiszen sem a troposzférikus, sem a felszíni hőmérsékleti adatok nem mutatják a korábban számított erőteljesebb változásokat (Monckton 2015; Spencer 2008; 2010; 2014). Ezek az észrevételek már megjelentek az IPCC 5. jelentésének második átdolgozásában is. A dokumentum első verziójában az 1986–2005-ös időszakon alapuló 2016–2035-re

szóló globális hőmérséklet-növekedést 0,4-1,0°C-ra becsülték, de a végső kiadványban már csak 0,3-0,7°C-ban határozták meg.

A környezeti alrendszerek mechanizmusainak spontaneitása és bizonytalan kimenetele alkalmat teremthet arra, hogy a klímaváltozás kapcsán számos pontatlanság, találgatás hangozhasson el a különböző fórumokon, médiafelületeken. A spekulatív megközelítések könnyen befolyásolhatják az alapvetően laikus közvéleményt, így esetenként társadalmi bizalmatlanság és bizonytalanság, esetleg pánikhangulat, vagy épp az ellenkezője – érdektelenség – alakulhat ki egyes csoportok körében. A modellek önmagukban nem tudják kiküszöbölni a tévhitet terjedését, a rémhírszerű vagy szenzációhajhász találgatásokat, az „új” elméleteken alapuló túlzó és szélsőséges következtetéseket és általánosításokat, vagy épp az olyan pontatlan megállapításokat, mint amelyet a szélsőséges időjárási események kapcsán egyesek deklarálnak (pl. a sarki jégsapkák gyors elolvadása, a Golf-áramlat leállása, a Kárpát-medence hirtelen bekövetkező mediterránizálódása, vagy az alföldi tájak „elsivatagosodása”).

A modellek és azok megalkotóinak felelőssége tehát több szempontból is igen nagy. Mindamellet, hogy a scenáriók megannyi bizonytalanságot hordoznak, a számítógépes technológia fejlődésével egyre alaposabban lehet bemutatni a várható módosulások mértékét. A modellek folyamatosan tökéletesednek és egyre körültekinthetőbb képet adnak a jövőbeli változásokról. Ezzel együtt bővül azoknak a mérhető és adatszerűen is nyomon követhető természeti és társadalmi jelenségeknek, tényezőknek a köre, amelyekkel a modellek részletgazdagabban képesek felvázolni a klímaváltozással összefüggő mechanizmusokat.

A társadalmi közösségek – döntéshozók és civilek egyaránt – egyre több és alaposabb információt szeretnének kapni a jövőbeli éghajlati változások várható hatásairól. Ez az igény jogos és értelemes, hiszen mindenki számára fontos, hogy az egyes nemzetek, települések és csoportok képesek legyenek fokozatosan felkészülni a környezetet alapvetően befolyásoló klímaváltozásra és az azzal járó kockázatokra. Ebben nyújtanak segítséget a korszerű éghajlati modellek, amelyek egyre jobban képesek reprezentálni a környezeti alrendszereket és a bennük zajló kölcsönhatásokat. A globális klímamodellek elsősorban zonális és kontinentális méretekben („nagyvonalúan”) demonstrálják a várható módosulásokat, míg a kisebb léptékű – országos, vagy akár táji részletességű – regionális modellek a lakosság számára is hasznosítható konkrét előrejelzések szintjén próbálják leírni és megbecsülni az adott környezetben várható klímahatások mértékét. A klímamodellezéssel foglalkozó kutatócsoportok munkája mindinkább lehetővé teszi, hogy kézzelfoghatóbbá váljon számos vitatott kérdés. Így ma a várható tendenciák nagyjából mindenki előtt ismertek, de ez az ismeret még mindig sok tekintetben hiányos és bizonytalan. Sokak szerint a bizonytalanság nagyobbrészt az emberi tényező kiszámíthatatlanságából ered, s ez arra enged következtetni, hogy: „Nemcsak a légkör, óceán, krioszféra és növényzet együttesének viselkedését kellene modelleznünk, hanem a társadalmi és



gazdasági folyamatokat is, melyeknek résztvevői vagyunk, és a tetteinkkel folyamatosan manipulálunk” (Czelnai 2009).

## Irodalom

- Ackerman, T. P., Stokes, G.M. (2003): The Atmospheric Radiation Measurement Program. *Physics Today*, 1., 39–44.
- Bader, D. C., Covey, W. J., Gutkowski, Jr., Held, I. M., Kunkel, K. E., Miller, R. L., Tokmakian, R. T., Zhang, M. H. (2008): *Climate Models: An Assessment of Strengths and Limitations*. U.S. Climate Change Science Program Synthesis and Assessment Product 3.1. Department of Energy, Office of Biological and Environmental Research
- Baranyai N., Varjú V. (2015): *A lakosság klímaváltozással kapcsolatos attitűdjének empirikus vizsgálata*. Jelen kötetben.
- Bartholy J., Pongrácz R. (szerk.) (2013): *Klimaváltozás*. ELTE, Budapest <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Klimavaltozas/index.html> (Letöltés: 2015. november 29.)
- Christensen, J. H., Christensen, O. B. (2007): A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century. *Climatic Change*, Suppl. 1., 7–30.
- Christensen, J. H. Carter, T. R., Rummukainen, M., Amanatidis, G. (2007): Evaluating the performance and utility of regional climate models: the PRUDENCE project. *Climatic Change*, Suppl. 1., 1–6.
- Czelnai R. (2009): Válasz Reményi Károly észrevételeire. *Magyar Tudomány*, február. <http://www.matud.iif.hu/2009/09feb/15.htm> (Letöltés: 2015. november 29.)
- Diffenbaugh, N. S., Field, C. B. (2013): Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions. *Science*, 6145., 486–492.
- Haszpra L. (2011): Emisszió szcenáriók. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.) (2011): *Klimaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. MTA, ELTE, Budapest, 92–98. <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> (Letöltés: 2015. május 29.)
- Hay, L. E., Clark, M. P., Pagowski, M., Leavesley, G. H., Gutowski, W. J. (2006): One-way coupling of an atmospheric and a hydrologic model in Colorado. *Journal of Hydrometeorology*, 4., 569–589.
- Jacob, D. et al. (2013): EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 2., 563–578.
- McGuffie, K., Henderson-Sellers A. (2005): *A Climate Modelling Primer*. 3rd Edition. John Wiley and Sons, Chichester
- Medimorec, S., Pennycook, G. (2015): The language of denial: text analysis reveals differences in language use between climate change proponents and skeptics. *Climatic Change*, 4., 597–605.
- Meehl, G. A. et al. (2007): Global Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, New York
- Mika J. (é.n.): Éghajlatváltozás, hatások, válaszadás, Kempelen Farkas Hallgatói Információs Központ, Budapest [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038\\_foldrajz\\_MikaJanos-eghajlat-HU/ch01s05.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_MikaJanos-eghajlat-HU/ch01s05.html) (Letöltés: 2015. november 29.)

- Monckton, C. (2015): *Global temperature update: no warming for 18 years 5 months*. <http://www.climatedepot.com/2015/05/05/global-warming-pause-expands-to-new-record-length-no-warming-for-18-years-5-months/> (Letöltés: 2015. november 29.)
- Moss, R. H. et al. (2010): The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463., 747–756.
- Nakicenovic, N. et al. (2000): *IPCC special report on emissions scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge
- Pieczka I. (2012): *A Kárpát-medence térségére vonatkozó éghajlati scenáriók elemzése a PRECIS finom felbontású regionális klímamodell felhasználásával*. PhD értekezés. ELTE, Budapest
- Pomázi I., Szabó E. (2008): Environmental Visions and Outlooks: An Overview of International and Hungarian Experiences. *Statistical Review*, 2., 138–164.
- Práger T. (2011): A globális éghajlatmodellezés közelmúltja és jelene (1990–2010). In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.): *Klímaváltozás 2011. Klímaszenáriók a Kárpát-medence térségére*. ELTE? Budapest <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> (Letöltés: 2015. november 29.)
- Reichler, T., Kim, J. (2008): How Well Do Coupled Models Simulate Today's Climate? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 3., 303–311.
- Richardson, L. F. (1922): *Weather Prediction by Numerical Process*. Cambridge University Press, Cambridge
- Shakhova, N. et al. (2014): Ebullition and storm-induced methane release from the East Siberian Arctic Shelf. *Nature Geoscience*, 7., 64–70.
- Spencer, R. (2008): *“Climate Confusion” How Global Warming Hysteria Leads to Bad Science, Pandering Politicians and Misguided Policies That Hurt the Poor*. Encounter Books, New York
- Spencer, R. (2010): *The Great Global Warming Blunder: How Mother Nature Fooled the World's Top Climate Scientists*. Encounter Books, New York
- Spencer, R. (2014): *Time to push back against the global warming Nazis*. <http://www.drroyspencer.com/2014/02/time-to-push-back-against-the-global-warming-nazis/> (Letöltés: 2015. november 29.)
- Szépszó G. (2014): *A REMO regionális éghajlati modellen alapuló klímadinamikai vizsgálatok a Kárpát-medence éghajlatának jellemzésére*. PhD értekezés. ELTE, Budapest
- Teichmann, C. (2015): *Downscaling of CMIP6 for regional climate modeling: experiences from CORDEX*, Scenario MIP Workshop, IIASA, Austria [http://klima.kvvm.hu/documents/31/tudom\\_nyos\\_alapokAR4.pdf](http://klima.kvvm.hu/documents/31/tudom_nyos_alapokAR4.pdf) (Letöltés: 2015. november 29.)
- Taylor, K. E., Stouffer, R. J., Meehl, G. A. (2012): An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 4., 485–498.
- Thompson, R. S. et al. (1998): A strategy for assessing potential future changes in climate, hydrology, and vegetation in the Western United States. *US Geological Survey Circular*, 1153. [http://pubs.usgs.gov/circ/1998/c1153/c1153\\_1.htm](http://pubs.usgs.gov/circ/1998/c1153/c1153_1.htm) (Letöltés: 2015. november 29.)
- Vág A. (2011): *Az Európa számára releváns környezeti migráció forгатókönyvei*. PhD értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő
- Zsebeházi G. (2011): *Magyarország éghajlatának jellemzése az ENSEMBLES projektbeli és a hazai regionális modelledmények együttes vizsgálatával*. Szakdolgozat. ELTE Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék, Budapest

***Internetes források***

IPCC: <http://www.ipcc.ch/>

U.S. Climate Change Assessment Program: <http://nca2014.globalchange.gov/report>

NCAR UCAR University Corporation for Atmospheric Research: <http://www2.ucar.edu/>

NOAA National Atmospheric and Ocean Administration, NASA Goddard Institute for Space

Studies: <http://www.giss.nasa.gov/>

PRUDENCE: <http://prudence.dmi.dk/>

ENSEMBLES: <http://www.ensembles-eu.org/>



# A magyarországi klímamodellek

*Hoyk Edit*

## **Bevezetés**

A 2050-ig tartó időszak klímaváltozással összefüggő társadalmi-gazdasági változásainak modellezéséhez szükség van a várható klímaváltozásnak a bemutatására. Ehhez szolgáltatnak alapot a regionális klímamodellek, amelyek egymáshoz képest kisebb-nagyobb eltérésekkel vázolják fel a jövő éghajlatára vonatkozó tendenciákat.

Fejezetünkben fő célkitűzésünk a nemzetközi adaptáció alapján Magyarországon lefuttatott klímamodellek bemutatása, fontosabb eredményeik összefoglalása.

A létező klímamodellek közül számunkra nem a planetáris szintű modellezés, hanem a regionális és az országos léptékű modelleredmények alkalmazhatók. Ezek a regionális éghajlati modellek – miként a rövid távú időjárás-előrejelzésben – kisebb területre készítenek projekciókat a globális modellek eredményeit határfeltételeként felhasználva. A regionális modellek többnyire már csak az éghajlati rendszer légköri komponensének leírását tűzik ki célul, ezért kifejlesztésük általában a rövid távú előrejelzésben is használt időjárási modellek adaptálását és kiterjesztését jelent oly módon, hogy bizonyos folyamatokat (például a felhőképződést, sugárzást) az éghajlati tér- és időskálának megfelelően írják le.

Magyarországon a regionális éghajlati modellezés alapvetően négy modell futtatására terjed ki: a nemzetközi együttműködésben kifejlesztett ALADIN-Climate- és a német REMO-modelleket az OMSZ-ban, míg a brit PRECIS- és az amerikai RegCM-modelleket az ELTE Meteorológiai Tanszékén dolgozták át és alkalmazták hazai környezetre. Fejezetünkben ezeket a modelleket állítjuk a középpontba.

A téma feldolgozása alapvetően a fellelhető szakirodalom alapján történt. A szakirodalmi források összegyűjtésénél elsődleges szempont volt, hogy az egyes, Magyarországon futtatott klímamodellekkel kapcsolatban olyan forrásokat használjunk, amelyek primer forrásnak tekinthetők. Ennek megfelelően a forrásmunkák olyan kutatóktól származnak, akik a modellek hazai futtatásában részt vettek, illetve abban vezető szerepet játszottak.

A klímamodellek felbontása hazai körülmények között alapvetően kétféle. Az ALADIN és a RegCM modellek 10 km-es, míg a PRECIS és a REMO modellek 25 km-es rácshálóból indulnak ki, azonban ettől eltérő felbontásokkal is tesztelték a modelleket. A REMO esetében pl. két felbontással (18, illetve 11 km rácsháló) is ellenőrizték megbízhatóságot, ami azt mutatta, hogy nem minden esetben jelent a részletesebb felbontás pontosabb eredményeket. A tesztfuttatás eredményei alapján

a térbeli rács felbontásának növelése nem javít a Magyarországra vonatkozó eredmények pontosságán, a modellek a 18-25 km-es rács távolsággal nyújtják térségünkre a legjobb eredményeket. A jövőre vonatkozóan azonban cékitűzés a felbontás, és ezzel párhuzamosan a várható pontosság finomítása, amelynek eredményeképpen – a szándékoknak megfelelően – kisebb léptékű (pl. akár szőlődűlőkre vonatkozó) klímaváltozási előrejelzések is adhatók.

### **A témakör elméleti háttere**

Az éghajlat előrejelzése során arra a kérdésre kell választ találni, hogy az alkalmazott modell mennyire pontosan képes leírni a légkörnek egy hosszabb, de véges időszakra vonatkozó átlagos viselkedését, tehát a kiválasztott időintervallumra érvényes klímaállapotot, illetve annak egy éghajlati kényszer nyomán bekövetkező megváltozását. A feladat megoldásához ki kell jelölni egy vonatkoztatási alapot, amelyet „normál éghajlati állapotnak” tekintünk, és amelyhez a változást viszonyítani tudjuk. Ilyen referencia-éghajlatként a WMO évtizedenként egy 30 éves időszakot választ meg. Jelenleg ezt a szakaszt az 1961 és 1990 közötti évek képviselik, amelyet a magyarországi klímamodellek is alapul vesznek.

A klímamodellekkel kapcsolatban általánosan elfogadott tény, hogy az éghajlati rendszer összetett működésének és jövőbeli viselkedésének tanulmányozására a numerikus modellezés eszköztára szolgáltat megfelelő, objektív módszert. A globális numerikus éghajlati modellek képesek a rendszer egyes összetevőit (a légkör, az óceán, a szárazföld, a jégtakaró és az élővilág) fizikai folyamatainak leírására, valamint a komponensek közötti bonyolult kölcsönhatások és visszacsatolások jellemzésére. Ezek a modellek a komplex rendszer egészét együtt tekintik, ezért lehetőségünk van velük leírni az éghajlati rendszer választ az egy feltételezett jövőbeli kényszerre.

A feltételezett jövőbeli kényszerek egyik legfontosabb és legbizonytalanabb eleme az antropogén tevékenység. Az éghajlati rendszerre hatással bíró emberi tényezőket a globális modellek számára oly módon számszerűsíthetjük, hogy meghatározzuk mindezen tényezőknek (a népesség, az energiafelhasználás, az ipari és a mezőgazdasági szerkezet stb. változásainak) az éghajlati rendszerre gyakorolt „sugárzási kényszerét” (azaz mennyiben módosulnak ezáltal a földi sugárzási viszonyok), s kiszámítjuk a hatással egyenértékű szén-dioxid-kibocsátást, valamint az ennek megfelelő koncentrációt. A bizonytalanság abból adódik, hogy jelenleg nem vagyunk képesek teljes bizonyossággal megmondani, hogyan változnak az antropogén tevékenység egyes részletei a jövőben. Éppen ezért a jövőbeli kibocsátási tendenciákra számos hipotézist állítanak fel, melyek között vannak optimista, pesszimista vagy átlagosnak tekinthető változatok, s ezek figyelembevételével készítenek globális projekciókat a Föld egészére.

Az üvegházhatású gázok várható koncentrációjára vonatkozó statisztikai számítások, matematikai modellezések segítségével az egyes modellszimulációkban az alábbi alapkérdésekre keresik a választ (Bartholy, Pongrácz 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?

Ezzel együtt kijelenthető, hogy a nagy klímakutató központokban fejlesztett globális modellek kidolgozottsága napjainkra elérte azt a szintet, hogy a modellek képesek megbízhatóan leírni az éghajlati rendszer elemeinek viselkedését a közöttük lévő összetett kölcsönhatásokkal együtt, továbbá jól használhatók az éghajlatváltozás globális, nagy skálájú jellemzőinek vizsgálatára.

Általános jellemvonás, hogy valamennyi éghajlati modell két kiemelt eleme a hőmérséklet és a csapadék várható alakulása. A kettő közül a csapadék a bizonytalanabb elem, ezért az értékelések során azt is szem előtt kell tartani, hogy a modellfuttatások során a hőmérséklet esetében a fél fokot, csapadék esetében pedig az 50%-ot nem meghaladó eltérés elfogadhatónak tekinthető (Szépszó 2014).

### ***Történeti áttekintés***

A Magyarországra alkalmazott regionális modellek eredményei 2008-tól váltak szélesebb körben elérhetővé. A korábbi időszakra a nemzetközi modelleket alkalmazták, elsősorban a Prudence modellt (részletesebben lásd Kovács 2015), amely 2006-os futtatásának megállapításai a következők:

- Magyarországon a globális átlagnál nagyobb mértékű melegedés várható. Ennek mértéke erősen változó, de legerősebb a nyár folyamán és leggyengébb tavasszal. Az éves 1,4°C-os hőmérséklet-emelkedésnél nagyobb mértékű változásra számíthatunk nyáron és ősszel (1,7 illetve 1,5°C), míg télen és tavasszal valamivel kisebb mértékűre (1,3 illetve 1,1°C).
- Az 1 fokos globális felmelegedést kísérő magyarországi csapadékmennyiség éves összege gyakorlatilag változatlan (ugyanolyan valószínűséggel lehet némi növekmény, illetve csökkenés), ugyanakkor a csapadék mennyiségének időbeli eloszlása nagy különbségeket mutat. Nyáron érdemi csökkenés, míg télen hasonló mértékű növekedés várható. Az átmeneti évszakokban a különböző modellek által adott becslések nem ennyire egyértelműek – némelyeknél csökkenés, másoknál növekedés tapasztalható Magyarorszáig térségére (OMSZ, ELTE 2006).

Magyarországon 2003-ban fogalmazódott meg az igény arra, hogy a hagyományos, statisztikai alapú éghajlatkutatás mellett induljon be a dinamikus klímodellezés is. A regionális éghajlati modellezés egy 2005–2007 között megvalósult NKFP-projekttel indult, amelyben az Országos Meteorológiai Szolgálat, az ELTE Meteorológiai Tanszéke, a Pécsi Tudományegyetem, valamint az Env-in-Cent Kft. vett részt. Az együttműködés célja a magyarországi regionális klímodellezési háttér megteremtése volt, amely alapot szolgáltat a Kárpát-medencében várható éghajlatváltozás becslésére.

A jövőre vonatkozóan a hazai modellkísérletekhez az antropogén tevékenység alakulásával kapcsolatos nagy skálájú kényszereket többségében a globális modellek A1B kibocsátási forgatókönyvével előállított eredményei szolgáltatták. Ez a szcenárió a forgatókönyvek között egy átlagos változatnak tekinthető a 21. századra. A PRECIS esetében azonban az A2 és a B2 forgatókönyveket is alkalmazták, melyek az évszázad végi állapotok egy-egy pesszimista, illetve optimista megvalósulását képviselik (Bartholy et al. 2011).

## **A Magyarországra adaptált klímamodellek eddigi eredményei**

### ***A REMO-modell adaptálása és Magyarországra vonatkozó előrejelzései***

A Max Planck Intézet az Európai Középtávú Előrejelző Központ globális időjárás-előrejelző modelljén alapuló ECHAM nevű légköri általános cirkulációs modelljét dolgozta ki az 1980-as évek második felében, ezt követte a REMO (REgional MODEL) regionális éghajlati modell (Jacob, Podzun 1997) kidolgozása, amelyet a Német Meteorológiai Szolgálat rövid távú előrejelző modellje, az Europa Modell (Majewski 1991) és az ECHAM4 modell (Roeckner et al. 1996) ötvözésével hoztak létre. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSz) 2004-ben adaptálta a REMO regionális klímamodelt, amellyel a fő cél a 21. században várható változások feltérképezése volt.

A modellben a felszíni jellemzők közül figyelembe veszik a felszín és a tengervíz hőmérsékletét, a tengeri jég eloszlását, a talajtípust, a domborzatot, a szárazföld és a tenger arányát, valamint a vegetációt (Szépszó 2014). Szerepet játszanak a modellben a talaj hidrológiai paraméterei, amelynek része a hótakaró, a növényzet által felfogott csapadékmennyiség és a talajnedvesség. Utóbbit a lehulló csapadék, a felszíni párolgás, a talajban történő transzspiráció, a hó olvadása és a felszíni lefolyás határozza meg.

A modell validálása rámutatott a REMO egyik jellemző gyengeségére: az évszakok hőmérsékletének föl- és a nedvességi mezők alábecslésére a Duna vízgyűjtő területén. Éppen e hibajelenség miatt a többi modell „pontosságával” összevetve a REMO modell nagyobb mértékben alkalmas pl. az Alpok térségének hőmérsékleti előrejelzésére, mint Magyarországera. A validáció során kitűnt, hogy a Kárpát-medence esetében a hőmérsékleti felülbecslés – a tél kivételével – minden évszakra jellemző, és ezek közül a nyári értékek a 3°C-ot is túllépik, elsősorban az ország déli részein. Ez az érték jelentősen eltúlozhatja a 2050-ig szóló hőmérsékleti változások várható mértékére vonatkozó becsléseket (Szépszó 2014).

A validálásból az is kitűnik, hogy a modell elfogadhatóan írta le a csapadék hazánkban jellemző éves menetét: a nyári maximum, a novemberi másodmaximum, valamint a téli és az októberi minimumok egyaránt megjelentek benne, ami azt sugallja, hogy a csapadékra vonatkozó előrejelzések – éves átlagban – a hőmérsékleti becsléseknél pontosabb értékeket eredményezhetnek. Ami a csapadék és a hőmérsékleti hibák viszonyát illeti, Magyarországra a csapadék alábecslése a legnagyobb hőmérsékleti fölbecslések időszakára, augusztusra és szeptemberre esik.



Hőmérséklet szempontjából a modell eredményei mind éves, mind évszakos szinten az átlaghőmérséklet növekedését jelzik. A következő évtizedekben 1°C-os, míg az évszázad végére 3°C-ot meghaladó melegezés valószínű. A legjelentősebb változásokat a modell nyáron mutatja: ebben az évszakban a déli-délkeleti tájakon 2021–2050-re 1,5–2°C-os, 2071–2100-ra pedig 4–5°C-os hőmérsékletemelkedés várható. A legkisebb növekedésre mindkét időszakban tavasszal és télen lehet számítani (Szépszó 2014).

A modelleredmények alapján megállapítható, hogy az átlagosnál hűvösebb és melegebb évek (évszakok) váltakozása továbbra is jellemző, sőt, a változékonyság a tavasz kivételével minden évszakban kismértékben növekszik.

A napi középhőmérséklet-értékek gyakoriságainak alakulásáról a modell eredményei azt mutatják, hogy 2021–2050-re a 25 és a 30°C-ot meghaladó maximum-hőmérsékletű, ún. nyári napok és hőségnapok számában várhatóan 10–20 napos, míg az évszázad végére 1 hónapot meghaladó növekedéssel kell szembenéznünk. Ugyanígy a napi minimum-hőmérséklet növekedésével is számolnunk kell: míg a referencia-időszakban hazánkban évi átlagban csupán 1–2 olyan éjszaka fordult elő, amikor a hajnali minimum-hőmérséklet nem csökkent 20°C alá, addig a 21. század végére ezek gyakorisága drasztikusan, akár 30 nappal is megnövekedhet (Szépszó 2014). A modell eredményei alapján a legjelentősebb változások az ország keleti tájain várhatók.

A téli napi középhőmérséklet-értékek várhatóan ugyancsak megváltoznak: az alacsony átlaghőmérsékletű napok száma jelentősen csökken, s a jelenleg még előforduló legkisebb értékek bekövetkezési valószínűsége a modelleredmények alapján az évszázad végére nullához közelít. Ez szintén érvényes lesz a napi minimum- és maximum-hőmérsékletre; például míg a -10°C-ot el nem érő minimum-hőmérsékletű napok száma az 1961–1990 időszakban a mérések alapján átlagosan 11 nap volt, 2071–2100-ra várhatóan már ritkán, 5–6 napon fordulnak elő. A fagyos napok száma is 10–40 nappal csökkenhet a 21. század során, különösen az ország északi tájain.

A csapadék éves összegében a REMO-modell eredményei alapján a következő évtizedekben Európában nem várhatók 10%-ot meghaladó szignifikáns változások. A Kárpát-medencétől északra és keletre növekedést, délre és nyugatra csökkenést valószínűsítene az eredmények, a térségünkben pedig ugyanezt a térbeli szerkezetet mutatják a változások. Az éven belüli eloszlás esetében azonban már a 21. század közepére jelentős átrendeződésre számíthatunk: nyáron és tavasszal a referencia-időszak értékeinél kevesebb, télen több csapadékot mutatnak a modelleredmények, ősszel pedig északon növekedésre, délen csökkenésre számíthatunk (Szépszó 2014). A modell alapján a 21. század utolsó évtizedeire a nyári csapadékcsökkenés mértéke megközelítheti, a téli növekedése pedig meghaladhatja a 30%-ot.

### ***Az ALADIN-Climate-modell adaptálása és Magyarországra vonatkozó előrejelzései***

Az ALADIN-Climate-modell a nemzetközi együttműködésben kifejlesztett ALADIN (Aire Limitée Adaptation Dynamique Développement International) rövid távú, korlátos tartományú előrejelző modell (Csima, Horányi 2008; Horányi et al. 2006) klímaváltozata. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál az ALADIN-Climate 4.5. verzióját adaptálták.

A modell éghajlati verziójának kifejlesztéséhez döntően a sugárzás, a nagy skálájú felhő- és csapadékképződés, a mélykonvekció és a talajban lejátszódó folyamatokat leíró sémák módosítására volt szükség:

- külön kezelik a felhős, illetve felhőtlen területek sugárzási viszonyait,
- a sugárzással ellentétben a nagy skálájú felhő- és csapadékképződés leírására a klímaverzióban egyszerűbb sémákat használnak,
- a konvektív folyamatokhoz köthető felhő- és csapadékképződés jellemzése során feltételezik, hogy a konvekció szempontjából aktív rácsdoboz három részre osztható: feláramlási és leáramlási, valamint a környezet által kitöltött területre,
- a talajban lejátszódó legfontosabb hidro-termodinamikai folyamatok leírásakor becslést adnak a földfelszín és a légkör közötti hő- és nedvességcserére, figyelembe véve a felszín-, a talaj- és a vegetációtípusokat, hó esetében pontosabb sémát alkalmazva (Bartholy et. al. 2011).

Az ALADIN-modell a Kárpát-medence térségére a hőmérséklet éves átlagának változásában északnyugatról délkelet felé egyre nagyobb mértékű növekedést prognosztizál (Zsebeházi 2011). Évszakos átlagokat tekintve a hőmérséklet-változás télen nem jelenik meg, a legnagyobb változás a nyári évszakban mutatkozik. Az éves és évszakos átlagok időbeli menetében a hőmérséklet hosszabb időszakon emelkedő tendenciát mutat, ugyanakkor az egyes évek átlagait nagyobb ingadozások jellemzik (Zsebeházi 2011). Tehát a melegedés ellenére a jövőben is szép számmal lesznek az átlagnál hűvösebb évek. Az évszázad közepe felé haladva a változékonyság megnő, és a legnagyobb változékonyság egyöntetűen a nyári időszakban mutatkozik.

A csapadékkal kapcsolatban a modell Magyarország keleti és délkeleti részén szárazodást prognosztizál, míg a nyugati területek nedvesebbé válhatnak. Az éves csapadékösszegek kismértékű csökkenést jeleznek, de az évszakos eltérések jelentősek. Az átmeneti évszakokban csapadéknövekedés várható, télen és nyáron csökkenés, a változékonyság növekedésére pedig nyáron és ősszel lehet számítani (Zsebeházi 2011).

### ***A PRECIS-modell adaptálása és Magyarországra vonatkozó előrejelzései***

A PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies) regionális klímamodellt az 1990-es évek második felében az angliai Hadley Központban fejlesztették ki a központ kapcsolt óceán-légkör általános cirkulációs modelljének légköri komponensét

alapul véve. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékén jelenleg a modell 1.8. verziója fut (Piecza 2012).

A regionális modell kialakításakor – az adaptáció során – főként a fizikai parametrizációs csomagokat módosították, az alábbiak szerint:

- a sugárzásnál a felhőzet mellett figyelembe veszik a vízgőz, a szén-dioxid, az ózon és a különböző nyomgázok hatását is,
- a nagy skálájú felhőzet víztartalma és a felhőfedettség minden rácspontban a teljes vízmennyiségtől függ, amit a hőmérsékletből és a relatív nedvességből határoznak meg,
- a konvekcióval kapcsolatban modellezik a feláramló légrések környezettel történő keveredését, a leáramlást, a légtömegek be- és kiáramlását, valamint a modell leírja a konvektív csapadék párolgását is,
- a talaj termodinamikai folyamatainak leírásakor négyrétegű sémát (0,1, 0,25, 0,65 és 2 méter) alkalmaznak; a hidrológiai folyamatok esetében a növényzet párolgotatását, intercepcióját, valamint a felszíni, illetve felszín alatti lefolyást és párolgást is figyelembe veszik,
- a határreteg folyamatainak reprezentálására egy elsőrendű turbulens keveredési sémát használnak (Bartholy et al. 2011).

A PRECIS-modell validációja során az 1961–1990 közötti időszakra való futtatás azt az eredményt mutatta, hogy a modell hazánk éghajlatának főbb jellegzetességeit helyesen írja le, ugyanakkor jelentős a hőmérsékleti felülbecslés a nyári, kora őszi hónapokban (Piecza 2012). A többi évszakban a hibák lényegesen kisebbek, és a kapott hibaértékek azonos nagyságrendbe esnek a Magyarországon adaptált három másik regionális klímamodell (ALADIN, RegCM, REMO) eredményeivel (Bartholy et al. 2011), melyekben néhány szimulációnál szintén fellelhető a jelentős tavaszi csapadék- és nyári hőmérsékleti felülbecslés.

A modellel – a többi, Magyarországra adaptált klímamodellől eltérően – az A1B scenárió mellett az A2 és a B2 emissziós forgatókönyvek alapján is végeztek futtatásokat. Az egyes scenáriókhoz tartozó várható hőmérséklet-változásokat az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat: A várható átlagos évszaki hőmérséklet-változás (°C) a magyarországi rácspontok átlagában (referencia-időszak: 1961–1990)

Évek	Scenárió	Hőmérséklet-változás (°C, 1961–1990 átlagához képest)			
		Tavasz	Nyár	Ősz	Tél
2021–2050	A1B	1,9	3,7	2,2	2,5
2071–2100	B2	3,1	6,0	3,9	3,2
	A1B	3,7	6,7	5,0	4,1
	A2	4,2	8,0	5,2	4,2

Forrás: Piecza 2012.

A hőmérséklet emelkedése folyamatosnak tekinthető, a közelebbi jövőre kisebb hőmérséklet-változást (éves átlagban 2,6°C-ot) valószínűsít a modell, mint a távolabbi időszakra (éves átlagban 4,0–5,4°C-ot). A különböző emissziós forgatókönyvek közötti változékonyság nyáron a legnagyobb, a magyarországi várható átlaghőmérsékletben a scenáriótól függően 2°C is lehet a különbség. A többi évszakban csak mintegy feleakkora, 1–1,3°C az ebből fakadó bizonytalanság.

A PRECIS-moddal végzett szimulációk alapján várhatóan a nyári átlaghőmérsékletek emelkednek a legnagyobb mértékben. Ehhez azonban hozzá kell tenni, hogy a Magyarországon a különböző modellekkel elvégzett kísérletek kiértékelésekor (Bartholy et al. 2011; Krüzselyi et al. 2011) az évszakos hőmérséklet-változások között ennek mértéke volt a legbizonytalanabb, itt tértek el leginkább az egyes modellek eredményei.

Az évszázad végére a változékonyság az átmeneti évszakokban megnő, télen pedig lecsökken. Az A1B forgatókönyv esetén a változékonyság kismértékű módosulására számíthatunk; a modellfuttatások alapján összegésében melegebb ősziakra számíthatunk (Piecza 2012).

A klímaváltozás egyik leginkább érzékelhető jele az extrém hőmérsékleti indexek alakulása. A modellfuttatások szerint a fagyos napok száma csökken, míg a nyári napok, hőségnapok és forró napok száma egyaránt növekszik. Az 1961–1990 közötti időszakhoz viszonyítva a növekedés mértéke 2021–2050 között pl. a hőségnapok (napi hőmérsékleti maximum > 30 °C) esetében mintegy háromszoros, 2071–2100 között kb. hatszoros (Piecza 2012) – ennek klímasérülékenységi és egészségügyi következményeiről lásd: Király (2015) és Uzzoli (2015).

A csapadékértékek alakulása nem csupán a különböző modellek esetében mutat jelentős eltéréseket, hanem az egyes kibocsátási forgatókönyvekhez kapcsolódó futtatások során is. Míg az A2 és B2 scenáriók kb. 20%-os éves csapadékcsökkenést jeleznek előre a 21. század végére, addig az A1B forgatókönyvnél ilyen nem tapasztalható (Piecza 2012). Az eltérések ellenére a különböző szimulációk egységesen a csapadék éven belüli eloszlásának módosulását és a térség szárazabbá válását prognosztizálják a nyári időszakban. A modell alapján a várható évszakos változásokat a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat: Az átlagos évszakos csapadékváltozás (mm/hónap) a magyarországi rácsponatok átlagában (referencia-időszak: 1961–1990)

Évek	Scenárió	Csapadékváltozás (mm/hónap, 1961–1990 átlagához képest)			
		Tavaszi	Nyár	Ősz	Tél
2021–2050	A1B	1 (2%)	-10 (-17%)	4 (8%)	6 (13%)
2071–2100	B2	-5 (-8%)	-28 (-43%)	-8 (-18%)	-2 (-6%)
	A1B	3 (5%)	-19 (-33%)	-2 (-4%)	15 (34%)
	A2	-8 (-13%)	-37 (-58%)	-4 (-8%)	5 (14%)

Forrás: Pieczka 2012.

Alapvetően a tél csapadékviszonyainak jövőbeli alakulása a nyáránál bizonytalanabb. A PRECIS-modell szimulációi az évszak nedvesebbé válását jelzik. Erre utalnak a szignifikáns változások: az A1B 2071–2100-ra vonatkozó eredményei szerint az egész országban, a másik két esetben (A1B, 2021–2050, illetve A2, 2071–2100) pedig elsősorban a Dunántúl térségében (Pieccka 2012). Az átmeneti évszakok várható csapadékváltozásai viszonylag kicsik, nem szignifikánsak, és az egyes szimulációkból adódó eredmények különböző előjelűek. Változás várható a modell alapján a legszárazabb hónapokban, amelyek többé nem a téli hónapok lesznek, hanem a nyáriak, július és augusztus, 20–30 mm körüli átlagos csapadékösszeggel: tehát a modell nyárra egyértelműen az éghajlat szárazabbá válását valószínűsíti a Kárpát-medencében. Valószínűleg a jövőben sokkal kevesebb kiugróan csapadékos nyárra számíthatunk. Az egyes években várhatóan az átlaghoz közeli értékek lesznek jellemzők, melyek között váltakozva előfordulnak majd szárazabbak és kevésbé szárazak.

A modelleredmények szerint a jövőben éves szinten kevesebb csapadékos napra számíthatunk, emellett a leghosszabb csapadékmentes időszak hossza is növekedni fog, így az aszályhajlam megerősödésére, szárazodásra kell számítani (ennek földhasználati következményeiről lásd Farkas, Lennert 2015). Ugyanakkor nem egyértelműek a változások a nagyobb csapadékok esetében. Az A1B szimuláció alapján a csapadékos napok éves számának csökkenésével egy időben a nagy csapadéku helyzetek gyakorisága megnő, így a csapadék intenzitása is növekszik. Ezt a másik két forgatókönyvvel készített futtatás viszont nem jelzi: a kevesebb és több csapadékkal járó időjárási helyzetek száma egyaránt csökken, az éves intenzitás pedig nem változik (Pieccka 2012).

### ***A RegCM-modell adaptálása és Magyarországra vonatkozó előrejelzései***

A RegCM (Regional Climate Model) regionális skálájú hidrosztatikus éghajlati modellt az amerikai Légköri Kutatások Nemzeti Központjában fejlesztették ki. A modellt regionális klímakutatásokhoz és évszakai előrejelzésekhez használják világszerte. A RegCM-modell fejlesztése során folyamatosan több szempontot építettek be a modellbe:

- figyelembe veszik a vízgőz, az ózon, az oxigén és a szén-dioxid gázok hatásait is,
- újabb üvegházhatású gázokat ( $N_2O$ ,  $CH_4$ , CFC) is figyelembe vesznek,
- pontosabban írják le a felhőzet hatását,
- leírják az aeroszol-részecskék, illetve a felhő-jég hatásokat,
- jelentős előrelépés történt a felhőzetet és csapadékfolyamatokat leíró részekben,
- bemeneti adatként alkalmazzák a finom felbontású domborzati és felszínborítottsági adatbázist (Bartholy et al. 2011).

Ezen kívül a RegCM-modell magyarországi adaptálása során az ELTE Meteorológiai tanszékén a tapasztalt szisztematikus modellhiba elhárítására a modell parametrizációját megváltoztatták (Torma 2011).

A modell 21. századra vonatkozó hőmérsékleti előrejelzése emelkedő tendenciát mutat. Az átlaghőmérséklet várható emelkedése természetesen nem azt jelenti, hogy minden rákövetkező év átlaghőmérséklete melegebb lesz az azt megelőzőnél, hanem hogy a vizsgált 30 éves időszakok (2021–2050; 2071–2100) átlagban várhatóan melegebbek lesznek az azt megelőző 30 év átlagánál. A felmelegedés várhatóan a 21. század végére ölt drasztikus mértéket, amikor  $3^{\circ}\text{C}$  körüli éves középhőmérséklet-emelkedés valószínűsíthető a Kárpát-medencében és közvetlen környezetében (Torma 2011). Területi különbségeket tekintve a század közepére a legkisebb mértékű éves középhőmérséklet-változás az ország északnyugati területén (Kisalföld), míg a század végére a délnyugati területeken valószínűsíthető (Mecsek és környéke).

Az évszakos átlaghőmérsékletek várható alakulásában a legnagyobb mértékű változás a század közepén tavaszra ( $1,7^{\circ}\text{C}$ ), míg a legcsekélyebb változás nyárra ( $0,7^{\circ}\text{C}$ ) tehető. Az évszázad végére azonban fordított eredmények adódnak, nyáron várható a legnagyobb mértékű melegedés ( $3,5^{\circ}\text{C}$ ), a legcsekélyebb pedig tavasszal ( $2,8^{\circ}\text{C}$ ), amely megközelíti a téli és őszi várható melegedések mértékét ( $3,0^{\circ}\text{C}$ ). Télen a hidegrekordok száma várhatóan csökkenni fog, míg nyáron a klíma egyértelműen változékonyabb lesz. A napi középhőmérsékletek átlaga a magasabb hőmérsékletek irányába fog eltolódni  $3\text{-}4^{\circ}\text{C}$ -kal, és a melegrekordok gyakoribbakká fognak válni (Torma 2011).

A modelleredmények alapján az éves csapadékösszegekben nem mutatkozik lényeges változás. Ez az eredmény abból is fakad, hogy Magyarország a szárazabbá, illetve csapadékosabbá válás képzeletbeli határzónáján helyezkedik el (Torma 2011).

Az éves csapadékösszeggel ellentétben az évszakos csapadékösszegekben jelentős változások várhatók. A 2021–2050 közötti időszakban a legjelentősebb változás nyáron, míg a legkisebb télen valószínű. Télen és tavasszal a csapadékösszeg csökkenése egyöntetű, azonban nyáron és ősszel egy nyugat-kelet megosztottság mutatkozik. Nyugaton és délnyugaton a nyári és őszi csapadékösszegek akár  $20\text{-}30\%$ -kal csökkenhetnek, míg ugyanezen időszakokban a keleti, északkeleti területek  $10\text{-}20\%$ -kal csapadékosabbá válhatnak. A magasabb fekvésű helyeken (Bakony, Mátra, Bükk) az évszakok szárazabbá válása valószínűsíthető. A 2071 és 2100 közötti időszakban minden évszakban átlagosan kismértékben ugyan, de növekedni fog az évszakos csapadékösszeg, kivéve nyáron (Torma 2011), tehát a modell igen jelentős változást valószínűsít a század közepétől kezdődően a század végéig.

Röviden összefoglalva: Magyarországon az 21. század végén enyhébb, de csapadékosabb telek, valamint forróbb és szárazabb nyarak valószínűsíthetőek az A1B éghajlati forgatókönyv alapján integrált RegCM regionális klímamodell szerint.

A hőmérsékleti extrémumok alakulásával kapcsolatban a modell nagymértékű emelkedést mutat. A 21. század közepére a nyári napok (napi hőmérsékleti maximum  $> 25^{\circ}\text{C}$ ) számának növekedése közel  $29\%$ , míg a század végére  $200\%$ -ot is meghaladó lehet (Torma 2011). A várhatóan legnagyobb fokú melegedésnek kitett területek az ország déli részén, a legkisebb fokú változást elszenvedő területek az ország

északi részén lesznek. A fagyos napok (napi hőmérsékleti minimum  $\leq 0$  °C) száma ugyanakkor várhatóan csökkenni fog, a 2021–2050 közötti időszakban az 1961–1990 időszakhoz viszonyítva országos átlagban 24%-kal, az évszázad végére közel 66%-kal (Torma 2011).

A csapadékkal kapcsolatos szélsőségek egyik markáns mutatója a száraz napok (napi csapadékösszeg nem haladja meg az 1 mm-t) várható alakulása. A RegCM-modell alapján a század közepére az ország déli részén várható az egymást követő száraz napok maximális számának növekedése, a század végére pedig már az ország teljes területén az egymást követő száraz napok maximális számának emelkedésével kell számolni. Az eredmények azt mutatják, hogy az évenkénti csapadékos napok átlagos száma kismértékben csökkenni fog az évszázad közepére, közel 10%-kal. A 21. század végére a csökkenő tendencia folytatódni, illetve valamelyes erősödni fog, mértéke várhatóan 13% körülire tehető (Torma 2011).

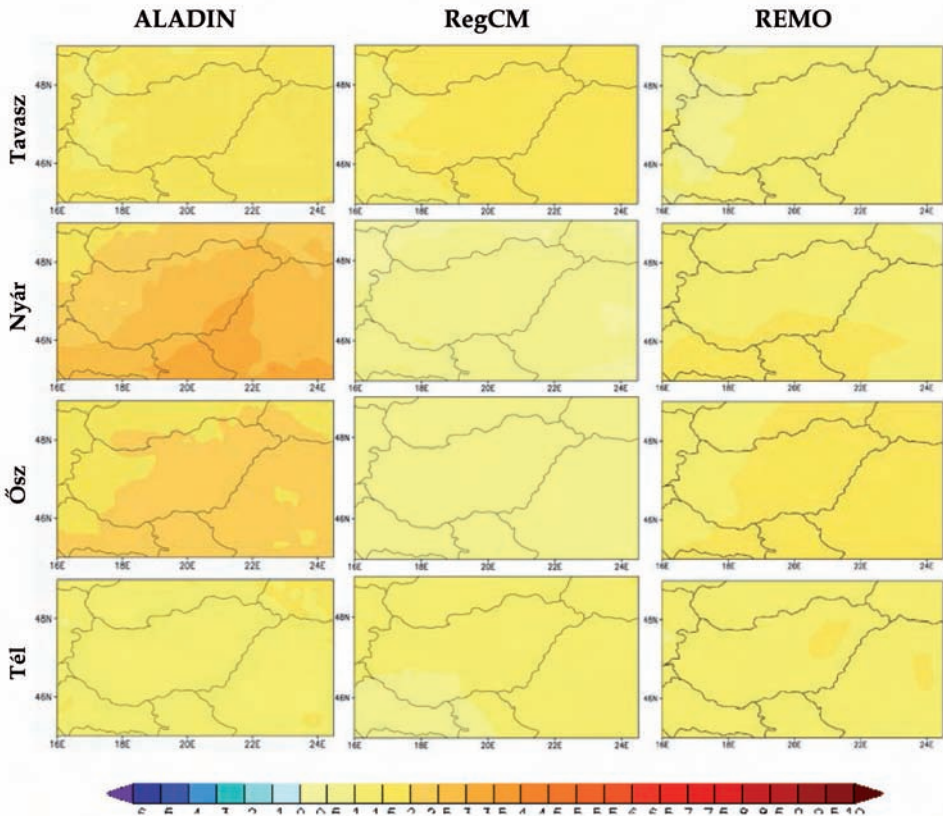
A modell érdekes eredményeket adott az extrém csapadékos napok (napi csapadékösszeg meghaladja a 20 mm-t) számának várható változásairól. A 2021–2050 közötti időszakig a magasabb területeken az extrém csapadékos napok számának kismértékű csökkenését jelzi előre (pl. a Bakonyban), míg az évszázad végére az ország döntő többségén e napok számának növekedését mutatja. A modell eredményei alapján a napi csapadékontenzitás növekedni fog. A RegCM-modell tehát azt valószínűsíti, hogy a jövőben kevesebb alkalommal, de több csapadék fog hullani napi átlagban Magyarországon területén (Torma 2011).

### **A Magyarországra adaptált modellek eredményeinek összegző jellemzése**

Magyarországon négy regionális klímamodellt alkalmaznak napjainkban az éghajlatváltozás hazai jellemzőinek vizsgálatára: az ALADIN-Climate- (Csima, Horányi 2008; Zsebeházi 2011), a PRECIS- (Pieczka 2012), a RegCM- (Torma 2011) és a REMO-modelleket (Szépszó, Horányi, 2008). Mindegyik modellel kétféle kísérletet hajtottak végre. A szimulációkat 10-25 km-es felbontáson végezték el, a finomabb felbontás esetén egy szűkebb, a Kárpát-medencét magában foglaló tartományon, a durvább felbontás esetén pedig egy nagyobb, Közép- és Kelet-Európát lefedő tartományon (Bartholy et al. 2011).

A modellek a magyarországi hőmérséklet évszakos jellemzőit realiztikusan és hasonló nagyságú hibákkal írják le. A csapadék esetében a különböző kísérletek eredményei jóval nagyobb eltéréseket mutatnak. Egyes modellek (pl. az ALADIN-modell) az évszakos menetet megfelelően, a mennyiséget ugyanakkor nagy hibával jellemzik. Látható példa olyan szimulációra (pl. RegCM), amely a csapadék éven belüli eloszlását nem képes leírni; illetve vannak olyan modellek, melyek kisebb fölé- vagy alábecsléssel, de realiztikusan jellemzik a csapadék éven belüli menetét – a REMO és a PRECIS ezek közé tartozik (Szépszó 2014).

1. ábra: A modelleredmények alapján várható évszakas átlaghőmérséklet-változás (°C) a 2021–2050 időszakban (referencia-időszak: 1961–1990)



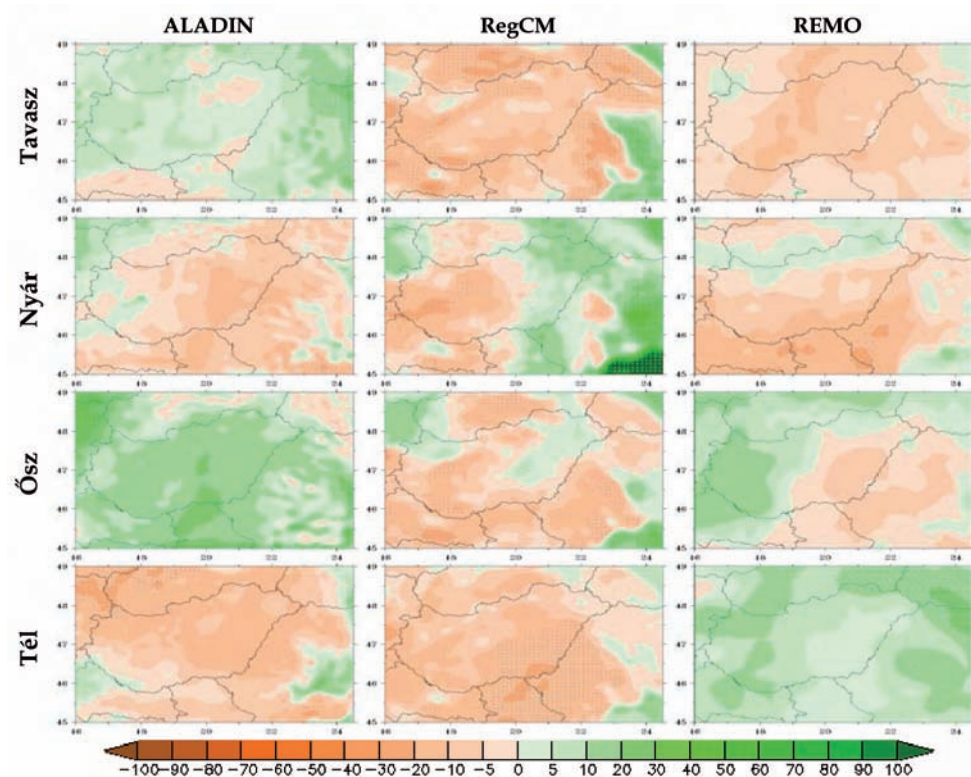
Forrás: Bartholy, Bozó, Haszpra 2011.

A 21. században várható hőmérséklet-változás irányában a különböző regionális modellek eredményei megegyeznek: a szimulációk az ország teljes területére és minden évszakra szignifikáns hőmérsékletemelkedést mutatnak. Az 1. ábrán a társadalmi-gazdasági modellezési munkánk szempontjából fontos 2021–2050 közötti időszak várható évszakas átlaghőmérséklet-változása látható az egyes modelleredmények alapján.

Ugyanakkor a jelzett növekedés mértékében 2021–2050-re 1, 2071–2100-ra 2,5°C eltérés is lehet az egyes modellek között. A modellek a különböző hőmérsékleti indexek jövőbeli előfordulására is ugyanolyan irányú változásokat jeleznek: az eredmények alapján hazánkban 2021–2050-re és 2071–2100-ra egyaránt a magas napi közép- és maximumhőmérséklet-értékek (pl. hőségriadós napok, forró napok) gyakoribbá válásával és az alacsony minimum-hőmérsékletű (pl. a fagyos) napok ritkább előfordulásával kell számolnunk.



2. ábra: A modelleredmények alapján várható évszakos csapadékösszeg-változás (%) a 2021–2050 időszakban (referencia időszak: 1961–1990)



Forrás: Bartholy, Bozó, Haszpra 2011.

A csapadék várható alakulásáról a kép az egyes modellek alapján összetett, például az átlagos csapadékösszegre vonatkozó eredmények már a változások irányában is eltéréseket mutatnak. Egyedül nyáron mutat mindegyik modell (2021–2050-re 5% alatti, 2071–2100-ra pedig 18–43%-os) csapadékcsökkenést, a többi évszakban csökkenés és növekedés egyaránt lehetséges (Szépszó 2014). Alapvető jellemvonás, hogy a változások nagysága, de sok esetben a bizonytalanság is növekszik az évszázad végére. Ebből következően a regionális klímamodellek csapadék-előrejelzései kevésbé megbízhatók, mint a hőmérsékleti előrejelzések. A 2. ábra a munkánk szempontjából fontos, 2050-ig várható évszakos csapadékösszeg várható relatív megváltozását mutatja az egyes modelleredmények alapján.

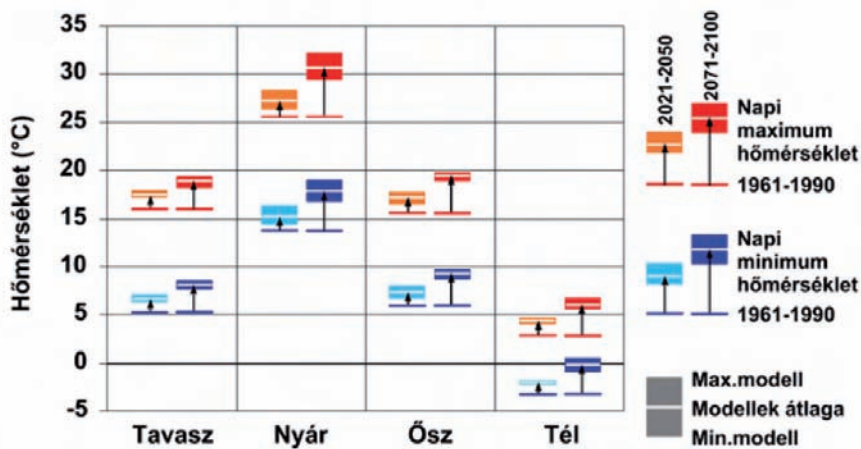
A klímaváltozás Magyarországon elsősorban a szélsőséges időjárási események (hőhullámok, forró napok, heves esőzések, zivatarok, aszály, villámárvizek, erősödő szelek stb.) gyakoriságának növekedésében – amelyeket már napjainkban is tapasztalhatunk – érhető tetten, amelynek társadalmi-gazdasági következményei intenzíven jelentkeznek, mint az átlagos hőmérsékleti és csapadékértékek változásának

hatásai. Az ehhez történő alkalmazkodás a társadalom egészére nézve nagy kihívást jelent. Emiatt fontosak a regionális klímamodellek azon eredményei, amelyek a szélsőségek várható változásait igyekeznek megbecsülni.

A hőmérsékleti szélsőségek elemzéséhez kézenfekvő változók a napi maximum- és minimum-hőmérsékletek idősorai (3. ábra). Mind a napi maximum-, mind a napi minimum-hőmérsékletek legnagyobb mértékben várhatóan nyáron fognak növekedni, ugyanakkor erre az évszakra esik a modellbecslések legnagyobb bizonytalansága is. A maximum-hőmérsékletek minden évszak és mindkét időszak esetében valamelyest jobban növekednek (0,1–0,3°C-kal), mint a minimum-hőmérsékletek. A negatív extrémumok várhatóan csökkenni (ami szintén melegedésre utal).

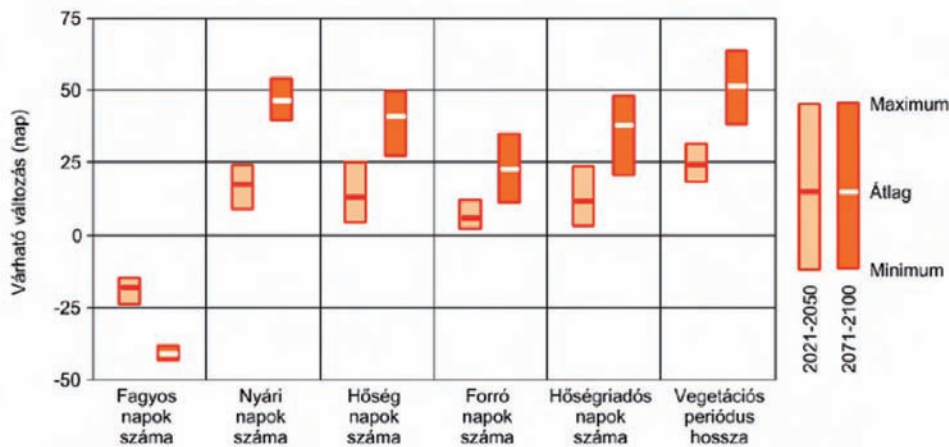
A napi minimum- és maximumértékek alakulása mellett lényeges a szélsőséges hőmérsékleti értékek várható változásának modellezése is, amelyet a 4. ábra szemléltet.

3. ábra: A napi maximum-hőmérsékletek (narancs és piros szín) és a napi minimum-hőmérsékletek (világoskék és sötétkék szín) Magyarország területére várható értékei 2021–2050-re és 2071–2100-ra. (Referencia: az E-OBS adatbázis 1961–1990-es átlagos értékei)



Forrás: Bartholy, Bozó, Haszpra 2011.

4. ábra: Hőmérsékleti indexek várható változása 2021–2050-re és 2071–2100-ra.  
Referencia-időszak: 1961–1990



Forrás: Bartholy, Bozó, Haszpra 2011.

A várható változás mértéke a meleg szélsőségek (nyári, hőség-, forró és hőségriadós napok) esetében a közeljövőre átlagosan 12 nap, a távolabbi jövőre 37 nap, amely a különböző indexek esetén jelentősen eltérő százalékos mértéket jelent.

Míg a kis csapadékú napok száma általában várhatóan gyengén csökken a jövőben, addig a nagyobb napi csapadékú indexek a nyarat kivéve növekvő tendenciát jeleznek. A száraz időszakok maximális hossza esetén szintén növekvő tendenciára számíthatunk. Ez a tendencia már a 21. század közepén is érzékelhető, s a század végére jelentősen erősödik. A csapadékindeks várható változásai arra utalnak, hogy hazánk klímája kismértékben szárazabbá válik: mind az őszi és nyári száraz időszakok, mind a nagyobb, intenzívebb csapadékok előfordulásának (a nyár kivételével) kismértékű növekedésére számíthatunk. A heves csapadékesemények gyakoriságának ilyen évszakos különbségei némiképp meglepők, tekintve, hogy az intenzív viharokat többnyire a nyári konvektív eseményekkel hozzuk összefüggésbe.

Az ismertetett modellek mellett a klímaváltozással foglalkozó hazai kutatók más, Európában futó projektekben is részt vettek, amelyek több országra – közöttük Magyarországra – kiterjedő előrejelzéseket eredményeztek. Ilyen pl. a 2006–2009 között futó CECILIA (Central and Eastern Europe Climate Change Impact and Vulnerability Assessment – Halenka 2007), amelyben az ELTE Meteorológiai Tanszéke aktívan közreműködött, hozzájárulva a regionális klímadinamikai kutatásokhoz. A program elsődleges célja volt, hogy szélesítse ismereteinket a Közép- és Kelet-Európában várható helyi klímaváltozásról és annak erdészetre, mezőgazdaságra, vízháztartásra és levegőminőségre gyakorolt hatásairól. Az elmúlt évek nemzetközi munkáihoz kapcsolódik a CLAVIER (Climate Change and Variability: Impact on Central and Eastern Europe) programban való részvétel (Torma 2011), valamint a PRUDENCE-projekt,

amelynek keretében végzett korábbi modellszimulációk – a négy hazai modellhez hasonlóan – a Kárpát-medence térségére valószínűsített változások közül szintén a nyári időszak szárazabbá válását jelezték (Bartholy et al. 2008).

A modellek eredményeinek egymás mellé tétele rávilágít arra, hogy az előrejelzések bizonytalanságával is foglalkozni kell. A bizonytalanságok csökkentésére kifejlesztett módszer lényege, hogy kiterjesztik a vizsgálatokat további regionális klímamodellszimulációkkal, majd több modell eredményeinek segítségével számítják ki az egyes lehetőségek bekövetkezési valószínűségét. Így valószínűségi térkép állítható elő, amely elegáns eszköz a szimulációk bizonytalanságainak számszerűsítésére.

### **Következtetések**

Mára nyilvánvaló, hogy az éghajlat változékonysága és változása befolyásolja az európai és hazai termelési (pl. mezőgazdaság, erdészet és halászat) és gazdasági ágazatok (pl. energiatermelés, turizmus), valamint a természeti környezet tulajdonságait és szerepét. A hatások némelyike előnyös, de a becslések szerint a legtöbb esetben a várható következmény kedvezőtlen (EEA 2004).

A klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásainak vizsgálatakor célszerű onnan elindulni, hogy az egyes területek – országok, régiók, kistérségek vagy járáások – az őket érő hatásokra különbözőképpen reagálnak, eltérő jellegzetességeket mutatnak az éghajlatváltozással kapcsolatban. Ennek feltárásához módszerként a CIVAS-modellt (Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme) alkalmazzák, amellyel az egyes területi szintek sérülékenysége modellezhető az éghajlatváltozás szempontjából (Bartholy et al. 2011).

A lokális éghajlati hatások a társadalmi-gazdasági-környezeti térben egyaránt jelentkeznek (pl. aszály, terméshozam-kiesés, mezőgazdasági jövedelmek csökkenése). Ezért a klímaváltozás területi hatásait a kitettség (exposure) → érzékenység (sensitivity) → várható hatás (impact) → adaptivitás (adaptive capacity) → sérülékenység (vulnerability) láncolatban kell vizsgálni.

A Magyarországon futtatott klímamodellek – bizonyos esetekben egymásnak ellentmondó megállapításaikkal is – együttesen arra hívják fel a figyelmet, hogy már a 21. század közepére olyan éghajlati változásokkal kell számolni, amelyek a társadalmi-gazdasági folyamatokra is erőteljes hatást gyakorolnak. Annak érdekében, hogy a várható negatív hatásokat mérsékelni, az esetleges pozitív hatásokat erősíteni tudjuk, a klímamodellekből származó eredmények megbízhatóságának fokozására és az ezekre az eredményekre épülő társadalmi-gazdasági adaptációs lehetőségek, módszerek kidolgozására van szükség.

## Irodalom

- Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy., Szabó, P. (2008): Analysis of expected climate change in the Carpathian basin using the PRUDENCE results. *Időjárás*, 3–4., 249–264.
- Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.) (2011): *Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. MTA, ELTE, Budapest
- 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.)
- Csima, G., Horányi, A. (2008): Validation of the ALADIN-Climate regional climate model at the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás*, 3–4., 155–177.
- EEA (2004): *Impacts of Europe's Changing Climate: An Indicator-Based Assessment*. EEA Report No 2/2004. European Environment Agency, Copenhagen
- Farkas J. Zs., Lennert J. (2015): *A földhasználat-változás modellezése és előrejelzése Magyarországon*. Jelen kötetben.
- Horányi, A., Kertész, S., Kullmann, L., Radnóti, G. (2006): The ARPEGE/ALADIN mesoscale numerical modeling system and its application at the Hungarian Meteorological Service. *Időjárás*, 3–4., 203–228.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007): *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4\\_wg1\\_full\\_report.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4_wg1_full_report.pdf) (Letöltés: 2015. szeptember 1.)
- Jacob, D., Podzun, R. (1997): Sensitivity studies with the regional climate model REMO. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 1., 119–129.
- Király G. (2015): *A magyarországi népesség „status quo” morbiditási és mortalitási jövőképe 2016 és 2051 között*. Jelen kötetben.
- Kovács A. D. (2015): *A klímamodellezés nemzetközi eredményei*. Jelen kötetben.
- Krüzselyi, I., Bartholy, J., Horányi, A., Pieczka, I., Pongrácz, R., Szabó, P., Szépszó, G., Torma, Cs. (2011): The future climate characteristics of the Carpathian Basin based on a regional climate model mini-ensemble. *Advances in Science and Research*, 6., 69–73.
- Majewski, D. (1991): The Europa-Modell of the Deutscher Wetterdienst. In: *ECMWF Seminar on numerical methods in atmospheric models. Vol. 2*. Reading. pp. 147–191.
- OMSZ, ELTE (2006): *Klímapolitika. Éghajlatváltozási forgatónyvek a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiához*. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium
- Pieczka I. (2012): *A Kárpát-medence térségére vonatkozó éghajlati scenáriók elemzése a PRECIS finom felbontású regionális klímamodel felhasználásával*. Doktori értekezés. ELTE, Budapest
- Roeckner, E., Arpe, K., Bengtsson, L., Christoph, M., Claussen, M., Dumenil, L., Esch, M., Giorgetta, M., Schlese, U., Schulzweida, U. (1996): *The atmospheric general circulation model ECHAM-4: Model description and simulation of present-day climate*. Report 218., Max Planck Institute for Meteorology, Hamburg [https://www.mpimet.mpg.de/fileadmin/publikationen/Reports/MPI-Report\\_218.pdf](https://www.mpimet.mpg.de/fileadmin/publikationen/Reports/MPI-Report_218.pdf) (Letöltés: 2015. szeptember 1.)
- Szépszó, G., Horányi, A. (2008): Transient simulation of the REMO regional climate model and its evaluation over Hungary. *Időjárás*, 3–4., 203–231.
- 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
- Uzzoli A. (2015): *Klímamodellek a társadalmi alkalmazkodásban – a sérülékenységvizsgálatok hazai eredményei és tapasztalatai*. Jelen kötetben.
- Zsebeházi G. (2011): *Magyarország éghajlatának jellemzése az ENSEMBLES projektbeli és a hazai regionális modelleredmények együttes vizsgálatával*. Szakdolgozat. ELTE, Budapest

# 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**

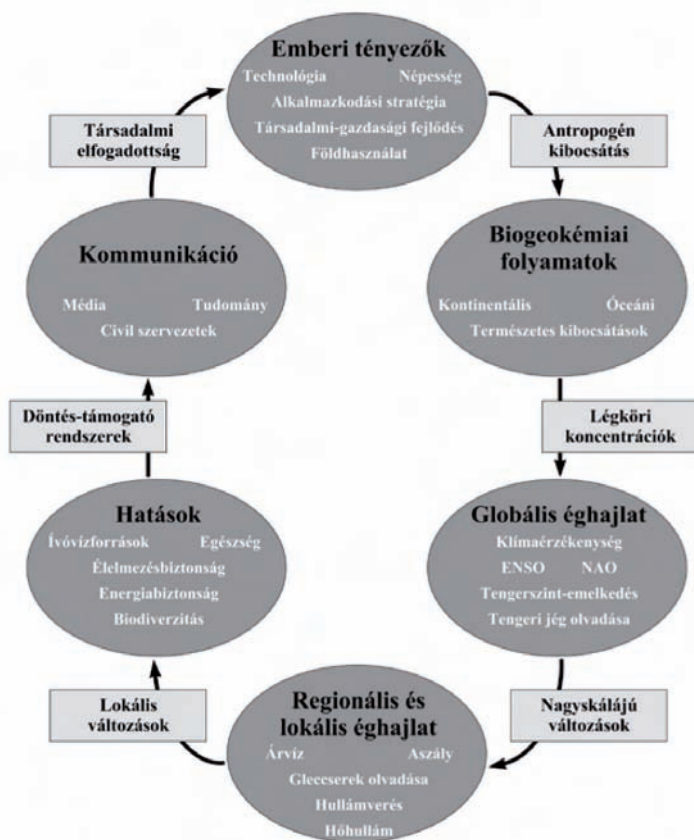
Az emberi tevékenységek (pl. gazdasági termelés, közlekedés, mezőgazdaság, felszínformálás stb.) számottevően módosíthatják az éghajlati rendszereket. Ezeknek a tevékenységeknek az időbeli lefolyása és intenzitása befolyásolhatja az éghajlatalkító hatások mértékét és sebességét (met.hu). Minél inkább felerősödnek az antropogén tevékenységek, annál inkább biztos, hogy hatással lesznek az időjárási és éghajlati folyamatokra. Az ember éghajlatmódosító szerepe az üvegházhatású gázok – pl. CO<sub>2</sub> – 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 klímamodel-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 CO<sub>2</sub>-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

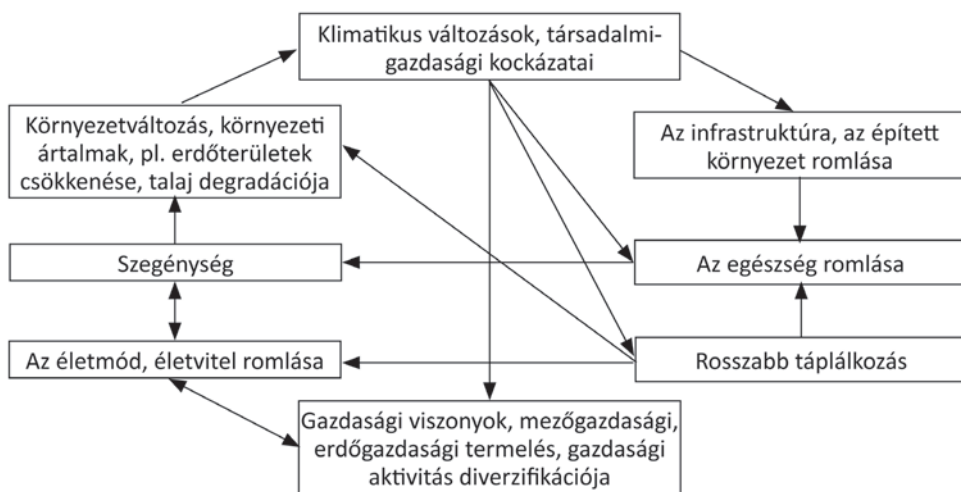
nem tartalmaznak. A klímamodellek alkalmazása tehát közvetetten jelenik meg a társadalmi-gazdasági alkalmazkodásban. Mind a globális (pl. AOGCM), mind a regionális klímamodellek (pl. RegCM) kibocsátási forgatókönyvek alapján szolgáltatnak feltételezéseket a emberi tevékenységek jövőbeli alakulására. 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 sérülékenységi modellje



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

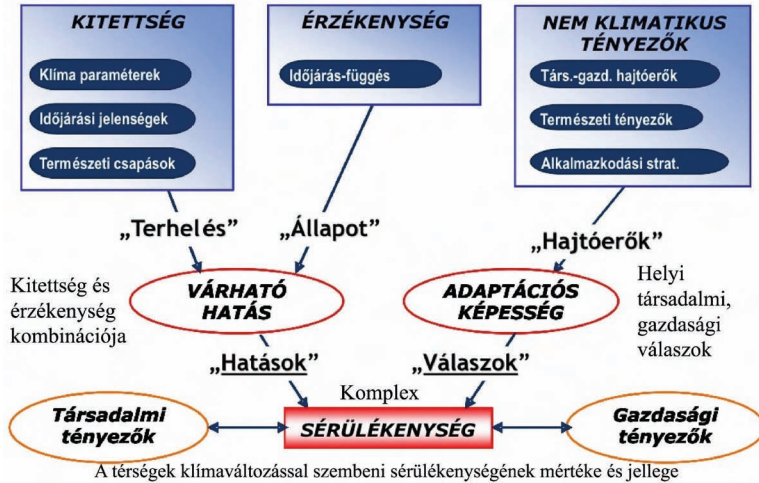
Az éghajlatváltozási sérülékenységi komplex mutató, amely integrálja a kitettséget, az éghajlati érzékenységet és az alkalmazkodóképességet (Bartholy et al. 2011). Lényegében a 2000-es évek közepétől jelentek meg az éghajlatváltozási sérülékenységvizsgálatok Magyarországon, amelyek kezdetben nemzetközi 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 sérülékenységi relatív szintjének vizsgálatához (többek között társadalmi-gazdasági indikátorok segítségével).

A CIVAS-modellben a közvetlen éghajlati hatásokat a klímamodellparaméterekben 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](http://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](http://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 klímasérülékenységi 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 széllal 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 egészséghatás-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.

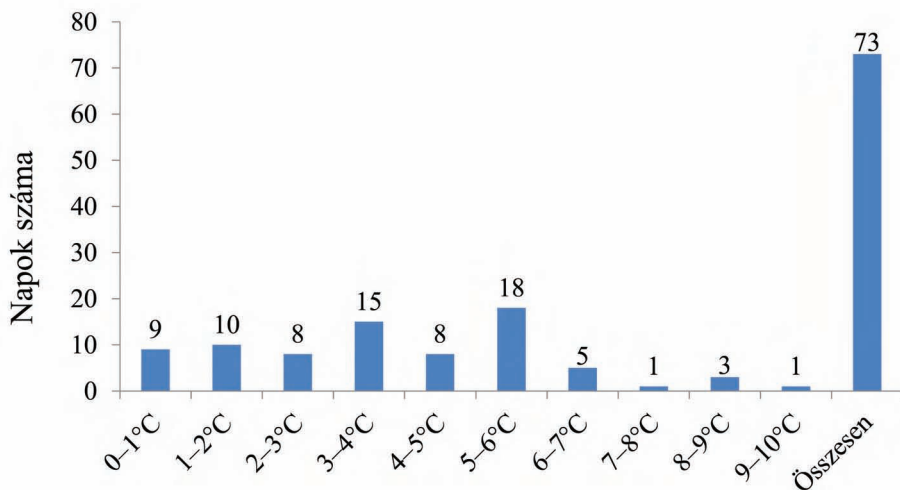
Magyarországon a legtöbb vizsgálat a hóhullámok, részben pedig az UV-B sugárzás egészséghatásainak felmérésére irányult az elmúlt másfél évtizedben, de előrejelzések csak a hóhullámokkal kapcsolatban születtek. Hazánkban a hőségriadós napok – ha három egymást követő napon a napi átlaghőmérséklet meghaladja 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 becslült 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 többlethaláletet 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 halálet történt Magyarországon, ezért a klímaváltozásnak tulajdonítható többlethalálozás ugyanolyan százalékos növekedését feltételezve 2021–2050 között évente átlagosan 150 többlethalálet 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
<b>1. A hőhullámok gyakoriságának növekedése</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hőhullámok egészségkockázataira vonatkozó egészségterv készítése,</li> <li>- időjárás-egészségi hatáselőrejelző rendszer kidolgozása,</li> <li>- hőségriasztás rendszerének kidolgozása és működtetése,</li> <li>- hőségriadó idején szabadban rendezett események, rendezvények időpontjának rugalmas átszervezése</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a helyben található klimatizált közösségi tereket bemutató térkép nyilvánossá tétele,</li> <li>- helyi szabadtéri rendezvényhelyszínek ideiglenes árnyékolása (pl. ernyők, sátrak stb.),</li> <li>- palackos vagy zacskós vízosztás a lakosoknak</li> </ul>
<b>2. Zavarok a kommunikációban</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nemzeti kommunikációs hálózat létrehozása,</li> <li>- segélyhívó rendszer létrehozása és működtetése</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lakosok folyamatos tájékoztatása a hőhullámok egészségkockázatairól és az alkalmazkodás egyéni lehetőségeiről a helyi kommunikációs eszközökkel, csatornákon</li> </ul>
<b>3. A szociális ellátás növekvő igénybevétele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- sürgősségi ellátás biztosítása a megfelelő képzettséggel rendelkező személyzettel,</li> <li>- megfelelő képzettséggel rendelkező személyzet biztosítása, akik tájékoztatják a helyi önkormányzatokat a hőhullámok várható szociális hatásairól,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- az időskorú, intézetben élő népesség hűvösebb éghajlatú térségekbe szállítása,</li> <li>- megfelelő ellátás biztosítása a legsérülékenyebb társadalmi csoportok számára</li> <li>- 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,</li> <li>- a házi ellátás feltételeinek biztosítása</li> </ul>
<b>4. Az egészségügyi ellátás növekvő igénybevétele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a sürgősségi ellátás biztosítása a megfelelő képzettséggel rendelkező személyzettel,</li> <li>- mentőellátás biztosítása,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a helyi egészségügyi ellátás feltételeinek javítása</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- megfelelő képzettséggel rendelkező személyzet biztosítása, akik tájékoztatják a helyi önkormányzatokat a hőhullámok várható egészségkockázatairól</li> </ul>	

*Forrás: Heatwave Plan for England 2015; Páldy et al. 2006; NÉS2 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): *Klimaváltozás – 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., Czikoriné 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): *Klimaváltozás – 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](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](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](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.
- NÉSZ (2013): *Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2014-2025, kitekintéssel 2050*. Szakpolitikai vitaanyag. [nih.gov.hu/download.php?docID=28333](http://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%A1ltoz%C3%A1s\\_t%C3%A1rsadalmigazdas%C3%A1gi\\_hat%C3%A1sai\\_a\\_vid%C3%A9ki\\_Magyarorsz%C3%A1gon](http://www.academia.edu/11185023/A_kl%C3%ADmav%C3%A1ltoz%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%A1ltoz%C3%A1s\\_t%C3%A1rsadalmigazdas%C3%A1gi\\_hat%C3%A1sai\\_a\\_vid%C3%A9ki\\_Magyarorsz%C3%A1gon](http://www.academia.edu/11185023/A_kl%C3%ADmav%C3%A1ltoz%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/](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): *Klímaváltozás – 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): *Klímaváltozás – 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](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](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](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.)



# A klímaváltozás megjelenése a gazdasági modellezésben

Zsibók Zsuzsanna

## Bevezetés

Az elmúlt néhány évtizedben a közgazdasági szakirodalom is felismerte, hogy a környezeti tényezők – és kiemelten a klímaváltozás – hatással vannak a gazdaság hosszú távú fejlődésére, noha e kérdéskör a modellekben nem kapott nagy figyelmet. A téma híres kutatója, Nicholas Stern szerint a klímaváltozás „a piaci kudarcok valaha látott legjelentősebb példája” (Abrahamson 2015), azonban William Nordhaus (2013a) szerint a gazdaság számára csupán egy externália, mivel a fejlett országok gazdaságát közvetlenül nem befolyásolja jelentősen a természeti környezet állapota. A hatások a piacokon inkább közvetetten, a politikai-kormányzati beavatkozásokon keresztül jelentkeznek, ugyanakkor a fejletlen országoknak a mezőgazdasági terméshozamok csökkenése miatt komoly kihívásokkal kell szembenézniük.

Fejezetünk célja, hogy áttekintse a gazdasági modellezés hosszú távú előrejelzésekkel foglalkozó területét. Arra a konkrét kérdésre összpontosítunk, hogy hogyan jelenik meg a klímaváltozás a gazdasági modellezésben.

A gazdasági modellezés és a klímaváltozás kapcsolata a hazai szakirodalomban nem kap figyelmet, ezért döntően nemzetközi forrásokra támaszkodhatunk. Mivel a klímaváltozás korunk egyik kiemelt problémája, nemcsak a tudományos fórumokon juthatunk információkhoz a hosszú távú előrejelzésekről, hanem a sajtóból (internetes sajtóból) is. A témakörnek egyik, a projekt szempontjából igen fontos területe nincs megfelelően kifejtve a szakirodalomban: a klímaváltozást is figyelembe vevő, *regionális* gazdasági modellezéssel csak elvétve foglalkoznak a tudományos műhelyek.

## A témakör elméleti háttere

A fejezetünkben is hivatkozott Stern-jelentés életre hívott egy új irányzatot, a klímaváltozás gazdaságtanát (climate change economics), amelynek központi módszertani eszköze az integrált értékelő modellezés (integrated assessment modeling). A módszert elsősorban a környezettudomány és a környezetpolitika használja. Az elnevezésben az integrált jelző arra utal, hogy a környezeti problémák több tu-

dományterületen is megjelennek, az értékelés pedig arra, hogy a módszer leginkább a politikai döntéshozatalt kívánja szolgálni numerikus modellek segítségével. E módszertannak 2000 és 2010 között létezett folyóirata, az *Integrated Assessment Journal*, amelynek 25 száma jelent meg.

A második IPCC-jelentés (Weyant et al. 1996) kétféle integrált értékelő modellt különböztet meg, a közpolitika-optimalizáló modelleket és a közpolitika-értékelő modelleket. Míg az értékelő modellek előrejelzik a közpolitikai beavatkozások fizikai, ökológiai, gazdasági és társadalmi következményeit, addig az optimalizáló modelleknek van egy maximalizálandó célfüggvénye (jóléti függvénye), amelyet különböző környezetpolitikai beavatkozások vagy kimenetek mentén értékelnek (Nordhaus 2013b). Abaza és Baranzini (2002) egy másfajta csoportosítást lát célravezetőbbnek: a makroökonómiai orientáltságú és a bioszféra-orientált iskolák elkülönítését. Míg az előző modelljei egyszerűbb, döntésorientált, közpolitikai elemzési eszközök, az utóbbi iskola modelljei folyamatorientáltak és komplexebbek. Kutatásunk szempontjából a makroökonómiai orientáltságú irányzat fontosabb, ennek legtöbbit emlegetett példái a később kifejtendő DICE-modell (és változatai), a CETA-modell (Peck, Teisberg 1992), valamint a MERGE-modell (Manne et al. 1994).

Az integrált értékelő modellek pénzben igyekeznek megragadni a klímaváltozás gazdasági hatását, amit a gyakorlatban GDP- (kibocsátás-) csökkenésként vagy inkább jövedelemkiesésként értelmezhetünk. A számszerűsítéshez a modellek összevetik a klímaváltozás nélküli és a klímaváltozás hatásával futtatott modellt. Fontos, hogy a klímaváltozás tekintetében a modellek megkülönböztessék a „piaci” szektorokat (mezőgazdaság, energiafelhasználás, erdőgazdálkodás) és a „nem piaci” szektorokat, amelyeknek nincsen közvetlen piaci árak (környezeti károk, egészségkárosodás stb.), mégis valahogyan meg kell oldani a pénzbeli értékelésüket. A Stern-jelentés szerint meglehetősen nagy bizonytalanság mellett még figyelembe vehetnek társadalmilag függő válaszokat, amelyek nagy volumenű, „második körös” társadalmi-gazdasági válaszok, mint például a konfliktusok, a népességvándorlás vagy a tőkebefektetések „vándorlása” – de erre a modellekben alig van példa.

A hosszú időtávra készített előrejelzések egyik kulcsproblémája a diszkontráta meghatározása. Ezzel foglalkozik Pollitt és Billington (2015) írása. A diszkontálás során a különböző jövőbeli költségekhez és hasznokhoz eltérő súlyokat rendelünk. Magasabb diszkontráta mellett a jelenbeni költségek és hasznok sokkal nagyobb súllyal számítanak, mint a jövőbeliek. A diszkontráta megválasztása tehát befolyásolja a különböző közpolitikai forgatókönyvek pénzügyi megvalósíthatóságát és költséghatékonyágát, ezért befolyásolja azt, hogy milyen következtetések vonhatók le a kibocsátáscsökkentés intenzitásáról.

A klímaváltozást is integráló gazdasági modellekre ma klíma-gazdaság-modellek, illetve környezet-gazdaság-modellek vagy környezet-energia-gazdaság-modellek néven hivatkozik a szakirodalom (EEE vagy E3 modellek: energy-environment-economy). Ezeket két csoportba sorolhatjuk: az egyik típusuk a felülről építkező

(top-down) modellek, amelyek a makrogazdasági visszacsatolásokat általános egyensúlyi keretben jelenítik meg, ugyanakkor az energiaszektor aggregált leírása nem realiztikus. Az alulról építkező (bottom-up) modellek az előző típussal szemben részletesen leírják az energiaszektor technológiájának alakulását a keresleti és a kínálati oldalon, de nincs bennük megfelelően kidolgozva a mikroszintű szereplők döntéshozatali mechanizmusa a megfelelő technológia kiválasztásában. Ezen hiányosságok miatt a kutatók törekedtek hibrid modellek létrehozására is, mint pl. a *WEM-ECO-modell* (Roques et al. 2009).

### Történeti áttekintés

A leggyakrabban hivatkozott integrált értékelő modell a *DICE-modell* (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy – Nordhaus 1992). A szerzője olyan eszközt kíván nyújtani, amely a gazdaságtudomány módszereivel értékeli a globális felmelegedés elleni küzdelem stratégiáit. Eszerint a környezetpolitikai beavatkozásokat olyan mértékben kell alkalmazni, ameddig annak gazdasági előnyei meghaladják a költségeit. A dinamikus megközelítésre mindenképpen szükség van, mivel az üvegházhatású gázok hosszú távon jelen vannak a környezetben, és a hatások is hosszú távon, késleltetve jelentkeznek az éghajlatban, illetve a gazdaságban.

A modell neoklasszikus alapokra épülő, viszonylag kisméretű globális növekedési modellt, Ramsey modelljét módosítja, és kiegészíti azt a klímaszektorral, majd kiszámítja az optimális tőkefelhalmozási pályát és az üvegházhatású gázok kibocsátása csökkentésének a pályáját. A modell a világgazdaság fogyasztás révén nyert hasznosságát (a társadalmi jólétet mint intertemporális célfüggvényt) kívánja optimalizálni két döntési változóval: a fizikai tőkébe történő beruházási ráta és az üvegházhatású gázok kibocsátás-csökkentési rátájának a változóival. A DICE-modellben az éghajlati tényezők négyféleképpen jelennek meg:

- egy  $\text{CO}_2$ -emissziós egyenletben, ahol a kibocsátás egy része nem befolyásolható, a gazdasági output függvénye, másik része az üvegházhatásúgáz-intenzív tényezők és termékek árán keresztül befolyásolható,
- az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjában,
- a klímaváltozásban, amelyet a globális felszíni hőmérséklet jelez,
- a társadalmi-gazdasági károkat (jövedelemkiesést) leíró kapcsolatban.

A modell az éghajlatot is tőkeelemnek, természeti tőkének tekinti (az üvegházhatású gázokat negatív természeti tőkének), míg a klímaváltozás hatásait csökkentő intézkedéseket pedig e tőkébe irányuló beruházásoknak.

A modell számos felülvizsgálaton esett át mind szerkezetét, mind a mögöttes adatokat tekintve, beleértve a regionális *RICE-modellt* is (a legfrissebbek a DICE-2013R és a RICE 2010 változatok). Nordhaus DICE-modelljének regionalizált változata a RICE-modell (Regional Integrated Climate-Economics), amelynek aggregálási szintje a fő világrégiók (Egyesült Államok, Kína, Európai Unió, India stb., összesen

8 vagy 10 régió, modellverizótól függően). A PRICE modellváltozat (Nordhaus, Popp 1997) bizonytalansági tartományokat számít a legfontosabb paraméterértékek köré. A legújabb változatok olyan tényezőket is figyelembe vesznek, mint a tengerszint-emelkedés okozta károk vagy a fosszilis üzemanyagokat teljes mértékben kiváltó (backstop) technológiák.

Majdnem két évtizedes múltra tekint vissza a Richard Tol munkásságához kapcsolódó *FUND-modell* (Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution). Eredetileg a nemzetközi tőkeáramlás klímapolitikában betöltött szerepének a tanulmányozására készítették, de a modell ezen túlnőtt, és a klímaváltozás dinamikus kontextusát vizsgálja, főként a különböző üvegházhatású gázok kibocsátáscsökkentő politikáinak költség-haszon és -hatékonyság elemzése, a nemzetközi megállapodások játékelméleti hátterének modellezése által. A modellt 1950 és 2300 között futtatják éves időszakokban, 16 világrégióra. A különböző modellváltozatokat több tucat publikáció mutatja be, szabadon letölthető forráskódokkal együtt (<http://www.fund-model.org/publications>).

Energia- és környezetorientált gazdasági modellezés folyik az Egyesült Államokban az *IGEM-modellhez* (Intertemporal General Equilibrium Model, intertemporális általános egyensúlyi modell) kapcsolódó kutatási programban (Jorgenson, Wilcoxon 1998). Az IGEM az Egyesült Államok többszektoros, dinamikus gazdasági modellje, melyet ökonometriai módszerekkel támogatnak a készítői. A modell segítségével a gazdasági növekedés, az energiafelhasználás és a környezetterhelés (illetve az ehhez kapcsolódó politikák) viszonyrendszerét tanulmányozzák neoklasszikus szemléletre alapozva. Az intertemporális jelleget a gazdasági szereplők előretekintő magatartása és a beruházások, illetve a tőkeállomány tekintetében a múltbeli visszacsatolások biztosítják.

Ausztriára készült az energiaszektorral kiegészített, dezaggregált makromodell, a *PROMETEUS* (Projecting and Modelling the Economy, Transport and Energy Use for Sustainability – Kratena, Wüger 2006). A modell szimulálja az energiarendszer változásainak (pl. olajársokkok) gazdasági hatásait, integráltan ábrázolja a gazdaság, az energia és az ökológia (CO<sub>2</sub>-kibocsátás) rendszereit, és vizsgálja a különböző politikai beavatkozások költségeit és hasznait. A dezaggregálás a gazdaság 31 ágazatra bontásával történik. Az eddig említett modellekhez képest eltér abban, hogy a PROMETEUS keynesi filozófiára épít (multiplikátorhatás, kiszorítási hatás).

Az OECD az 1980-as évektől kezdve foglalkozik a klímaváltozás gazdaságtanával és a klímapolitikával (OECD 2009), és keresi, hogy milyen közpolitikai beavatkozáscsomag felel meg a fenntarthatóság szempontjainak. A gazdasági elemzéshez az *ENV-Linkages* nevű modelljét használja a szervezet, amely egy neoklasszikus, rekurzív, dinamikus általános egyensúlyi modell (OECD 2010). A globális modellben a világgazdaságot 12 régióra és 25 gazdasági ágazatra bontják. A 2009-es koppenhágai klímacsúcs új lendületet adott a klímaváltozás gazdasági modellezésének, amely az OECD vizsgálataiban is megjelenik. Az ENV-Linkages segítségével számos forgatókönyvet hasonlítanak össze, értéklik az országok vállalásainak hatásait,

de a következtetésük az, hogy az eredmények nem kielégítőek (nem szorítható  $2^{\circ}\text{C}$  alá a globális hőmérséklet-emelkedés) (Dellink et al. 2010).

Más nemzetközi szervezetekhez hasonlóan a Világbank is végez kutatásokat a klímaváltozás modellezésére. Az általuk fejlesztett modellt *ENVISAGE*-nak nevezték el (Bussolo et al. 2008). Ez az intézmény *LINKAGE* nevű globális kereskedelmi modelljén alapul, amelyben az energiaszektort részletesebben kidolgozták. A modell három globális scenárióval dolgozik a 2050-ig terjedő időhorizonton: az elsőben a klímaváltozás hatása megjelenik a mezőgazdasági szektorban (ez az alap – business as usual – forgatókönyv), a másodikban nincsen ilyen hatása a klímaváltozásnak, a harmadik forgatókönyv pedig egy globális emissziós adót tartalmazó közpolitikai forgatókönyv.

1991 és 2002 között fejlesztette Chris Hope a *PAGE* (Policy Analysis of the Greenhouse Effect) integrált értékelő modellt (Hope 2006), aminek legutolsó változata a *PAGE2002*. A modell a globális átlaghőmérséklet jövőbeli emelkedését, a klímaváltozás gazdasági költségeit, a klímapolitikai intézkedések költségeit és az adaptációs intézkedések teljes hatását becsli meg. A projekció időhorizontja 2000 és 2200 között van. A modell sztochasztikus, mert a legtöbb inputváltozót nem egyetlen értéként, hanem valószínűségi eloszlásként definiálja. A Monte Carlo-szimuláció módszerét használja: 1000 alkalommal futtatja le a scenáriókat, amelyek során a bizonytalan paramétereket véletlenszerűen választja ki egy megadott tartományból. Így az eredmények is valószínűségi eloszlásként állnak rendelkezésre.

A klímaváltozás gazdasági hatásainak vizsgálatához a *Stern-jelentés* (Stern 2006) komoly hozzájárulást képvisel. A jelentést a brit pénzügyminiszter 2005-ben rendelte meg, a dokumentum a globális felmelegedés gazdasági hatásait elemzi. A többi említett gazdasági elemzés szemléletétől eltér abban, hogy a *Stern-jelentés* sokkal radikálisabban (reálisabban?) gondolkodik az éghajlatváltozás okozta károk hatásairól és azok enyhítése érdekében történő beavatkozások elodázhatatlanságáról. A gazdasági hatások tekintetében a jelentés foglalkozik az intertemporális jóléti függvény felépítésével, a diszkontálás szerepével és a jólét generációk közötti és generációkon belüli megoszlásával, de további technikai részleteket a modellezésről csak érintőlegesen közöl. A gazdasági hatások számszerűsítését a *PAGE2002*-modell segítségével mutatja be.

A klímaváltozás pénzben kifejezhető hatásival kapcsolatban a jelentés fontosabb megállapításai az alábbiak:

- 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  $\text{CO}_2$ -kibocsátás csökkentésére fordítani, ezzel későbbi akár 10-15%-os veszteségek lennének elkerülhetők.

- 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 felel 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 (pl. biztosítási költségek ingadozása).
- A globális forgatókönyvek szerint 2100 után akár 5-6°C-os hőmérséklet-növekedés is bekövetkezhet. Ez átlagosan 5-10%-kal csökkentheti a globális GDP értékét, de a szegény országokban több mint 10%-kal.
- Az 50 ppm CO<sub>2</sub>-szinten történő stabilizációhoz vezető fejlődési pályára való átálláshoz tartozó optimális kibocsátáscsökkentés 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 a kollektív intézkedésrendszer kiépítése és fenntartása, például az együttműködést szolgáló hatékony intézmények kiépítésén, a résztvevők számára 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.

A jelentésnek figyelemre méltó az utóélete, ugyanis élénk szakmai vitát váltott ki a klímagazdaságtan helyes módszertanának megválasztásáról (Arrow 2007; Mendelsohn 2008; Tol 2006; Weitzman 2007).

A technológiai fejlődésnek a klímaváltozás hatásai csökkentésében betöltött szerepére összpontosít az olaszországi Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM) kutatóintézet által létrehozott *WITCH-modell* (World Induced Technical Change Hybrid model) (Bosetti et al. 2009). Megalkotóinak szándéka szerint a modell egyrészt a klímaváltozás társadalmi-gazdasági dimenzióit vizsgálja, másrészt a különböző szakmapolitikai beavatkozások gazdasági következményeit kívánja felfedni a döntéshozók számára.

Aggregáltságot tekintve globális és világrégiós szintű modell. A 12 nagyrégió országai játékelméleti összefüggések alapján állnak egymással stratégiai kapcsolatban. A dinamikus gazdasági növekedési modellben megjelenik az energiaszektor is, ami által nyomon követhető az üvegházhatású gázok kibocsátáscsökkentését célzó politikák eszközzrendszere: pl. a K+F-kiadások, a szén-dioxid-mentes technológiákba történő beruházások, az adaptáció, a kibocsátási engedélyek vásárlása vagy a kibocsátást terhelő adók miatti kiadások, illetve a gazdasági szereplők egyensúlyi reakciói. A FEEM intézet nevéhez köthető szintén az *ICES* számítható általános egyensúlyi modell (Intertemporal Computable Equilibrium System), amelynek az alapvető célja a klímaváltozás jólétre gyakorolt hatásainak a kimutatása globális szinten (Eboli et al. 2008).

Hector Pollitt nevéhez fűződik a Cambridge Econometrics kutatóműhelyében fejlesztett *E3ME* elnevezésű globális makro-ökonometriai modell (Energy-Environment-Economy Macro-Econometric Model) (Pollitt 2014). Ennek elődje a 2007 és 2014 között fejlesztett és használt *E3MG*-modell, amely a környezeti politika és az olajársokkok makrogazdasági hatásainak az értékelését szolgálta. Ma már az *E3MG* fejlesztését integrálták az *E3ME*-modell globális változatába. Az *E3ME*-modell erősségei:

- integráltan kezeli a világgazdaságot, az energiarendszereket, a kibocsátást és az erőforrás-felhasználást,
- részletes ágazati és regionális felbontással dolgozik,
- ökonometriai módszert használ, amely stabil empirikus alapot nyújt az elemzésekhez (szemben a makromodellekkel). Nem korlátozzák a CGE-modellek szokásos megszorításai, és egyaránt képes a rövid és hosszú távú hatások kimutatására.

Energiahatékonysági kérdéseket vizsgál és 2100-ig készít éves gyakoriságú előrejelzéseket a *MIRAGE-e* nevű általános egyensúlyi (CGE) modell (Fontagné, Fouré, Ramos 2013). Az energiaszektor az energiatermelékenységen és ezen keresztül a CO<sub>2</sub>-kibocsátáson, illetve az energiafelhasználáson keresztül vezeti be a modellt. E két változót fizikai mértékegységekben mérik, szemben a legtöbb CGE-moddal, ahol változatlan áras dollárban veszik számításba. Maga a modell többszektoros, többregiós világmodellként készült el, a nemzeti szint alatti folyamatokkal nem foglalkozik.

Az energia-környezet-gazdaság-modelleknek újabb példaként említhető az európai uniós kutatási forrásokból finanszírozott, nemzetközi konzorcium által megalkotott *GEM-E3-modell* (General Equilibrium Model for Energy-Economy-Environment interactions). Ez egy alkalmazott általános egyensúlyi modell, amely két változatban készült el: egy 37 világrégiót tartalmazó globális modellként, illetve egy 24 európai országot tartalmazó európai változatban. A létrehozói CGE-megközelítést választottak, amelynek a dinamikáját a tőkefelhalmozás vezérli. Az európai uniós szintű szakmapolitikai döntéshozatal támogatására is alkalmas a modell, amelyet tényellentétes dinamikus scenáriók és egy alap- (baseline) modellfuttatás összevetésével valósít meg (<https://ec.europa.eu/jrc/en/gem-e3/model>).

### **Regionális modellek**

Kifejezetten térbeli modellnek készült a *RHOMOLO* (Brandsma et al. 2013) az Európai Bizottság kutatóműhelyében (JRC, Joint Research Centre). A név eredete a Regional Holistic Model kifejezés, amelyben a holisztikus arra utal, hogy a tisztán gazdasági hatások mellett társadalmi és környezeti hatásokat is figyelembe vesz a modell. A térbeli modell a nemzeti szint alatti régiókat tekinti az elemzés alapegységének. A környezeti hatások többféleképpen is megjelennek a modellben: egyrészt az üvegházhatású gázok kibocsátásával járó termelési módokon keresztül, másrészt a víz- és hulladékgazdálkodáson keresztül, harmadrészt pedig a háztartások jóléti függvényében megjelenik a környezet állapota.

1997-ben kezdődött, és napjainkban is tart az *ASTRA* integrált értékelő modell fejlesztése, melynek során legutóbb az *ASTRA-EC* változat készült el az Európai Bizottság megbízásából. A modell a közlekedési, környezeti és gazdaságpolitika hatásainak az elemzését tűzi ki célul egy 2050-ig tartó időhorizonton. Környezeti modulja a szennyezőanyag-kibocsátást, a  $\text{CO}_2$ -kibocsátást, az üzemanyag-fogyasztást és a bal- eseteket vizsgálja ([http://www.astra-model.eu/doc/ASSIST\\_D4-2\\_ASTRA-EC\\_Model.pdf](http://www.astra-model.eu/doc/ASSIST_D4-2_ASTRA-EC_Model.pdf)). Fontos jellemzője a modellnek, hogy háromféle térbeli szintet használ: az országos szint minden modulban megjelenik, a NUTS<sub>1</sub> szint a közlekedési modulban van benne, míg a NUTS<sub>2</sub> szint a népesség és a közlekedés moduljaiban.

A regionális modellezés megjelenik a Cambridge Econometrics gyakorlatában is. Az energia-gazdaságtannal foglalkozó kutatóműhely három aggregálási szinten foglalkozik az energiaszektor modellezésével: az Egyesült Királyság szintjén (MDM-E3, REEIO), összeurópai szinten (E3ME-modell) és globális szinten (E3MG, E3ME). A regionális politika eszközeinek környezeti-gazdasági szempontú vizsgálatát szolgálja *REEIO-modelljük*, amely egy régió gazdaságának és környezeti problémáinak a kapcsolatát tanulmányozza. Éves szinten készít részletes hosszú távú előrejelzéseket számos gazdasági mutató, a hulladékgazdálkodás, az energiaigény, a légszennyezés ( $\text{CO}_2$ ) és a vízfelhasználás területein.

### **Eddigi eredmények, kitekintéssel 2050-re**

A gazdasági modellek, elsősorban a költség-haszon elemzések a klímaváltozást az üvegházhatású gázok kibocsátáscsökkentésének a költségével ragadják meg, de megjelenik az energiafelhasználás is a változók között. A modelleknél visszatérő elem, hogy kétféle jövőbeli forgatókönyv alapján készítenek előrejelzéseket. Az egyik a gazdasági szereplők változatlan magatartására alapozó (business-as-usual) forgatókönyv, amely nem tesz lépéseket a klímaváltozás hatásainak csökkentésére. Ezt a forgatókönyvet összehasonlítási alapnak tekintik, és szembeállítják egy vagy több, különböző klímapolitikai beavatkozásokat tartalmazó forgatókönyvekkel.

A klímaváltozás GDP-re gyakorolt hatásairól először az IPCC 1996-os második értékelő jelentése közölt becsléseket. A modellek  $2,5^\circ\text{C}$ -os átlagos hőmérséklet-emelkedéssel, és ennek következtében  $1,5$ - $2\%$ -os költséggel számoltak globálisan (a fejlett



országokban a GDP 1-1,5%-a, a fejletlen országokban a GDP 2-9%-a) (Stern 2006). A későbbi modellek közül a Stern-jelentés három fontosat emel ki: Mendelsohn modellje, amely 4°C-os hőmérséklet-emelkedésig nem mutat ki érdemi károkat a fejlett gazdaságokban (Mendelsohn et al. 1998). A második Tol modellje (Tol 2002), amelyik globálisan csak 1°C-nál nagyobb átlaghőmérséklet-emelkedés esetén mutat ki gazdasági károkat, a GDP 0,5-2%-ának mértékéig (a fejletlenebb országokban nyilván vannak károk ez alatt is). A harmadik Nordhaus modellje (Nordhaus, Boyer 2000), amely számszerűen 6°C-os hőmérséklet-emelkedés esetén 9-11%-os globális GDP-csökkenést jelez előre.

### **Következtetések**

A szakirodalomban a klímaváltozás gazdasági hatásait különbözőképpen értékelik a fejlett és a fejletlen gazdaságok esetében. A klímaváltozás okozta károk jellemzően a fejletlen gazdaságokat érintik súlyosabban az egyoldalú gazdasági szerkezet, a mezőgazdaságtól való függés, az alacsony szintű technológiai fejlettség és a gyenge adaptációs képesség miatt. A szakirodalomban egyelőre vita van arról, hogy mennyire tekinthető relevánsnak a klímaváltozás hatása egy fejlett országban. Ha a legalapvetőbb mutatót, a bruttó hazai összterméket nézzük, akkor a klímaváltozás néhány évtizedes horizonton előrejelzett hatásainak a becslései igen tág határok között mozognak. A leggyakoribb megállapítás az, hogy a felmelegedés 2-3°C-os mértékéig a globális hatások pozitívak és negatívak is lehetnek (a fejletlen gazdaságok számára már kismértékű melegedés is káros), de e mérték felett már minden ország számára fogyasztáskieséssel jár. A jövőbeli károk mértékére és a szakmapolitikai beavatkozások sürgető voltára adott, jelentősen eltérő becslési eredmények elméleti háttérében (leegyszerűsítve) az áll, hogy a modellek eltérő módon becsülnék meg bizonyos kulcsparamétereket, nevezetesen a diszkontrátát és a határhaszon fogyasztás szerint vett rugalmasságát (Hampicke 2011).

Számos tanulmányban megjegyzik, hogy a modellek segítségével reálisan konkrét előrejelzésre nem, csak szcenáriók elemzésére, projekciókra lehet vállalkozni.

A szerzők, irányzatok között vannak olyanok, akik inkább negligens optimizmussal kezelik a klímaváltozás (fejlett) gazdaságokra gyakorolt hatásait, míg mások reálisabban szemlélik a problémát. Nicholas Stern (2013) számtalanszor figyelmezteti a szakmai közvéleményt, hogy a jelenleg népszerű integrált értékelő modellek elkerülhetetlen egyszerűsítéseik miatt valószínűleg jelentősen alábecsülik a klímaváltozás okozta károkat.

## Irodalom

- Abaza, H., Baranzini, A. (eds.) (2002): *Implementing Sustainable Development – Integrated Assessment and Participatory Decision-making Processes*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham
- Abrahamson, D. E. (2015): On economics and climatic change. Book Review. *Ecological Economics*, 114., 243–244.
- Arrow, K. J. (2007): *Global climate change: a challenge to policy*. Economist's voice, pp. 1–5. [www.bepress.com/ev](http://www.bepress.com/ev) (Letöltés: 2015. november 29.)
- Bosetti, V., Carraro, C., Duval, R., Sgobbi, A., Tavoni, M. (2009): *The role of R&D and technology diffusion in climate change mitigation: New perspectives using the Witch model*. Economic Department Working Papers, 664.
- Brandsma, A., Kancs, A., Monfort, P., Rillaers, A. (2013): *RHOMOLO – A Dynamic Spatial General Equilibrium Model for Assessing the Impact of Cohesion Policy*. DG REGIO Working Paper, 01/2013.
- Bussolo, M., Hoyas, de R., Medvedev, D., van der Mensbrugge, D. (2008): *Global Climate Change and its Distributional Impacts*. Paper presented to Eleventh Annual Conference on Global Economic Analysis, Helsinki, June. <https://gtap.agecon.purdue.edu> (Letöltés: 2015. november 29.)
- Dellink, R., Briner, G., Clapp, C. (2010): *Costs, Revenues and Effectiveness of the Copenhagen Accord: Emission Pledges for 2020*. OECD Environment Working Papers, 22.
- Eboli, F., Parrado, R., Roson, R. (2008): *Climate Change Feedback on Economic Growth: Explorations with a Dynamic General Equilibrium Model*. Paper presented to Eleventh Annual Conference on Global Economic Analysis, Helsinki, June. <https://gtap.agecon.purdue.edu> (Letöltés: 2015. november 29.)
- Fontagné, L., Fouré, J., Ramos, M.P. (2013): *MIRAGE-e: A General Equilibrium Long-term Path of the World Economy*. CEPII Working Paper, 2013-39.
- Hampicke, U. (2011): Climate change economics and discounted utilitarianism. *Ecological Economics*, 72., 45–52.
- Hope, C. (2006): The Marginal Impact of CO<sub>2</sub> from PAGE 2002. *Integrated Assessment Journal*, 1., 9–56.
- Jorgenson, D.W., Wilcoxon, P.J. (1998): Environmental regulation and US economic growth. In: Jorgenson, D. W. (Ed.), *Energy, the Environment, and Economic Growth*. MIT Press, Cambridge
- Kratena, K., Wüger, M. (2006): PROMETEUS: A Multisectoral Macroeconomic Model of the Austrian Economy. *WIFO-Monatsberichte*, 3., 187–205.
- Manne, A., Mendelsohn, R., Richels, R. (1995): MERGE: A model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies. *Energy Policy*, 1., 17–34.
- Mendelsohn, R. (2008): Is the Stern Review an economic analysis? *Review of Environmental Economics and Policy*, 2., 45–60.
- Mendelsohn, R. O., Morrison, W. N., Schlesinger, M. E., Andronova, N. G. (1998): Country-specific market impacts of climate change. *Climatic Change*, 3–4., 553–569.
- Nordhaus, W. (1992): *The 'Dice' Model: Background and Structure of a Dynamic Integrated Climate-Economy Model of the Economics of Global Warming*. Cowles Foundation Discussion Paper, 1009.

- Nordhaus, W. (2013a): *The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World*. Yale University Press, New Haven
- Nordhaus, W. (2013b): *DICE 2013R: Introduction and User's Manual*, Second Edition.
- Nordhaus, W., Boyer, J. G. (2000): *Warming the World: the Economics of the Greenhouse Effect*. MIT Press, Cambridge
- Nordhaus, W. D., Popp, D. (1997): What is the value of scientific knowledge? An application to global warming using the PRICE model. *The Energy Journal*, 1., 1–45.
- OECD (2009): *The Economics of Climate Change Mitigation: Policies and Options for Global Action Beyond 2012*. OECD, Paris
- OECD (2010): *Background Report: An Overview of the OECD ENV-Linkages model. Background report to the joint report by IEA, OPEC, OECD and World Bank on "Analysis of the Scope of Energy Subsidies and Suggestions for the G-20 Initiative"*. <http://www.oecd.org/env/45334643.pdf> (Letöltés: 2015. november 29.)
- Peck, S. C., Teisberg, T. J. (1992): CETA: A Model for Carbon Emissions Trajectory Assessment. *The Energy Journal*, 1., 55–78.
- Pollitt, H. (2014): *E3ME – Technical Manual*. Version 6.0. Cambridge Econometrics, Cambridge
- Pollitt, H., Billington, S. (2015): *The use of discount rates in policy modelling*. Cambridge Econometrics, Cambridge [http://www.camecon.com/Libraries/Downloadable\\_Files/The\\_use\\_of\\_Discount\\_Rates\\_in\\_Policy\\_Modelling.sflb.ashx](http://www.camecon.com/Libraries/Downloadable_Files/The_use_of_Discount_Rates_in_Policy_Modelling.sflb.ashx) (Letöltés: 2015. november 29.)
- Roques, F., Sassi, O., Guivarch, C., Waisman, H., Crassous, R., Hourcade, J. C. (2009): *Integrated Modelling of Economic-Energy-Environment Scenarios, The Impact of China's and India's Economic Growth on Energy Use and CO2 Emissions*. CIRED Working Papers, 15-2009.
- Stern, N. (2006): *Stern Review on the Economics of Climate Change*. HM Treasury, London
- Stern, N. (2013): [http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmlclima/pdfs/destaques/sternreview\\_report\\_complete.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmlclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf) (Letöltés: 2015. november 29.)
- Tol, R. S. J. (2002): Estimates of the damage costs of climate change – part II: dynamic estimates. *Environmental and Resource Economics*, 2., 135–160.
- Tol, R. S. J. (2006): The Stern Review of the economics of climate change: a comment. *Energy and Environment*, 6., 977–981.
- Weitzman, M. L. (2007): A Review of the Stern Review on the economics of climate change. *Journal of Economic Literature*, 3., 703–724.
- Weyant, J., Davidson, O., Dowlatabadi, H., Edmonds, J., Grubb, M., Parson, E. A., Richels, R., Rotmans, J., Shukla, P. R., Tol, R. S. J., Cline, W. R., Fankhauser, S. (1996): Integrated assessment of climate change: an overview and comparison of approaches and results. In: Bruce, J. P., Lee, H., Haites, E. F. (eds.): *Climate Change 1995. Economic and Social Dimensions-Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge



**MAGYARORSZÁG TÁRSADALMI-  
GAZDASÁGI FEJLŐDÉSE –  
MODELLEZÉSI KÍSÉRLETEK  
A TERÜLETI KUTATÁSOK SZÁMÁRA**



# Járási népesség-előreszámítás 2051-ig

*Tagai Gergely*

## **Bevezetés**

A társadalmi és gazdasági jelenségek gyakorlati kutatásában a vizsgálati fókusz általában egy adott problémakör vagy helyzetkép jelenlegi viszonyrendszereinek feltárásán van. Ezt sokszor kiegészítik olyan megalapozó vizsgálatok, amelyek múltbéli folyamatok értékelésével járulnak hozzá a kialakult állapotok megértéséhez. A korábbi tendenciák a fennálló viszonyok okainak magyarázatában is szerepet kapnak, azonosítva az adott helyzet kialakulásához vezető összefüggéseket. Egy bizonyos időben és helyen jelentkező társadalmi vagy gazdasági problémák és hiányosságok feltárása, az ezekkel összefüggő okok megértése fontos eleme annak, hogy a jövőben várható folyamatokról releváns megállapításokat tegyünk. Tervezési szemszögből erre a kutatói folyamatra alapozva alakítható ki egy körülhatárolt jövőkép, és határozhatók meg azok a stratégiai lépések, amelyek az ehhez vezető célok elérését szolgálják.

Némileg más a kiindulópontja azoknak a vizsgálatoknak, amelyek korábbi társadalmi-gazdasági trendek elemzésével és a fennálló helyzet egy lehetséges interpretációja alapján vetítenek előre a jövőben valószínűsíthető, adott körülmények együttállása során kialakuló forgatókönyveket. Ez visszacsatolást jelent a jelenlegi folyamatok és állapotok értékelése felé is, hiszen illusztrálja, hogy milyen következményekkel járhat egy-egy jövőbeli fejlődési pálya megvalósulása. Ilyen alkalmazások egy adott térség (ország) lakosságának demográfiai jövőképét felvázoló népesség-előreszámítások is. Ezek a népesedési jellemzőkre vonatkozó feltételezések megismertetésén túl szélesebb társadalmi problémakörök vizsgálatát is lehetővé teszik, hiszen a jövőben várható társadalmi és gazdasági folyamatok demográfiai hátterét is előrevetítik. A népesedési folyamatokkal, a lakosság összetételével és területi jellemzőivel kapcsolatos feltételezések így hozzájárulhatnak azoknak a hipotéziseknek a megalapozásához, amelyek egy bizonyos jövőbeli problémarendszer (például előregedés, klímaváltozás, gazdasági fenntarthatóság) társadalmi hatásait próbálják felvázolni.

A tanulmányban bemutatott népesség-előreszámítási modell kísérletet tesz Magyarország népességének előrevetítésére a 21. század közepéig. Ennek során az országot érintő hosszú távú demográfiai tendenciák és a jelenkori népesedési helyzetkép

alapján olyan forgatókönyveket alakítottunk ki, amelyek változatos szempontokból teszik lehetővé a népesség jövőben valószínűsíthető struktúrájának és népmozgalmi folyamatainak értékelését. Az előreszámítási modell egyik legfontosabb eleme, hogy az ország egészére vonatkozó jövőképet területi szinten is értelmezi, járási szinten feltárva a demográfiai tényezők országon belüli egyenlőtlenségeit és a népesedési folyamatok várható alakulásának területi eltéréseit.

### **A népesség-előreszámítás lehetséges módszereinek áttekintése**

A népesség-előreszámítások évszázados története során számos különböző megközelítés és eljárás alakult ki. A népességszám-prognózisok matematikai-statisztikai módszerei mellett ismertek olyan (szubjektív) eljárások, amelyek különböző analógiákra, általános benyomásokra vagy személyes tapasztalatokra alapozva tesznek kísérletet a népességszám jövőbeli előrebecslésére (Smith et al. 2013). Ezek azonban rendszerint nem megismételhető, visszakövethető prognózisok, mivel az előreszámítás módszere nem egzakt módon meghatározott.

A matematikai-statisztikai alapú népesség-előreszámítási módszerek a számítások során alkalmazott eljárások alapján általában négy csoportba sorolhatók (O'Neill et al. 2001; Smith et al. 2013 rendszerezése alapján).

#### *Múltbéli tendenciák kivetítése a jövőbe különböző extrapolációs eljárásokkal*

Az extrapolációs módszerek alapja, hogy a jövőre vonatkozó hipotézisek nélkül, kizárólag a múltbéli népességváltozások továbbvezetésével határozzák meg a népességprognózist, feltételezve, hogy a jövőbeli népességszám követi a korábbi trendeket vagy levezethető a korábbi tendenciákból. Az egyszerűbb extrapolációs modellek két időpont figyelembevételével, egyszerű matematikai összefüggések segítségével (pl. lineáris, mértani vagy exponenciális extrapoláció) vetítik előre a várható népességszámot. Az összetett alkalmazások pedig több megfigyelési egység (időpont) adatai alapján készítenek különböző paraméterekkel kiegészített népességi prognózisokat. Az extrapolációs módszerek korlátja, hogy a múltbéli tendenciák kivetítésével készült népesség-előreszámítások megbízhatósága hosszú távú előrejelzések esetében csökken (tág konfidencia-intervallum). Ezen kívül az extrapolációs eljárások elsősorban egy adott vizsgálati egység teljes népességének megadására alkalmasak leginkább, különböző népességi csoportok (nemek, korcsoportok stb.) szerinti felbontásra kevésbé. Mindezzel együtt a szimulációs eljárások számítástechnikai háttérének fejlődésével e módszerek pontossága növekszik, így egyre nagyobb teret kapnak a jelenleg alkalmazott népesség-előreszámítási modellek között.

#### *Strukturális modellek*

A strukturális népesség-előreszámítási modellekben a különböző demográfiai komponensek és a társadalmi, gazdasági, illetve egyéb (pl. technológiai) tényezők közötti oksági kapcsolatok kerülnek középpontba. Az ilyen modellekben az utóbbi



faktorok jövőbeli alakulására következtetve és a népesedési tényezőkre való hatásokat ismerve/feltételezve lehet megbecsülni a népességszám változásának várható trendjeit (pl. a munkahelyek számának várható emelkedése vonzó munkaerő-piaci környezetet hoz létre, amely növekvő bevándorlást eredményez – Smith et al. 2013). A strukturális alkalmazásokhoz kapcsolódó modellezési eljárások végrehajthatók többféle, egyszerűbb és bonyolultabb matematikai-statisztikai műveletekkel. Az egyes modelltípusok inkább a mentén különböztethetők meg, hogy mi a demográfiai tényezők mellé (magyarázó elemként) helyezett rendszer. Ebből a szempontból a legelterjedtebbek a demográfiai-gazdasági (gazdasági tevékenység, munkaerőpiac) és a városi rendszerekre fókuszáló (lakhatás, területhasználat, közlekedési hálózatok) strukturális népesség-előreszámítási modellek. E modelltípusokkal kapcsolatban általánosságban elismerik a népességi prognózisokba épített társadalmi és gazdasági tényezők hatásának fontosságát, mégis gyakori kritika éri őket amiatt, hogy a feltételezett oksági kapcsolatokat nem megfelelően számszerűsítik, illetve hogy olyan jövőre vonatkozó hipotézisekre támaszkodnak, amelyek még az egyszerű népességi előreszámításoknál is bizonytalanabbak.

#### *Mikroszimulációk*

A mikroszimulációs eljárások esetében nem egy adott népességtömeg demográfiai jellemzőire adott prognózis képezi a modell alapját. Figyelembe véve, hogy a népesség népmozgalmi jellemzői mögött egyéni helyzetek és döntések állnak, az ilyen eljárások esetében az egyéni élethelyzeteket modellezik. A népesedési jellemzőket befolyásoló értékválasztások, viselkedési mintázatok és tendenciák alapján kirajzolódó életutak természetesen nem adhatók meg a népesség egészére. Így ezek a modellek általában különböző népességi mintákra készülnek el, amelyek ha reprezentatívak az össznépeségre vonatkozóan, akkor felskálázhatók magasabb szintekre, ezzel adva teljes képet a népesség várható (és aggregált) népmozgalmi magatartásáról. A mikroszimulációk előnye, hogy egyénre szabott jellegük miatt kis léptékű (pl. háztartási) előrebecslésekre is alkalmasak. Ezen kívül ezek a módszerek jól kezelik több tényezőcsoport együttes modellbeépítését, ami más matematikai-statisztikai módszerek esetében a kezelhetőség szempontjából okozhat problémákat – pl. exponenciálisan növekvő szimulációs kombinációk (kor, nem, különböző társadalmi csoportok szerinti beosztás) esetében. A módszer hátránya viszont, hogy ha nem vagy csak hiányosan ismertek a mintába választott egyének életeseeményei, akkor a szimuláció nem valósítható meg.

#### *Kohorszkomponens-módszer*

A kohorszkomponens-módszer alkalmazása során a népességváltozás alapvető tényezőit korszecifikus jellemzők szerint vizsgálják, és ennek segítségével történik meg a népességszám továbbvezetése. Az alkalmazás előnye, hogy nemcsak egy aggregált népességszám továbbvezetését végzi, hanem számos tényezőcsoportból

építi fel a teljes népességet, így egyszerre szolgáltat adatokat a korcsoportokra, nemekre bontott, illetve egyéb társadalmi jellemzők alapján besorolt népesség számának jövőbeli alakulásáról. Ez egyben az alkalmazás pontosságát is növeli, mivel ha részletesebb bontásban állnak rendelkezésre a népesség nagyságára és összetételére vonatkozó információk, és ha ezek változásának tényezői is ismertek vagy előrebecsülhetők az adott területi szinten, akkor az előrevetített népességszám is jobb közelítéssel adható meg. Mindez azonban a modell kezelhetőségét is megnehezíti, hiszen minden egyes tényezőcsoport bevonása növeli a végigkövetendő kombinációk számát. Ezzel együtt a kohorszkomponens-módszer számítási módja egyszerű, és könnyen reprodukálható. Adatigénye sem nagy, a legtöbb modellalkalmazás alapvető népmozgalmi adatok becslésével működtethető. Összességében elmondható, hogy a kohorszkomponens-módszer a népesség-előreszámítások leginkább elfogadott és legszélesebb körben használt eljárása.

Az előbbi felsorolásban szereplő népesség-előreszámítási változatok nem jelentenek egymást kizáró választási lehetőséget egy-egy népességi prognózis előkészítése során. Múltbéli népesedési tendenciák előrevetítése szerepet kaphat a kohorszkomponens-alkalmazások hipotéziseinek felállításánál is, illetve ez a modelltípus használható különböző társadalmi és gazdasági összetevőket a népesség-változás tényezőinek megállapításához.

### **A kohorszkomponens-módszer bemutatása**

A kohorszkomponens-módszer alkalmazása több mint száz éves múltra nyúlik vissza a társadalmi kutatásokban (Cannan 1895). A 20. század első felében azonban csak kísérleti jelleggel tűntek fel ezt a módszert használó népesség-előreszámítási modellek. Az alkalmazás elterjedése az évszázad második felétől kezdődött, amikor az ENSZ és később más nemzetközi szervezetek rendszeres globális és országokra bontott népességprognózisokkal jelentkeztek, amelyek alapja a kohorszkomponens-módszer volt (Földházi 2012).

A kohorszkomponens- vagy más néven alkotóelem-módszer a népességváltozás tényezőinek (komponensek) korszpecifikus (kor szerinti népességi kohorszok) előreszámításával végzi el a népességszám prognózisát. A modellben a kiindulási népességet a születések, halálozások és vándorlások száma és ezek mértékének jövőbeli változása módosítja az előreszámítási perióduson belül. Fontos, hogy az egyes népmozgalmi tényezőkre vonatkozó adatok korévenként vagy adott korcsoport szerinti bontásban legyenek megadva, hiszen csak ennek segítségével vezethető tovább az alapnépesség száma. Adatigénye szempontjából e modell megítélése kettős. Egyrészt a módszer alkalmazása szempontjából kedvező, hogy csak kevés tényezőt szükséges számba venni, ugyanakkor bizonyos szempontból korlátot jelenthet, hogy szükséges ismerni az egyes népesedési faktorok kor szerinti megoszlását is.

A népességszám továbbvezetésének modelljében az új belépők számát/arányát a születések határozzák meg (születések száma, aránya vagy korszpecifikus, illetve

teljes termékenységi arányszám). Egy adott népességi kohorszban lévő népesség demográfiai életútját pedig a halálozási/túlélési valószínűségek jelölik ki (halálozások száma, halálozási ráta, túlélési valószínűség vagy adott korban várható élettartam). Mindezt a korszecifikus vándorlási jellemzők is módosítják (odavándorlások, elvándorlások száma, vándorlási egyenleg). Így egy olyan lépcsőzetes szerkezetű modell alakul ki, amelyben az (aktuális) kiindulási népességszám minden lépésben (évről évre vagy bizonyos időszakonként, pl. 5 évenként) módosul az újonnan született, elhalálozó, továbbélő, oda- vagy elvándorolt népesség számával (arányával), valamennyi korcsoportban. Így lépésenként meghatározható az előrevetített népességszám egészen az előreszámítási időszak végéig.

A népességváltózási tényezők jövőbeli lefutásának meghatározásához szükséges bizonyos előre megadott hipotézisekkel élni. A jövőre vonatkozó feltételezések számos forrásból és módszerrel vezethetők le. Alapvető, hogy a hipotézisek meghatározásában jelentős szerepe van a múltbeli folyamatok értékelésének. Hosszú távú idősorok elemzésével kirajzolódnak azok a tendenciák, amelyek a jövőbeli népességváltózásoknak is mozgatórugói lehetnek. Ezek alapján dönthető el, hogy hosszabb ideje érvényben lévő trendek folytatódása várható-e a jövőben is, vagy bizonyos töréspontok tartós, más irányultságú változásokat indítanak el, esetleg megfigyelhető ciklikus jelenségek, amelyek ismétlődő bekövetkezése az előrevetített időszakon belül is várható. Ezen hipotézisek meghatározásához különböző matematikai-statisztikai extrapolációs eljárások járulhatnak hozzá, de sok esetben alkalmazható a modellezett terület demográfiai folyamatainak összevetése más térségekkel, ahol az előbbi esetében formálódó népesedési változások esetleg már bekövetkeztek.

A népességváltózási tényezők előrevetítésének ilyen szempontú megadása mellett a prognózisokat készítőik gyakran támaszkodnak szakértői véleményekre, és egy-egy esetben mérlegelni szükséges az esetlegesen megvalósuló szakpolitikai beavatkozások várható hatását is (pl. születésösztönzés). A hipotézisek kialakításának kereteit bizonyos kívánatos népesedési változások (pl. a népességszám megtartása) bekövetkezését elősegítő folyamatok azonosítása is vezérelheti.

A modellkomponensek (születések, halálozások, vándorlások) minden elem esetében külön-külön meghatározott hipotézisei és az ezek alapján lefuttatott szimulációk egy-egy előreszámítási modellben összetett rendszert alkotnak, amelyet szükséges leszűkíteni azokra a forgatókönyvekre, amelyek a prognózis tényleges végeredményét adják. A népesség-előreszámításokban általában három feltevést szoktak megadni. A közepes vagy alapváltozat azokat a hipotéziseket tartalmazza, amelyek a népesség jövőbeli változása szempontjából legvalószínűbb folyamatok bekövetkezését prognosztizálják (Földházi 2012). Emellett rendszerint meghatároznak egy alacsony és egy magas változatot is, amelyek az alapváltozatnál kedvezőbb vagy kedvezőtlenebb scenáriók lefutásával számolnak. Ezek az adott előreszámítási időszakban a népességváltózás határait jelölik ki.

### **A népesség-előreszámítások során használt adatok köre**

A népesség-előreszámítási modellek adatigénye az alkalmazott módszerek szerint igen változatos lehet. A népesség múltbeli jellemzőinek előrevetítésével számoló trend-extrapolációs eljárások kulcsváltozója maga a népességszám, illetve ennek időszora. A népességszám előrevetítését végző extrapolációk megalapozásához természetesen további demográfiai tényezők is figyelembe vehetők. Ezek elsősorban egyéb népmozgalmi mutatók lehetnek, úgymint termékenységi arányszámok, várhatóélettartam-adatok, halálzási információk (O'Neill et al. 2001).

A mikroszimulációs és strukturális modellek az alapvető népesedési jellemzők mellett bővebb információs bázist használhatnak a népességszám előreszámításában. A mikroszimulációkban az egyszerű népmozgalmi jellemzők mellett olyan élet-események is a modellszámítás bemeneti adatbázisát gazdagítják, mint a házasságok, válások, gyerekszületés, (felnőtt korúvá vált) gyerekek elköltözése. A családi állapot megváltozásának információi mellett egyéb, a háztartási összetételre vonatkozó adatok (háztartások mérete, tagjai, háztartásokon belüli kapcsolatrendszerek) is kiegészíthetik a kisebb népességi mintákra elvégzett – és a teljes népességre átskálázott – szimulációt.

A népesség-előreszámításban a legtágabb adatkörökkel általában a strukturális modellek dolgoznak. A strukturális modelleken alapuló prognózisok koncentrálnak a népesség egészére, de a népességváltozás egyes tényezőire is, az ezek változásának trendjeit alakító társadalmi és gazdasági struktúrák feltérképezése során. Így a népességváltozás jövőbeli forgatókönyveinek meghatározásához segítséget nyújthatnak olyan adatok, mint például foglalkoztatási és aktivitási arányszámok, a bérszínvonal különbségei, jövedelmi és termelési mutatók, lakhatási költségek jelzőszámai, közlekedési mintázatok adatsorai, területhasználati jellemzők (Smith et al. 2013).

### **A kohorszkomponens-módszer adatigénye**

A különböző komplexitású és különböző eljárással végzett kohorszkomponens-modellek többféle módon előállított adatokkal dolgozhatnak. Ezen adattípusok közös jellemzője, hogy tartalmuk leszűkíthető a népességszámra, illetve a népességváltozás alapvető tényezőire (születési, halálzási, vándorlási elemek).

A kohorszkomponens-modellek kiinduló népességi adatainak elsődleges forrása a népszámlálási adatbázisok és a népszámlálási évek között továbbvezetett népességszám-adatsorok. Népességi adatként általában a lakónépességet szokták figyelembe venni, népszámlálási eszmei időpontokban, illetve évközepi népességszám formájában. A népszámlálási adatok azért kifejezetten alkalmasak népesség-előreszámítási alkalmazások adatigényének kielégítésére, mivel kellő részletességgel írják le a népesség demográfiai alapjellemeit, kor és nemek szerinti bontásban is. A kohorszkomponens-modellek népességadatai általában ötéves korcsoportos bontásban kerülnek a modellbe, előfordulhat azonban, hogy a népesség továbbve-

zetése koréves bontásban, évről évre történik. Ez pontosabb feltételeket biztosít a prognózishoz, az ezzel kapcsolatos adatigény azonban nehezebben elégíthető ki, hiszen a népességváltozási tényezőknek is hasonló bontásban kell rendelkezésre állni az előreszámításhoz. A népesség kor szerinti felbontása „felülről” majdnem minden esetben nyitott, mert az idősebb korcsoportok adatait bizonyos kohorszok után (általában 80–85–90 év felett) általában összevonva számítják.

A kohorszkomponens-modellek születéssel kapcsolatos adatai több formában beépülhetnek a népesség-előreszámítási alkalmazásokba. A legalapvetőbb eset az, amikor az abszolút születési számok alapján módosul a továbbvezetett népességszám. Ezen kívül jellemzően a termékenységi arányszámok (a születési esetszámok és a női népesség számának hányadosai) kerülnek a kohorszkomponens-modellekbe. A korszpecifikus termékenység meghatározható évenként, a szülőképes korú nők (általában 10–49 év közötti női népesség) korévekre lebontott kohorszáihoz rendelt, de ötéves korcsoportos bontásban is. A korszpecifikus termékenységi ráták összege a teljes termékenységi arányszám, amely a termékenységi jellemzők egyik fontos mutatója, és bizonyos előreszámítási alkalmazásokban önálló bemeneti adatként is szerepelhet. A születési adatok forrása lehet szintén maga a népszámlálás, de évenkénti frissítésű adatbázisok is tartalmazhatnak ilyen elemeket.

A halandóság mint népességváltozási tényező számos mutatószám alapján megragadható, és beépíthető kohorszkomponens-alapú népességi előreszámításokba. Ennek legegyszerűbb formáját a halálozási esetszámok közvetlen modellbe csatornázása jelenti. Ezen túlmenően halálozási ráták is megjelenhetnek a népességváltozás modellezett tényezőiként. Leggyakrabban a halandósági tábla kimeneti adatait, az adott korban (elsősorban születéskor) várható élettartamot és a túlélési rátát építik be a kohorszkomponens-modellekbe és módosítja a továbbvezetett népességszámot az adott időszakban elhunytak/túlélők jellemzői szerint. Természetesen a halandósági adatoknak is igazodniuk kell a modell felépítése által meghatározott nemek szerinti és korcsoportos bontáshoz. Halandósági adatok elérhetőek tematikus népmozgalmi statisztikákból és népszámlálási adatbázisokból is. A halandósági táblákat a statisztikai adatforrások általában nem teljes körűen közlik, ennek mutatószámait külön ki kell számolni (a később ismertetett formulák alapján).

A népességváltozás harmadik tényezője a vándorlás. Egy migrációs adatokat is tartalmazó kohorszkomponens-modellbe ezt a faktort be lehet építeni akár külön el- és odavándorlási esetszámok, akár vándorlási egyenleg formájában. Olyan alkalmazás is ismert – mint például a járási modellezés során is alkalmazott kohorszkomponens-modell –, amely nem abszolút adat formájában számol a vándorlási tényezővel, hanem a népességszám százalékában, ezrelékében kifejezve. Ezekben az esetekben is alapfeltétel, hogy a népesezési jellemzők részletes vizsgálatához a migrációs tényező kor (és nemek) szerinti megoszlásának ismerete szükséges. A vándorlási adatok a többi népmozgalmi jellemzőhöz hasonlóan többféle forrásból is elérhetőek.

### **A járási népesség-előreszámítási modellezés során alkalmazott módszer**

A népességszám járási szintű területi előrevetítéséhez olyan modellalkalmazás kidolgozása vagy felkutatása volt a cél, amelynek adatigénye könnyen kielégíthető, tudja kezelni a százas nagyságrendű modellezési egységek (járások) együttes szimulációját, modellezési folyamata átlátható, és igény szerint többször megismételhető a különböző hipotézisek lefuttatásához. Jelenleg is szabadon elérhető több olyan szoftveres alkalmazás, amely kohorszkomponens-módszer segítségével modellezi a népesség előreszámítását. Az áttekintett lehetőségek közül számos programcsomagot teszteltünk (a Spectrum Policy Modelling System DemProj modulja; a Demographic Analysis and Population Projection System – DAPPS – szoftvercsomagja; a Population Analysis System – PAS – Excel-alapú modellező rendszere), ezek az alkalmazások azonban nem feleltek meg a kiválasztandó modellező rendszerrel szemben támasztott elvárásoknak. Egyes esetekben a betöltendő adatok előállíthatósága vált kérdésessé, más tesztek során a modell stabil lefuttatása nem valósult meg. Egyik program sem tudta kezelni a területekre lebontott prognózisok együttes szimulációját, amelyek egyenkénti lefuttatása rendkívül időigényes és nehezen ismételhető lett volna.

A választás így a Floridai Állami Egyetem demográfusprofesszora, Timothy Chapin által fejlesztett Excel-táblán alapuló alkalmazásra esett. Az ebben felállított kohorszkomponens-modell etnikai adatok alapján bontotta a modellezendő népességet csoportokra, és ezek szimultán prognózisát futtatta le. Belátható azonban, hogy a valamely szempontból társadalmi csoportokra felbontott népességtömeg analóg módon helyettesíthető meghatározott számú területegységgel is, így a módszer kiterjeszhető tucatnyi megyére vagy több mint száz járásra is (jelen esetben 175 járás + Budapest). A járási szintre való „átprogramozás” után egy olyan modellalkalmazás jött létre, amely csupán a bemeneti adatok és az ezekre vonatkozó hipotézisek megváltoztatásával képes gyorsan újraszámolni a magyarországi járássok szintjén szimultán elvégzett népesség-előreszámításokat.

Mindemellett a modell adatigénye is könnyen kielégíthető nyilvános statisztikai forrásokból származó információkkal. Az alkalmazásba belépő adatok és a modell felépítésének általános jellemzője, hogy a női és férfi népességet ötéves korcsoportos bontásban külön veszi számba, és a lefuttatott prognózisok is külön kezelik ezeket a népességi csoportokat (kohorszokat). Ebből adódik, hogy mind a bemeneti adatok, mind az előreszámítások ötéves ciklusokat követnek. Az alkalmazás egy-egy ciklusban az ötéves korcsoportok életútját szimulálja, és azt számolja ki, hogy az egyes korcsoportokba tartozó népesség milyen arányban kerül be a következő ötéves korcsoportba. A népesség-előreszámítási modell esetében ez – a 2011-es népszámlálás szerinti állapotból kiindulva – 2051-ig a népesség számának öt-tíz évenkénti továbbvezetését tette lehetővé.

Az Excel-alapú járási kohorszkomponens-alkalmazás háromfajta bemeneti adatra épül. Nemek és ötéves korcsoportok szerinti bontásban épült be a modellbe a járási népességszám az előreszámítás kiindulási évére (2011) és egy megelőző,

kétperiódusos referencia-időszak kezdőéveire (2001, 2006). A születési információk korszecifikus termékenységi ráták formájában léptek a modellbe. Az egyes előrevelt öt éves időszakokat megélő népesség számát és korcsoportos megoszlásának jellemzőit a modellbe táplált túlélési ráták határozzák meg. A referencia-időszakra és a kiindulási évre megadott információk mellett a jövőre vonatkozó hipotéziseket is megállapítottunk. Az ország egészére vonatkozó jövőbeli adatokat a területi modellezés kivitelezése érdekében a jelenlegi járási eloszlások szerint arányosítottuk, feltételezve, hogy az országot jellemző termékenység és halandóság területi különbségei a jövőben is hasonlóak maradnak.

Az Excel-alapú modellben a népességváltozás vándorlási tényezője nem bemeneti adatként szerepel, hanem maga az alkalmazás számolja ki. Ennek alapja egy külön szimuláció, amely a referencia-időszakra érvényes (a jelenlegi modellben 2001–2006, illetve 2006–2011) tényadatos népességi információkat veti össze az ugyanezen időszakra vonatkozó termékenységi és túlélési ráták alapján számolt népességszám-továbbvezetés értékével. A megfigyelési és szimulációs adatok különbségként adódó népességtöbbletet vagy -hiányt a modell vándorlási egyenlegként kezeli, és a két referenciaperiódus átlagos (el/oda)vándorlási rátáját viszi tovább a népesség-prognózisban.

### **A járási népesség-előreszámítás változói**

Az előreszámítási modell kiindulási népességszámát a 2011-es népszámlálás lakónépességi adatai jelentették járási szinten (175 vidéki járás + Budapest). A népességszámot a modell specifikációinak megfelelően öt éves korcsoportok szerinti beosztásban (0–4 éves, 5–9 éves, ..., 85 vagy több éves) vettük figyelembe nemek szerint. Ez az információ a KSH népszámlálási adatbázisán és a TeIR-en keresztül is elérhető. A modell vándorlási komponensének megadásához szükséges referencia-időszak figyelembevétele miatt a 2001-es népszámlálás hasonló adatai is bekerültek az alkalmazásba. A másik, 2006-os referenciaév esetében ilyen bontású népességadatok nem voltak közvetlenül és szabadon elérhetők, ezeket az OEFI halandósági adatbázisából kinyert korcsoportos járási népességadatok alapján becsültük meg.

A modellben szereplő termékenységi információk bázisát a KSH Tájékoztatási Adatbázis népmozgalmi moduljában elérhető születési adatok jelentették. Ezek az anya kora és lakhelye szerint adják meg a születési esetszámokat. A szülőképes korban lévő nők az alkalmazott modellben a 10–14 éves, 15–19 éves, ..., 44–49 éves korcsoportokat fedik le. A magyar statisztikák is közlik ebben a bontásban a születési információkat, kiegészülve az 50 évnél idősebb anyákra vonatkozó adatokkal. Bár az ehhez a korcsoporthoz rendelhető születések országos szinten elenyésző számot jelentenek, az ide tartozó esetszámok bekerültek a modellbe, a 44–49 éves korcsoport adatai közé sorolva. A Tájékoztatási Adatbázison keresztül a számításba vett járási felosztásban csak a 2013-as évre álltak rendelkezésre születési adatok, így ezeket a termékenységi információk építettük be a modellbe, mind a 2011-es kezdő-

évre, mind pedig a 2001-es és 2006-os referenciapontokra. Ez az egyszerűsítés azon a megállapításon alapul, hogy a hazai termékenységi adatok (pl. teljes termékenységi arányszám) a 2000-es évek eleje óta hasonló képet mutatnak, csak az egyes korcsoportos arányok tolódtak el némileg.

A születési alapadatok modellbe építéséhez kiegészítő számítások elvégzésére volt szükség, mivel a modell nem közvetlenül ezekkel, hanem korcsoportos termékenységi arányszámokkal végzi a népesség-előreszámítást. A korcsoportos termékenységi arányszámok (AFR) öt éves korcsoportokra az adott korcsoportoz tartozó anyák és ugyanehhez a korcsoportoz rendelt női népesség hányadosa alapján adhatók meg.

A modell ugyan nemenként külön határozza meg az újonnan született lakosok számát, de nemekre lebontott termékenységi arányszámok beépítésére nem volt szükség. A fiú- és lánycsecsemők aránya hosszabb távon állandó, az elmúlt évtized magyarországi születési mutatói alapján minden lánycsecsemőre 1,058 fiúcsecsemő jut.

A járási kohorszkomponens-modell halálozási adatokból származtatható túlélési rátái a népességi adatokhoz hasonló módon 18 darab öt éves korcsoportban és nemek szerinti bontásban épültek be az alkalmazásba. A kiindulási információkat jelentő korcsoportos és nemek szerinti halálozási adatokat járási szinten az OEFI KSH-tól származó halandósági adatbázisa szolgáltatta, amely 2005-től 2013-ig tartalmaz halálozási esetszámokat a fenti szempontok szerinti bontásban. Mivel járási szinten egy-egy év halálozási adatsorai évről évre elég nagy ingadozást mutathatnak az egyes korcsoportokat érintő – helyenként kis – esetszámok miatt, a modellbe bekerülő halálozási adatokat mozgóátlagolással vettük figyelembe. 2011-re a 2009–2013 közötti mozgóátlagot alkalmaztuk, a 2006-os referenciaév esetében a 2005–2007-es időszak esetszámait átlagoltuk. A 2001-es referenciaévre halálozási információk ezen a módon nem álltak rendelkezésre, ezért az erre az időszakra vonatkozó halandósági, túlélési információkat a 2006-os arányszámok helyettesítik.

A halálozási adatokból a túlélési rátákat többlépcsős számítással határoztuk meg, az ún. halandósági tábla levezetésével. A halandósági tábla korévenként vagy korcsoportos bontásban és jellemzően nemek szerint elkülönülten tartalmazza a népesség halálozási jellemzőinek különböző indikátorait. Ezen arányszámok és egyéb mutatók kiszámítása lépcsőzetesen épül egymásra (Williams et al. 2005).

A halálozási valószínűség egy hipotetikus, újonnan született 100 000 fős népességi kohorsz halandósági jellemzőibe épül be olyan módon, hogy öt évenként mutatja a népesség-utánpótlást nem kapó csoport „kihalásának” ütemét az adott korcsoportokra jellemző halálozási valószínűségekkel számolva.

Az adott elvi időszakban megélt évek számát a következő időszak elején életben lévő népesség által az időszakban megélt évek és a két időszak között elhunyt népesség által megélt évek száma adja. Az adott időszakot követően megélt évek összesített száma pedig minden időszakban a rákövetkező időszakok kumulált összegéből állapítható meg. Ebből az összegből időszakonként kiszámítható az időszak elején adott korcsoportban várható élettartam, így például a születéskor várható átlagos



élettartam mutatószáma is. A várható élettartam jelzőszáma az adott időszakot követően a hipotetikus népességi kohorsz által megélt évek összesített száma és az adott időszakok elején életben lévő népesség számának hányadosaként adható meg.

A halandósági tábla másik kimenete a – járási népesség-előreszámításba is beépülő – korcsoportos túlélési ráták jelzőszáma, amelyet az egymást követő időszakokra vonatkozó megélt korévek adataiból lehet kiszámolni (Klostermann 1990).

A halandósági tábla elemeinek számítása során előfordul, hogy a megadott kalkulációs módok szerint egyes korcsoportok jellemzőit nem lehet egyszerűen kiszámolni, mivel azokat egymást követő időszakok adataiból kellene megadni. Ez a probléma elsősorban a halandósági tábla lezárását érinti, nyitott korcsoportok esetén (a járási előreszámítási modellben 85 éves és ennél idősebb népesség). A túlélési ráták esetében az erre a korcsoportra vonatkozó információ például a kumulált megélt korévedatokból számítható ki. Az így számolt időskori túlélési ráták viszont a vándorlási arányszámok modellbeli kalkulációja során túlkompenzált eredményre vezettek – jelentős migrációs nyereség adott területen. Az időskori népesség vándorlási mintái az egyes korcsoportokban (pl. 75–79 év, 80–84 év, 85 és több év) feltételezhetően inkább egymáshoz hasonlóak, mint hogy ilyen ingadozást mutassanak, ezért a migrációs komponens esetében a 75 éves kor feletti kohorszokban egységes túlélési rátával számoltunk.

A népesség-előreszámítási modell kiindulási és jövőre vonatkozó hipotéziseinek megállapításához az Eurostat EUROPOP 2013 adatbázisa jelentette az elsődleges forrást. A szilárd módszertani alapokon nyugvó prognózis olyan népességváltózási feltételezésekkel dolgozik, amelyek nagymértékben egybevágóak más modellek hipotéziseivel (pl. a Népeségtudományi Kutatóintézet előreszámításaival). Az EUROPOP 2013 Magyarországra vonatkozó eredményeire támaszkodva olyan feltételezések dolgozhatók ki a jövőre, amelyek járási szinten is megalapozott népességi előrevetítést tettek lehetővé.

Az adatbázis a benne szereplő országok esetében nemcsak a prognosztizált népességszámot adja meg, de bizonyos hipotézisekre is tartalmaz információkat. Az EUROPOP 2013-ban a népességváltózás születési tényezőjét az előreszámolt korszpecifikus termékenységi arányszámok jelentik. Ezek az adatbázisban a szülőképes korú nők sokaságát korévenként jelenítik meg, így a járási modellezésben is alkalmazott korcsoportos arányszámokra való alakításához ötéves bontásban összegezni kellett ezeket az adatokat (pl. 20, 21, 22, 23, 24 éves termékenységi rátákból állt össze a 20–24 éves termékenységi ráta). Hogy a járási szinten jelenleg is meglévő nagyfokú termékenységi különbségekre is tekintettel legyen a modell, a jövőre vonatkozóan megállapított korcsoportos, országos termékenységi arányszámokat járási szintre kellett átszámolni az előreszámítási időszak kulcséveire (2016–2051, ötévenként). Ebben az esetben a kiindulási évre, 2011-re (2013) jellemző járási termékenységi adatok olyan módon lettek továbbvezetve, hogy az országos szinten feltételezett időbeli változást kövessék le. Azzal a hipotézissel élünk, hogy járási szinten a területi arányok a jövőben változatlanok maradnak.

Az Eurostat népesség-előreszámítási modelljének adatbázisából a halálozást jellemző információk szintén korévenként érhetők el. A koréves halálozási ráták modellbe építéséhez szintén szükséges volt ezek öt éves korcsoportokra való átalakítása, amelyet az előrevetített népességszám segítségével lehetett elvégezni. Az így, 2016 és 2051 között öt évenként kiszámolt korcsoportos halálozási ráták esetében szintén szükségessé vált az országos adatsorok járási szintre történő konvertálása. Ez a termékenységi adatoknál már ismert eljárás szerint valósult meg: a járási, kiindulási (2011-es) halálozási ráták esetében meghatároztuk azok országos átlaghoz való viszonyát, majd ezen arányszámok továbbvitelével az országos előrevetített halálozási adatokat járási szintre is át kellett számolni. A járási halálozási ráták minden előre-számítási év halandósági táblájába becsatornázódtak, kimeneti mutatóként előálltak a túlélési arányszámok, amelyek a kohorszkomponens-alkalmazásba is beépültek.

A járási kohorszkomponens-modell népességváltozási hipotézisei (születés, halálozás) az EUROPOP 2013 leginkább valószínűsített forgatókönyvének trendjeit követik. Emellett a népesség-előreszámítás végeredményeibe be nem kerülő, de referenciaként megállapított alacsony, illetve magas előreszámítási változatok is nagyrészt az Eurostat prognózisának különböző scenárióihoz igazodnak. Ahol a hipotézisrendszer nem volt teljes (pl. közepes termékenységi változat, magas halálozási változat), ott a jövőre vonatkozó feltételezéseket az elérhető állapotokból vezettük le.

### **A jövőre vonatkozó hipotézisek a járási népesség-előreszámítási modellben**

A népesség-előreszámításokban a népmozgalmi tényezőket különböző hipotézisrendszereken keresztül határozzák meg. Ez azt is jelenti, hogy a népességszám előrevetítését szolgáló szimuláció előre meghatározott demográfiai forgatókönyveket futtat le és szolgáltat a modell eredményeképpen. Így fontos, hogy kellően megalapozott kiindulópontból történjen a hipotézisépítés, a népességváltozási tényezők jövőbeli alakulásának felvázolása. A várható termékenységi helyzetképre, a halandósági viszonyokra és a vándorlási jellemzőkre vonatkozó feltételezések kiindulópontját részben múltbeli tendenciák értékelése adja, kivetítve ezek lehetséges jövőbeli irányait, másrészt a felállított modell az Eurostat népesség-előreszámítási modelljének (EUROPOP 2013) hipotézisrendszerére is nagyban támaszkodik.

Magyarországon a termékenységi mutatók az 1970-es évek óta jelentősen csökkentek. Az évtized közepén a születések száma még elérte a 180 ezret, és a teljes termékenységi arányszám (szülőképes korú nőkre számított gyerekszám) még 1977-ben is meghaladta (utoljára) a népességreprodukción biztosító 2,1-es értéket. Az azóta eltelt időszakban csak néhány kisebb hullámhegy fogta vissza a folyamatos születésszám-csökkenést. A termékenységi mutatók magyarországi értékei utoljára a rendszerváltást követő években zuhantak meredeken. Az 1990-es évek vége óta eltelt másfél évtizedben a születések száma és ezzel együtt a teljes termékenységi arányszám nagyjából állandó szinten mozog, a legújabb minimumot (a teljes termékenységi

arányszám 2011-ben 1,23) a 2000-es évtized végi válságidőszak hozta el (Kapitány, Spéder 2015). Azóta a magyarországi termékenységi jellemzők újra némi javulást mutatnak (90 ezres születésszám mellett 1,3–1,4-es teljes termékenységi arányszám).

A termékenység jövőbeli alakulását több tényező (és ezek egymásra hatása) befolyásolja. A korábbi trendekből kiindulva azt lehetne feltételezni, hogy folytatódik a magyarországi termékenység jellemzők romlása. A születési számok és a teljes termékenységi arányszám azonban viszonylag stabilnak mutatkozik az elmúlt tizenöt évben, jelentős változás csak a korcsoportos termékenységi jellemzőkben figyelhető meg. Míg az 1990-es évek közepén a legtöbb gyerekszülés a 20–30 éves női korosztályokban történt, addig a 2010-es évekre ez a maximum a 25–35 éves korcsoportok felé tolódott. Mindeközben a korcsoportos termékenységi arányszámok értéke megfelelő a 25 év alatti korosztályokban és nagyjából megduplázódott 35 éves kor felett. Ezek az arányok a jövőben tovább változhatnak, és a szülések életkori kitolódásával együtt lerövidülhet a gyermekvállalási időszak. Bár szakértők egy hosszú átalakulási folyamat közelmúltbeli lezáródását valószínűsítik (Kapitány, Spéder 2015), az is bekövetkezhet, hogy a fiatalabb korban elmulasztott vagy elhalasztott gyermekvállalást a nők ebben az időszakban bepótolják (Földházi 2015). A gyermekvállalási kedvet – a családok életkörülményein, kilátásain keresztül – befolyásolhatja az aktuális gazdasági helyzet is (pl. válságidőszak). Továbbá közvetett módon különböző kormányzati beavatkozások is nagymértékben hathatnak a gyermekvállalási hajlandóság és a termékenység alakulására. Így hatékony szülésösztönzési szakpolitikával jelentős javulás érhető el.

A Magyarország demográfiai jövőképeről készített nemzetközi (ENSZ, Eurostat, US Census Bureau) és hazai (KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, lásd pl. Földházi 2012, 2015; Habclicsek 2009) prognózisok hosszú távon a termékenységi mutatók emelkedésével számolnak, a gyermekvállalási minták kedvező átalakulását, illetve hatékony szakpolitikai intézkedéseket valószínűsítve. A járási népesség-előreszámítás népességváltozási hipotéziseinek megállapításakor referenciapontként használt Eurostat-prognózis alapváltozata szerint a teljes termékenységi arányszám 2051-ig meghaladhatja az 1,7-es értéket. Az elmúlt időszak tendenciáiból kiindulva ez túlzón optimista jövőképet feltételez, így a hipotézis magas változataként ugyan, de beépült népesség-előreszámítási modellünkbe is. Az EUROPOP 2013 előreszámítás alacsony termékenységi modellje rövid távú javulást, majd fokozatos visszaesést feltételez (a teljes termékenységi arányszám 1,5-ös maximumával), ez jelenti az általunk valószínűsített jövőkép másik végétét. A járási modell alapváltozatában a két Eurostat termékenységi modell 2051-es átlaga került a fókuszba (országosan 1,58-as teljes termékenységi arányszám), a 2010-es évektől kezdve a gyermekvállalási kedv fokozatos javulását feltételezve. Az országos viszonyszámokat a korábban ismertetett módon arányosítottuk járási szinten.

A termékenységi arányszámok valószínűsített emelkedése nem jelenti a szülések számának hasonló mértékű növekedését, hiszen mindegyik népesség-előre-

számítási modell népességfogyással kalkulál, ami a szülőképes korú nők számának csökkenését is eredményezi, ezzel szűkítve a lehetséges gyermekszületések bázisát.

A halandósági hipotézisek megalapozását szintén az elmúlt időszak jellemző tendenciáinak elemzése segítette. A vizsgált időszak kezdete óta számottevő különbség mutatkozik a nők és férfiak halálozási viszonyaiban, bár a 20. század közepén ez még korántsem ért el olyan jelentős szintet, mint manapság. A várható átlagos élettartam adatai alapján az 1960-as évek óta a női halandósági mutatók fokozatosan, de igen lassú mértékben javultak az 1990-es évek közepéig, míg a férfiak esetében inkább stagnálást, illetve csökkenést lehetett megfigyelni ez idő alatt. 1993-ra a nők születéskor várható átlagos élettartama már meghaladta a 74 évet, míg a férfiak esetében még a 65 évet sem érte el ez az érték. Ebben az időszakban a halálozási esetszámok folyamatosan emelkedtek (főleg a születések számához viszonyítva). A halálozások száma már a népességi maximum idején is meghaladta a 145 ezret, de az 1990-es évekre ez az érték még tovább emelkedett. 1995-től kezdve az éves halálozási esetszámok jelentősen csökkentek Magyarországon, ami a születéskor várható átlagos élettartamok intenzív javulását eredményezte.

Az elmúlt húsz év kedvezően alakuló halandósági folyamatai mögött változatos jelenségek állnak. Befolyásolta ezeket az egészségügyi ellátórendszerek fejlesztése, az elérhető gyógyászati eljárások fejlődése, de indirekt módon hatottak rájuk az elmúlt évtizedek társadalmi és gazdasági átalakulásai és a népesség körében tapasztalható egészségtudatosság-növekedés is. A halandósági viszonyok jövőbeli alakulása is hasonló tényezőktől függ (egészségügyi szolgáltatások és technológiák fejlődése, társadalmi-gazdasági helyzet, egyéni szempontok).

Mindezek alapján a jövőben a halandósági tényezők javulása, a várható átlagos élettartam emelkedése valószínűsíthető. A születéskor várható átlagos élettartamadatokat nézve a megvizsgált demográfiai előreszámítások minden esetben további jelentős mértékű javulást prognosztizálnak, bár ez Magyarország esetében feltételezhetően nem fogja meghaladni az elmúlt két évtizedben tapasztalható intenzitást. A kiindulópontként használt EUROPOP 2013 arányszámok magas és közepes változatban adták meg a jövőre vonatkozó halandósági hipotéziseket. Ezek a jelenlegi modellszámításba is magas és közepes változatként épültek be (járási szinten arányosítva). A népesség-előreszámítás alacsony hipotézisének megadásához azt feltételeztük, hogy a halálozási arányszámok a közepes forgatókönyvhöz képest lassabb mértékben fognak csökkenni, 2051-ig mindössze a 2030-as évek közepi alapértéket elérve.

A jelenlegi és jövőben várható halandósági trendek a nemek közötti halálozási viszonyok bizonyos mértékű kiegyenlítődése felé mutatnak (Bálint, Kovács 2015). Ezt a modell halandósági hipotézisei is tükrözik, a férfiak halálozási arányszámainak gyorsabban csökkenő tendenciáján keresztül. Mindezek alapján a születéskor várható átlagos élettartam különbségei a két nem között a jelenlegi 7 évről valószínűsíthetően 5–6 évre mérséklődhetnek.

A népességváltozás harmadik tényezőjével, a vándorlással kapcsolatos jövőbeli feltételezések bizonytalanabb kimenetelűek, mint a születési és halálozási hipotézisek (Földházi 2015). A migrációs jellemzők más népesedési tényezőknél gyorsabban változnak, és kérdéses, hogy egy-egy markáns változás mennyiben jelent hosszú távon is érvényes tendenciákat előrejelző trendfordulót. A korábbi időszakok vándorlási sajátosságainak értékeléséből kiinduló prognózis azonban így is egy megalapozott és modellszinten koherens forgatókönyv elkészítését segítheti. A járási népesség-előreszámítás modelljében a korcsoportos vándorlási egyenlegeket (a korábban már ismertetett módon) maga az alkalmazás állítja elő egy referencia-időszakra támaszkodva. Ebben az esetben a 2001 és 2011 közötti két ötéves időszak migrációs jellemzői jelentik a kiindulási pontot.

A Magyarországot érintő nemzetközi vándorlás sajátosságai az elmúlt évtizedekben több irányban változtak. Az 1980-as évek végéig az országot vándorlási veszteség jellemezte, amely tendencia az 1990-es évekre megfordult, és 2011-ig mintegy 350 ezer fős migrációs többletet eredményezett (Földházi 2012). Ebből az időszakból a 2001 és 2011 közötti évtized különösen intenzív szakasznak mondható a bevándorlásban, az Eurostat adatai szerint az évtized második felében az évi 20 ezer főt is meghaladta a (pozitív) migrációs egyenleg. A bevándorlók száma 2011-ig ugyan némileg visszaesett, de az utóbbi években újra emelkedésnek indult. A Magyarországról való elvándorlás a 2000-es évek végétől erősödött fel – feltehetően többek közt a gazdasági válság hatásaként –, és ennek következtében a vándorlási egyenleg is jelentősen csökkent az elmúlt években. A Magyarországról elvándorló népesség számáról ugyanakkor csak bizonytalanul lehet nyilatkozni, a nemzetközi tükröstatistikák egy hosszabb távú visszatekintésben is sokkal nagyobbra teszik az emigráló népességtömeget, mint a magyar forrású adatok (Gödri 2015).

A Magyarországon belüli vándorlási irányok a nemzetközi migrációs tendenciákhoz hasonlóan jelentősen módosultak az elmúlt évtizedekben. Az országon belüli költözések célterületeit az 1990-es évek elejéig a főváros, a nagyobb városok (megyeszékhelyek) és az agglomerációs települések jelentették, míg a jellemzően kisebb, vidéki települések és térségek vándorlási veszteséget könyvelhettek el. Az 1990-es években a szuburbanizációs és dezurbanizációs folyamatok együttes jelenlétével az odavándorlások súlypontja áthelyeződött a kisebb, főleg városkörnyéki településekre, míg Budapest és más nagyvárosi centrumok népességet veszítettek a fokozódó elvándorlások miatt. A trendforduló a 2000-es évekkel következett be, amikor a korábbi tendencia megváltozott, és ismét a nagyvárosi agglomerációk (a magtelepülések is) váltak migrációs célterületekké (Bálint, Gödri 2015). A 2000-es évek vége ismét fordulatot hozott, de ennek várható hosszú távú hatásai még nem láthatók.

Mint a visszatekintésből látható, a 2000-es évek mint a járási népesség-előreszámítási modell migrációs komponensének referencia-időszaka egyedi periódust képvisel a vándorlási irányok és ezek intenzitásának meghatározásához. Az évtized

előtt is alapvetően más tendenciák érvényesültek, és a legutóbbi néhány év szintén a fenti trendektől való fokozatos eltérést feltételez. Ezek alapján a népesség-előreszámításhoz szükséges hipotézisek számszerűsítését a modellalkalmazás által kalkulált migrációs egyenlegek módosításával alakítottuk ki, figyelembe véve az elmúlt néhány évben alakuló trendeket. A magas előreszámítási változatban a 2001 és 2011 közötti időszak korcsoportos vándorlási egyenlegeit vetítettük előre. Az alacsony hipotézis a modellezett irányok megmaradásával számol (bevándorlási nyereség, országon belül a nagyobb városok és agglomerációk maradnak migrációs célterületek), de a számított vándorlási intenzitást csökkentett mértékben (a számított egyenleg fele) veszi figyelembe mind az el-, mind az odavándorlások esetében. A középső (alap) modell esetében a vándorlások intenzitása a 2010-es évektől fokozatosan csökken, 2051-ig a 2001–2011-es referenciaidőszak értékének felére, járásonként minden korcsoportban.

Az országon belüli, de főleg a nemzetközi migrációs jellemzők a jövőre vonatkozó feltételezések tekintetében számos bizonytalan tényezőt hordoznak. Mekkora bázisa lehet a korábbi bevándorlási forrásoknak (pl. külhoni magyarok)? A kivándorlási statisztikák mennyiben tükrözik a valós folyamatokat? Mennyiben válhat Magyarország célszázzgá a jelenlegi és jövőbeli nemzetközi migrációs folyamatokban (pl. klímamigráció)? Ezek a kérdések olyan szempontokat vetnek föl, amelyek számszerűsítése és előrevetítése spekulatív lenne, így a modellszámításokba nem épültek be.

### **A népesség-előreszámítás eredményei**

A legutóbbi népszámlálás adatai szerint 2011-ben már kevesebb mint tízmillió lakosa volt Magyarországnak. Az 1981 óta érvényes tendencia (népességcsökkenés), valamint a népességváltozás tényezőinek jövőbeli alakulásával kapcsolatos feltételezések alapján a következő mintegy negyven évben további jelentős népességfogyás valószínűsíthető. Az alacsony és magas előreszámítási változatok csupán referenciaként szolgálnak a bemutatott modellben, a népességszámítás részletesebb eredményeinek ismertetése és a területi szempontú elemzések a közepes forgatókönyv alapján készültek.

Modellszámításaink eredményei szerint Magyarország népessége 2051-ben 8 és 9 millió fő között alakulhat. Az alapmodell 8,44 millió főre teszi a népesség várható nagyságát, negyven év alatt mintegy másfélmillió népességfogyást feltételezve (1. táblázat). Ez a korábbi időszakhoz képest gyorsuló ütemű népességcsökkenést jelent, hiszen míg az 1980-as népességcsúcs (10,7 millió fő) óta mintegy 700 ezer fővel csökkent az ország lakossága, addig 2051-ig ennek a fogyásnak a kétszerese is valószínűsíthető. Az alapmodell által kimutatott népességfogyás üteme többfázisú. Az előreszámítási időszak első felében inkább a magas hipotézishez közelebb álló, mérsékelt népességcsökkenés következhet be, majd 2051-ig gyorsul a népességfogyás üteme.

1. táblázat: Magyarország népességszámának jövőbeli alakulása különböző forgatókönyvek szerint, 2011–2051 (millió fő)

Népességszám (millió fő)	Alacsony változat	Közepes változat	Magas változat
2011	9,94	9,94	9,94
2021	9,56	9,65	9,67
2031	9,14	9,34	9,47
2041	8,57	8,88	9,22
2051	8,01	8,44	9,07

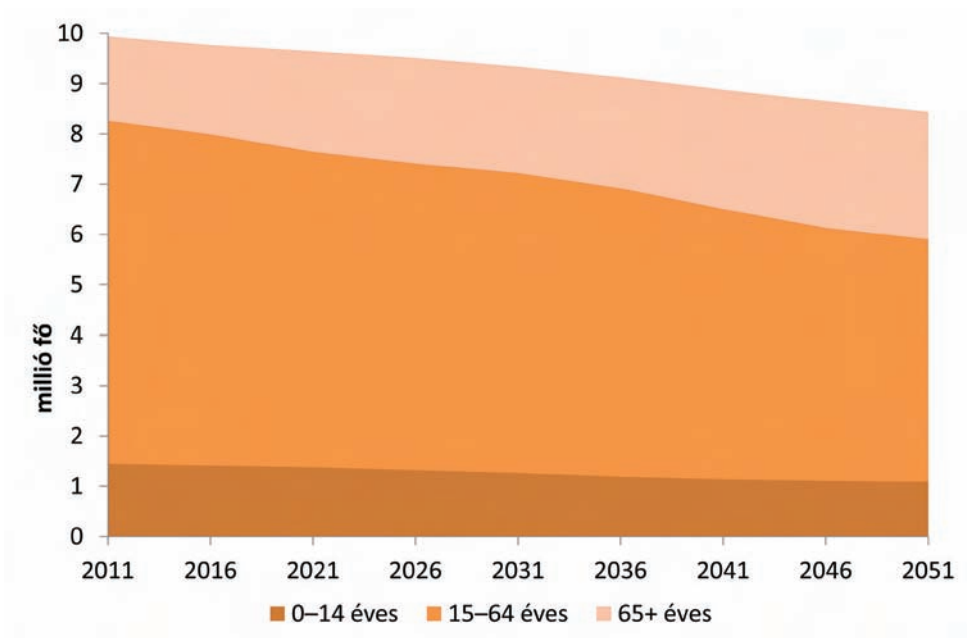
A népességszám változásával és a népesedési összetevők különböző forgatókönyveinek lefutásával a magyar népesség szerkezete, összetétele jelentősen változhat a jövőben. A népszámlálás adatai szerint 2011-ben mintegy félmillió fővel több nő élt Magyarországon, mint férfi. Ez a nagymértékű különbség elsősorban a női népesség kedvezőbb továbbélési jellemzői miatt alakulhatott ki. A férfiak már jelenleg is fokozatosan – és a jövőben várhatóan tovább gyorsulva – javuló halandósági viszonyai jelentősen szűkíthetik a két nem közötti halandósági ollót. Ez viszont azt jelentheti, hogy a jövőben megnő a női halálozási esetszámok férfiakéhoz viszonyított aránya (a nagyobb számú időskorú női népességből többen fognak elhalálozni), ami hosszú távon az országos nemi arányok fokozatos kiegyenlítődének irányába mutat – 2051-ben már csak 200 ezer fős nőtöbblet várható.

A 2051-ig prognosztizálható népességfogyás jelentős változást hozhat Magyarország népességének korösszetételében. A járási alapmodell szerint a fiatal- (0–14 éves), illetve a munkaképes korú (15–64 éves) népesség abszolút száma negyven év alatt a 2011-es érték 70–75%-ára esik vissza, míg a 65 évnél idősebbek abszolút száma másfélszeresére nő (1. ábra). A korszerkezeti népességarányok pedig még nagyobb mértékben alakulnak át, hiszen ez idő alatt csökken az ország össznépessége is. A fiatalok aránya a valószínűsített forgatókönyv alapján az abszolút fogyás ellenére csak kismértékben csökken, köszönhetően a jövőben várhatóan javuló termékenységi trendeknek. Számában (2 millió fő) és arányában a legnagyobb veszteséget a 15 és 64 év közötti korcsoportok szenvedhetik el. Az előreszámítási időszak kezdetén mért 68,5%-os népességarányuk 57%-ra olvadhat. Az időskorú népesség számának önmagában is jelentős növekedése a korcsoport össznépességen belüli arányának megduplázódásához vezet, 2051-ben a 65 évnél idősebbek Magyarország népességének már 30%-át fogják alkotni.

A 2051-ig valószínűsített népességváltozás területi képe járási szinten igen nagymértékű egyenlőtlenségeket mutat. A népesség-előreszámítási modell szerint még 2051-ben is lehetnek olyan járások, amelyek népessége növekszik, folyamatos pozitív migrációs egyenlegük, illetve alacsony természetes fogyásuk (esetlegesen természetes szaporodás) miatt (Habicsek 2007). Néhány, a budapesti agglomerációs gyűrűben elhelyezkedő járás esetében a népességnövekedés a 15%-ot is meghaladhatja. Ezek a

térségek a jelenlegi szuburbanizációs folyamatok leginkább frekvenciált célterületei egyben (például Szigetszentmiklós, Dunakeszi, Pilisvörösvár, Budakeszi vagy Gödöllő és környékük).

1. ábra: Magyarország népességének és a lakosság koreloszlásának változása 2011 és 2051 között



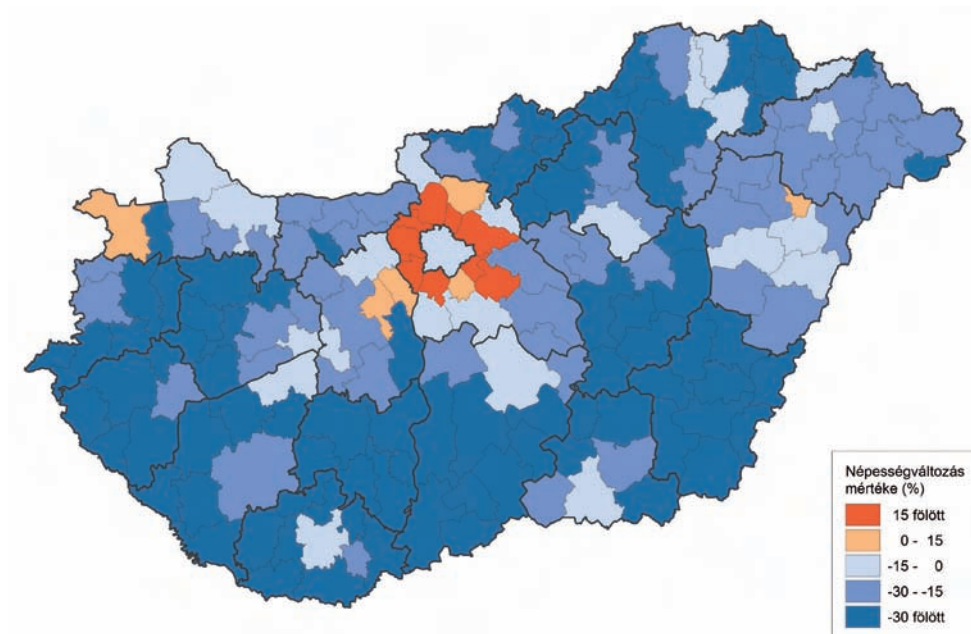
A tucatnyi kivételtől eltekintve Magyarország többi járását változó mértékű népességvesztés jellemezheti a következő négy évtizedben (2. ábra). Ezek a térségek amellet, hogy általánosságban hosszú távon erősödő természetes fogyással számolhatnak, népességük csökkenését a legtöbb esetben a vándorlási veszteség tovább gyorsítja. A nagyobb városok, megyeszékhelyek járásainak egy része azonban a felvázolt forgatókönyv szerint a jövőben is migrációs célpont marad, így a bevándorló népesség némileg mérsékelheti a természetes népmozgalmi tényezőkből következő fogyást (pl. Kaposvári, Pécsi, Szegedi, Kecskeméti vagy Szombathelyi járások).

A nagyvárosi járások mellett némileg alacsonyabb mértékű vagy csak közepes a valószínűsíthető népességfogyás a Magyarország középső részén elhelyezkedő – de a budapesti agglomeráción kívül eső – járásokban, a Dunántúl északi és északnyugati térségeiben, illetve Északkelet-Magyarországon. Az előbbi országrészek kedvezőbb társadalmi-gazdasági pozícióban vannak (foglalkoztatási, képzettségi, jövedelmi helyzet stb.), így a megyeszékhelyjárásokhoz hasonlóan a népességmozgások célterületei közé tartozhatnak a jövőben, legalábbis az innen történő elvándorlás nem erősíti fel jelentős mértékben a várható természetes fogyást. A Magyarország északkeleti szegletében (Borsod-Abaúj-Zemplén megye, Szabolcs-Szatmár-Bereg



megye, Hajdú-Bihar megye) fekvő járások jellemzően migrációs kibocsátó területek. Ezek viszont egyben jellemzően olyan térségek, ahol a természetes népességfogyás mértéke alacsonyabb (maradhat), mint az ország más területein.

2. ábra: A magyarországi járások népességváltozása 2011 és 2051 között



A népességfogyás mértéke 2011 és 2051 között a magyarországi járások nagyjából felében a 30%-ot is meghaladhatja. Néhány kivételtől eltekintve ebbe a csoportba tartoznak Vas, Zala, Somogy, Baranya, Bács-Kiskun és Nógrád megye járásai, illetve Tolna és Békés megye egésze. A legnagyobb mértékű (akár 50%-ot is megközelítő) népességcsökkenés a Gönci, a Tabi, a Komlói, a Bácsalmási, a Bélapátfalvi, a Sátoraljaújhelyi és a Bátorterenyei járásokat fogja érinteni.

### **Magyarország demográfiai jövőképe 2051-ig, különös tekintettel a területi egyenlőtlenségekre**

Az alapvető népességváltozási tendenciák felrajzolása mellett az elkészített népesség-előreszámítási modell lehetőséget nyújt arra is, hogy a magyar népesség tágabban értelmezett demográfiai helyzetéről előre vetítse a valószínűsíthető folyamatokat. A bizonyos népmozgalmi tényezőkre és a népesség összetételére vonatkozó területi forgatókönyvek ismertetése hozzájárulhat a Magyarország demográfiai jövőképére vonatkozó információk árnyalásához.

A járási kohorszkomponens-modellbe épített hipotézisek hosszú távon a halandósági jellemzők további javulását feltételezik. Mindez a várható átlagos élettartam

adatainak jövőben valószínűsíthető alakulásában is nyomon követhető. A mutatószám értékét általában 0 éves korra (születéskor várható élettartam) szokták megadni, de jelentős információtartalommal bír az is, hogy későbbi életkorokban hogyan alakulnak a lakosság életkilátásai. 2011 és 2051 között Magyarországon a születéskor várható átlagos élettartam mintegy öt évvel nőhet a nők és hat évvel a férfi népesség körében. Ugyanakkor a jelentős kiindulási különbségek miatt a 2051-re ez az elővetített várhatóélettartam-érték a férfiak esetében még nem fogja elérni a női népesség 2011-es születéskor várható átlagos élettartamát sem.

A középkorúakra (pl. a 45 éves népességre) megadott várhatóélettartam-adatok hasonló mértékű előrelépést valószínűsítene az előrevetített negyven év távlatában, mint a születés kori értékek. A halandósági jellemzők javulása egyre inkább az idősebb korosztályokat érinti, mivel a korábbi kedvező demográfiai, népegészségügyi folyamatok eredményeképpen jelentős mértékben fejlődtek a középkorúak életkilátásai. A 65 éves korban várható átlagos élettartam adatai szintén jelentős javulást mutatnak az előrevetített időszakban (kb. négy további életév mindkét nem esetében). A leginkább valószínűsített modellváltozat szerint 2051-ben a 65 éves korosztályhoz tartozó nők átlagosan 22, a férfiak pedig mintegy 18 további életévre számíthatnak (2. táblázat). Ez a nyugdíjban eltöltött évek várható számáról is becslést ad.

2. táblázat: A várható átlagos élettartam változása 2011 és 2051 között Magyarországon (év)

Évszám	Nők			Férfiak		
	Születéskor	45 éves korban	65 éves korban	Születéskor	45 éves korban	65 éves korban
2011	78,9	35,0	18,2	71,5	28,3	14,2
2021	80,4	36,8	19,6	73,8	30,6	15,8
2031	81,8	38,0	20,6	75,3	32,0	16,7
2041	83,2	39,2	21,6	76,7	33,3	17,6
2051	83,9	39,8	22,0	77,8	34,3	18,3

A halandósági-túlélési viszonyok járási szinten markáns területi különbségeket mutatnak. A születéskor várható átlagos élettartam 2051-re számolt maximális járási eltérése öt és fél év a nők (Gönci járás 82,6 év – Bonyhádi járás 88,1 év), hét és fél év a férfiak esetében (Gönci járás 75,4 év – Budakeszi járás 83 év). Ezek az intervallumok belül a járások zömének életkilátásaiban nincs jelentős eltérés (2-3 év), ugyanakkor a különbségek jellegzetes és jól értelmezhető területi mintázatként jelennek meg.

A 2051-ben is valószínűsíthető járási szintű helyzetkép alapjait tekintve nem különbözik a mai viszonyoktól, hipotéziseink a jelenleg fennálló struktúrák fennmaradásával számolnak. A születéskor várható átlagos élettartamok járási egyenlőtlenségei részben a város-vidék különbségeket tükrözik vissza. A nagyobb magyarországi városok (megyeszékhelyek) járásaiban, a főváros környezetében kedvezőbbek a

népesség életkilátásai, mint az ország más területein. Különösen igaz ez a férfi népeségre, amely esetben a városiasabb járások és akár közvetlen környezetük között is jelentősebb eltérés mutatkozhat a várhatóélettartam-adatok alapján – például Pécs, Szeged, Debrecen, Eger vagy Békéscsaba járásai és e megyék többi része között.

Előbbi egyenlőtlenségi viszonyokkal kapcsolatba hozható, hogy a várható életkilátások spektrumának másik végén jellemzően periferikus helyzetű járások állnak (pl. Északkelet- vagy Délnyugat-Magyarország). Ezek nemcsak földrajzi értelemben perifériának tekinthető területek, hanem olyan belső perifériák, amelyek társadalmi-gazdasági szempontból lemaradó térségeket jelölnek, többek közt Jász-Nagykun-Szolnok megyében, Tolna, Fejér és Somogy megye találkozásánál, illetve Veszprém, Zala és Vas megye kontaktzónájában. A periferikus helyzetű járások halandósági viszonyai az ellátórendszerek elérhetőségére is jelzésértékűek lehetnek. A 2051-ig előrevetített demográfiai forgatókönyv által valószínűsített területi különbségekről szóló információk így a jövőbeli szolgáltatáshiányok megelőzését is megalapozhatják.

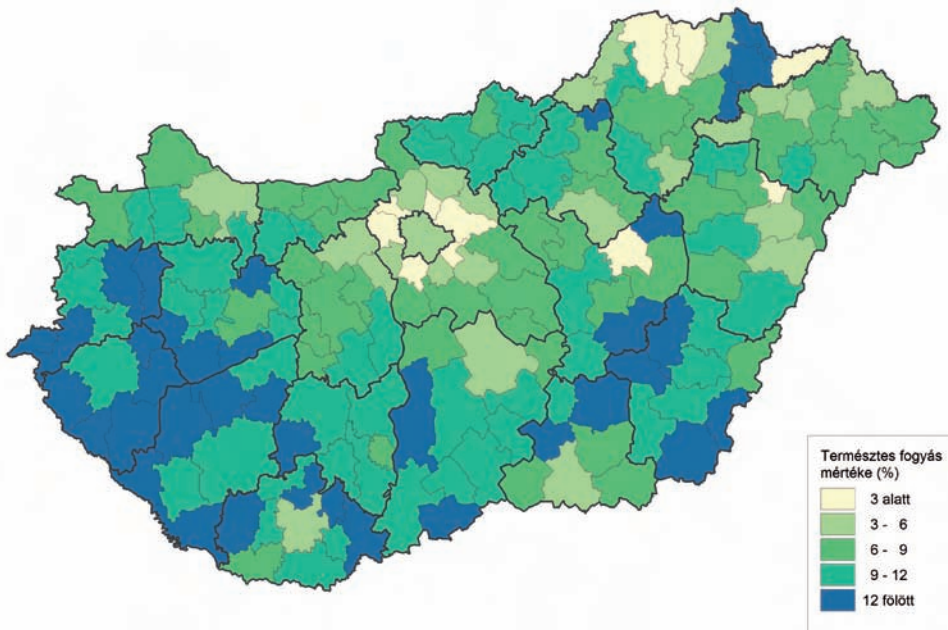
Magyarország jelenlegi és jövőbeli népességfogyásának (járási szinten is) legfontosabb eleme a születések és halálozások számának alakulásából következő természetes fogyás. A 2051-ig tartó időszak jövőképeire vonatkozó népmozgalmi hipotézisek a túlélési jellemzők javulásával és a termékenységi arányszámok emelkedésével számolnak. A halandósági oldalról mindez a halálozási esetszámok tényleges csökkenéséhez vezethet majd, a születésszámok növekedésével azonban még kedvező esetben sem számolhatunk. A termékenységi jellemzők valószínűsített javulása mellett is várhatóan szűkülni fog a szülőképes női korcsoportok létszáma, így hosszú távon a születésszámok tovább csökkennek. Mindez pedig az előreszámítási időszakban egyre intenzívebb természetes fogyáshoz vezethet. A természetes fogyást a migrációs sajátosságok is befolyásolhatják egyes esetekben, hiszen az elvagy odavándorlók zömükben az aktív, gyermekvállalási korú népességből kerülnek ki. Így a betelepülő családokban születendő gyerekek és az elköltözők miatt elmaradt születések felgyorsíthatják vagy mérsékelhetik adott térség természetes népességfogyását.

A jövőbeli természetes fogyás mértéke az országban járásonként igen eltérő képet mutat. Ez a népességfogyás általános területi képével párhuzamba állítva, ahhoz igen hasonló térbeli mintázatokat fed fel. A modellezett időszak utolsó periódusában (2041–2051) már mindössze néhány olyan járás fordul elő Magyarországon, ahol a természetes fogyás mértéke kifejezetten alacsony, illetve a korábbi tendenciák egy-két kivételes esetben minimális természetes szaporodást alapoznak meg (pl. Szigetszentmiklósi vagy Encsi járás). Ezek a térségek vagy a hosszú távon is migrációs célterületnek mondható budapesti agglomerációban vagy az eleve némileg magasabb termékenységi jellemzőkkel bíró északkeleti országrészben helyezkednek el (3. ábra).

A természetes fogyás relatíve alacsonyabb mértékével még egyes megyeszékhelyjárások (például Pécsi, Szegedi, Kecskeméti vagy Győri járás) is kitűnhetnek

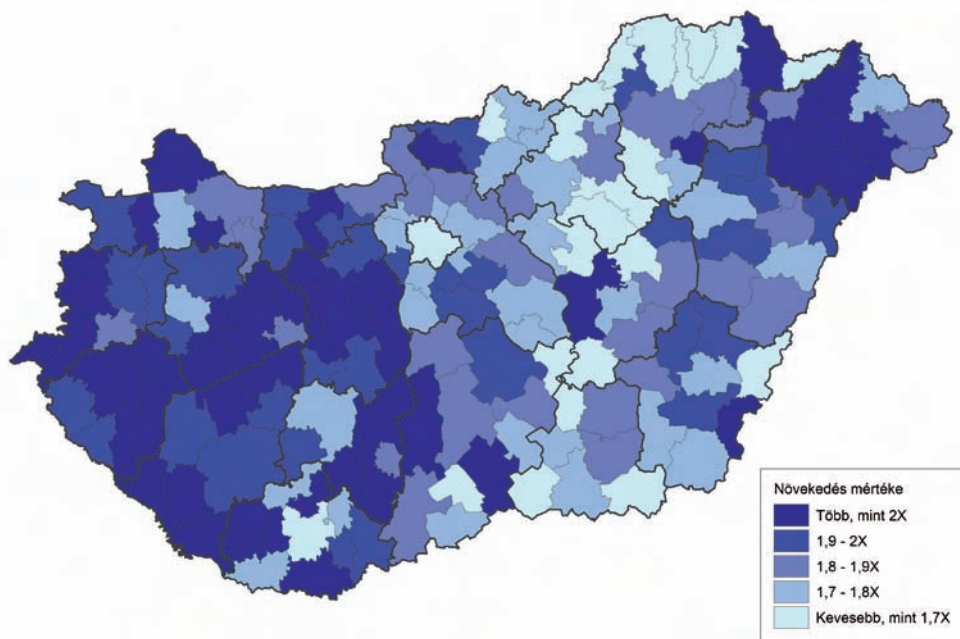
környezetükből. Más demográfiai tényezőkkel összhangban feltűnő az ország északnyugat-dunántúli, középső és északkelet-magyarországi részeinek kedvezőbb helyzete Magyarország déli, délnyugati területeivel szemben. Különösen jelentős természetes fogyás valószínűsíthető a Dunántúl délnyugati felében, a Vas megyétől Baranya megyéig húzódó sávban.

3. ábra: Természetes fogyás a magyarországi járásokban 2041 és 2051 között



Magyarország demográfiai jövőképének meghatározó tényezője a lakosság elöregedése. 2051-re az ország járásaink többségében az időskorú (65 éves vagy idősebb) népesség részaránya meghaladhatja a 30%-ot. Csupán az ország középső területén és az északkeleti országrész járásaiban maradhat ez az arány némileg alacsonyabb. A jövőben valószínűsíthető korszerkezeti helyzetkép mellé érdemes hozzátenni, hogy az időskorúak népességarányának növekedése hordoz területi különbségeket. Bár a változás mértékének szóródása összességében nem nagy – a járások döntő többségében 1,6-2-szeres aránynövekedés feltételezhető –, élesek bizonyos területi mintázatok (4. ábra). Elsősorban Dunántúl és a többi országrész elválása rajzolódik ki, gyorsabb elöregedési folyamatot prognosztizálva Magyarország nyugati területén. A keleti országrészből Szabolcs-Szatmár-Bereg megye járásaiban valószínűsíthető az időskorúak arányának legnagyobb mértékű növekedése.

4. ábra: A 65 évesnél idősebb népesség arányának növekedése a magyarországi járásokban  
2011 és 2051 között



A magyar népesség korszerkezetének valószínűsíthető átalakulását szemléltetik az eltartottsági ráta és az öregedési index értékeinek változásai. A két mutatószám a legfontosabb korcsoportok (0–14 éves, 15–64 éves, 65+ éves) népességarányait összehasonlítva árnyalja a lakosság demográfiai helyzetképét, kihangsúlyozva a társadalmi intézmények fenntarthatóságának kérdését (Monostori 2015). Az öregedési index az időskorúak arányát a gyermekkorúak százalékában megadva jelzi a két korcsoport népességaránya között egyre szélesebbre nyíló ollót. Az országban már 2011-ben is több 65 évesnél idősebb ember élt, mint 15 évnél fiatalabb, az öregedési index értéke azonban 2051-ig várhatóan megduplázódik (3. táblázat). Az eltartottsági ráta a gazdaságilag aktív korú népességtömegtől való függés mértékét fejezi ki a gyermek és időskorúak együttes arányát a 15–64 éves népesség arányához viszonyítva. 2011-ben Magyarországon még több mint két aktív korú lakosra jutott egy gyermek- vagy időskorú. A jövőben a 15–64 éves korosztályra nehezedő nyomás valószínűleg tovább nő, az előreszámítás adatai szerint 2051-re 75%-ra nő az eltartottsági ráta értéke, a 65 évesnél idősebb népesség számának jelentős növekedése miatt.

Az eltartottsági ráta járási szintű különbségei jelentősek a 2051-ig terjedő időszakra. Az időskorúak alacsonyabb előreszámított népességarányából fakadóan várhatóan kisebb lesz az eltartottsági ráta értéke a budapesti agglomeráció járásaiban, illetve a tágabb középső országrészben, valamint Magyarország északkeleti területe-

tein, Borsod-Abaúj-Zemplén, Szabolcs-Szatmár-Bereg és Hajdú-Bihar megyék nagy részén. Ezen kívül néhány hazai nagyvárosi járásban (például Pécsi járás, Szegedi járás, Debreceni járás) valószínűsíthetően alacsonyabb szinten marad az aktív korú népességre hipotetikusan nehezedő nyomás. Magyarország déli és nyugati felében viszont 2051-ig nagyon összeszűkül a munkaképes és az inaktív korú népesség közötti aránykülönbség. Vas megyétől Békés megyéig a járások nagy részében 85% fölé is emelkedhet az eltartottsági ráta értéke.

3. táblázat: Az eltartottsági ráta és az öregedési index változása 2011 és 2051 között Magyarországon

Évszám	Öregedési index (%)	Eltartottsági ráta (%)
2011	115,9	45,9
2021	145,3	53,9
2031	167,1	56,8
2041	207,9	65,5
2051	230,8	75,5

A magyar lakosság korszerkezeti változásának forgatókönyvei és az ezzel kapcsolatos területi mintázatok még egy modellből kiindulva is fontos információt nyújthatnak arról, hogy a jövőben milyen társadalmi-demográfiai kihívásokkal lehet majd számolni az országban. Az eltartottsági ráta járási különbségei felfedik azokat a térségcsoportokat, amelyek lakossága a jövőben egyre sérülékenyebbé válhat a szociális védelemtől való erősödő függés miatt. Különösen nagy kihívást jelentenek az előregedés valószínűsíthető területi következményei. Mivel a jövőben várhatóan jelentősen megnövekszik az időskorú népesség aránya Magyarország lakosságán belül, ezért például fontos kérdés, hogy hol vannak hiányosságok az időskori ellátó-rendszerekben vagy milyen a különböző egészségügyi szolgáltatások elérhetősége. A népesség-előreszámítás demográfiai forgatókönyvein keresztül bemutatott lehetséges jövőkép ismerete hozzájárulhat a társadalmi sérülékenységeket megelőző beavatkozások megalapozásához, és ezen keresztül a demográfiai kockázatok mérsékeléséhez.

## Összegzés

A 20. század második felének demográfiai átalakulása vissza aligha fordítható folyamatokat indított el Magyarország népesedésében, ami 1981-től kezdve az ország népességének csökkenéséhez vezetett. Az azóta eltelt több mint három évtizedben Magyarország lakossága mintegy 700 ezer fővel csökkent, és az ország demográfiai jövőképeinek központi kérdése, hogy a következő évtizedekben milyen mértékű további fogyás valószínűsíthető. A modellezett demográfiai forgatókönyvek alapján 2051-ig Magyarország népessége 8–9 millió főre csökkenhet.

A népességfogyást a hazai termékenységi jellemzőknek és halandósági viszonyoknak az 1990-es évek közepéig tartó kedvezőtlen alakulása indította el. Az utóbbi

két évtizedben mérséklődtek a korábbi negatív tendenciák: a halálozások száma csökkenni kezdett, míg a születési számok stabilizálódtak. A jövőben a túlélési valószínűség várhatóan tovább emelkedik minden korosztályban, a termékenységre vonatkozó hipotézisek növekvő gyermekvállalási arányokkal számolnak. Ez azonban előreláthatólag nem lesz elegendő a felgyorsuló népességfogyás megfékezésére sem.

A népességszám fogyatkozásával Magyarország demográfiai szerkezete jelentősen átalakulhat a 2050-es évekre. A női és férfi népesség arányai a mainál várhatóan kiegyenlítettebb képet mutatnak az évszázad közepére, elsősorban a férfiak túlélési esélyeinek intenzívebb javulása következtében. Nagymértékben módosulhat a magyar lakosság korösszetétele is. Valószínű, hogy a gyermekkorú népesség és az aktív korban lévő lakosság száma és aránya jelentősen csökken. Míg az idősek arányának számottevő növekedése feltételezhető; arányuk akár az össznépesség 30%-át is elérheti az előrejelzett időszakban. Mindez a jövőben várhatóan egyre fokozódó nyomást jelent majd, többek közt a gazdaság vagy a szociális ellátórendszerek fenntarthatóságára nézve.

Az országos demográfiai jövőképtől az egyes járások népesedési viszonyai nagymértékben eltérhetnek. Bizonyos térségekben, például a budapesti agglomeráció területén akár hosszabb távon is a népesség számának emelkedését lehet valószínűsíteni, de az ország járásainak nagy része inkább a fogyás mértékében mutathat majd területi különbségeket. A népességváltó tényezők eltérő hatása által érintett térségekben a lakosság jövőbeli demográfiai összetétele jelentősen különbözhet. Egyes járások korszerkezete kedvezőbb maradhat, míg különösen a déli és a nyugati országrészben a népesség gyors elöregedése szembeötlő lehet. Mindemellett egyes megyeszékhelyvárosok térségüknél kedvezőbb tendenciákra számíthatnak a vizsgált demográfiai mutatókat illetően. Az előrevetített demográfiai struktúrák járási különbségei a jövőbeli szociálpolitikai beavatkozások térségi irányait jelölhetik ki, a különböző (társadalmi, szociális, gazdasági, klimatikus stb.) kockázatoknak kitett népességcsoportok súlyának és területi elhelyezkedésének azonosításával.

## Irodalom

- Bálint L., Kovács K. (2015): Halandóság. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 75–94.
- Bálint L., Gödri I. (2015): Belföldi vándorlás. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 171–186.
- Cannan, E. (1895): The probability of a cessation of the growth of population in England and Wales during the next century. *The Economic Journal*, 20., 505–515.
- Földházi E. (2012): A népesség szerkezet és jövője. In: Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2012*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 155–168.
- Földházi E. (2015): A népesség szerkezet és jövője. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 213–226.
- Gödri I. (2015): Nemzetközi vándorlás. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 187–211.

- Hablicsek L. (2007): Néességünk következő évtizedei – különös tekintettel a területi különbségekre. *Demográfia*, 4., 392–429.
- Hablicsek L. (2009): A népesség szerkezete és jövője. In: Monostori J., Óri P., S. Molnár E., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2009*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 133–144.
- Kapitány B., Spéder Zs. (2015): Gyermekvállalás. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 41–56.
- Klosterman, R. E. (1990): *Community Analysis and Planning Techniques*. Rowman & Littlefield Publishers, Savage
- Monostori J. (2015): Öregedés és nyugdíjba vonulás. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 115–134.
- O’Neill, B. C., Balk, D., Brickman, M., Ezra, M. (2001): A guide to global population projections. *Demographic Research*, 4., 203–208.
- Smith, S. K., Tayman, J., Swanson, J. A. (2013): *A practitioner’s guide to state and local population projections*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London (The Springer Series on Demographic Methods and Population Analysis; 37.)
- Williams, E. S., Dinsdale, H., Eayres, D., Tahzib, F. (2005): *Technical Report. Calculating Life Expectancy in small areas. Life Expectancy Report 2005*. SEPHO, Oxford

### **Adatforrások elérhetősége**

KSH Népszámlálás: <http://www.ksh.hu/nepszamlalas/?langcode=hu>

KSH T-STAR: <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/haDetails.jsp?query=kshquery&lang=hu>

KSH Tájékoztatói Adatbázis: <http://statinfo.ksh.hu/Statinfo/themeSelector.jsp?&lang=hu>

TeIR: <https://www.teir.hu/>

OEFI halálzási adatbázis: <http://www.oefi.hu/halalozas/>

EUROPOP 2013: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-projections-/database> <http://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-projections-data>



# A magyarországi népesség „status quo” morbiditási és mortalitási jövőképe 2016 és 2051 között

*Király Gábor*

## **Bevezetés**

A társadalmi és gazdasági jelenségek gyakorlati kutatásában a vizsgálati fókusz általában egy adott problémakör vagy helyzetkép jelenlegi viszonyrendszerének feltárásán van. Ezt sokszor kiegészítik olyan megalapozó vizsgálatok, amelyek múltbéli folyamatok értékelésével járulnak hozzá a kialakult állapotok megértéséhez. A korábbi tendenciák a fennálló viszonyok okainak magyarázatában is szerepet kapnak, azonosítva az adott helyzet kialakulásához vezető összefüggéseket. Egy bizonyos időben és helyen jelentkező társadalmi vagy gazdasági problémák és hiányosságok feltárása, az ezekkel összefüggő okok megértése fontos eleme annak, hogy a jövőben várható folyamatokról releváns megállapításokat tegyünk. Tervezési szempontból nézve erre a kutatói folyamatra alapozva alakítható ki egy körülhatárolt jövőkép, és határozhatók meg azok a stratégiai lépések, amelyek az ehhez vezető célok elérését szolgálják.

A magyarországi népesség „status quo” morbiditás és mortalitás modelljeivel arra tettünk kísérletet, hogy az extrém hőség esetén kiemelkedően veszélyeztetett társadalmi csoportok nagyságát megbecsüljük. Az ehhez felépített modellek kísérleti megoldások az adott betegségek és halálozási okok által érintett népesség arányának megbecsülésére a várható demográfiai változások ismeretében. A fejezetben először röviden bemutatjuk a nemzetközi és hazai környezet-egészségügyi kutatások eredményeit, különös tekintettel a klímaváltozás Magyarországon is releváns egészségügyi hatásaira. Ezután bemutatjuk a „status quo” morbiditás- és mortalitásmodellt és az alapjául szolgáló országos demográfiai modellt, a bemeneti adatok forrásának megjelölésével. Végül pedig áttekintjük a modellszámítások eredményeit és néhány javaslattal zárjuk a fejezetet.

### **A klímaváltozás várható egészségügyi hatásai Magyarországon**

A Kormányközi Panel a Klímaváltozásról (IPCC) legutóbbi jelentésében külön fejezet foglalkozik a klímaváltozás és az emberi egészség közötti összefüggések bemutatásával (Smith et al. 2014). A jelentés átfogó képet ad a vonatkozó kutatások eredményeiről, kiemelten hangsúlyozva a már bizonyított hatásokat, a lehetséges jövőbeli változásokat és az adaptációs lehetőségeket. A szerzők a klímaváltozás egészségre gyakorolt hatásait három fő csoportba osztották. Direkt hatások között említik az extrém időjárási viszonyokat (hőhullám, vihar) – ezek közvetlenül hatnak az emberi egészségre. Indirekt hatások esetében már közvetítő rendszereken keresztül kerülhet veszélybe az emberi egészség. Erre példa a felmelegedés miatt egyes fertőző betegségeket terjesztő rovarok (szúnyogok és kullancsok) vagy allergéneket termelő növények életterében történő változás, amely ezzel párhuzamosan megnövelheti a veszélyeztetett népesség számát. Harmadik típusú hatásként kezelik azokat, amelyek gazdasági vagy társadalmi zavarok mentén erősítik fel a klímaváltozás hatásait, mint például az alultápláltság, a mentális stressz vagy a munkahelyi egészség (Smith et al. 2014).

A hazai környezet-egészségügyi kutatások már eddig is alapos és részletes eredményekkel gazdagították tudásunkat a klímaváltozás Magyarországon várható egészségügyi hatásairól. A témát kimerítően feldolgozta a VAHAVA-jelentés is, amely felhívta a figyelmet arra, hogy Magyarországon számolni kell a jövőben az extrém hőség egészségkárosító hatásának növekedésével, egyes fertőző betegségek (Lyme-kór, kullancsencephalitis) gyakoriságának emelkedésével, allergén növények pollinációjának megváltozásával és az erősödő UVB sugárzással kapcsolatba hozható bőrrákos esetek számának emelkedésével (Láng, Csete, Jolánkai 2007). Ennél is részletesebb képet kaphatunk Páldy Anna és Bobvos János több mint tízéves múltra visszatekintő környezet-egészségügyi kutatásaiból, amelyek egyik legfontosabb területe a hőhullámok egészségügyi hatásainak vizsgálata. Eredményeik egyértelműen bizonyítják a kapcsolatot az extrém meleg időjárás és a többlethalalozás között és kiemelik, hogy egyes társadalmi csoportok kifejezetten veszélyeztetettek a hőségnapok alatt. Ezek a csoportok a csecsemőkorúak, a legidősebb korosztályok, illetve a keringést, légzést és emésztést érintő krónikus betegségekben szenvedők (Páldy, Bobvos 2014). Mindezeket figyelembe véve egy olyan modell elkészítése mellett döntöttünk, amely kísérletet tesz ezen csoportok jövőbeli nagyságának megbecslésére, kiemelve a szóban forgó betegségek prevalenciáját és a hozzájuk kapcsolódó halálzási gyakoriságokat 2051-ig.

### **Az országos demográfiai modell és a „status quo” morbiditás- és mortalitásmodellek felépítése**

Az országos demográfiai modell és a „status quo” morbiditás és mortalitás modellek elkészítéséhez a Stella Professional modellező programot használtuk. A fejezetnek ebben a részében röviden bemutatjuk a programot, majd a modellek felépítésének folyamatát vesszük végig.

A Stella Professional egy olyan interaktív eszköz, amely jelentősen leegyszerűsíti a komplex rendszerek modellezését és szimulációját. A program nagy előnye, hogy a modelleket könnyen kezelhető ikon alapú grafikus felületen lehet megtervezni, adatokkal feltölteni, majd matematikai összefüggésekkel kapcsolatot teremteni a modell elemei között. Az elkészült modellek paramétereit, kapcsolódásait és függvényeit tetszés szerint változtathatók, hogy a lehető legtöbb szcenárió szimulálásával végül a célnak megfelelő eredményt kapjuk. A program lehetővé teszi a legkülönbözőbb komplex rendszerek modellezését, legyen szó akár teljes ökoszisztémák populáció- és erőforrás-dinamikáinak vizsgálatáról, biológiai vagy kémiai folyamatok szimulációjáról, vagy társadalmi és gazdasági mechanizmusok szimulálásáról.

A szoftver használatát az egyszerű kezelhetősége mellett elsősorban az indokolta, hogy számos olyan alkalmazását ismertük korábbról, amelyekben népességváltás-előreszámítás is részét képezte a modellezési feladatnak. Talán a legismertebb ezek közül a *Növekedés határai: harminc év múltán* (Meadows et al. 2005) című munka, amely a harminc évvel korábban megjelent könyv (Meadows et al. 1972) fejlődésszenárióinak újraszámolt és frissített verzióit tartalmazza. Ezen kívül is számos példát találtunk a program használatára demográfiai modellezés kapcsán (An et al. 2001; Constanza, Voionov 2001; Gamito et al. 2010; Walters 2001).

A modellezés négy alapvető elemből épül fel. Első a tartály (stock), amelyben megadhatjuk adott változók kezdeti mennyiségét. Második a pumpa (flow), amely a tartállyal összeköti vagy bevezet oda, vagy kivezet onnan mennyiséget. A pumpa működéséhez matematikai összefüggésre van szükség. Egy alapmodell felépítéséhez szükségünk van még konstansokra (converter) is, amelyek tartalmazhatnak állandó és változó értékeket is. A modell elemeit információs nyilak kapcsolják össze aszerint, hogy a matematikai összefüggésekhez mely elemekre van szükségünk.

A Stella szoftvert a projektben a népesség-előreszámítás elkészítéséhez alkalmaztuk. Az elkészült Stella-modell tartalmazza a kohorszkomponens-módszer (Tagai 2015) működésének megfelelő, vagyis nemekre bontott öt éves korcsoportok változásának szimulációját országos szinten a 2051-es évig. Fontos megjegyezni, hogy a modellhez szükséges bemeneti adatokat a területi modellezés eredményeiből, azokat országos szintre aggregálva kaptuk meg (vö. Tagai 2015). Ez elsősorban a korcsoport-specifikus születési ráták, a korcsoport-specifikus halálozási ráták és a migrációs egyenleg 2051-ig futtatott trendjeinek aggregálását és átvételét jelentette. A kiinduló korcsoport-specifikus népességszámokhoz a területi modellezéshez hasonlóan a KSH Tájékoztatói Adatbázison keresztül fértünk hozzá. A népességet nemek szerint öt éves korcsoportokra bontottuk, majd ezeket láncba fűzve építettük fel grafikusan a népesség korszerkezetét.

Az alapmodell bemeneti adataihoz a területi modell 175 járásra és Budapestre kiszámolt adatait összesítettük, amivel sikerült létrehozni egy olyan modellt, amely a teljes országos népesség demográfiai jövőképéről tartalmazott információkat. A területi modellből három bemeneti adatnak készítettük el az országos összesítését:

a kiinduló népességszám (2011-es népszámlálás alapján) nemekre és korcsoportokra bontva, a termékeny korú nők nyolc korcsoportjának születési rátája, illetve a nemekre és korcsoportokra bontott halálozási ráták kerültek az országos modellbe.

A kétszer tizenkilenc korcsoport összefűzésével megkaptuk a férfi és női népesség alap korszerkezetét, ezeket férfi népesség és női népesség szektorokba rendeztük. A láncok bemeneti oldalát a születések száma adja, amelyet a szülőképes nők korcsoportjaihoz (10–49 éves) kötött korcsoport-specifikus születési ráták határoznak meg. Ezek a változók konstansként kerültek a modellbe, de fontos megjegyezni, hogy értékük trendszerűen változik, az alapbecslés számításai szerint. Az évenkénti összes születésszám felét a férfi, felét a női korcsoport láncának bemenetéhez vezettük, így biztosítva, hogy a láncban folyamatos legyen az újszülöttek megjelenése.

A korcsoportlánc fontos részét képezi az öregedés funkció, hiszen ez biztosítja, hogy az újszülöttek korcsoportról korcsoportra végigvándoroljanak a láncon. Ennek biztosítására a korcsoportok között olyan kapcsolatot hoztunk létre, amely minden évben az adott korcsoport ötödét engedi át a következő korcsoportba. Ez a mechanizmus azon a feltételezésen alapszik, miszerint az ötéves korcsoportok egyenlő arányban tartalmaznak embereket mind az öt életévből, vagyis arányosan a korcsoport ötöde „öregszik ki” minden évben. Ez a mechanizmus szimulálja tehát a kohorszkomponensben használt túlélési ráta alkalmazását.

A halálozásokat illetően szintén volt lehetőségünk korcsoport-specifikus adatokkal dolgozni. A modellben ehhez a lecsapolássablont (drainage template) alkalmaztuk (Richmond 2013). Ennek lényege, hogy a korcsoportokból nemcsak az öregedés miatt van „kifolyás”, hanem az elhalálozások miatt is. A korcsoport-specifikus halálozási rátákat az Eurostat népesség-előreszámításából (EUROPOP 2013) emeltük át a modellbe és a születési rátákhoz hasonlóan konstansként építettük be, habár értékük ebben az esetben is trendszerűen változó. Ennek megfelelően minden korcsoport egyéni halálozási trend szerint veszít a népességéből minden évben.

Fontos megjegyezni, hogy a migrációs egyenleg a modellben csak abszolút számokkal jelenik meg. Ez azt jelenti, hogy sem nemre, sem korcsoportra nincsen szétbontva a vándorlási egyenleg, hanem abszolút számként, a teljes lakosság számához adjuk hozzá minden évben. A modell alapszerkezetét ez nem befolyásolja, hiszen nem módosítja a korcsoportos arányokat, születési és halálozási trendeket, csak a teljes népességszámot pontosítja.

A modell alapszerkezetének felépítése és a kapcsolódási pontok kalibrálása után létrejött rendszerbe tehát kétszer tizenkilenc korcsoporttartály (stock), kettő születési, kétszer tizenhét öregedési és kétszer tizenkilenc halálózás-pumpa (flow), illetve nyolc születési ráta, kétszer tizenkilenc halálozási ráta és egy migrációs konstans (converter) épült be. Ahhoz, hogy a modell elemeit összesíteni tudjuk – szem előtt tartva, hogy a szerkezet követhető és érthető maradjon –, a program szellem (ghost) funkcióját használtuk. Ezzel adott modell elemeit anélkül tudjuk duplikálni és máshol is elhelyezni, hogy a modellben betöltött szerepén változtatnánk. Ennek

segítségével létrehoztuk a „Korcsoportok”, a „Teljes népesség”, az „Összes születés” és az „Összes halálozás” szektorokat. Azon túl, hogy ezek az aggregált változók (pl. 0–14 évesek száma vagy férfiak halálozási száma) szükségesek a modell részeredményeinek interpretálásához, elengedhetetlenek voltak később a demográfiai mutatók kiszámításához, illetve a mortalitás- és morbiditásbecslések elkészítéséhez is.

A „status quo” morbiditás- és mortalitásmodellek célja morbiditási és mortalitási jellemzők előreszámítása volt, amelynek a hátterét, ahogy korábban már bemutatuk, a klímaváltozás és az emberi egészség közötti kapcsolat adja. Ennek érdekében a modellt két további szektorral egészítettük ki. A morbiditás- és mortalitásszektorban úgy egészítettük ki a modellt, hogy az alapmodell mechanizmusaira építve tudjunk becslést készíteni a népesség morbiditási és mortalitási jellemzőiről, kiemelve azokat, amelyek összefüggésbe hozhatók a hóhullámokkal. A morbiditás esetében öt betegségfőcsoportot hoztunk létre: magas vérnyomás, szív- és érrendszeri betegségek,<sup>1</sup> légzőszervi betegségek,<sup>2</sup> cukorbetegség és veseelégtelenség. Az öt betegségfőcsoport-hoz tartozó korcsoport-specifikus statisztikákhoz a KSH Tájékoztatási Adatbázisán keresztül volt hozzáférésünk. A halálozás kapcsán haláloki statisztikákkal dolgoztunk. Itt kiemeltünk négy olyan halálokot, amelyeket olyan betegségek idéznek elő, amelyek az extrém hóhullámokra különösen érzékenyvé teszik a betegeket. A négy haláloka a következő volt: heveny szívizomleállás, egyéb ischaemiás szívbetegség, agyérbetegség és hörghurut, tüdőtágulat vagy asztma. A haláloki statisztikákat a KSH vonatkozó STADAT-tábláiból töltöttük le.

Mind a két esetben ún. „status quo” modellt készítettünk, vagyis a betegségek népességarányát, illetve a halálokok előfordulását konstansként kezeltük. Ezzel olyan szcenáriót tudtunk szimulálni, amelyben azt feltételeztük, hogy a jelenlegi betegség- és halálozási arányok a jövőben nem fognak megváltozni. „Status quo” konstansként a 2009-es, 2011-es és 2013-as évek adatainak átlagait használtuk. A morbiditás esetében a rendelkezésre álló bemeneti adatok lehetővé tették, hogy korcsoport-specifikus átlagokkal dolgozzunk, vagyis a modell külön kezelte a 25–34, a 35–44, a 45–54, az 55–64, a 65–74 és a 75 évesnél idősebbekre vonatkozó morbiditási jellemzőket. A morbiditás „status quo” konstansainak 100 000 főre átszámolt értékeket adtunk meg. A mortalitás esetében a rendelkezésre álló bemeneti adatok csak nemekre bontva adtak információt az egyes halálokok gyakoriságáról, ezért itt a modell külön számolta a férfiakra és nőkre vonatkozó halálokok előfordulási gyakoriságát. Itt „status quo” konstansoknak 10 000 halálesetre átszámolt értékeket adtuk meg.

A modell dinamikáját tehát mindkét esetben az alapmodell mechanizmusai adják. A morbiditási jellemzők becslésénél a korcsoportok népességszám-változása dina-

<sup>1</sup> A szív- és érrendszeri betegségek a következő betegségekből tevődtek össze: átmeneti agyi ischaemiás attackok, rokon szindrómák és agyi érszindrómák; cerebrovaszkuláris betegségek; idült rheumás szívbetegségek; ischaemiás szívbetegségek; cerebrovaszkuláris betegségek és szívbetegségek egyéb fajtái.

<sup>2</sup> A légzőszervi betegségek főcsoport a következő betegségekből tevődött össze: idült alsó légúti betegségek és asztma.

mizálta a szimulációkat, míg a mortalitási jellemzők esetében a nemekre bontott teljes halálozási szám változása. Tehát amennyiben a jelenre vonatkozó morbiditási és mortalitási adatokat a jövőben változatlanoknak tekintjük, úgy a modell számításai alapján meg tudjuk mondani, hányan fognak adott betegségben szenvedni, illetve hányan fognak adott betegséggel összefüggésben meghalni 2051-ben.

Ezekhez a modellekhez két külső adatforrást is igénybe vettünk. A szükséges adatokhoz a 19 éves és idősebb korosztály főbb betegségeinek háziiorvosi nyilvántartásán keresztül volt hozzáféréseink. Ez a nyilvántartás tartalmazza a háziiorvosi és gyermekorvosi praxisokban nyilvántartott megbetegedések számát (összesen 44 betegség, 1999-től 2013-ig terjedő időszakra), nemekre és korcsoportokra bontva. A mortalitásszimuláció esetében a KSH STADAT tábláira támaszkodtunk. Ebben a legfőbb halálokok nemekre bontott hosszú idősoros adatsorai a Népesség és népmozgalmi témacsoporthoz tartoznak és minden olyan halálozást tartalmaznak, amely Magyarország területén vagy magyarországi lakcímmel rendelkező személlyel külföldön történt (összesen nyolc halálok, 1990-től 2014-ig terjedő időszakra).

### **Az eredmények bemutatása, elemzése**

A „status quo” morbiditás- és mortalitásmodellek az alap demográfiai becslés számításaira támaszkodó szimulációkat készítettek. Ezeknek a modelleknek az elkészítésével az volt a célunk, hogy bemutassunk egy olyan kísérletet, amellyel megbecsülhetünk jövőbeli morbiditási és mortalitási trendeket. A modell eredményeinek bemutatásakor fontosnak tartjuk hangsúlyozni, hogy a szimuláció kísérleti jellege miatt az eredmények hasznosíthatóságát inkább a figyelemfelkeltés, mintsem a szakpolitikai döntések alátámasztásának területén tudjuk elképzelni. Ennek ellenére bízunk benne, hogy eredményeinkkel hozzájárulhatunk a klímaváltozással szembeni társadalmi adaptációs kapacitás jövőbeli fejlesztéséhez. A következőkben bemutatjuk, hogy pontosan milyen kimeneti adatokat eredményezett a modellezés, ezután néhány kiemelt példán keresztül elemezzük a kapott eredményeket, végül pedig konklúzióval és néhány javaslattal zárjuk az elemzést.

A „status quo” morbiditás- és mortalitásmodellek szimulációival a hőhullámokra való érzékenység szempontjából kiemelt betegségek és halálozási okok népességen belüli arányának megbecslésére tettünk kísérletet. A morbiditás becslése esetében korcsoportokra bontott prevalenciaadatokat számoltunk a kijelölt időszakra (2016–2051).

A morbiditás- és mortalitásmodellek eredményeinek áttekintése előtt az alap demográfiai becslés alapján a teljes népesség életkori megoszlását mutatjuk be (1. táblázat).

1. táblázat: A teljes népesség korcsoportos megoszlásának változása 2016 és 2051 között

Évszám	0–14 évesek	15–64 évesek	65 éven felüliek
2016	14%	67%	19%
2021	14%	65%	21%
2026	14%	63%	23%
2031	13%	62%	25%
2036	13%	60%	27%
2041	13%	58%	29%
2046	13%	57%	30%
2051	13%	56%	32%

A táblázatból jól látszik a demográfiai öregedés folyamata, vagyis az időskorúak arányának növekedése, illetve a középkorosztály és a legfiatalabbak arányának csökkenése. A hóhullámokkal szembeni érzékenység szempontjából ez az adat rendkívül fontos, hiszen éppen azoknak az aránya fog megnőni, akik a legérzékenyebbek az extrém hőségre.

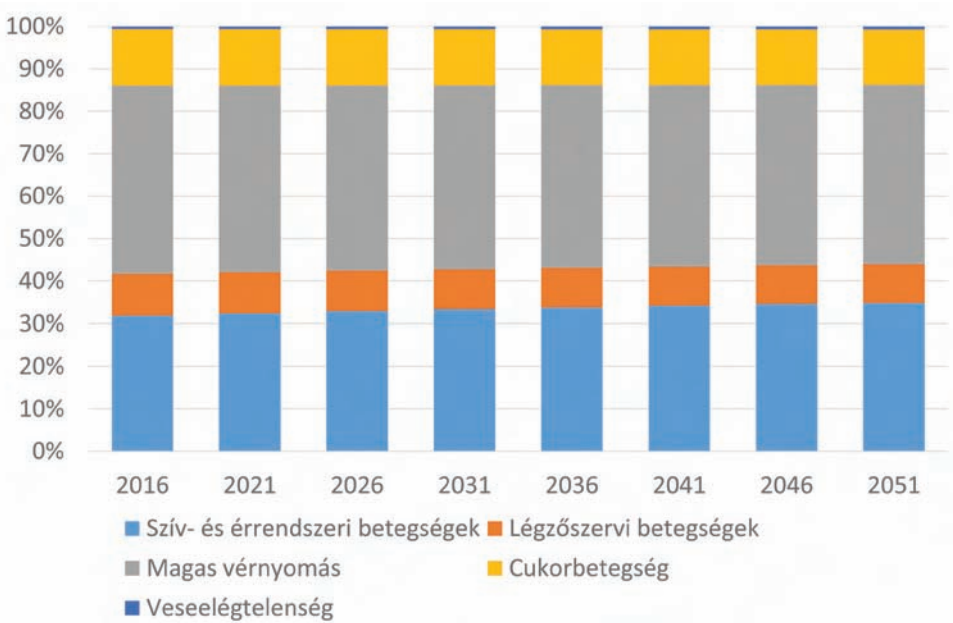
Az eredmények elemzését a morbiditási adatokkal folytatjuk. Az eredmények bemutatása előtt fontos lehet újra hangsúlyozni, hogy mind a két modell az alap demográfiai becslésből átvett korcsoportos népességszám-változás dinamikájára épül, aminek azaz eredménye, hogy az összes modellezett betegség és halálok trendjében ugyanolyan irányú és mértékű elmozdulást láthatunk, a különbségeket a jelenre jellemző népességarányok adják. Az 1. ábra összesítve mutatja a betegségcsoportok által érintettek arányát a teljes népességben. Figyelembe véve, hogy a betegségek népességarányait konstansként használtuk a modellben, a teljes népességre számított arányok nem változtak a jelenhez képest, vagyis az öt betegségcsoport gyakorisági sorrendje ugyanaz maradt.

Ahogy az ábrán is látható, a veseelégtelenségben szenvedők száma lesz a legalacsonyabb, a teljes népességnek nem egészen 1%-át fogja érinteni ez a betegség. A légzőszervi betegségek és a cukorbetegség prevalenciáját közel azonosnak mutatja a modellünk, előbbi 6,67%-ról 8,27%-ra fog nőni, utóbbi 9,03%-ról 11,90%-ra. Mindez azt jelenti, hogy légzőszervi betegségekkel közel 700 ezer, cukorbetegséggel pedig majdnem egymillió ember fog küzdeni Magyarországon 2051-re (a „status quo” forgatókönyv szerint). Népegységárányosan a legsúlyosabb problémát a jövőben is a szív- és érrendszeri betegségek, illetve a magas vérnyomás fogja jelenteni. Előbbi esetében 2,7 millió beteggel, utóbbi esetében pedig 3,2 millió beteggel lehet számolni a jövő közegészségügyi ellátórendszerének. A fejezet következő részében áttekintjük annak a három betegségcsoportnak a korcsoportokra bontott népességarányait, amelyek prevalenciáját modellünk a legmagasabbnak határozta meg.

Elsőként a cukorbetegséggel foglalkozunk, ezzel kapcsolatos számításainkat a 2. ábra szemlélteti. A cukorbetegségben szenvedők érzékenységét a magas környe-

zeti hőmérsékletre a korai elhalálozással és szövődmények kialakulásával lehet összefüggésbe hozni. Modellünk számításai szerint az összes cukorbetegségben szenvedő a század közepére meghaladja majd az egymillió főt, vagyis minden nyolcadik embernek lesznek problémái ezzel a betegséggel. Az ábra remekül szemlélteti, hogy a demográfiai öregedés miatt ebben a betegségben a legidősebbek száma fog a legdrasztikusabban megnőni. Modellünk szerint 368 ezer diabetezzel diagnosztizált 75 éven felülivel lehet számolni a század közepére. Valamelyest növekedni fog az eggyel fiatalabb korosztály számaránya is, 264 ezerről 292 ezerre. A fiatalabb korosztályok esetében csökkenéssel vagy stagnáláshoz közeli csökkenéssel lehet számolni.

1. ábra: Az öt betegségcsoport népességaránya a teljes népességben

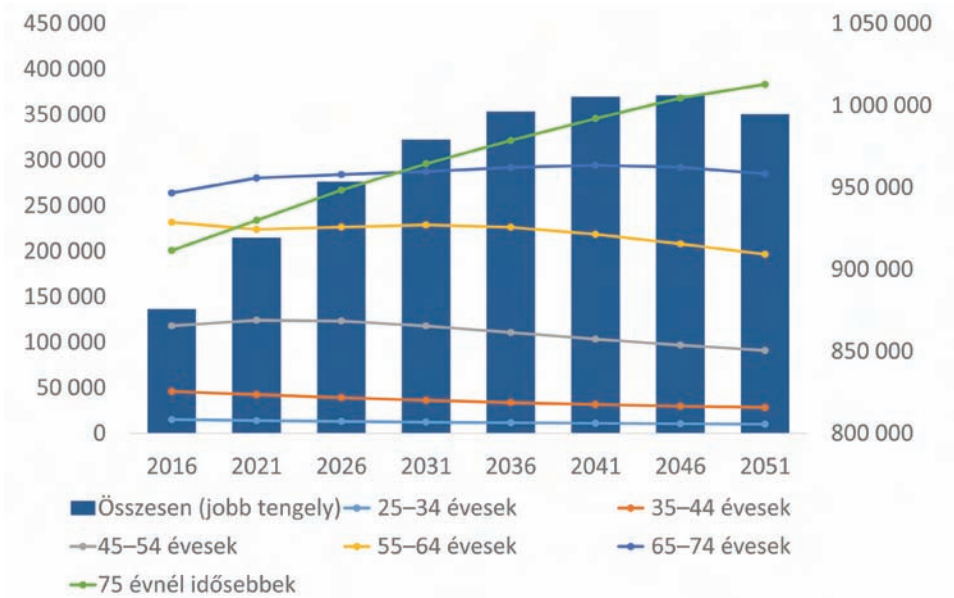


A következő betegségcsoport, amellyel kiemelten foglalkozunk, a szív- és érrendszeri betegségeket tartalmazza. Ennek a betegségcsoportnak a korcsoportos megoszlását a 3. ábrán lehet nyomon követni. (Korábban említettük, hogy ezt a betegségcsoportot négy, keringési rendszert érintő betegségből alkottuk meg.) A össz-számot figyelembe véve azt látjuk, hogy az említett betegségekben érintettek száma 2051-ig közel félmillió fővel fog növekedni. Modellünk eredményei alapján itt az öregkorúak arányának növekedésével lehet a legvalószínűbben számolni. Számszerűen ez azt jelenti, hogy a szív- és érrendszer betegségekkel élő 75 éven felüliek száma 2016 és 2051 között közel a duplájára fog növekedni. A legjelentősebb visszaesést a 35–44 évesek kohorszában mutatta ki a modell: az ő esetükben 38%-kal fog csökkenni az ebben a betegségcsoportban érintettek száma a következő évtizedekben. A modell

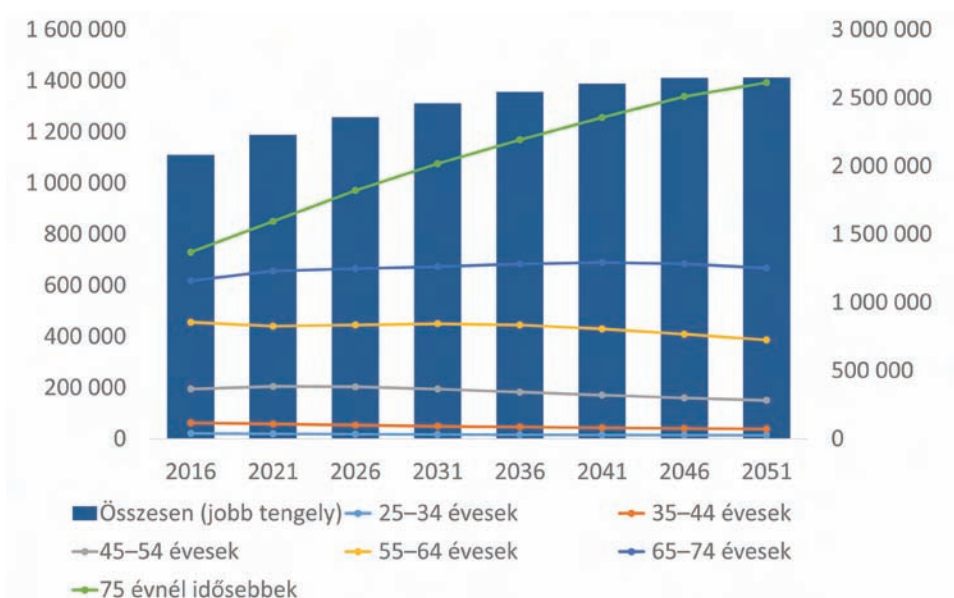


szerint harmadával lesz kevesebb keringési betegségben szenvedő az eggyel fiatalabb korcsoportban, számuk közel 20 ezerről 14 ezerre mérsékelődik. A 45–54 évesek esetében 22%-os, az 55–64 évesek esetében 15%-os csökkenést, míg a 65–74 évesek körében enyhe növekedést látunk.

2. ábra: Cukorbetegségben szenvedők korcsoportos népességaránya 2016 és 2051 között

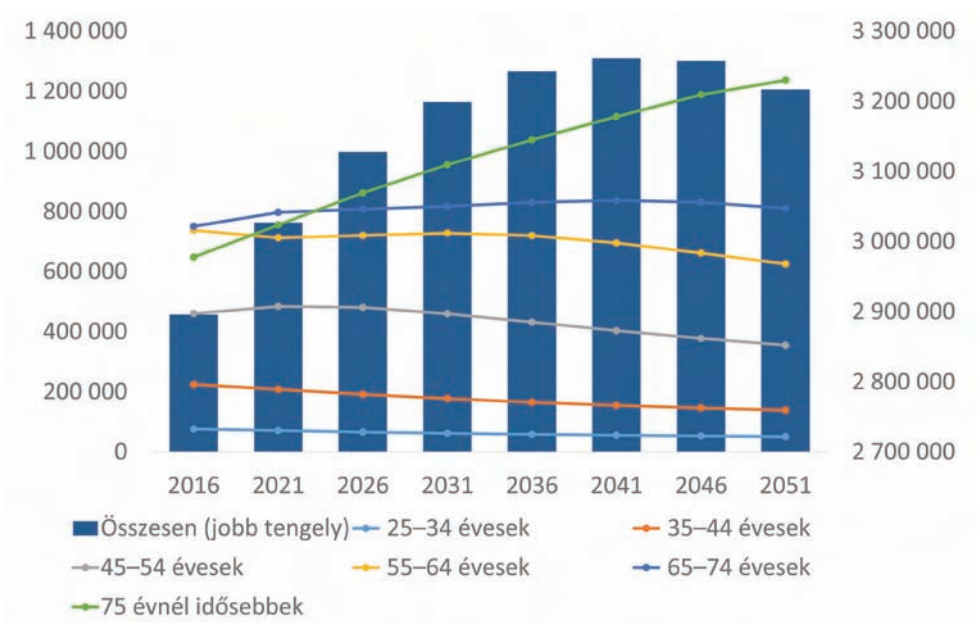


3. ábra: Szív- és érrendszeri betegségekben szenvedők korcsoportos népességaránya 2016 és 2051 között



A magas vérnyomás korcsoportokra bontott népességarányának bemutatásával zárjuk a morbiditásmodell eredményeinek elemzését. A magas vérnyomás 2051-re 3,2 millió embernél is többnek okozhat majd egészségügyi gondokat. Eredményeink korcsoportos bontásban az előző esetekhez hasonló képet mutatnak, azzal a különbséggel, hogy itt a jelenre jellemző korcsoportos népességarányok jelentősen átrendeződnek a jövőben. Míg ma az 55–64 évesek és a 65–74 évesek közül kerül ki a legtöbb magas vérnyomásos beteg, a jövőben itt is a legidősebbek számának drasztikus növekedésével számolhatunk.

4. ábra: Magas vérnyomásban szenvedők korcsoportos népességaránya 2016 és 2051 között



A „status quo” mortalitási jövőkép eredményeit a 2. táblázat foglalja össze. Tekintetbe véve, hogy a modell a jelenre jellemző haláloki népességarányokat vetíti ki 2051-ig, úgy, hogy a szimulációk dinamikáját a halálozási szám évenkénti változása adja, értelemszerűen minden esetben ugyanazt a trendet figyelhetjük meg: enyhe növekedés a férfiak és enyhe csökkenés a nők halálozási számában. Összesítve azt látjuk, hogy a férfiak esetében közel 21 ezer, míg a hölgyek esetében körülbelül 26 ezer hőhullám-érzékenység miatti halálozással lehet számolni a század közepére.

2. táblázat: A négy kiemelt halálok száma 2016 és 2051 között

Évszám	Heveny szívizom-elhalás		Egyéb ischaemiás szívbetegség		Agyér-betegség		Hörghurut, tüdőtágulat és asztma		Összes hőhullám-érzékeny halálozás	
	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők	Férfiak	Nők
2016	2 277	3 108	6 329	14 687	3 306	7 672	1 600	2 158	13 512	27 625
2021	2 566	3 094	7 132	14 624	3 726	7 639	1 804	2 149	15 228	27 507
2026	2 815	3 050	7 826	14 413	4 088	7 529	1 979	2 118	16 708	27 109
2031	3 012	2 998	8 373	14 169	4 374	7 401	2 117	2 082	17 877	26 651
2036	3 149	2 930	8 752	13 846	4 572	7 233	2 213	2 035	18 686	26 043
2041	3 244	2 861	9 018	13 520	4 711	7 062	2 280	1 987	19 254	25 429
2046	3 445	2 916	9 576	13 779	5 002	7 198	2 421	2 025	20 445	25 918
2051	3 525	2 880	9 797	13 612	5 118	7 110	2 477	2 001	20 917	25 604

### Konklúzió és javaslatok

A „status quo” morbiditás- és mortalitásmodelljeink eredményeinek értékelésekor fontosnak tartjuk hangsúlyozni azok felhasználhatóságának korlátait. A modell egy olyan jövőképet vázolt fel, amely nem számol az egészségügyi ellátórendszer teljesítőképességének javulásával, nem számít életmódbeli és életviteli szokások jelentős javulásával, illetve nem feltételez előrelépést a kiemelt betegségek gyógyíthatóságában. Könnyen belátható, hogy a három feltétel között lesznek olyanok, amelyeknek jó eséllyel az ellenkezője fog bekövetkezni, ami a várható morbiditási és mortalitási trendeket értelemszerűen pozitív irányba fogja módosítani. Ennek értelmében eredményeink validitását a várható betegségi és haláloki népességarányok maximumaként lehet értelmezni, feltételezve, hogy a jövő egészségügyi ellátórendszerének valószínűleg nem kell majd ennél magasabb esetszámmal terveznie. Ugyanakkor egy ilyen számítás támpontot adhat a kapcsolódó ellátórendszerek jövőbeli kapacitás-tervezéséhez, még akkor is, ha elsősorban a figyelemfelkeltés eszköze lehet. Nem mellékesen a demográfiai előrejelzésből megismert területi életkori megoszlásokkal (vö. Tagai 2015) lehetőség nyílhat arra is, hogy a jövőben pontosabb becslések készüljenek az extrém hőhullámok egészségügyi hatásairól.

A részletes és pontos szakpolitikai javaslatok megtétele meghaladta ennek a kutatásnak a kereteit, néhány dolog azonban az eredményeinkből is egyértelműen megállapítható. A jövő egészségügyi ellátórendszerének kapacitás-tervezésekor nem lehet majd figyelmen kívül hagyni az időskorúak számának jelentős növekedését, ahogyan azt sem, hogy hőhullámok idején ellátásuk kiemelt figyelmet igényel, különösen a krónikus betegségekben szenvedők esetében. Különösen fontossá válik ez ott, ahol időskorúak jellemzően egyedül, elszigetelten élnek, ezért ilyen esetekben a helyi ellátórendszereket kell felkészíteni arra, hogy számukra megfelelő gondos-

kodást és felügyeletet biztosítsanak. Foglalkozni kell a már meglévő közegészségügyi és szociális intézmények megfelelő hűtési kapacitásának megteremtésével, új fejlesztések esetében pedig tervezési szemponttá kell válnia az épületek megfelelő hőellenálló képességének. Nem mellékes, hogy a hőhullámok során jelentkező egészségügyi problémák és hirtelen halálozások közötti összefüggéseket figyelemfelkeltő kampányokban volna szükséges tudatosítani a lakosságban, nem beszélve az olyan preventív jelelő tanácsokról, mint a megfelelő mennyiségű folyadékbevitel és a legforróbb napszakokban a kintlét elkerülése. Ezek a javaslatok csak kiragadott példák, hiszen számos egyéb területen szükséges lesz a jövőben a klímaváltozás várható egészségügyi hatásaira való felkészülés.

### Irodalom

- An, L., Liu, J., Ouyang, Z., Linderman, M., Zhou, S., Zhang H. (2001): Simulating demographic and socioeconomic processes on household level and implications for giant panda habitats. *Ecological Modelling*, 1–2., 31–49.
- Constanza, R., Voinov, A. (2001): Modeling ecological and economic systems with STELLA: Part III. *Ecological Modelling*, 1–2., 1–7.
- Gamito, S., Chainho, P., Costa, J. L., Medeiros, J. P., Costa, M. J., Marques, J. C. (2010): Modelling the effects of extreme events on the dynamics of the amphipod *Corophium orientale*. *Ecological Modelling*, 3., 459–466.
- Láng I. Csete L., Jolánkai M. (szerk.) (2007): *A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés.* Szaktudás Kiadó Ház, Budapest
- Meadows, D., Randers, J., Meadows, D. (2005): *A növekedés határai: harminc év múltán.* Kossuth Kiadó, Budapest
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W. W. III (1972): *Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind.* Universe Books, New York
- Páldy, A., Bobvos, J. (2014): Health impacts of climate change in Hungary – a review of results and possibilities to help adaptation. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 1–2., 51–67.
- Richmond, B. (2013): *An introduction to systems thinking.* Isee Systems
- Smith, K. R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D. D., Honda, Y., Liu, Q., Olwoch, J. M., Revich, B., Sauerborn, R. (2014): Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E., Chatterjee, M., Ebi, K. L., Estrada, Y. O., Genova, R. C., Girma, B., Kissel, E. S., Levy, A. N., MacCracken, S., Mastrandrea, P. R., White, L. L. (eds.): *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects.* Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 709–754.
- Tagai G. (2015): *Járás néesség-előreszámítás 2051-ig.* Jelen kötetben.
- Walters, S. (2001): Landscape pattern and productivity effects on source-sink dynamics of deer populations. *Ecological Modelling*, 1–2., 17–32.

# A deprivációs folyamatok területi képe Magyarországon

*Koós Bálint*

## **Bevezetés**

A klímaváltozás kutatásának óriási irodalma van, az egyre több adaton alapuló, egyre szofisztikáltabb modellek alkalmazása révén a természettudományok mind részletesebb képet nyújtanak a változás irányáról, mértékéről, a várható környezeti hatásokról. Annak feltárása, hogy az átlaghőmérséklet néhány fokok emelkedése mely területeken, milyen irányú változással jár majd a természeti környezetre, meglehetősen biztosan előre jelezhető, ugyanakkor a politikai döntéshozók s a társadalom széles körei számára sokkal fontosabb, hogy az érintett emberi közösségek számára mit jelent vagy jelenthet ez az intenzív környezeti változás. A klímaváltozás társadalmi hatásainak feltárása területén a vizsgálatok meglehetősen limitáltak s néhány területre – különösen migrációra és gazdasági hatásokra – koncentrálnak, ugyanakkor figyelmen kívül hagyják a szociális szempontokat (bővebben lásd Ciscar 2011; Kulcsár 2013; Lever-Tracy 2010).

A tudományos igényű kutatások, vizsgálatok csupán az utóbbi években kezdődtek meg annak feltárására, hogy szociális aspektusból a jövőben a klímaváltozásnak milyen hatásai lehetnek (Hallegatte et al. 2014). A nemzetközi szervezetek – így az ENSZ és a Világbank – is még csak körvonalazzák a tématerületet, elsősorban mint a fejlődő országok szegénység elleni küzdelmének sikerességét befolyásoló, hátráltató tényezőt. A fejlett világ országaiban ugyanakkor kisebb figyelem övezi a klímaváltozás lehetséges szociális hatásainak feltárását, talán abból a közkeletű hiedelemből kiindulva, hogy a jóléti társadalmak rendelkeznek az adaptációhoz szükséges anyagi javakkal, tudással. A leegyszerűsítés e téren is félrevezető, ugyanis nem veszi figyelembe a javak eloszlásának kérdését – a társadalom szegényei számára ugyanis az alkalmazkodás lehetősége korántsem automatikusan biztosított. A klímaváltozás inkább egy olyan új fenyegetésnek tekinthető, amely a szegénység új dimenzióit nyitja meg. Jelen írás célja annak felvillantása, hogy a szegénység területiségének alakulásában középtávon milyen folyamatok valószínűsíthetőek, tekintetbe véve a klímaváltozás várható hatásait.

## **A klímaváltozás és szegénység kapcsolata – az elmélet tükrében**

A klímaváltozás lehetséges társadalmi hatásainak feltárása csupán az utóbbi években indult meg, nem lehet még széles körben elfogadott álláspontokról beszámolni, jelenleg inkább még csak a probléma felismeréséről (Lever-Tracy 2010), illetve az elméleti keretek meghatározásáról (Hallegatte et al. 2014) adhatunk számot. A Hallegatte és munkatársai (2014) által kidolgozott elméleti keret (Hallegatte et al. 2014) négy fő csatornát, az árakat és a fogyasztást; a tőkét; a termelést; valamint a lehetőségeket különböztetik meg, amelyen keresztül a klímaváltozás hatással lehet a társadalom tagjaira, így a szegénységben élőkre is.

### **Árak és fogyasztás**

A klímaváltozás, illetve az ezzel összefüggésbe hozható extrém időjárási események a gazdasági folyamatokra összességében költségnövelő tényezőként hatnak. A klímaváltozás által kikényszerített alkalmazkodás önmagában növeli a termelési költségeket: pótlólagos beruházási kényszer, termelési kockázat növekedése, biztosítási felár révén (Mills 2009), negatívan hatva ezzel a jövedelmi szegények pozíciójára. A mezőgazdaság esetében ugyanakkor a termelés csökkenése valószínűsíthető (Deryng, Sacks, Barford, Ramankutty 2009), ami pedig az élelmiszerárak emelkedéséhez vezet (Nelson et al. 2009). Ez egyrészt nagy létszámú társadalmi csoportokat szorít a szegénységi küszöb alá, illetve növeli az extrém szegénység által sújtottak számát. Az energiaárak valószínűsíthető emelkedése (a CO<sub>2</sub>-semleges energia-előállítás jelenlegi magasabb árából kiindulva) az energiaszegénység fokozódásához vezet, ahol új elemként nem fűtési, hanem egyre inkább a hűtési szükséglet kielégítetlensége jelent majd problémát.

### **Tőke**

A klímaváltozás és az azzal együtt járó extrém időjárási események azzal fenyegetnek, hogy a tőkével<sup>1</sup> legkevésbé ellátott társadalmi csoport, a strukturális szegénység által sújtottak helyzete tovább romlik. Ők azok akik a legkevésbé képesek a klímaváltozás miatt szükségessé váló alkalmazkodásra, így meglévő eszközeik (pl. lakás, földtulajdon) is leértékelődnek. Ez a leértékelődés azt is jelenti, hogy a szegények nem csupán még szegényebbek lesznek, hanem új csoportok kerülhetnek a szegénységi küszöb alá. Az extrém időjárási jelenségek (árvizek, szél- és viharok stb.) gyakoribbá válása további erőteljes fenyegetést is jelent a tőkeszegény társadalmi rétegek számára, hiszen féltő, hogy egy természeti csapásban elveszítik javaikat, s pótlásukra önerőből képtelenek lesznek, így szegény státuszuk tartóssá válik. A fizikai (megtettesült) tőke mellett fontos elem a humán tőke veszélyeztetettsége, hiszen az egészségi állapot időszakos vagy krónikus leromlása s a munkaképesség ezzel járó elvesztése az egyik legfontosabb szegénységi tényező. A klímaváltozás révén új

<sup>1</sup> Tőkét itt széles értelemben használva, azaz ide értve mind a fizikai, pénzügyi, társadalmi, kulturális, humántőkét.

(trópusi) betegségek terjedhetnek el, amelyek ellen a társadalom egyes csoportjai nem azonos mértékben lesznek képesek védekezni (vö. Király 2015).

### ***Termelés, termelékenység***

A klímaváltozás hatására várhatóan csökken a mezőgazdasági termés mennyisége (a kiesés globálisan 17%-ra becsülhető 2050-ben – Nelson et al. 2013), ami a képzetlen munkaerő kínálatának rugalmatlansága miatt várhatóan a bérek csökkenése irányába hat. A hosszú távú tendencia mellett fontos rámutatni a szezonális hatásokra, egy-egy extrém időjárás esemény komoly kihatással lehet a mezőgazdaság (pl. aszály), illetve a turizmus (hőhullámok) munkaerő-keresletére, ami az érintett ágazatokban foglalkoztatottak jövedelmi helyzetét fogja rontani. Különösen kedvezőtlen helyzetbe kerülhetnek a legkiszolgáltatottabbak, a szezonális foglalkoztatottak.

A gazdaság többi szektorában a klímaváltozás hatása nem becsülhető, jelenleg a legközvetlenebb általános kapcsolatot a hőmérséklet emelkedésével együtt járó termelékenység csökkenése jelenti, azaz a munkahelyi hőmérséklet emelkedésével csökken a munkások teljesítménye (Kjellstrom et al. 2014). Klimatizálással ez a hatás kiküszöbölhető, ugyanakkor ennek korlátot szab az energiaárak valószínűsíthető emelkedése, amely összességében várhatóan a jövedelmek csökkenése irányába mutat.

### ***Lehetőségek***

A klímaváltozás nem csupán fenyegetést és növekvő kockázatot, hanem várhatóan új lehetőségeket is teremt a szegénység leküzdésére. A hagyományos utak, mint a rurális térségekből történő városba áramlás, a foglalkozásváltás (mezőgazdaság-ipar-szolgáltatás) továbbra is fennállnak, sőt új dimenzió nyílt a nemzetközi migráció élénkülésével, így továbbra is van mód a szegénységi helyzetből való kitörésre. Nagyon fontos rámutatni arra, hogy a környezeti kockázatok kezelése, mérséklése komoly fejlesztéseket tesz majd szükségessé, ami új, nagy tömegű munkahelyet teremt (viharálló épületek, kritikus infrastruktúrális elemek megerősítése stb.) a képzetlen munkavállalók számára.

Összességében tehát ezek azok a csatornák, amelyekeken keresztül a társadalom tagjaihoz elérnek a klímaváltozás hatásai. Az, hogy az egyes egyének, társadalmi csoportok számára a klímaváltozás tényleges hatása mi lesz, ma még megítélhetetlen, hiszen az érintett társadalmak nem eszköztelenül várják a környezeti feltételek megváltozását, az adaptációs és mitigációs politikák megvalósítása érdemben befolyásolhatja a jövőbeli folyamatokat.

### **A szegénység területi aspektusa**

A Hallegatte és munkatársai által kidolgozott elméleti megközelítés segít a lehetséges hatások rendszerezett számbavételében, ugyanakkor nem alkalmas projekciók, előrebecslések segítésére (bár nem is volt célja). Amennyiben tehát a szegénység

jövőbeli területiségéről szeretnénk képet alkotni, az alapvető gazdasági és demográfiai folyamatokra kell építenünk, amelyek a jövőbeli szociális helyzet fundamentumát jelentik.

A szegénység várható térbeli alakulásának projekciójakor rögzíteni szükséges, hogy milyen szegénység-felfogást alkalmazunk. A szegénység szociológiai vizsgálata során négy fő megközelítési módról beszélhetünk (Higgs, White 2000), így:

- az egydimenziós jövedelmiszegénység-felfogásról (poverty);
- a több dimenzióban értelmezett hátrányról (depriváció);
- a több dimenzióban időbeli folyamatként megélt társadalmi kirekesztésről (exclusion);
- a kérdést egyenlőtlenségként megragadó irányzatról.

A fenti négy szegénységmeghatározásból a több dimenzióban értelmezett hátrány (depriváció) tekinthető a jövőbeli folyamatok előrejelzésekor a leginkább alkalmazhatónak, hiszen olyan tényezők jövőbeli alakulására kell figyelemmel lenni, mint a korszerkezet alakulása vagy éppen a foglalkoztatási helyzet, s ha kényszerűen is, de el lehet tekinteni olyan fontos tényezőktől, mint az oktatáspolitikai, a társadalombiztosítási, az adópolitikai jövőbeli alakulása. A deprivációs megközelítés ugyanis (Townsend 1979) abból indul ki, hogy ha valamely területi, társadalmi csoport számára nem állnak rendelkezésre a szükséges erőforrások és feltételek, akkor a csoport tagjai nem lesznek képesek a társadalmilag elvárt életmódot folytatni, nem lesznek képesek bekapcsolódni a különböző társadalmi tevékenységekbe (oktatás, munkavállalás) és hosszabb távon kirekesztődnek, elszigetelődnek. Az elvárt életmód folytatásához szükséges erőforrások és feltételek nem szükségszerűen kötődnek konkrét küszöbértékekhez: jövedelmi szinthez, lakhatási körülményekhez, iskolázottsághoz, így tehát az adott társadalmi közegben átlagosnak minősíthetőtől kedvezőtlen irányú eltérés hátrányt jelent, s minél több dimenzióban, s minél inkább eltér az átlagostól, annál inkább tekinthető az adott területi vagy társadalmi csoport depriváltként. Ez a relatív megközelítés teszi lehetővé, hogy a szegénység deprivációs értelmezését kövessük, amikor a jövőbeli folyamatokról kívánunk projekciót készíteni.

A deprivációs megközelítés esetén számba kell venni, hogy mely dimenziókban kívánjuk megragadni a relatív hátrányt. E ponton a szegénység meghatározó tényezőit kell figyelembe vennünk, amelyek Magyarországon (Gábos, Szivós 2010) az alábbiak szerint alakulnak:

- munkaintenzitás (jövedelemszerző munkavégzésben részt vevők aránya);
- demográfiai jellemzők;
- lakóhely jellemzői (határozott települési lejtő, erőteljes területi meghatározottság);
- egyéni jellemzők (iskolázottság, családösszetétel).

A fentiek közül három tényezővel számolhatunk a projekció készítésekor: a demográfiai jellemzőkkel (kormegoszlás), a földrajzi elhelyezkedéssel, illetőleg



a munkaintenzitással (aktív korúak foglalkoztatási jellemzői), ugyanakkor olyan fontos egyéni jellemzőkkel, mint a családösszetétel vagy az iskolai végzettség alakulása, adatok és projekciók hiányában nem tudunk számolni. Ezen hiányosságok ellensúlyozására proxyváltozóként a modellben felhasználjuk a 2011-es jövedelmi adatokat, amely komplex mutatóként számos, önmagában nehezen megfigyelhető tényezőre reflektál, mint az iskolai végzettség vagy éppen a foglalkoztatás jellemzői, (Major, Nemes Nagy 1999).

A projekció készítésekor a fentiek figyelembevételével három adatforrásra támaszkodhatunk. Egyrészt Tagai (2015) munkájából 2011. évre tényadat, 2031-re és 2051-re pedig projekció áll rendelkezésünkre a három alapvető korcsoport (0–14, 15–64, 65–x) járási szintű létszámáról. A másik alapvető adatforrást Zsibók és Sebestyén (2015) munkája jelenti, amelyben a foglalkoztatottak számának országos és megyei előrejelzése található. Ezen adatokat még járási szintre szükséges dezaggregálni. Ezt a 2011-es foglalkoztatási ráta alakulása alapján tettük meg, feltételezve, hogy a foglalkoztatási rátában megfigyelhető eltérés nem véletlenszerű, hanem a helyi gazdaság és munkaerőpiac sajátosságaihoz igazodik, amely időben stabil struktúrát jelent. Azaz feltételeztük, hogy ahol magas volt a foglalkoztatási ráta 2011-ben, ott 2031-ben és 2051-ben is magas lesz az aktív korúak foglalkoztatási aránya. A harmadik adatforrást a 2011-es személyijövedelem-adatok (egy adózóra jutó jövedelem) jelentik, amely statikus elemként a nem megfigyelhető területi, ágazati, iskolázottsági dimenziók megragadását célozzák.

E változók felhasználásával három időpontra (2011, 2031, 2051) meghatároztuk a járási szintű deprivációs indexeket. Az indexek két komponensből állnak:

- egyrészt megjelenik benne a múlt, a történelmi adottságok (iskolázottság, munkaerőpiaci jellemzők stb.), amelyet a 2011-es jövedelmi szint mint komplex mutató jelenít meg;
- másrészt pedig a jövő: a szegénység viszonyait meghatározó gazdasági függőségi ráta (Augusztinovics 2005), amely azt mutatja meg, hogy egy foglalkoztatottra hány eltartandó (fiatalkorú, nem foglalkoztatott aktív korú, illetve idős) jut.

E két komponensből a szűk keresztmetszetekért történő büntetés módszerével határoztuk meg a kívánt összetett deprivációs index (Acs, Rappai, Szerb 2012). A módszer alap gondolata, hogy összetett index esetében az egyes területek hatnak egymásra, s a gyengén teljesítő területek (szűk keresztmetszetek) negatív hatást gyakorolnak a többi területre és így az index értékére is.

A módszer alkalmazását az indokolja, hogy a két deprivációs komponensnek – azaz a jövedelemnek és gazdasági függési rátának – együttesen kell magas értéket felvennie, ellenkező esetben kedvezőtlen deprivációs viszonyok valószínűsíthetők. Hiszen deprivációs szempontból az a kedvező, ha az adott járásban élő adózókat magas jövedelmi szint jellemzi és a gazdasági függőségi ráta értéke alacsony, azaz egy foglalkoztatottra kevés „eltartandó” jut. Eltartandónak tekintjük mind a nem

aktív korúakat (azaz a 0–14 és a 65 éves és idősebb korcsoportba tartozókat), mind pedig az aktív korú, de nem foglalkoztatottakat (Augusztinovics 2005). Ha kevés foglalkoztatott magas jövedelemre tesz szert, de mellette nagyszámú eltartott van, akkor az adott területen komoly jövedelmi polarizáció fenyeget, így ez az eset kedvezőtlenebbnek tekinthető. A módszer pontosan ennek a figyelembevételére alkalmas, azaz bünteti – csökkenti – annak a változónak az értékét, amely felülmúlja a másik komponens értékét, s ez a büntetés annál nagyobb, minél nagyobb a két komponens értéke közti eltérés.

A szűk keresztmetszetekért történő büntetés módszerét (Rappai, Szerb 2011) alkalmazva először minimum-maximum módszerrel normalizálni szükséges a változókat. A normalizálás:

$$(x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

révén valamennyi változó értéke a 0 és 1 közé esik, ahol 0 jelenti a minimumértéket, 1 pedig a maximumot. Tekintve, hogy a módszer nem csupán a változók közti korrelációt, hanem a pozitív korrelációt követeli meg, szükséges a változók (esetünkben a gazdasági függőségi ráta) irányának megfordítása is, hogy növekvő érték jelentse a deprivációs szempontból kedvező helyzetet. A normalizált és „egy irányba” fordított változók esetében már meghatározhatóak a büntetés utáni korrigált értékek ( $x'_{i,k}$ ), az alábbi függvény segítségével:

$$x'_{i,k} = x_{\min,k} + \ln(1 + x_{i,k} - x_{\min,k}),$$

ahol  $x_{\min,k}$  jelenti „k” megfigyelési egységet (jelen esetben járást) jellemző változók közül a minimális értékűt. A korrigált változóértékek átlagolásával pedig meghatározhatók az összetett index értékei, amelyek a hazai járáások deprivációs helyzetét jelzik.

Tekintve, hogy a vizsgálódás célja a szegénység jövőbeli területi jellemzőinek felrajzolása, alapvető kérdés, hogy a választott módszer mennyiben vethető össze más, releváns lehatárolás eredményével. Az összevetésre kínálja magát a 290/2014. (XI. 26.) Korm. rendelet a kedvezményezett járáások besorolásáról, amely négy mutatócsoport (Társadalmi és demográfiai helyzet mutatói; Lakás és életkörülmények mutatói; Helyi gazdaság és munkaerő-piaci mutatók; Infrastruktúra és környezeti mutatók) huszonnégy változója alapján sorolta csoportokba a hazai járáásokat. A kormányrendelet ugyan területfejlesztési szempontból értékelt a hazai járáásokat, ám ez teljes mértékben megfeleltethető a deprivációs megközelítésnek, hiszen csak a szegénység szempontjából is legfontosabb dimenziók (lakhatás, jövedelem, munkanélküliség, infrastruktúra, iskolázottság) kerültek az elemzési körbe.

A kétféle lehatárolás (lásd 1. táblázat) látványos összhangot mutat: a kormányrendeletben szerinti fejlesztendő járáások a deprivációs index alapján is kedvezőtlen

helyzetűek, míg a másik oldalról a jó helyzetű – azaz nem kedvezményezett járások rendre a legkedvezőbb deprivációs helyzetű járások (4–5. kvintilis) közé kerültek. Ez alapján megállapítható, hogy a választott módszer a választott mutatók mellett a meghatározó pólusok – azaz a legkedvezőbb és a legkedvezőtlenebb helyzetű térségek beazonosításában hasonló eredményre vezet, mint a sokváltozós módszert követő kormányzati lehatárolás. Mivel tényadatokon a módszer releváns eredményre vezetett, feltételezhetjük, hogy a demográfiai és gazdasági projekción alapuló indexszámítás is releváns eredményeket ad a 2031-ben és 2051-ben valószínűsíthető deprivációs helyzetről.

1. táblázat: A területfejlesztési szempontból kedvezményezett járások deprivációs index értékei szerinti megoszlása 2011-ben (db)

A deprivációs index értékei alapján képzett kvintilisek, 2011	Nem kedvezményezett	Fejlesztendő (a lakosság alsó 15%-a)	Kedvezményezett (országos átlag alatti)	Járások száma
1. – Legkedvezőtlenebb	0	35	1	36
2.	2	13	20	35
3.	6	7	23	36
4.	27		8	35
5. – Legkedvezőbb	33		1	34
Összesen	68	55	53	176

*Forrás: 290/2014. (XI. 26.) Korm. rendelet 2. számú melléklete, illetve saját számítások.*

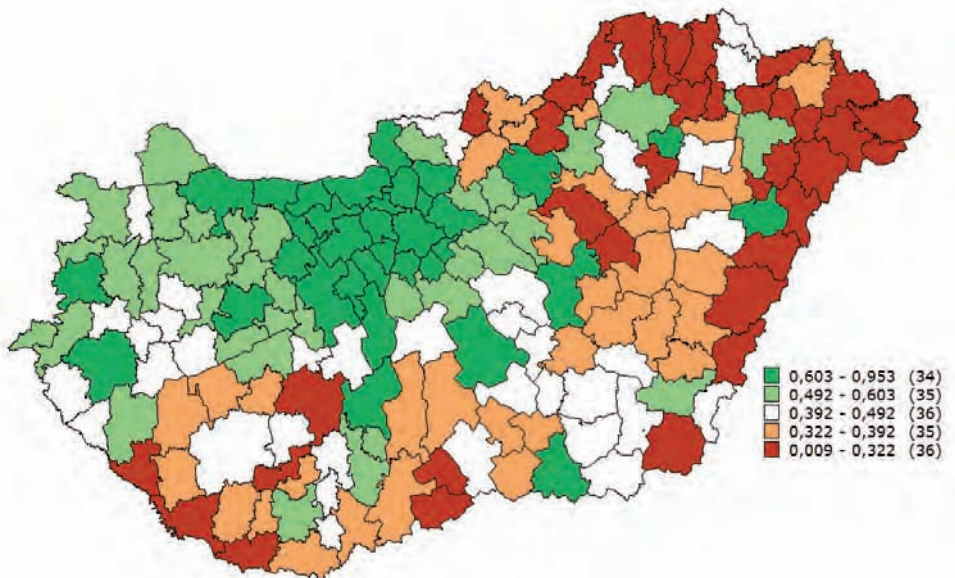
A 2011-es adatok alapján számított járási szintű deprivációs index értékeiből készített 1. ábra a klasszikus, területfejlesztésben már jól ismert válságterületeket rajzolja ki: Nógrád megyétől az országhatár mentén keleti irányba haladva Csongrád megyéig szinte egybefüggő kedvezőtlen szociális jellemzőkkel bíró térség rajzolódik ki, amelyből csak a nagyobb lélekszámú városok (Gyöngyös, Eger, Miskolc, Tiszaújváros, Nyíregyháza, Debrecen, Békéscsaba) járásai emelkednek ki. Világosan kirajzolódnak még a Közép-Tisza-vidék kedvezőtlen helyzetű térségei (Hevesi és Kunhegyesi járás).

A határt nyugati irányba követve Szegedtől Nagykanizsáig egy hasonlóan kedvezőtlen helyzetű deprivált térség formálódik, ahol a Bácsalmási és Jánoshalmi kistérség erős előregedést mutat, a Dunántúl aprófalvas megyéi (Baranya, Somogy) mutatnak markánsan kedvezőtlen pozíciót, amelyből csak a két megyeszékhely (Pécs, Kaposvár), illetve a Bólyi és Pécsváradi járás emelkedik ki, hiszen ezek átlagos helyzete is kedvezőnek tekinthető a térségben. Kedvezőtlen mutatók jellemzik még a Tolna megyében található Tamási járást is, amely haspnló mutatókkal bír, mint a szomszédos Tabi és Sásdi járás.

Összességben megállapítható, hogy deprivációs szempontból 2011-ben az ország legkedvezőtlenebb helyzetű térségeinek az ország külső és belső periferiái (határ mente, illetve Közép-Tisza-vidék) tekinthetők, ahol az aprófalvas jelleg jellemzően

összekapcsolódik a kedvezőtlen közlekedési lehetőségekkel, s tartósan kedvezőtlen munkaerő-piaci helyzet korlátozza a lehetőségeket. Deprivációs szempontból legkedvezőbb helyzetben a nagyvárosok (Budapest és a megyeszékhelyek) és szűkebb tágabb agglomerációjuk van. Legnagyobb ilyen, szinte egybefüggő zónát Győr–Veszprém–Székesfehérvár–Paks–Budapest–Vác–Esztergom térsége jelenti, ahol a magyar lakosság durván egyharmada él.

1. ábra: A deprivációs index értékei alapján képzett járásötödök 2011-ben



Mivel 2011-re nem csupán modellszámítások, projekciók állnak rendelkezésre, fontos egy pillantást vetni arra, hogy mi jellemzi napjainkban a depriváltak tekintetében magyar járásokat. A 2. táblázatban látható, hogy a deprivációs szempontból legkedvezőtlenebb helyzetű járásokban (1. kvintilis) – ahol tehát az indexszámítás alapján alacsony az egy adózóra jutó jövedelem és magas az egy foglalkoztatottra jutó eltartott – több dimenzióban is kedvezőtlen helyzetről adhatunk számot. Jellemző e járásokra

- az országos átlagtól jóval elmaradó iskolai végzettség (a 7 évesnél idősebb népesség 41,4%-a csupán általános iskolát végzett);
- a kedvezőtlen lakhatási helyzet: a komfort nélküli háztartások aránya (15,6%) jóval meghaladja az országos értéket (5,8%);
- magas a nagy létszámú háztartások aránya (13,2%, szemben az országos 6,6%-kal);
- a foglalkoztatásban még mindig fontos (9,3%) szerepet játszik a csupán szezonális foglalkoztatást és alacsony jövedelmet kínáló mező- és erdőgazdaság;

- a magát romának vallók aránya e deprivált járásokban a 10%-ot is meghaladja, az országos 3,2%-kal szemben.

2. táblázat: A depriváció néhány jellemző dimenziója 2011-ben

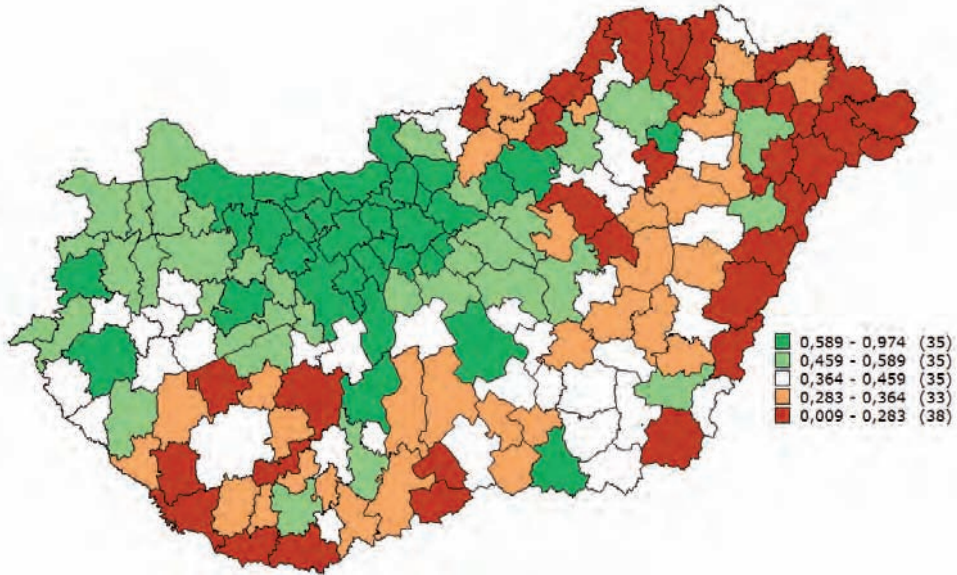
<b>Deprivációs index értékei alapján képzett kvintilisek</b>	<b>Lakónépesség, fő</b>	<b>Magát romának vallók aránya, %</b>	<b>6-X fős háztartások aránya, %</b>	<b>Komfort nélküli háztartások aránya, %</b>	<b>Mezőgazdaságban foglalkoztatottak aránya, %</b>	<b>Legfeljebb általános iskolai végzettségűek aránya, %</b>
1. – legkevesztlenebb	977 082	10,6	13,2	15,6	9,3	41,4
2.	1 152 895	5,4	8,5	10,5	9,9	36,9
3.	1 260 600	3,1	7,6	8,9	8,4	33,3
4.	1 981 817	2,5	7,5	4,8	4,3	29,1
5. – legkedvezőbb	4 565 234	1,3	4,7	2,3	2,7	22,7
Magyarország összesen	9 937 628	3,2	6,6	5,8	5,5	28,6

A demográfiai és gazdasági előreszámítás adatai alapján kiszámított deprivációs indexértékek 2031-ben és 2051-ben jelentős átstrukturálódást nem jeleznek a szegénység térbeliségében (2. és 3. ábra).

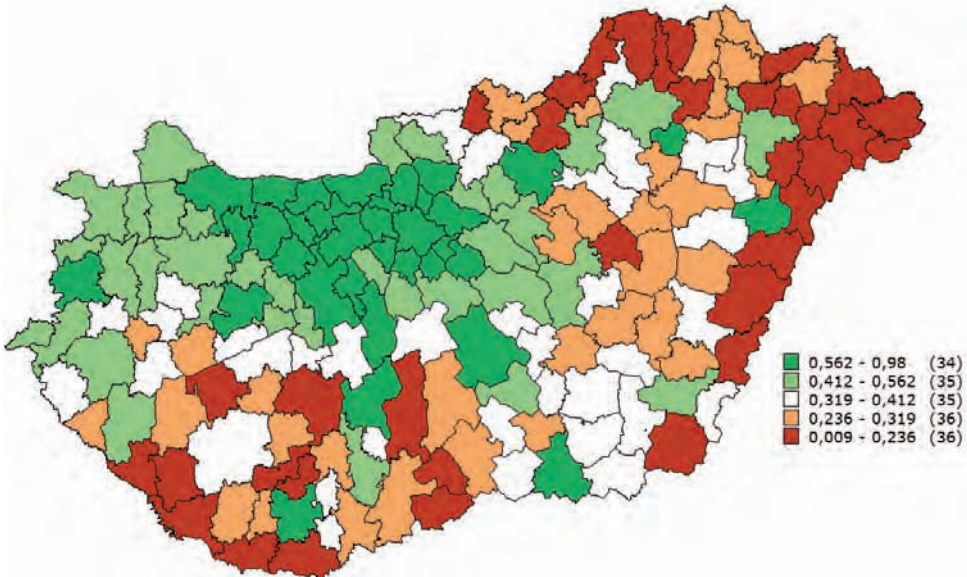
Amennyiben napjaink tendenciái érvényesülnek hosszabb távon, arra számíthatunk, hogy az ország deprivációs szempontból még megosztottabbá válik, még inkább elkülönülnek majd a jó helyzetű, s rendkívül kedvezőtlen szociális helyzetű járások. Fontos rámutatni arra, hogy a depriváció területi mintázata nem mozaikos struktúrájú, azaz nem jellemző, hogy 2051-ben jó helyzetű járás mellett rossz helyzetű járást találunk – sokkal inkább elmodható, hogy ezek összekapcsolódnak, megyehatárokon átnyúló már-már egybefüggő zónákat, gettótérségeket alkotnak. Az ellenkező oldalon a deprivációval legkevésbé sújtott területek hasonló zónásodása valószínűsíthető. Győr, Paks és Gyöngyös jelöli ki a szociális szempontból egybefüggő jó helyzetű térséget, amelyhez szatelitként kapcsolódik Veszprém, Kecskemét, és Miskolc térsége.

Az általános képet árnyalhatjuk, ha azt vizsgáljuk meg, hogy az egyes járások deprivációs index tekintetében javítanak vagy rontanak pozíciójukon (4. ábra). A változások sajátos módon némileg eltérő képet mutatnak, mint a legjobb és legkedvezőtlenebb helyzetű térségeket bemutató 3. ábra. Megfigyelhető, hogy élesen elkülönül az észak-magyarországi térség (Nógrád és Borsod-Abaúj-Zemplén megye) – ahol némi javulás várható – attól a Dél-Magyarországtól (Somogy, Baranya, Bács-Kiskun, Békés), ahol további pozícióromlás valószínűsíthető. Az erőteljes pozícióromlás a foglalkoztatottakra jutó eltartottak számának egyenlőtlen növekedéséből fakad, ami meghatározó mértékben az előregedés számlájára írható. Különösen Békés, Baranya és Somogy megye esetében jelentős az előregedésből fakadó depriváció veszélye.

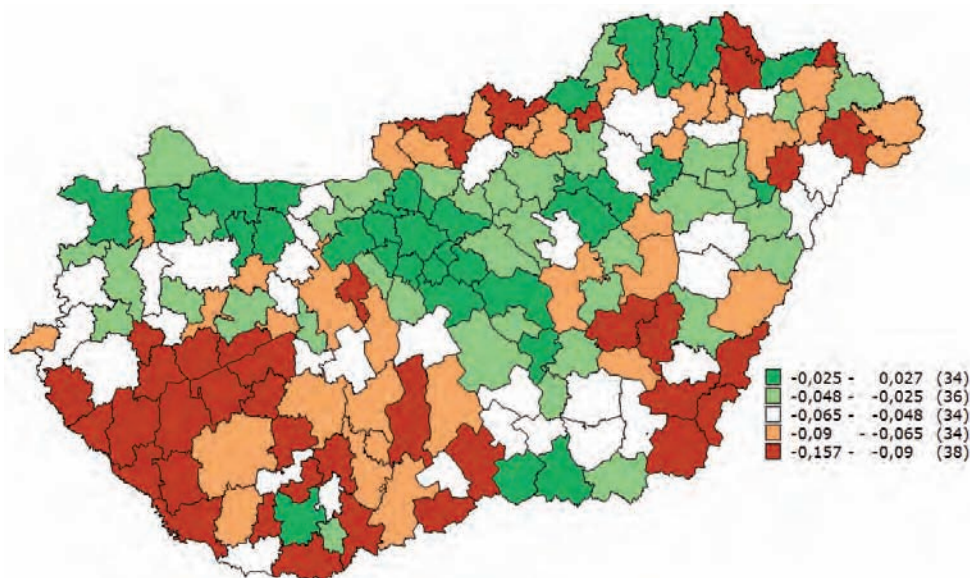
2. ábra: A deprivációs index értékei alapján képzett járásötödök 2031-ben



3. ábra: A deprivációs index értékei alapján képzett járásötödök 2051-ben



4. ábra: A deprivációs index értékeinek változása 2011–2051 között



### Összegzés és felvetések

A depriváció jövőbeli alakulásának vizsgálata tudományos értelemben véve új kihívásnak tekinthető, de ahogy bővül a klímaváltozással kapcsolatos társadalmi-gazdasági hatásokról, következményekről szóló tudás, úgy válnak majd mind megalapozottabbá ezek az előrejelzések. Bármennyire is bővül azonban a tudásunk, nem szabad elfeledkeznünk arról, hogy a valódi, hétköznapi életben jelentkező depriváció a megvalósuló szociálpolitika függvénye. A társadalom aktív közpolitikai beavatkozások révén képes a rászoruló helyzetén javítani, így amikor középtávú folyamatokról beszélünk, deprivált helyett inkább deprivációval fenyegetett csoportokról, területekről beszélhetünk.

Jelen kísérlet első lépésnek tekinthető a deprivációs folyamatok előrejelzésében, amely célját tekintve is korlátozott, hiszen csupán a figyelmet kívánja a depriváció területi folyamataira irányítani. A jelenlegi folyamatok mentén a jövőben szociális problémákkal küzdő területek további zónásodása várható, egybefüggő, deprivált gettótérségek létrejöttével az ország külső-belső periferikus területein. Ennek ellenpólusaként a főváros tágabb térségében (Győr–Paks–Gyöngyös) egy kedvező pozíciójú központi zóna formálódik, amelyet tartósan magas foglalkoztatási ráta és kedvező jövedelmi helyzet jellemez.

A jövőbeli folyamatokat leképező deprivációs index elkészítésekor egy Magyarországon kevésbé alkalmazott módszert alkalmaztunk, amely ígéretes tulajdonságokkal bír, de továbbfejlesztésére is több lehetőség kínálkozik. Első ilyen lehetőséget a nemzetközi migráció s az azzal összekapcsolódó jövedelemáramlás

(hazautalás) kérdése jelenti, amely körül napjainkban óriási a bizonytalanság (mekkora a mértéke, milyen az iránya vagy az egyenlege stb.). Ha ezen a területen tartós tendenciák rajzolódnak ki, nagymértékben javulhatnak az előrejelzések. A másik, részben a migrációval is összefonódó kérdés az iskolázottság jövőbeli alakulásának előrejelzése, amelynek beépítése fontos lépés lenne a jövőbeli deprivációs folyamatok előrejelzésébe.

## Irodalom

- Acs, Z., Rappai, G., Szerb, L., (2012): *Index-Building in a System of Interdependent Variables: The Penalty for Bottleneck*. George Mason University, School of Public Policy, Research Paper No. 2011-24.
- Auguszinovics M. (2005): Néesség, foglalkoztatottság, nyugdíj. *Közgazdasági Szemle*, 5., 429–447.
- Ciscar, J-C. (2011): The Impacts Of Climate Change In Europe (The PESETAResearch Project). *Climatic Change*, 1., 1–6.
- Deryng, D., Sacks, W. J., Barford, C. C., Ramankutty, N. (2009): Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. *Global Biogeochemical Cycles*, 2.
- Gábos A., Szivós, P. (2010): Jövedelmi szegénység és anyagi depriváció Magyarországon. In: Kolosi T., Tóth I. Gy. (szerk.): *Társadalmi Ríport*. TÁRKI, Budapest, 58–82.
- Hallegatte, S., Bangalore, M., Bonzanigo, L., Fay, M., Narloch, U., Rozenberg, J., Vogt-Schilb, A., (2014): *Climate Change and Poverty*. World Bank Group Policy Research Working Paper, November 2014, WPS7126.
- Higgs, G., White, S. (2000): Alternatives to census-based indicators of social disadvantage in rural communities. *Progress in Planning*, 1., 1–81.
- Király G. (2015): *A magyarországi népesség „status quo” morbiditási és mortalitási jövőképe 2016 és 2051 között*. Jelen kötetben.
- Kjellstrom, T., Lemke, B., Otto, M., Hyatt, O., Briggs, D., Freyberg, C. (2014): *Progress report on a program for assessment and prevention of impacts of climate conditions and climate change on working people*. Ruby Coast Research Centre Technical Report 2014:1.
- Kulcsár L. (2013): A klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatása. In: Karlovitz J. T. (szerk.): *Társadalomtudományi gondolatok a harmadik évezred elején*. International Research Institute, Komárno, 7–13.
- Lever-Tracy, C. (szerk.) (2010): *Handbook Of Climate Change And Society*. Routledge, London, New York
- Major K., Nemes Nagy J. (1999): Területi jövedelemegyenlőtlenségek a kilencvenes évekbe. *Statisztikai Szemle*, 6., 397–421.
- Mills, E. (2009): A Global Review of Insurance Industry Responses to Climate Change. *The Geneva Papers*, 34., 323–359.
- Nelson, G. C, Rosegrant, M.W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., (2009): *Climate Change: Impact on agriculture and costs of adaptation*. Food Policy Report. Washington, D.C.: IFPRI, September.
- Nelson, G. C., Valin, H., Sands, R. D., Havlik, P., Ahammad, H., Deryng, D., Elliott, J., Fujimori, S., Hasegawa, T., Heyhoe, E., Kyle, P., von Lampe, M., Lotze-Campen, H., Mason-D’Croz, D., van Meijl, H., van der Mensbrugghe, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., Schmid,



- E., Schmitz, C., Tabeau, A., Willenbockel, D. (2013). Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 9., 3274–3279.
- Rappai G., Szerb L. (2011): Összetett indexek készítése új módon: a szűk keresztmetszetekért történő büntetés módszere. Közgazdasági és Regionális Tudományok Intézete Pécsi Tudományegyetem, Közgazdaságtudományi Kar, Műhelytanulmányok 2011/1.
- Tagai G. (2015): *Járási népesség-előreszámítás 2051-ig*. Jelen kötetben.
- Townsend, P. (1979): *Poverty in the United Kingdom: a survey of household resources and standards of living*. Penguin Books, Harmondsworth
- Zsibók Zs., Sebestyén T. (2015): *A magyar gazdaság két forgatókönyve 2016 és 2050 között – a klímaváltozás figyelembevételének lehetőségei*. Jelen kötetben.



# A földhasználat-változás modellezése és előrejelzése Magyarországon

*Farkas Jenő – Lennert József*

## **Bevezetés**

A földhasználat-változás (Land use change; LUC) és a felszínborítás-változás modellezése (Land cover change modeling; LCM) fogalmak tartalma részben eltérő, mivel azonban Magyarországon a felszínborítás-változás elsősorban a föld használatával kapcsolatos tudatos emberi döntések következménye, esetünkben a két fogalom szinonimaként történő használata megengedhető egyszerűsítés. A földhasználat-változás és a felszínborítás-változás modellezése az elmúlt 40 évben vált egyre fontosabb területté az ember és a környezet kapcsolatrendszerének vizsgálatában.

A rendszerdinamikai alapokon nyugvó földhasználati modellezés egyik első példája Jay Forrester 1969-ben megjelent *Urban Dynamics* című műve (Forrester 1969). Ebben Forrester azt vizsgálta, hogy miért van az, hogy a nagyvárosok fejlődésében a gyors népességnövekedés szakaszát stagnálás követi, amelyet agresszív ingatlanfejlesztésekkel sem sikerül megállítani. A város működését szimuláló modell szerint a városok gyorsan tudnak növekedni kedvező körülmények között, de a beépíthető területek telítődésével stagnálás következik be, amely az ingatlanállomány avulását és csökkenő ipari teljesítményt von maga után. Forrester kimutatta, hogy a megszokott városfejlesztési lépések (pl. exkluzív ingatlanfejlesztések) tovább rontanak a helyzeten, így ezekkel szemben az addigi elképzelésekkel ellentétes megoldást javasolt a modell eredményei alapján, amelyben a slumok lerombolására és revitalizációjára helyezte a hangsúlyt. Ezt a megközelítést azóta is előszeretettel alkalmazzák a világ nagyvárosainak tervezői, fejlesztői.

A mesterséges felszínek bővülését fókuszba helyező modellezés a rendszerváltás utáni Magyarországon is igen aktuális, hiszen a korábbi korlátozások fellazulása óta az országot a művelés alól kivont területek gyors növekedése és kaotikus városi szétterülés jellemzi. A földhasználat-változás vizsgálata iránti igényt tovább erősítik az egyre inkább a figyelem középpontjába kerülő globális és regionális környezeti problémák (erdőirtások, vízhiány, klímaváltozás), amelyek komplex vizsgálatához

elengedhetetlen a Föld felszínének és használatának a monitorozása, a trendek meghatározása és a jövőbeni állapotok előrejelzése. Az ilyen típusú kutatások elterjedését a növekvő igény mellett a lehetőségek bővülése is segítette: a műholdas távérzékeléssel és a társadalmi-gazdasági adatok egyre nagyobb körének rendszeres gyűjtésével megfelelő területi adatbázisok keletkeztek az elemzések elvégzéséhez.

A földhasználat-változás modellezése az alábbi kutatási, területi és ágazati tervezési témákhoz nyújthat fontos információkat (Geographical Sciences Committee 2014):

- vízkészletek és a vízminőség alakulása,
- biológiai diverzitás, ökoszisztéma-szolgáltatások jövőbeli alakulása,
- élelmiszer- és ipari növények termelése,
- energia- és karbonkibocsátás,
- urbanizáció, épített környezet és infrastruktúratervezés,
- a felszínborítás és az éghajlati elemek közötti kölcsönhatások.

Jelen vizsgálatunkban – igazodva a kutatási projekt célkitűzéseire – elsősorban az utóbbi két téma kapott hangsúlyt. Az eredményeknek a Nemzeti Adaptációs Térinformatikai Rendszerbe (NATÉR) való feltöltésével a vizsgálat hozzájárul a klímaváltozáshoz való alkalmazkodáshoz.

## **A földhasználat-változás modellezésének szakirodalmi áttekintése**

### ***A földhasználat-modellezés módszertani megközelítései***

A szakirodalomban a földhasználati modelleknek sokféle csoportosítása megtalálható, amelyeket több különböző szempont együttes figyelembevételével alakítanak ki (Baker 1989; Heistermann et al. 2006; Koomen, Stillwell 2007; Lambin et al. 2000). Bevett gyakorlat azonban, hogy a modelleket elsősorban az alapján nevezik el, hogy azok a földhasználat szimulációját milyen koncepció és módszer alkalmazásával valósítják meg (van Schrojenstein Lantman et al. 2011). A Schrojenstein és kollégái (2011) által végzett szakirodalmi metaanalízis alapján a felszínborítás-változás hátterében az alábbi négy ok vagy azok valamilyen kombinációja állhat:

- a történelmi trendek folytatódása – egyszerű példákon keresztül levezetve ez azt jelenti, hogy ha pl. régebben az emberek szerettek a tavak, folyók mellett élni akkor feltételezhetjük, hogy ez a trend a jövőben is folytatódni fog, illetve ha egy adott időtáv alatt az erdők 15%-át vágták ki a települések növekedése miatt, akkor a következő években arányaiban hasonló nagyságrendű változás fog bekövetkezni;
- a terület alkalmassága különböző típusú földhasználatokra – csak olyan földhasználat képzelhető el egy adott helyen, amelyet elsősorban a természeti, de a gazdasági és társadalmi adottságok is lehetővé tesznek;
- szomszédsági hatások – a változások irányát a szomszédos területek földhasználata is befolyásolja, amelynek hátterében biofizikai vagy társadalmi-gazdasági okok (pl. konverziós költségek) egyaránt lehetnek;

- szereplők (fejlesztők) cselekvései közötti kölcsönhatás – ezen elgondolás szerint a telkeket használók, fejlesztők egyéni vagy csoportos, a gazdasági lehetőségeikkel összefüggésben hozott döntései a változásokban.

A földhasználati változások okait és hátterét leíró fenti koncepciók meglehetősen leegyszerűsítéssel élnek, ugyanakkor elengedhetetlenek bármilyen alkalmazott modellezés elvégzéséhez. Emellett erőteljesen befolyásolják azt is, hogy egyáltalán milyen előrejelzési módszert alkalmazhatunk egy adott terület esetében. A szakirodalom alapján a következő modellezési módszertanokat különíthetjük el<sup>1</sup> (Geographical Sciences Committee 2014; van Schrojenstein Lantman et al. 2011):

1. Sejtautomaták – a legismertebb módszer a felszínborítás-változás szimulációjára, az első ilyen megoldást Tobler (1979) alkalmazta. Alapvetően a történeti trendek folytatódására, a szomszédsági hatásokra és a terület alkalmasságára vonatkozó feltételezésekre épül. A modellek négy elemből épülnek fel: a helyből, annak állapotából, az időlépésekből és az átalakulási szabályokból. Ez utóbbi kidolgozása vagy statisztikai elemzésre alapozva történik, vagy a modellezést végző szakmai tapasztalata alapján alakítja ki. A sejtautomata modellek közül a CLUE-t (Conversion in Land Use and its Effects) emelhetjük ki, különösen azért, mert Európában a szakpolitikai döntések előkészítésében is szerepet kapott (Verburg et al. 2008), és mert az eredeti modellt már 1996-ban publikálták, így alkalmazásáról sok tapasztalat áll rendelkezésünkre.
2. Gépi tanulás és egyéb statisztikai megközelítések – e módszerek sajátossága, hogy a bemeneti adatok (magyarázó változók) és a kimenet (felszínborítás-változás) között valamilyen matematikai összefüggést próbálnak felállítani, majd ezek alapján a meghatározott konverziók mindegyikére változásipotenciál-térképeket generálnak. Az összefüggések feltárása, a magyarázó változók keresése történhet hagyományos statisztikai módszerekkel (logisztikus regresszió) vagy valamilyen gépi tanuló algoritmus felhasználásával, amelyre az egyik legelterjedtebb példa a mesterséges neurális hálózatok alkalmazása. A módszercsoporthoz tartozó modellek elsősorban a történelmi trendek folytatódásának előrejelzésében jók, illetve akkor használhatók, ha nincs előfeltevésünk a vizsgálati területen lezajló földhasználati változások hajtóerőiről. A megközelítést alkalmazó legelterjedtebb szoftverkörnyezet az Idrisi/Terrset Land Change Modeler, amelyben az MLP (multilayer perceptron) hálózat mellett további gépi tanulási, illetve hagyományos statisztikai módszerek (pl. SimWeight, logit) közül is választhatunk a változásipotenciál-térképek előállításához.
3. Gazdasági egyensúlyi modellek – ezek nem a hagyományos értelemben vett földhasználat-változási szimulációk, inkább azok elméleti hátterét megalapozó

<sup>1</sup> A szakirodalomban más elnevezésekkel is találkozhatunk, a különbségek azonban bizonyos módszerek összevonásából vagy elkülönítéséből adódnak, illetve egyre több a hibrid megoldás, ami lehetetlenné teszi az ilyen alapon történő pontos szétválasztást.

koncepciók (gondoljunk például Thünen mezőgazdasági földhasználati zónarendszerére – Thünen 1966). Ennek az eredeti elméletnek a kiterjesztése Alonso városi földhasználati modellje (1964) és Sinclair (1967) városi növekedést leíró teóriája. Ezek a megközelítések általában az egyes gazdasági szereplők (egyének és cégek) viselkedésére koncentrálnak, elsősorban kifejezetten a földhasználatra és nem a felszínborításra. Mindegyiknek fontos eleme egy piaci ármechanizmus, amely az egyes szereplők döntésein keresztül egyensúlyi állapot kialakulásához vezet.

4. Ágensalapú modellek – ezek minden esetben az egyes ágensek (konkrét esetünkben a földtulajdonosok, ingatlanfejlesztők, bérlők stb.) cselekvései közötti kölcsönhatások vizsgálatára alapoznak. Az egyik első ágensalapú földhasználat-változási modellt Balmann (1996) alkotta meg, aki az egyes farmerek preferenciáinak és döntéseinek tükrében szimulálta a mezőgazdasági területek konverzióját. A módszer egyik fontos sajátossága, hogy az egyes szereplők motivációit a statisztikai adatszolgáltatási rendszer adatai alapján nem lehet meghatározni, így általában ezt empirikus survey típusú felméréssel szokták feltárni.
5. Markov-láncok - alkalmazásuk a történelmi trendek további folytatódásának előrejelzéséhez kötődik. Az első ilyen jellegű modellt Burnham (1973) alkotta meg. A modellezés során a vizsgálatban meghatározott földhasználati kategóriákra a valószínűségi vektorok alapján egy átmenetmátrixot állítanak össze, amely alapján a konverziók valószínűsége és azok mennyisége is előreszámítható. A módszer hátránya, hogy az átalakulás helyét nem határozza meg, tehát annak kijelöléséhez további előfeltevések szükségesek.
6. Hibrid modellek – az egyes módszertanok sok esetben keverednek egy hibrid modellben. Ennek praktikus oka, hogy az egyes megoldások a földhasználat-változás más-más megközelítésű szimulálásában mutatnak jó eredményt, így kombinált alkalmazásuk előnnyel járhat a végeredményt tekintve, illetve a folyamat paraméterei is szélesebb körben meghatározhatók lehetnek. Lényegében a ma elérhető Terrset/ArcGIS LCM modulja is ilyen, hiszen az átalakulás helyét az MLP vagy a statisztikai elemzés változásipotenciál-térképei jelölik ki, míg a konverziók kategóriák közötti elosztását egy másodfokú Markov-lánc<sup>2</sup> végzi.

Végezetül azt is fontos hangsúlyoznunk, hogy az egyes modellezési módszerek eltérő célokra alkalmazhatók igazán eredményesen (Geographical Sciences Committee 2014). A statisztikai analízisen vagy a mesterséges neurális hálózatokon alapuló modellek kevésbé használhatók a földhasználatot érintő tervezési döntések előkészítésénél, ezzel szemben az ágensalapú megközelítések kiválóan alkalmasak erre, míg a gazdasági egyensúlyi alapú modellek egyik fő előnye a különböző scená-

<sup>2</sup> Elsőfokú Markov-lánc, ahol az átmenetmátrixot szakértői becsléssel állítjuk elő, a másodfokú esetében két földhasználati állapot összehasonlításából készül a konverziós tábla.

riók vizsgálatában lehet. Összességében elmondható, hogy jelenleg azok a modellek, amelyek a konverziók mennyiségi és térbeli eloszlását tekintve a legpontosabbak, kevésbé alkalmasak a különböző a történelmi trendektől eltérő változások kezelésére (pl. szakpolitikai döntések, megváltozott piaci környezet) egy szimuláció futtatása során.

### **Hazai példák**

A hazai szakirodalomban is találhatunk példákat a földhasználat-változás előrejelzésére, többféle területi szinten, eltérő modellekkel, módszerekkel és szoftverkörnyezettel. Elsőként Duray Balázs PhD-dolgozatát (2009) emelhetjük ki. Kutatásának célja egyrészt az volt, hogy a felszínborítás-változásokkal összefüggésben álló környezeti, társadalmi és gazdasági tényezőket feltárja, másrészt, hogy az általa használt módszer alkalmazhatóságát regionális léptékben tesztelje, harmadrészt, hogy a kis-sárréti mintaterület regenerációs potenciáljának elemzésével a fenntartható tájgazdálkodásra is javaslatokat tegyen. Szimulációs módszertanként a korábban már említett CLUE-S modellt alkalmazta. Munkájának eredményeként meghatározta a Dél-Alföldön a tájhasználatot befolyásoló tényezőket, valamint a Kis-Sárréten a természetes élőhelyek regenerációs potenciáljának meghatározó faktorait is (Duray 2009).

A hazai tájváltozási folyamatok modellezésével a Budapesti Corvinus Egyetem Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszékén is foglalkoznak. Munkájuk eredményeit a VI. Tájökológiai Konferencián mutatták be (Vaszócsik 2015). Az általuk kialakított modell alapvetően a tájtervezők munkáját alapozza meg. A szoftverhátteret a holland RIKS-Metronamica biztosítja, amelyben egyedi modellt alakítottak ki a kutatók. Ebbe integrálták a KSH népesség-előrejelzését és a klímaváltozás várható hatásait is, amelyekkel az egyes földhasználati kategóriák iránti igényt, illetve az egyes haszonvételek jövőbeni területi alkalmasságát vitték be az előrejelzésbe. A modellt a Corine Land Cover adatbázis felszínborítási adataira építették, és az 1990–2006 közötti változásokból kiindulva 2050-ig készítettek szimulációt. A modell validációjához a Corine 2012-es adatait használták fel.

A földhasználat-változás előrejelzésének alkalmazott bemutatása Tamás Precision Agriculture (2013) című munkájában jelenik meg. Ebben az IDRISI szoftver példáján keresztül vezeti le a modellezési lépéseket, illetve mutatja be a folyamat során előállított változásipotenciál-térképeket. Az ábrákon mintaterületként a Dél-Alföld szerepel.

Végezetül meg kell említenünk egy csak részben idevágó tanulmányt, amelyben Munteanu és kutatótársai (2014) 66 darab, a földhasználat változásával (102 mintaterület) foglalkozó írás eredményeit összegezték. A publikációk mindegyike a Kárpát-medence valamilyen tájegységére, területére vizsgálta a konverziók nagyságát és a mögöttük álló hajtóerőket. Ez utóbbiakkal kapcsolatban megállapították, hogy az intézményi és a gazdasági-társadalmi környezet megváltozása drasztikus hatással

járhat régióknak földhasználatára, mind az erdők, mind a mezőgazdasági területek esetében. Különösen fontos ez a megállapítás annak tükrében, hogy az elemzésbe vont tanulmányok az Osztrák–Magyar Monarchia időszakától egészen a 2000-es évek elejéig tartalmaztak adatokat.

### **A modellezés folyamatának bemutatása**

A modellezési feladat elvégzéséhez a Clark Labs által fejlesztett Land Change Modeler v2.0 for ArcGIS szoftvert választottuk. A fejlesztő Clark Labs a Conservation Internationalal közösen, több évi fejlesztőmunka eredményeként alkotta meg ezt a sokoldalú szoftverkörnyezetet, amely a felszínborítás-változás elemzésére, annak előrejelzésére alkalmas. A Land Change Modeler 2006-ban jelent meg az IDRISI térinformatikai alkalmazáson belül (az Idrisi Selva v17 után jelenleg Terrset néven fut a program, a névváltozást a jelentős funkcióbővülés indokolta), majd pár év múlva külön modulként az ArcGIS szoftverhez is elérhetővé vált.

A szoftver logikusan végigvezet az egyes modellezési lépéseken, nagyban könnyítve a munkát, hiszen az adatok importálása után semmilyen külső program használatára nincs szükség (szemben más modellezési környezetekkel, pl. CLUE). Természetesen a szoftver önmagában nem jelent garanciát a sikerre, hiszen alapvetően fontos az is, hogy a modellezést végzőknek legyenek megfelelő ismeretei és hipotézisei a valóságban zajló földhasználati változásokról és azok hajtóerőiről (Mas et al. 2014).

### **A modellezés céljai és elvi menete**

Kutatásunk céljait az alábbi pontokban foglalhatjuk össze:

- a mesterséges felszínek, szántóföldek, szőlők/gyümölcsösök, rétek és legelők, komplex mezőgazdasági felszínek, erdők felszínborítási kategóriáira várható változások „kemény” modellezése 2030-ig;
- 2050-ig potenciáltérképek készítése a további változások valószínűségéről, a trendek irányának meghatározása („puha” előrejelzés);
- javaslatok megfogalmazása a modellezési munka további folytatásához és a módszertan továbbfejlesztéséhez, illetve az eredmények integrációja a párhuzamos EGT-projektek eredményeivel (pl. AGRATÉR).

A kiválasztott szoftver kötött mederbe tereli a szimulációs folyamatot, így ahhoz alkalmazkodva alakítottuk ki tervünket a szimuláció lefuttatására, amelyet az 1. ábra szemléltet.

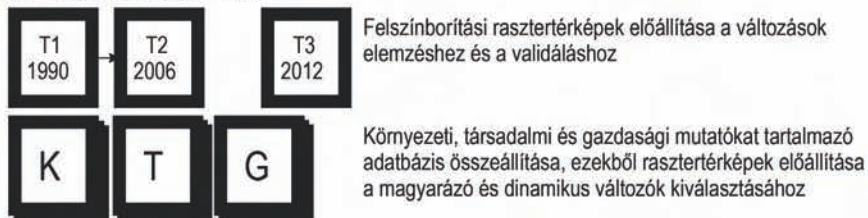
Ezt kisebb változtatásokkal és kiegészítésekkel sikerült is a projekt folyamán megvalósítanunk. A tervezetthez képest a módosítások javarészt abból a tanulási folyamatból adódtak, amely során pontosan feltérképeztük a kiválasztott szoftverkörnyezet adta lehetőségeket, és tisztáztuk az egyes elképzeléseink megvalósíthatóságát (pl. a dinamikus magyarázó változók kezelése). Más esetekben a földhasználati



modellezés módszertanához és gyakorlatához köthető problémák miatt kényszerülünk módosításokra.

1. ábra: A modellezés tervezett menete

## 1. Adatelőkészítés

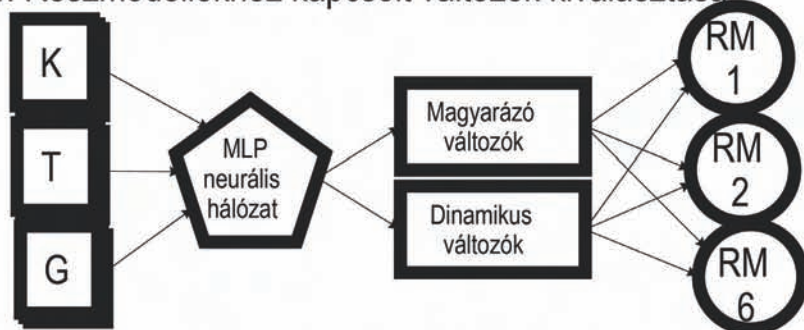


## 2. A változások elemzése



## 3. Átalakulási részmodellek kiválasztása

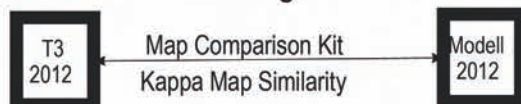
## 4. Részmodellekhez kapcsolt változók kiválasztása



## 5. Tervezési korlátozások és speciális változási szabályok beállítása

NATURA2000 és Nemzeti Park területek  
Rendezési tervek  
Infrastruktúra-fejlesztési tervek  
Nemzeti Erdőtelepítési Program

## 6. A részmodellek és a globális modell validálása



## 7. Az átalakulási potenciál és a jövőbeni felszínborítás térképeinek előállítása 2030/2050

### ***A felszínborítási adatok összegyűjtése és feldolgozása***

A modellezéshez szükséges bemeneti felszínborítási térképek előállításához a Corine Land Cover (CLC) raszteres térképeit használtuk fel. A modellezésünk során a CLC 1990 és CLC 2006 térképek képezték a változások azonosításának alapját, míg a 2012-es állapotot a modell validálására használtuk fel. A raszteres adatállományok az Európai Környezetvédelmi Ügynökség és a Földmérési és Távérzékelési Intézet honlapjáról is elérhetők.

Az előrejelzés elkészítésének meghatározó kezdeti kutatói lépése volt a megfelelő felbontás kiválasztása. A rasztertérképek elérhetőek 100 m-es és 250 m-es felbontásban is (valamint tetszőleges alacsonyabb felbontásra újraméretezhető). A magasabb felbontás használata az egyes modellezési lépések számítási idejét megtöbbszörözi, ez különösen az MLP neurális háló használatakor jelent problémát. A felbontás túlzott csökkentése esetén ugyanakkor a kis területekre korlátozódó változások nem jelennek meg, illetve azt is figyelembe kell venni, hogy az egyes földhasználati kategóriák fragmentáltsága eltérő, ez az alacsonyabb felbontásra áttálláskor aránytelődásokhoz vezethet. A döntést segítette, hogy a Corine kategóriáinak kialakítását végző szakemberek is csak bizonyos méret feletti elemeket vettek figyelembe (a területi kiterjedésű elemek legkisebb térképezési mérete 25 ha, a vonalas elemek esetében 100 m szélesség, és csak az 5 ha-t meghaladó változásokat rögzítették). Ennek köszönhetően a 100 és 250 méteres felbontás között minimális a változás, csak csekély információvesztés van, míg az 500 méteres felbontásra való áttérés a fragmentálódott formák jelentős részének eltűnésével és számottevő információvesztéssel jár (1. melléklet). Épp ezért a 250×250 méteres felbontás használata bizonyult optimálisnak.

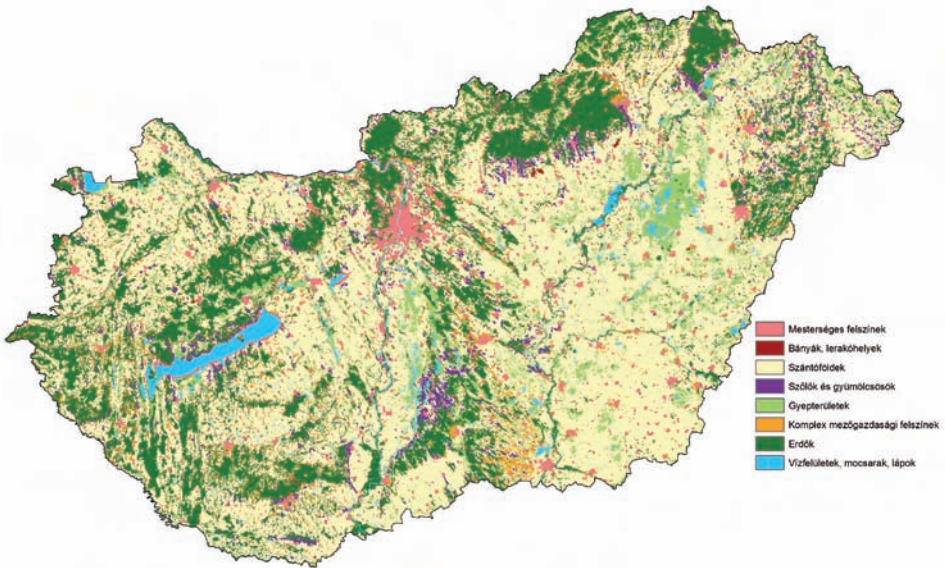
Magyarországon az európai szinten elkülönített 44 Corine kategóriából 29 található meg. Az elemzési kategóriaszám csökkentése a választott módszertanból eredő szükségszerűség volt (mivel a Land Change Modellerben az összes kategória közötti átalakulásra külön almodellt kell alkotni, ezért a kategóriák számának növelése az elkészítendő almodellek számának négyzetes növekedésével jár). Végül nyolc olyan elemzési kategóriát hoztunk létre, amelyeken belül megalapozottan feltételezhetjük az átalakulási potenciálokat befolyásoló tényezők hasonlóságát. A létrehozott kategóriák a következők voltak (1. táblázat): mesterséges felszínek, bányák és lerakóhelyek, szántóföldek, szőlők és gyümölcsösök, gyepterületek, komplex mezőgazdasági területek, erdők, valamint vízfelületek, lápok, mocsarak (2. ábra). Az elemzésből kihagytuk a minimálisan változó vízjárta területeket, illetve a pár helyen koncentráltan megjelenő bányákat és lerakóhelyeket. Az összevonások ellenére is maradtak viszonylag kis kiterjedésű kategóriák (szőlők és gyümölcsösök, komplex mezőgazdasági felszínek), amelyek önálló szerepeltetése egyes tájak, települések arculatában és gazdaságában betöltött szerepük miatt indokolt. Az egyes átmenetek csekély elemszáma miatt azonban e kategóriák változásainak modellezése nagyobb bizonytalanságot hordoz magában, és megnő az MLP túltanításának veszélye.

A FÖLDHASZNÁLAT-VÁLTOZÁS MODELLEZÉSE ÉS ELŐREJELZÉSE MAGYARORSZÁGON

1. táblázat: Az eredeti Corine felszínborítási kategóriák és az elemzési kategóriák

Azonosító	Eredeti kategóriák	Összevont kategóriák	Terület (ország = 100%)
1.1.1.	Összefüggő településszerkezet	Mesterséges felszínek	5,5%
1.1.2.	Nem összefüggő településszerkezet		
1.2.1.	Ipari vagy kereskedelmi területek		
1.2.2.	Út- és vasúthálózatok és csatlakozó területek		
1.2.3.	Kikötők		
1.2.4.	Repülőterek		
1.3.3.	Építési munkahelyek		
1.4.1.	Városi zöldterületek		
1.4.2.	Sport-, szabadidő- és üdülőterületek		
1.3.1.	Nyersanyag-kitermelés		
1.3.2.	Lerakóhelyek (meddőhányók)		
2.1.1.	Nem öntözött szántóföldek	Szántóföldek	53,5%
2.1.3.	Rizsföldek		
2.2.1.	Szőlők	Szőlők és gyümölcsösök	2,3%
2.2.2.	Gyümölcsösök, bogyósok		
2.3.1.	Rét/legelő	Gyepterületek	9,8%
3.2.1.	Természetes gyepek, természetközeli rétek		
3.3.1.	Homokos tengerpartok, dűnék, homok		
3.3.3.	Ritkás növényzet		
2.4.2.	Komplex művelési szerkezet	Komplex mezőgazdasági területek	5,2%
2.4.3.	Mezőgazdasági területek, természetes formációkkal		
3.1.1.	Lomblevelű erdők	Erdők	20,7%
3.1.2.	Tülevelű erdők		
3.1.3.	Vegyes erdők		
3.2.4.	Átmeneti erdős-cserjés területek		
4.1.1.	Szárazföldi mocsarak	Vízfelületek, mocsarak, lápok	2,9%
4.1.2.	Tőzeglápok		
5.1.1.	Folyóvizek, vízi utak		
5.1.2.	Állóvizek		

2. ábra: Magyarország felszínborítása az összevont felszínborítási kategóriák szerint 2006-ban



### ***A felhasznált magyarázó változók***

Az átalakulási potenciálok elkészítéséhez a következő adatforrások, adatbázisok felhasználásával alakítottuk ki a magyarázó változókat:

- Corine Land Cover származtatott adatai (kategória gyakorisága, kategória távolsága),
- Európai Környezetvédelmi Ügynökség adatbázisa (nemzeti parkok, natúrparkok, domborzat),
- KSH Településstatisztikai adatbázisrendszer (T-STAR) (éves adatok, népszámlálás adatai, Általános Mezőgazdasági Összeírás adatai),
- INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) adatbázisa,
- MTA TAKI Agrártopográfiai Adatbázis (AGROTOPO),
- MTA TAKI Országos Talajdegradációs Adatbázis,
- MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet,
- Országos Területrendezési és Területfejlesztési Információs Rendszer (TeIR),
- Nemzeti Adó és Vámhivatal (NAV),
- Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) (regionális klíma-modellek adatai),
- Természetvédelmi Információs Rendszer (TIR),
- Távérzékelésből származó (MODIS 16 napos EVI vegetációs index) származtatott adatok,
- Google Maps (elérhetőségi adatok).

Bár összességében a modellezés során felhasznált magyarázó változók száma 70 körüli (pontos szám megadása az egyes változók eltérő verziói és az egyes átalakulási potenciálok eltérő változóállománya miatt nem lehetséges), voltak olyan adatok is, amelyek bár valószínűleg segítettek volna a folyamatok minél jobb modellezéséhez, nem sikerült beszerezni. Ilyenek például a nagy felbontású, a kapott agrártámogatás összegére vonatkozó adatok.

A modellezéshez felhasznált magyarázó változók esetében visszatérő probléma volt, hogy felbontásuk meg sem közelítette a földhasználati alaptérképekét. A társadalmi-gazdasági változók esetében jellemzően településszintűek az adatok, ami a közigazgatási határok jelentőségének túlhangsúlyozásához vezetett. Az alacsonyabb felbontás hátrányai más jellegű adatoknál is jelentkeztek, pl. az éghajlati adatok is 10×10 kilométeres négyzetrácsra vonatkoztak, amelyek a határ két oldalán jelentős eltérésekhez is vezethettek az átalakulási potenciálok között.

Az adatok térbeli elérhetősége mellett egyes esetekben az időbeli elérhetőség is gondot okozott, főként az időben dinamikusan változó társadalmi-gazdasági mutatók esetében. Az ideális állapot (változás esetén a kezdeti és végidőpont 1990 és 2006, állapotot leíró adat esetén az érték az éves adatok átlaga) nem csak a hézagos adatsorok miatt volt nehezen elérhető. Az adatok általában településekre vonatkoztak, ám a vizsgált időszakban a településállomány is drasztikus átalakuláson ment keresztül (területváltozások, szétválások), emiatt az időszak kezdetének és végének statisztikai adatai az esetek egy részében nem ugyanarra a településterületre vonatkoznak.

## **A modellfuttatás folyamata**

### ***Az átalakuláspotenciál-térképek kialakítása***

A kezdeti magyarázóváltozó-állomány kialakítása és az első kísérleti szimuláció tapasztalataiból kiinduló további bővítése után az MLP neurális háló használatával modelleztük a 30 almodell esetében az átalakulási potenciálokat. A modellezést nehezítette, hogy az MLP által adott eredmények nem megismételhetők, tehát ugyanazt a végeredményt (pontosságot) ugyanazokkal a változókkal és paraméterekkel nem lehet teljesen pontosan reprodukálni két eltérő futtatás esetén. Az egyes futtatások kiértékelését segítő dokumentáció következtetései nem mindig egyértelműek (pl. az indikátorok szerepének értékelése változhat), illetve a nagyon kis tanítási minták esetén ugyan magas precizitást és alacsony RMS-hibát jelez a szoftver, de ez inkább a túltanításra, mint a jó eredményre utal.

Tapasztalataink szerint a modellezés folyamán a szomszédsági hatás játszott a döntő szerepet. Egyrészt úgy is, mint egy adott kategóriától való távolság, hiszen gondoljunk arra, hogy a települések növekedése a településből kivezető utak és a beépítés határa mentén megy elsősorban végbe, másrészt úgy is, hogy ahol már volt változás, ott nagyobb eséllyel lesz a jövőben is. Más tényezőknek kevésbé volt ennyire markáns megjelenése, ami nyilván a már említett méretaránybeli és adatintegrációs problémából is következhetett.

**A modell módosítása demográfiai, klíma- és tervezési tényezőkkel**

Az alapmodell átalakulási potenciáljainak elkészítése és a modellezés lefuttatása után kezdtünk hozzá a tervezési tényezők (OTrT megfelelő rétegei), valamint más előrejelzések eredményeinek az integrálásához. A szoftver lehetővé teszi, hogy minden almodellhez hozzárendeljünk egy megkötéseket és ösztönző erőket összefoglaló térképet. Ennek keretében lehetőség van egy adott területen akár teljesen megtiltani bizonyos átalakulásokat, vagy épp azok mennyiségét megnövelni. Az LCM e térképek alapján módosítja az alapmodell átalakulásipotenciál-térképét és egy új, a korrekcióknak megfelelő változatot hoz létre.

A figyelembe vett tervezési elemek a Natura2000 területek, a nagyvízi mederterületek, a szükségtározók területe és az erdősítésre alkalmasnak ítélt területek. További, ezen a ponton beépített elemek: a demográfiai előrejelzéssel foglalkozó alcsoport eredményei (Tagai 2015), az évi csapadékmennyiség jövőben várható változása, az évi középhőmérséklet jövőben várható változása.

A munka elején tervezési mátrixot alkottunk, amelyben a megszorító és ösztönző tényezőket hozzárendeltük az egyes felszínre alakulási almodellekhez (2. táblázat).

2. táblázat: A korlátozó és ösztönző tényezők és a földhasználat-változások összekapcsolása<sup>3</sup>

	Natura2000 területek	Nagyvízi meder	Szükségtározók	Erdősítésre kijelölt területek	Demográfiai prognózis	Csapadék-változás	Hőmérséklet-változás
Mesterséges felszínre alakulás	0	0	0		0,7 – 1,5		
Szántóvá alakulás	0					0,8 – 1,2	0,8 – 1,2
Erdővé alakulás		1,2	1,2	1,2		0,8 – 1,2	0,8 – 1,2
Szőlő-gyümölcsössé alakulás	0						

A táblázatban szereplő értékeket az OTrT tartalmának figyelembevételével és szakértői becsléssel állapítottuk meg. Mint látható, a gyepterületre alakulás és a komplex mezőgazdasági felszínre alakulás esetében nem állapítottunk meg korlátozó vagy ösztönző tényezőket.

A mesterséges felszínre alakulás esetén teljes korlátozást vezettünk be a nagyvízi mederre, a szükségtározókra és a Natura2000 területekre. Az ezeken kívül eső területeken

<sup>3</sup> A 0-s értékek teljes korlátozást jelentenek, a 0 és 1 közé esők arányosan csökkentik az átalakulásipotenciál-térképek értékeit, az 1-es érték nem befolyásolja, míg az 1 feletti értékek növelik az átalakulás valószínűségét.

az átalakulási potenciáloknak a demográfiai előrejelzés eredményei alapján felfelé vagy lefelé korrigált értékei érvényesek (3. ábra).

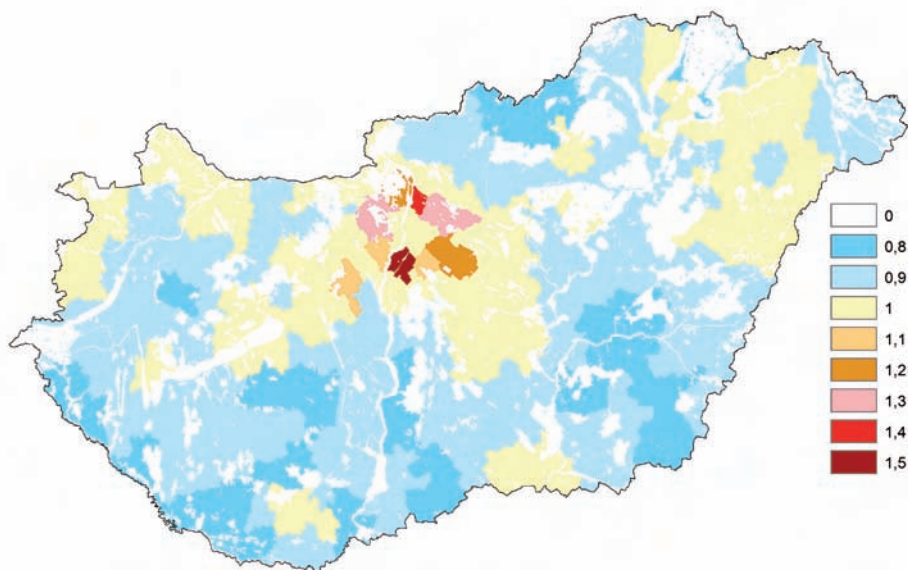
A szántóvá alakulást teljesen korlátoztuk a Natura2000 területeken, az ezen kívül eső területeken az évi középhőmérséklet és évi csapadékmennyiség prognosztizált változásának együttes hatása érvényesül.

Az erdővé alakulás valószínűségét ösztönöztük az árvízi szükségtározók, a nagyvízi meder és az Országos területrendezési tervben erdősítésre kijelölt területek esetén, az ezen kívül eső területeken az évi középhőmérséklet és évi csapadékmennyiség prognosztizált változásának együttes hatása érvényesül.

Végül pedig a szőlővé-gyümölcsössé alakulást teljes korlátoztuk a Natura2000 területeken.

A különböző korlátozások és ösztönzések csak az adott kategória bővülését serkentik, akadályozzák vagy tiltják, az egyes területeken már meglévő mesterséges felszínek, szántók stb. átalakulási valószínűségein nem módosítanak.

3. ábra: Az mesterséges felszínné alakulásra vonatkozó korlátozások illetve ösztönzések az egyes területeken



### ***Az elkészült modellek validációja***

A 30 almodell elkészítésekor a szoftverhez kapcsolódó kézikönyvekben és példafeladatokban alkalmazott kritériumok elérését tűztük ki célul. Az MLP hálózat tanulási folyamatában többféle, a pontosságra utaló visszajelzés érkezik a felhasználó felé, mint például az MLP hálózat pontossága<sup>4</sup> vagy a „skill measure” érték.<sup>5</sup> Ezekre vonatkozóan a fejlesztők nem adnak meg konkrét ajánlásokat, azonban a szoftverhez kapcsolódó mintafeladatban a 80%-os MLP precizitás és a 0.6-os Skill Measure érték jónak számít. A részmodellek kialakítása és az MLP hálózat tanítása során a fentiek alapján a célkitűzésünk a 80%-os MLP pontosság (0,6 Skill Measure) elérése volt, amelyet a 30 almodellből 9 esetben sikerült is teljesítenünk, míg további 14 esetben 75%-os, vagy afeletti eredményt értünk el. (A részletes eredményeket lásd a 2. mellékletben.)

A modellek validációját a 2012-es Corine felszínborítási adatbázishoz mérve végeztük el, amelyre az LCM korlátozottan ad csak lehetőséget (csak „találati” térképet készít, statisztikát nem), így a RIKS BV szoftverét, az ingyenesen elérhető Map Comparison Kitet (MCK) használtuk erre a célra. Az MCK-ban megtalálható módszerek közül a Kappa hasonlósági együtthatót alkalmaztuk.<sup>6</sup> Két mérést végeztünk el, az egyiket az alapmodell, a másikat a különböző tervezési, demográfiai és klímaváltozási tényezőkkel korrigált modellünk 2012-es eredményeire, amelyeket a Corine CLC2012-es valós földhasználati térképpel vetettük össze.

Az MCK szoftver a Kappa meghatározását két tényezővel végzi. A Kappa Location (KLoc) érték a felszínborítási kategóriák térbeli elhelyezkedésének egyezését vizsgálja pixelszinten, míg a Kappa Histogram (KHisto) azok mennyiségi megjelenését. A két tényező szorzata adja meg a Kappa értékét. A Kappa-érték azonban önmagában nem elegendő a modell értékeléséhez, tekintve, hogy egyes esetekben egy 0,7-es érték nagyon jónak, míg más esetekben közepes eredménynek számít (Hagen 2002). A pontosabb kép meghatározásához a Corine CLC2012-es térképét egy korábbi referenciatérképpel kell összehasonlítani, amely esetünkben a Corine CLC2000 volt (a táblázatokban referencia mérésnek szerepel). A három mérés eredményeit az alábbi táblázat foglalja össze (3. táblázat).

<sup>4</sup> Az MLP hálózat pontosságának előállítása során az adott almodellhez tartozó tanulómintát tanulási és tesztadatbázisra osztja a szoftver, majd minden tanulási iteráció befejezése után ez utóbbi tartalmát besorolja változatlan vagy változó osztályokba, és megnézi a %-ban kifejezett találati pontosságot.

<sup>5</sup> A „skill measure” értéke -1 és 1 közötti lehet, ahol a 0 érték a véletlenszerű találatot jelenti, tehát a modellünknek csak abban az esetben van magyarázó ereje, amennyiben értéke nagyobb, mint 0.

<sup>6</sup> Földhasználati modellek értékelésekor alkalmazzák még a Kappa-szimuláció módszerét is, melyben kifejezetten a változás előrejelzésének pontosságát méri a hely (KTransLoc) és a mennyiség (KTransition) vonatkozásában. Esetünkben azonban a változások pixelalapú statisztikai mérése nem szükséges, hiszen az adatokat települési szintű aggregálásban adjuk át a NATÉR rendszerébe.



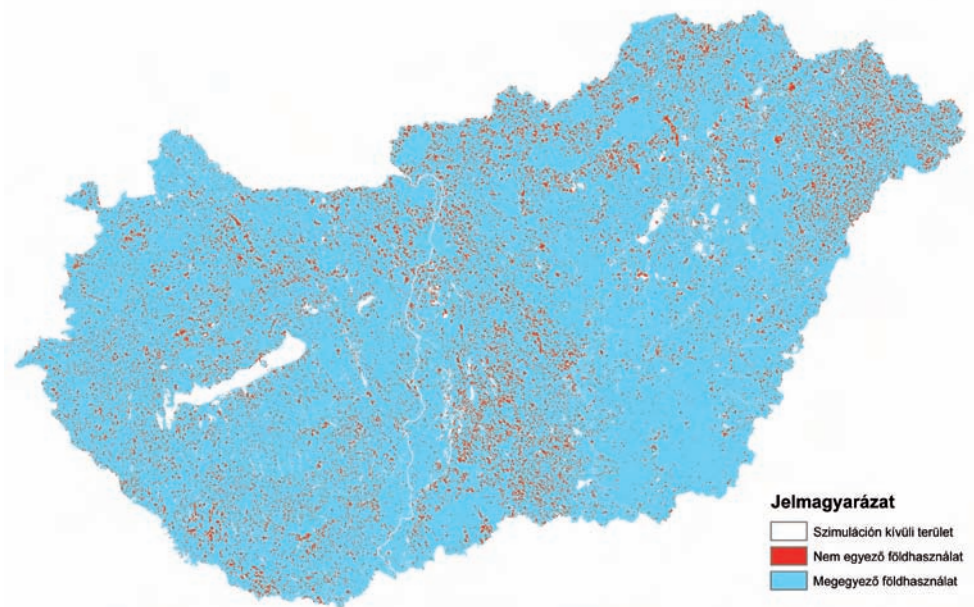
3. táblázat: A Kappa-elemzés eredményei

Mutató	Az alapmodell eredményei	A korrigált modell eredményei	Referenciamérés
Kappa	0,87707	0,87793	0,85025
KLoc	0,9017	0,90258	0,88192
KHisto	0,97268	0,97268	0,96409

Mindkét modellünk esetében a Kappa-együttható értéke 0,87 lett, ami abszolút értelemben és a referenciaméréshez képest is jó eredménynek számít, annál minimálisan magasabb. A korrigált modellünk esetében a Kappa értéke pár ezreddel jobb, mint az alapmodellé, ami a KLoc jobb eredményéből következik. Tehát a tervezési és egyéb tényezők, ha nagyon kis mértékben is, de pontosítottak a felszínborítás-változás előrejelzésének térbeli mintázatán. A KHisto-értékek azonosak, hiszen az LCM a Markov-láncok módszerével határozza meg az átalakulás mennyiségét, ami lényegében a bemeneti térképek alapján meghatározott fix területnagyság modellezési időtávra eső időarányos leképezésével áll elő.

Az MCK a valós és a modellezett térképek összehasonlításakor készít egy különbségtérképet is, amely pixelszinten mutatja meg az eltéréseket. A korrigált modell eredményei a 2012-es Corine CLC-hez képest az alábbi térképeken láthatók (az egyezések zöld színnel, az eltérések pirossal) (4. ábra).

4. ábra: A tervezési elemekkel korrigált modell és a 2012-es Corine térkép közötti eltérések



A modellek kemény eredményei mellett a puha előrejelzés eredményeit is összevetettük a 2006–2012 közötti valós változásokkal, amelyhez a tervezési elemekkel korrigált puha előrejelzést használtuk, átlagolva az egyes felszínborítási kategóriák 2006 és 2012 között átalakuló, illetve nem változó celláira eső átalakulási valószínűségeket (4. táblázat). (Az adatok értelmezésénél nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a puha előrejelzés értékei nem feleltethetők meg százalékoknak, az adatok csak egymáshoz viszonyítva értelmezhetők!)

4. táblázat: A tervezési elemekkel korrigált puha előrejelzés cellaértékeinek átlaga a 2006–2012 között változatlan és átalakult cellák esetében

Felszínborítás	2006–2012 között változatlan cellák	2006–2012 között átalakult cellák
Mesterséges felszínek	0,577	0,681
Szántók	0,546	0,730
Szőlők, gyümölcsösök	0,647	0,680
Gyepterületek	0,518	0,710
Komplex mezőgazdasági területek	0,634	0,677
Erdők	0,519	0,686

Az eredmények igazolják azt, hogy a létrehozott előrejelzés az általános trendekben helyes: az összes kategória esetében magasabb volt az átalakult területekre előrejelzett felszínborítás-váltási potenciál a változatlanul maradó területeknél. Látható azonban az is, hogy a két érték közti különbség kategóriánként igen eltérő, a szőlők, gyümölcsösök és a komplex mezőgazdasági területek esetében például meglehetősen közel van egymáshoz, ami arra utal, hogy a modell az egyes felszínborítási kategóriák esetében eltérő bizonytalanságot hordoz.

Végezetül azt is meg kell említenünk, hogy a különböző validációs megközelítések részsikereinek okai részben magában a Corine CLC2012-es adatbázisban keresendők. A 2006–2012 közötti változások a korábbi trendektől számos ponton eltérnek, több kategória esetében előjelváltás következett be (szőlők, gyümölcsösök; komplex mezőgazdasági területek). Ez magyarázattal szolgál az egyes kategóriák eredményei között a validálás során észlelt eltérésekre. Az egyes időszakok közötti éles különbségek, pl. a szőlők, gyümölcsösök kategória esetében nagy valószínűséggel a szabályozási környezet irányváltásainak tudhatók be (a telepítés támogatása után a kivágás támogatása).

## A modellezés eredményeinek részletes bemutatása

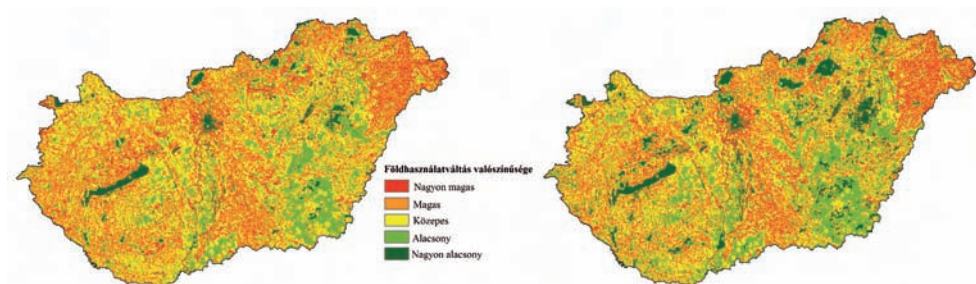
### A puha előrejelzések értékelése

A kapott eredmények értékelésénél célszerű az általános átalakulási valószínűséget bemutató puha előrejelzésekkel kezdeni. A puha előrejelzéseket alapvetően érzékenységi-sérülékenységi vizsgálatokban alkalmazzák, amikor is egy-egy élőhely és a hozzá kapcsolható földhasználat kitettségét kívánják modellezni, amelyre jó példa

lehet a gyepek vagy az erdőterületek átalakulási potenciáljának meghatározása. A jelen modellezésben a puha előrejelzést nem ebben a formában használtuk fel, hanem alapvetően a kemény előrejelzésünk utáni, 2030-tól 2050-ig terjedő időszak további trendjeinek felvázolására, amelyre konkrét számításokat a kiindulási időszak kis terjedelme (16 év) és időtávolsága miatt (több mint 30 év) már nem kívántunk végezni.

Az 5. ábra a két modellfuttatás (a csak az átalakulási potenciálokat figyelembe vevő alap- és a tervezési tényezőkkel korrigált modell) puha előrejelzéseinek eredményeit ábrázolja. Látható, hogy a nagytáblás mezőgazdasági területeken alacsony az átalakulás valószínűsége, viszont a főváros agglomerációja, de pl. a Nyírség és a Kiskunság esetében is nagy az átalakulás valószínűsége. A két puha előrejelzés-térkép hasonló, de a korlátozások és ösztönzések bevezetése láthatóan befolyásolta a magasabb hegyeinkben a földhasználatváltás valószínűségét, és például a Dunántúl esetében is sokkal árnyaltabb eredményt hozott. Az egyes magyarázó változók alacsony területi felbontásának problémája a puha előrejelzésben is megjelenik: Bácska területén pl. jól kivehetők a természetes földhasználatához nem igazodó, a klímaadatok alacsony felbontású rácshálóját felidéző formák.

5. ábra: A földhasználatváltás valószínűsége a bázis (balra) és a tervezési tényezőkkel korrigált modell (jobbra) puha előrejelzése alapján



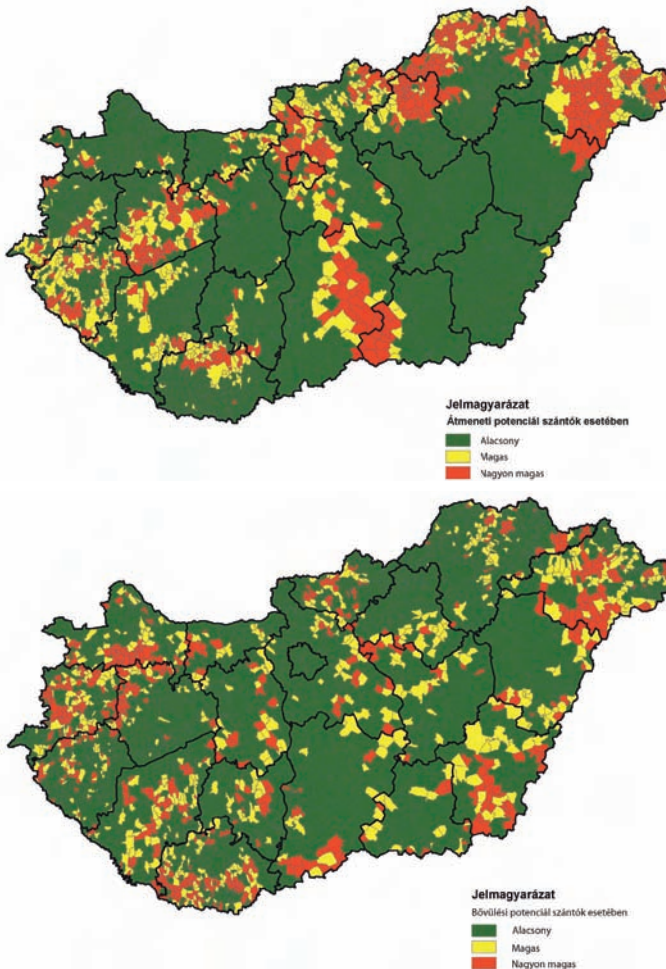
Az egyes almodellekhez köthető 30 darab átalakulásipotenál-térképet különböző összevonások után kétféle módon alkalmazhatjuk:

- egyrészt egy adott helyen az ott meglévő felszínborítási kategória átalakulásának valószínűségét (a kategória adott területen való visszaszorulását) számszerűsíthetjük,
- másrészt pedig a megjelenésük valószínűségét (a kategória adott területen való növekedését) számszerűsíthetjük.

Ez utóbbi értelmezésnél figyelemmel kell lennünk arra is, hogy alapvetően minden földhasználati kategóriának van lehetősége egy adott helyen megjelenni (az LCM módszeréből következően), éppen ezért csak a magas valószínűségi értékekkel rendelkezőket szabad figyelembe venni az elemzésnél.

A szántóterületek esetében az átalakulási potenciált vizsgálva azt láthatjuk (6. ábra), hogy a jó mezőgazdasági adottságokkal bíró, nagyábrás rendszerben művelt területek nagyon alacsony értékeket vesznek fel. Ide tartozik az Alföld jelentős része, mint például a Mezőföld, Bácska, a Körös–Maros köze, a Nagykunság és a Hajdúság, de még a Kisalföld is. Nagy átalakulási potenciál alapvetően a Kiskunság és a Nyírség homokvidékein, valamint a dombsági és hegyvidéki területeken (Zalai-dombság, Balaton-felvidék, Cserehát és Bükk) látható. Ezek mellett még Budapest és néhány nagyváros közvetlen környezete emelhető ki, ahol a szántóterületek visszaszorulhatnak. A szántóterületek potenciális konverziójának háttérében a kedvezőtlen környezeti adottságok (és az ezzel járó magasabb termelési költségek), valamint a települési területek térnyerése (magasabb földjáraadékokat biztosít, mint a gazdálkodás) állhatnak.

6. ábra: Átalakulási potenciál (fent) és bővülési potenciál (lent) területi különbségei a szántók esetében



E kategória bővülési potenciálja kevésbé koncentrált területileg, alapvetően az alacsony átalakulási potenciállal rendelkező, jó mezőgazdasági adottságú területeken valószínűsíthető a további térnyerés (Körös–Maros köze, Nagykunság, Mezőföld és Kisalföld). A domb- és hegyvidékeink előterei lehetnek még jellegzetesen a szántóterületek bővülésének célpontjai (Mátraalja, Dráva menti síkság, Tolnai-dombság).

A folyamat hátterében a szomszédsági hatásokat feltételezzük, különösen az első térségi körben, hiszen ott alacsonyabbak lehetnek a konverzió költségei, valamint az agrártámogatási rendszer is ebbe az irányba tereli a föltulajdonosokat és földhasználókat (gondoljunk a jövedelmek maximalizálására). Az is látható azonban, hogy amennyiben a szomszédsági hatás ekkora szerepet játszik és a szántóterületek hegemoniája tovább erősödik bizonyos térségekben, az a táj homogenizációjával, a tájökölógiai diverzitás csökkenésével és a biodiverzitás sérülésével járhat.

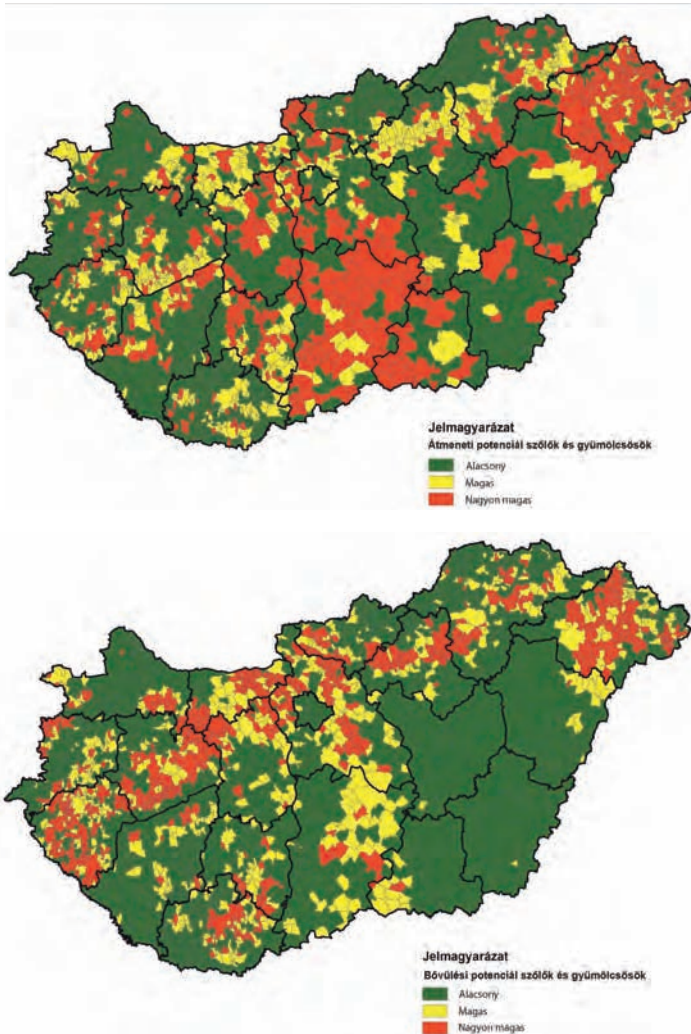
A puha előrejelzések közül a térképen megjelenő egyértelmű területi mintázatok közül érdemes megvizsgálni a szőlő- és gyümölcsültetvényekre vonatkozó eredményeinket (7. ábra). Az átalakuláspotenciál-térkép azt mutatja, hogy jelentősebb csökkenésre lehet számítani a Duna–Tisza közén, itt a homoki kultúra hagyományos területei és a környező tájak (Bácska) érintettek elsősorban, illetve az ország más térségei közül a Nyírséget emelhetjük ki. A lehetséges expanzió helyei: a Mecsek környezete, Tolnai-dombság, a Balaton-felvidék, a Bakony, a Móri-árok, a Velencei-hegység valamint a Vértes. A Nyírség itt is megjelenik, feltételezésünk szerint a szőlő- és gyümölcsösterületek összevonása miatt. Itt elsősorban azt gondoljuk, hogy a szőlőültetvények inkább átalakulnak, míg a gyümölcsösök inkább bővíthetnek a területen. A dombságok és hegyvidékek esetében véleményünk szerint a szőlőterületek növekedését jelentheti a magas potenciál, elsősorban a kapcsolódó adottságok és a szomszédsági hatás miatt (alacsonyabb konverziós költségek).

### ***Az alapszenárió és a tervezési tényezőkkel korrigált modell eredményeinek összehasonlítása***

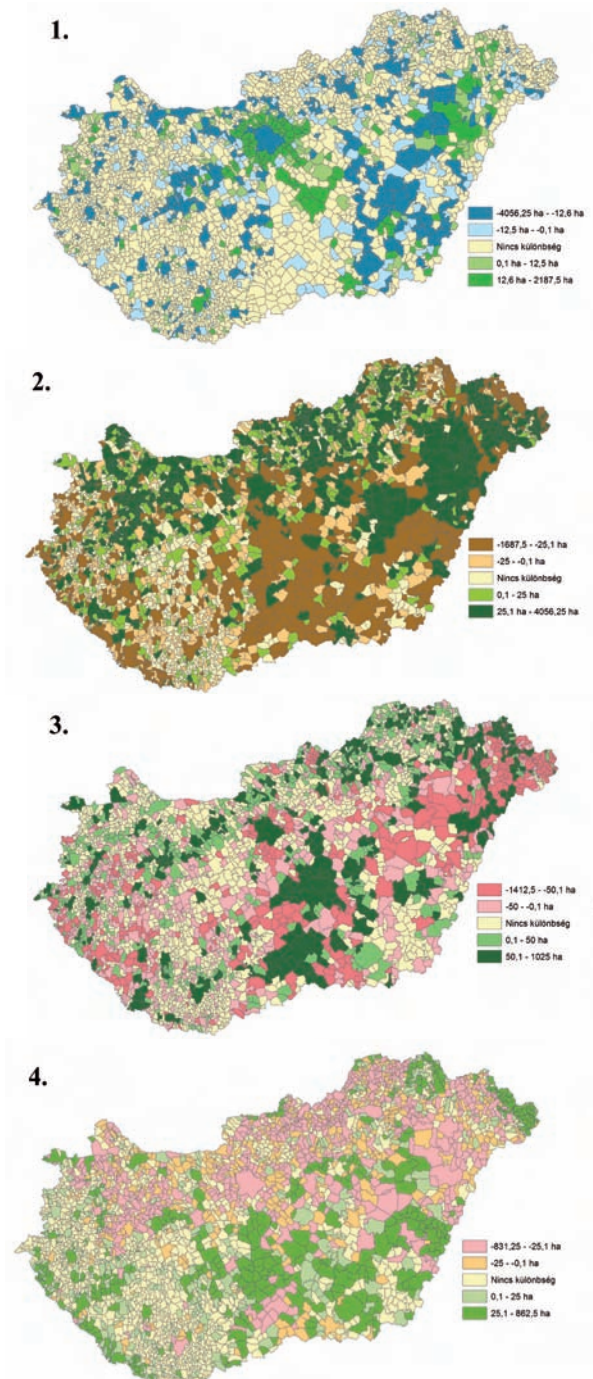
A 2030-ra szóló kemény előrejelzések értékelésénél a tervezési tényezőkkel korrigált modell eredményeit vettük figyelembe. Mielőtt azonban erre rátérnénk, érdemes sorra venni a két futtatás közötti legfontosabb változásokat (8. ábra). A mesterséges felszínnek esetében egyrészt különböző tervezési elemek (Natura2000 területek, szükségtározók, nagyvízi meder), másrészt a demográfiai munkacsoport előrejelzésének (Tagai 2015) figyelembevétele befolyásolta a modellt, így a korrigált modellben erősödött a mesterséges felszínnek fővárosi agglomerációba való koncentrációja. A szántók esetében a 2020–2050-es időszakra várható hőmérséklet- és csapadékváltozás figyelembevétele eredményezte az északra tolódást, míg az erdők esetében a klímaváltozás várható területi különbségei mellett az Országos Területrendezési Tervben erdősítésre kijelölt területre megállapított ösztönző is szerepet játszott a mintázat megváltozásában. Egyes felszínborítási kategóriáknál a bevont korlátozók és ösztönzők közvetetten jelentkeztek. A gyepterületek esetében például az ország

északi részében a korrigált modell a várható terület csökkenésével ellensúlyozta a szántóra és erdőterületre váltás megnövekedett valószínűségét.

7. ábra: Átalakulási potenciál (fent) és bővülési potenciál (lent) területi különbségei a szőlők és gyümölcsösök esetében



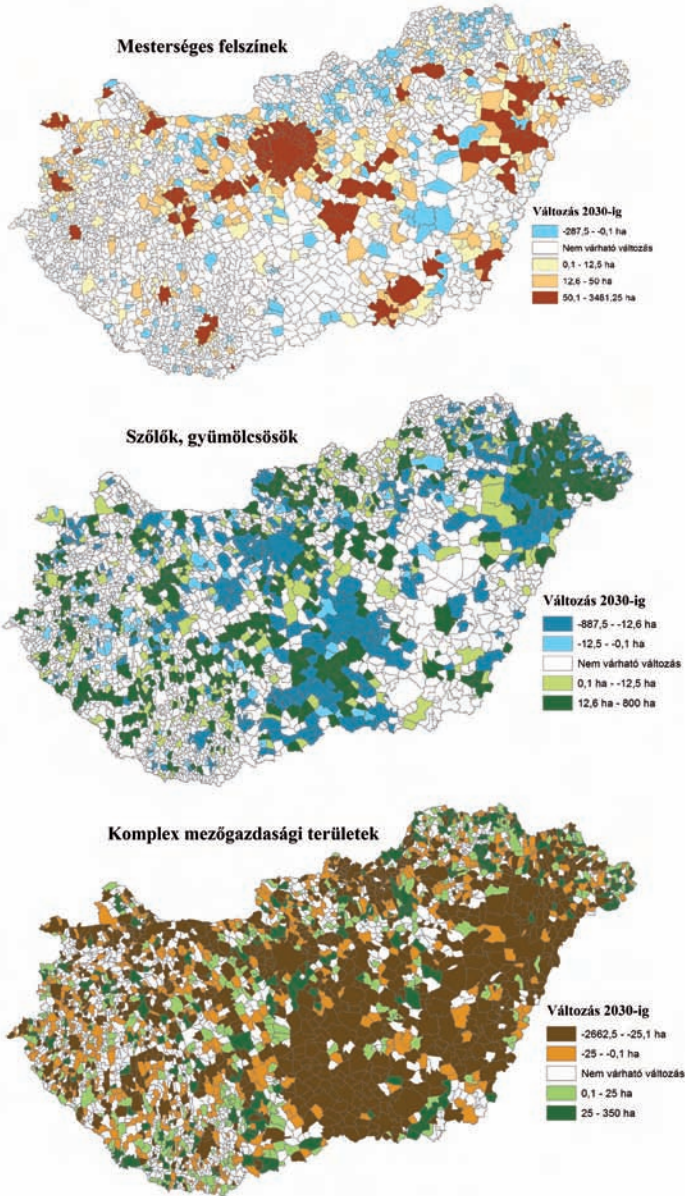
8. ábra: Az alap- és a tervezési tényezőkkel korrigált modell eltérései a mesterséges felszínek (1.), a szántók (2.), az erdők (3.) és a gyepterületek (4.) esetében



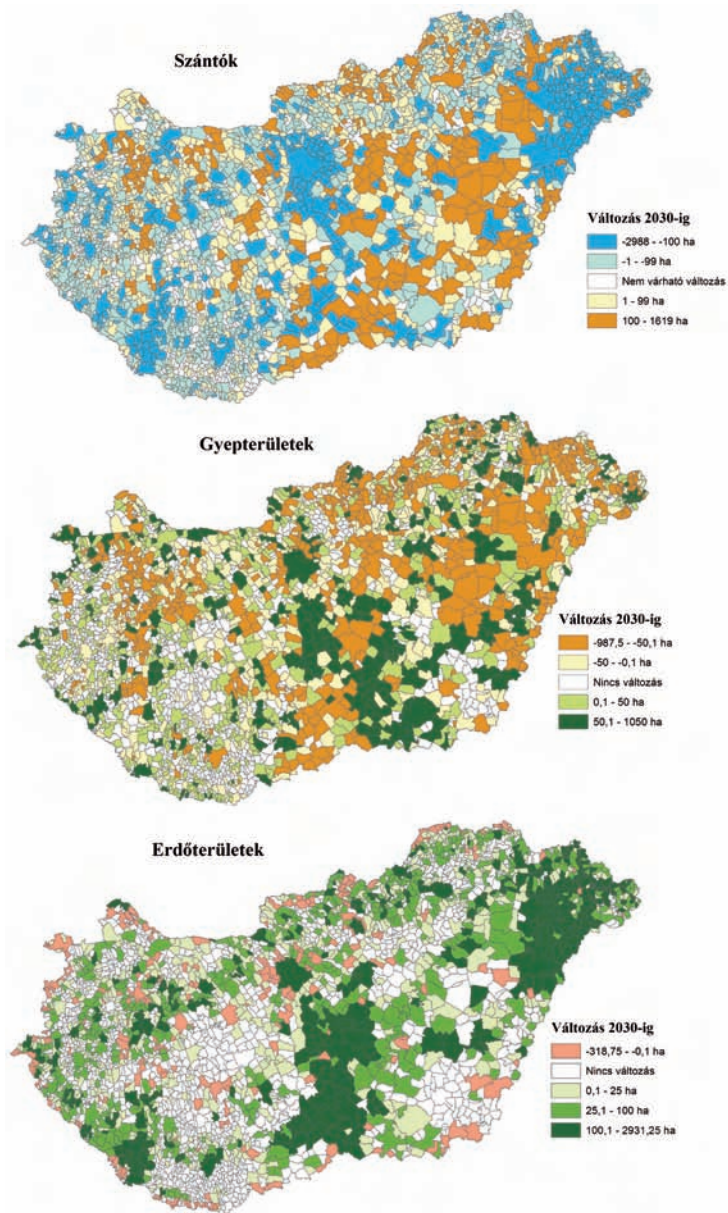
### ***Főbb földhasználati trendek a korrigált modell eredményei alapján 2030-ig***

A tervezési tényezőkkel korrigált kemény előrejelzés alapján a mesterséges felszínekben növekedés 2030-ig igen koncentráltan fog jelentkezni, elsősorban a fővárosi agglomerációban és néhány nagyobb vidéki városban és környezetükben (9. ábra).

9. ábra: A 2030-ra előrejelzett változások a tervezési elemek figyelembevételével







A mesterséges felszínekben az ország nagy részének negatív demográfiai kilátásai ellenére csökkenés csak korlátozottan és esetlegesen valószínű. A korábbi trendeknek megfelelően az elnéptelenedő területeken az elhagyott ingatlanokra – vagy éppen a volt iparterületek barnamezőire – rekultiválás és funkcióváltás helyett jó eséllyel lassú enyészet vár.

A szőlők és gyümölcsösök esetében látható, hogy az egyes termőkörzetek esetében eltérő trendek érvényesülnek: míg a Kiskunság szőlőültetvényein felhagyással kell számolni, addig Szabolcsban és Szatmárban a gyümölcsösök területének bővülése várható.

A komplex mezőgazdasági felszínek meglehetősen heterogén kategóriát alkotnak. Ide tartoznak a természetes gyepek- vagy erdőfoltokat tartalmazó mezőgazdasági területek, a tanyás területek, valamint az alföldi mezővárosok kertsképei. A rendszerváltás után ebben a kategóriában mentek végbe a legdrasztikusabb változások, és a jövőben a trendek folytatódásával kell számolni. Az egyöntetű, nagyarányú csökkenés az Alföldön a tanyarendszer további felszámolódásának lehetőségét veti fel, ami nagy csapás lenne a hagyományos alföldi kultúrtáj számára.

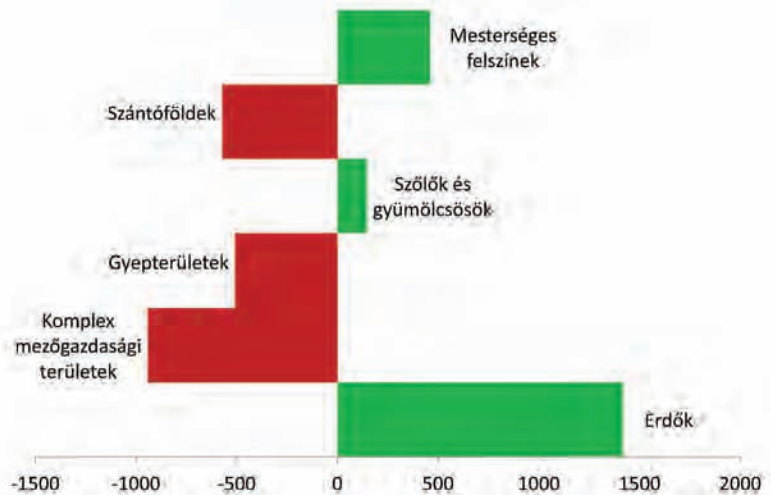
Az erdők esetében látható, hogy az erdőállomány megoszlása – összhangban az erdőgazdálkodás célkitűzéseivel – a jövőben jóval kiegyenlítettebb lesz, jelentősebb bővülés elsősorban a Kiskunságban és a Nyírségben várható.

## Konklúziók

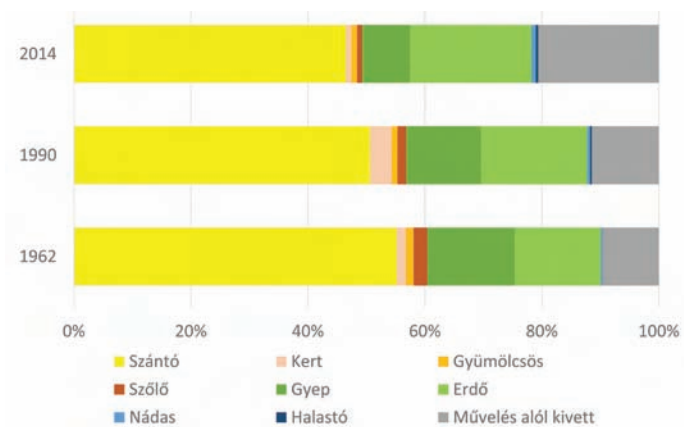
### *A modellezés eredményeinek összegzése*

A kemény előrejelzés kategóriaváltásainak összegzése alapján 2030-ig az erdők jelentős, valamint a mesterséges felszínek és szőlők gyümölcsösök csekélyebb bővülésére lehet számítani, ellenben a szántók, gyepterületek és komplex mezőgazdasági területek esetében csökkenés valószínűsíthető (10. ábra). Ezek az eredmények összecsengenek a Magyarországra jellemző hosszú távú földhasználati trendekkel. A KSH adatai alapján összeállított alábbi grafikonon három időpontban láthatóak az adatok: 1962-ben a második szövetkezeti hullám befejezésének évében, 1990-ben a rendszerváltás elején, illetve 2014-ben (11. ábra).

10. ábra: A 2030-ig előrejelzett földhasználat-változások különbözete az egyes kategóriák szerint (km<sup>2</sup>)



11. ábra: Magyarország földhasználatának hosszú távú trendjei



Forrás: KSH 2015.

Az ábráról látható, hogy vannak olyan, több évtizedet felölelő trendek hazánk földhasználati rendszerének átalakulásában, amelyek társadalmi-gazdasági rendszer-től függetlenek. Erre példa a szántók és a gyepek területének csökkenése, valamint ellenkező előjelű folyamatként az erdő és a művelés alól kivett kategóriák növekedése. A földhasználatváltás sebessége időben változik, például a gyepek összterületének csökkenése vagy a beépített területek növekedése 1990 után intenzívebbé vált. Míg 1962 és 1989 között évente kb. 25 ezer ha-on történt földhasználati változás, addig 1990 és 2014 között ez az érték közel 80 ezer ha-ra nőtt éves szinten, és csak a művelésből kivett kategória növekedése eléri az évi 30-35 ezer ha-t. E trendek folytatódása – ha lassabb ütemben is – a jövőben is valószínű. Ehhez még hozzá kell tenni, hogy a Shannon-féle (H) diverzitásindex vizsgálata alapján az 1990-es évek óta lezajlott változások révén a földhasználat a korábbinál homogénebbé vált, és a kemény előrejelzés eredményei Magyarország felszínborításának további homogenizálódását vetítik előre.

### **Javaslatok a modellezési folyamat javítására**

Az elvégzett munka során szerzett tapasztalatok és az eredményekből nyerhető következtetések alapján számos olyan javaslat fogalmazódott meg bennünk, amely elősegítheti a pontosabb, megbízhatóbb földhasználati modellezést.

A rendszerváltás óta eltelt időszak, ha a hosszú távú trendek esetében nem is hozott gyökeres változást, a társadalmi-gazdasági átmenet sajátosságai miatt mégis egyedinek tekinthető. Éppen ezért célszerű lenne a modellezés kiindulási időszakát 1990–2006-ról az 1980–2010-es éveket átfogó időintervallumra kibővíteni. Mivel a Corine-adatok csak 1990-től állnak rendelkezésre, hosszabb időtávra megfelelőbb lehet egy kifejezetten a modellezéshez létrehozott földhasználati térkép alkalmazása. A Corine-térképek további alkalmazása esetén érdemes lenne egyes összevont kategóriák felülvizsgálata, és más változatokkal történő kísérletezés is.

Továbbá úgy gondoljuk, hogy a földhasználati modellezés nemzetközi trendjeivel összhangban a munka folytatásaként mindenképpen több makro- és regionális szintű ágazati projekciót, igényt és elvárást kell a modellbe integrálni, másrészt fel kell tárni a különböző szereplők lokális szinten megjelenő motivációit, a döntéshozataluk sajátosságait és annak szempontjait. Tehát összességében a makroprojekciók és a mikroszimulációk integrációja felé kell elmozdulni, amelyből az utóbbiban az ágens-alapú megközelítés irányába érdemes eltolni a hangsúlyt. Ezt még kiegészíthetjük azzal, hogy célszerű lenne legalább nagytáji vagy regionális szintű almodelleket készíteni, legalábbis az LCM további alkalmazása esetén.

## Irodalom

- Alonso, W. F. (1964): *Location and land use*. Harvard University Press, New Haven
- Baker, W. L. (1989): A review of models of landscape change. *Landscape Ecology*, 2., 111–133.
- Balmann, A. (1996): Farm-based modelling of regional structural change: A cellular automata approach. *European Review of Agricultural Economics*, 1., 85–108.
- Burnham, B. O. (1973): Markov intertemporal land use simulation model. *Southern Journal of Agricultural Economics*, 1., 253–258.
- Duray B. (2009): *Tájdinamikai vizsgálatok – A tájhasználat-változás és regenerációs potenciál összefüggéseinek modellezése*. Doktori (PhD) értekezés tézisei. [www.rkk.hu/rkk/publications/phd/duray\\_tezis.pdf](http://www.rkk.hu/rkk/publications/phd/duray_tezis.pdf) (Letöltés: 2015. december 3.)
- Forrester, J. W. (1969): *Urban Dynamics*. MIT Press, Cambridge
- Geographical Sciences Committee (2014): *Advancing Land Change Modeling: Opportunities and Research Requirements*. National Academies Press
- Hagen, A. (2002): Multi-method assessment of map similarity. In: *Proceedings of the fifth AGILE conference on geographic information science*. Palma, Spain, pp. 171–182.
- Heistermann, M., Müller, C., Ronneberger, K. (2006): Land in sight? Achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2., 141–158.
- Koomen, E., Stillwell, J. (2007): Modelling land-use change. In: Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, A., Scholten, H. J. (eds.): *Modelling land-use change. Progress and Applications*. Springer, Dordrecht, London, 1–22.
- KSH (2015): *Magyarország földterülete művelési ágak szerint, 1853–2014*. [https://www.ksh.hu/docs/hun/agraar/html/tabl1\\_3\\_1.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/agraar/html/tabl1_3_1.html) (Letöltés: 2015. december 3.)
- Lambin, E. F., Rounsevell, M. D. A., Geist, H. J. (2000): Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity?. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1., 321–331.
- Mas, J. F., Kolb, M., Paegelow, M., Olmedo, M. T. C., Houet, T. (2014): Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling & Software*, 51., 94–111.
- Munteanu, C., Kuemmerle, T., Boltiziar, M., Butsic, V., Gimmi, U. et al. (2014): Forest and agricultural land change in the Carpathian region – A meta-analysis of long-term patterns and drivers of change. *Land Use Policy*, 38., 685–697.
- van Schrojenstein Lantman, J., Verburg, P. H., Bregt, A., Geertman, S. (2011): Core principles and concepts in land-use modelling: a literature review. In: Koomen, E., Stillwell, J., Bakema, A., Scholten, H. J. (eds.): *Modelling land-use change. Progress and Applications*. Springer, Dordrecht, London, 35–57.

Sinclair, R. (1967): Von Thunen and Urban Sprawl. *Annals of the Association of American Geographers*, 1., 72–87.

Tagai G. (2015): *Járási népesség-előreszámítás 2051-ig*. Jelen kötetben.

Tamás, J. (2013): *Precision Agriculture*. University of Debrecen, Debrecen [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011\\_0009\\_Tamas\\_Janos-Precision\\_Agriculture/ch14.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0009_Tamas_Janos-Precision_Agriculture/ch14.html) (Letöltés: 2015. december 3).

Thünen, J. H. (1966): *Isolated state: An English edition of Der isolierte Staat*. Pergamon Press, New York

Tobler, W. (1979): Cellular geography. In: Gale, S., Olsson, G. (eds.): *Philosophy in geography* Reidel, Dordrecht, 379–386.

Vaszócsik V. (2015): *Hazai tájhasználat változási folyamatok modellezése*. <http://tajokologiaikonferencia.hu/media/downloads/VaszocsikV.doc> (Letöltés: 2015. december 3.)

Verburg, P. H., Eickhout, B., van Meijl, H. (2008): A multi-scale, multi-model approach for analyzing the future dynamics of European land use. *Annals of Regional Science*, 1. 57–77.

## Mellékletek

1. melléklet: Az egyes felszínborítási kategóriák területének változása a különböző felbontások esetén (km<sup>2</sup>)

Azo- no- sító	Corine Land Cover kategória	100 m	250 m	500 m	1000 m
1.1.1.	Összefüggő településszerkezet	31,85	31,8125	29,75	28
1.1.2.	Nem összefüggő településszerkezet	4124,96	4130,125	3916,5	3832
1.2.1.	Ipari vagy kereskedelmi területek	471	470,0625	313,25	315
1.2.2.	Út- és vasúthálózatok és csatlakozó területek	34,61	34,9375	11	9
1.2.3.	Kikötők	3,93	3,6875	3	5
1.2.4.	Repülőterek	59,99	60,4375	62,5	67
1.3.1.	Nyersanyag-kitermelés	59,61	59,875	40	36
1.3.2.	Lerakóhelyek (meddőhányók)	51,2	51,375	40,75	35
1.3.3.	Építési munkahelyek	8,63	9,25	9,25	12
1.4.1.	Városi zöldterületek	56,08	56,4375	28,5	28
1.4.2.	Sport-, szabadidő- és üdülőterületek	308,18	305,5	263,75	274
2.1.1.	Nem öntözött szántóföldek	49560,8	49575,5	56844,25	56938
2.1.2.	Állandóan öntözött területek				
2.1.3.	Rizsföldek	147,71	147,8125	145,75	137
2.2.1.	Szőlők	1513,29	1516	1510,25	1495
2.2.2.	Gyümölcsösök, bogyósok	638,14	636	492,5	492
2.2.3.	<i>Olajfa-ültetvények</i>				
2.3.1.	Rét/legelő	6808,13	6808,813	5276	5242
2.4.1.	<i>Egynyári kultúrák állandó kultúrákkal vegyesen</i>				
2.4.2.	Komplex művelési szerkezet	3186,2	3182,875	2137	2130
2.4.3.	Mezőgazdasági területek, term, formációkkal	1663,64	1657,813	757	802

2.4.4.	<i>Mezőgazdasági-erdészeti területek</i>				
3.1.1.	Lomblevelű erdők	14348,4	14339,94	14624,5	14624
3.1.2.	Tűlevelű erdők	973,98	973,375	806,75	786
3.1.3.	Vegyes erdők	1519,39	1517	1072	1061
3.2.1.	Természetes gyepek, természetközeli rétek	2258,44	2262,438	2264	2255
3.2.2.	<i>Törpecserjés, cserjés területek, fenyérek</i>				
3.2.3.	<i>Keménylevelű (Sclerophyl) növényzet</i>				
3.2.4.	Átmeneti erdős-cserjés területek	2424,55	2422,875	1266,75	1305
3.3.1.	Homokos tengerpartok, dűnék, homok	0,2	0,25	0	0
3.3.2.	<i>Csupasz sziklák</i>				
3.3.3.	Ritkás növényzet	23,94	23,1875	17	21
3.3.4.	<i>Leégett területek</i>				
3.3.5.	<i>Gleccserek, örök hó</i>				
4.1.1.	Szárazföldi mocsarak	911	906,5625	548,25	546
4.1.2.	Tőzeglápok	124,98	126	120,25	131
4.2.1.	<i>Tengermelléki mocsarak</i>				
4.2.2.	<i>Sólepárlók</i>				
4.2.3.	<i>Az árapály által érintett területek</i>				
5.1.1.	Folyóvizek, vízi utak	472,43	474,125	298	308
5.1.2.	Állóvizek	1226,76	1231,313	1058,5	1055
5.2.1.	<i>Tengerparti lagúnák</i>				
5.2.2.	<i>Folyótorkolatok</i>				
5.2.3.	<i>Tenger és óceán</i>				

2. melléklet: Az egyes almodellek esetén elért pontosság és skill measure-értékek

<b>Submodell</b>	<b>MLP pontosság (%)</b>	<b>Transition SM</b>	<b>Persistence SM</b>	<b>Skill Measure</b>
Mesterséges felszínek – Szántók	76,15	0,8081	0,2292	0,6231
<i>Mesterséges felszínek – Szőlők-gyümölcsösök</i>	85,19	0,5	0,8667	0,7037
Mesterséges felszínek – Rét, legelő	80,18	0,5536	0,6545	0,6036
Mesterséges felszínek – Komplex hasz.	78,24	0,6383	0,4949	0,5648
Mesterséges felszínek – Erdő	81,36	0,7241	0,5333	0,6271
Szántók – Mesterséges felszínek	77,88	0,3602	0,7587	0,5576
Szántók – Szőlők-gyümölcsösök	77,05	0,4028	0,6806	0,5411
Szántók – Rét, legelő	78,34	0,544	0,5899	0,5668

A FÖLDHASZNÁLAT-VÁLTOZÁS MODELLEZÉSE ÉS ELŐREJELZÉSE MAGYARORSZÁGON

Szántók – Komplex mezőgazdasági felszínek	77,52	0,6051	0,495	0,5504
Szántók – Erdő	81,33	0,7314	0,5203	0,6266
Szőlők-gyümölcsösök – Mesterséges felszínek	83,16	0,6596	0,6667	0,6632
Szőlők-gyümölcsösök – Szántó	74,27	0,5522	0,4176	0,4853
Szőlők-gyümölcsösök – Rét, legelő	75,04	0,4881	0,5134	0,5007
Szőlők-gyümölcsösök – Komplex mezőgazdasági felszínek	75	0,5126	0,4877	0,5
Szőlők-gyümölcsösök – Erdő	80,88	0,6446	0,5898	0,6177
Rét, legelő – Mesterséges felszínek	81,32	0,6277	0,625	0,6263
Rét, legelő – Szántók	67	0,1883	0,4918	0,34
Rét, legelő – Szőlők-gyümölcsösök	73,88	0,6201	0,3333	0,4775
Rét, legelő – Komplex mezőgazdasági felszínek	75,02	0,6122	0,387	0,5004
Rét, legelő – Erdő	75,77	0,4464	0,5845	0,5153
Komplex mezőgazdasági felszínek – Mesterséges felszínek	73,12	0,5631	0,3619	0,4624
Komplex mezőgazdasági felszínek – Szántók	71,47	0,1501	0,7022	0,4295
Komplex mezőgazdasági felszínek – Szőlő-gyümölcs	80,87	0,6886	0,5463	0,6173
Komplex mezőgazdasági felszínek – Rét, legelő	67,01	0,392	0,2873	0,3402
Komplex mezőgazdasági felszínek – Erdő	74,4	0,4196	0,5562	0,4879
Erdő – Mesterséges felszínek	80,31	0,6087	0,604	0,6062
Erdő – Szántók	75,05	0,7445	0,2471	0,5009
Erdő – Szőlők-gyümölcsösök	75,11	0,6637	0,3448	0,5022
Erdő – Rét, legelő	78,13	0,5934	0,5319	0,5626
Erdő – Komplex mezőgazdasági felszínek	78,27	0,5948	0,5359	0,5654





# A magyar gazdaság két forgatókönyve 2016 és 2050 között – A klímaváltozás figyelembevételének lehetőségei

Zsibók Zsuzsanna – Sebestyén Tamás

## Bevezetés

A NATÉR-rendszer gazdasági moduljának célja, hogy hosszú távú előreszámítást adjon néhány fontosabb gazdasági változó alakulásáról, valamint lehetőség szerint olyan kapcsolódási pontokat nyújtson, amelyeken keresztül modellezhetővé válnak a klímaváltozás hatásai a gazdasági dinamikára. Mindemellett az országos gazdasági változók előreszámításán kívül lehetőség szerint finomabb területi bontásban is ad előreszámítást.

Az utóbbi szempont esetén kérdés a releváns területi bontás definiálása. Magyarország esetén logikus választás a megyei szint, mivel (i) ezen a szinten az egyes makrogazdasági fogalmak (GDP, foglalkoztatottság, fogyasztás stb.) még viszonylag jól értelmezhetők, (ii) ezen a szinten állnak rendelkezésre megfelelő adatok a modell kalibrálásához, becsléséhez és (iii) standard, összehasonlítható elemzési egységnek számít a hazai vizsgálatoknál.

A feladat összetettsége okán egy komplex, időben, térben és ágazatilag is dezaggregált modell kialakítása tűnik adekvátnak, tekintetbe véve azonban a jelen projektben rendelkezésre álló erőforrásokat, ez nem lehetett cél (megjegyzendő, hogy az OECD-nél jelenleg van folyamatban egy olyan modell fejlesztése, amely a klímaváltozás szektorális hatásait tudja számszerűsíteni). A komplex modellkeret kialakításához a jelenlegi lehetőségeken belül úgy tudunk közelebb kerülni, ha moduláris modellben gondolkodunk, amely a térbeli, szektorális, időbeli dezaggregációt külön blokkokba telepíti, amelyek elegendően kevés ponton kapcsolódnak ahhoz, hogy a modell ne váljon túl összetetté.

## Általános alapvetés a modellalapú gazdasági előrejelzés módszertani lehetőségeiről

A gazdasági változók jellegére tekintettel 2050-ig bezárólag, azaz 35 éves időszakra csak nagyon jelentős bizonytalansággal lehetséges előreszámításokat végezni, ezért erre kevés példát találunk a makromodellezésben, a legtöbb modell középtávú előrejelzéseket készít. Ilyen hosszú időtávon nem tudunk csupán egyetlen lehetőséget számításba venni, hanem többféle forgatókönyv alapján kell számolni.

### Modelltípusok

Előrejelzések készítésére a szakma a makromodelleket használja, mivel ez olyan eszköz a kutatók kezében, amelyik a gazdaságban végbemenő változásoknak nemcsak a parciális, „első körös” hatásait képes kimutatni, hanem szimultán jellegénél fogva a hosszú távú visszacsatolásokat is (Századvég 2014). A makromodellek szemléletüket tekintve többféle lehetőséget kínálnak, ezek közül mi három változatot fontolunk meg:

1. Strukturális modell építése. Ez a modell standard változókkal egy egyensúlyi feltételrendszerrel ír le, amely a legfontosabb gazdasági mutatók (GDP, fogyasztás, munkaerő-felhasználás) jövőbeli alakulását magyarázza.
2. Ökonometriai modell. Egy viszonylag rugalmasan igényekre szabható modellezési lehetőség, amelyben az előrejelzést egy tanulói időszak adatai alapján készíthetjük el.
3. A Meadows-féle világmodelleken (Conaca, Dabelko 2015; Meadows et al. 1972) alapuló megközelítés, amely többféle forgatókönyvre épülő, komplex, hosszú távú előrejelzés releváns gazdasági blokkokkal (energiafelhasználás, tőkefelhasználás), de a gazdasági része az igényeinkhez képest elnagyolt, magas fokú területi dezaggregálása nehezen lenne kivitelezhető.

Választásunk az *első lehetőségre* esik, mivel a projekt által kijelölt, a gazdasági modellezésben szokatlanul hosszú időtávú előrejelzés igényeinek ez felel meg leginkább.

### Strukturális modellek

Egy *strukturális makromodell* előnye, hogy képes megjeleníteni a gazdasági változók közötti visszacsatolásokat is, ami a változók pályájának hosszú távú lefutásának bemutatásánál elengedhetetlen. Az általános egyensúlyi makromodellek a gazdasági szektorok reprezentatív szereplőinek optimalizáló magatartását leíró egyenleteken alapulnak. A modell definiál egy egyensúlyi pályát, amelyről feltételezi, hogy a gazdaság hosszú távon afelé konvergál.

Palócz és Vakhil (2014) összefoglalja a strukturális makromodellek legfontosabb előnyeit:

- elméletileg megalapozottabbak,
- hihető és konzisztens magyarázatokat adnak,
- nem érvényes rájuk a Lucas-kritika,
- a szimulációs gyakorlatok és a középtávú elemzések tipikus eszközei.

A Lucas-kritika (Lucas 1976) azt az alapelvet mondja ki, hogy egy modell által leírt oksági sémának stabilnak kell maradnia akkor is, ha a mögöttes okok – nevezetesen a gazdaságpolitikai környezet – megváltoznak. A hagyományos (nem az idősorokban meglévő információkat kiaknázó) ökonometriai modellek tehát nagyon jól működhetnek rövid távon. Jól illeszkedhetnek a múlt adataira, de tökéletesen alkalmatlanok előrejelzésre, és még inkább alkalmatlanok gazdaságpolitikai akciók szimulálására. „Minden korábbi modell, amikor a gazdaságpolitika hatását modellezte, figyelmen kívül hagyta, hogy valójában már egy másik modellel dolgozik.” (Király 1998, 1093.)

Egy modell, amely nem a különböző gazdasági szereplők egyéni viselkedését leíró közgazdasági elméleten alapul (mikroszintű megalapozottság), nem alkalmas a gazdaságpolitikai intézkedések hatásainak vizsgálatára, akár visszatekintésről, akár előrejelzésről legyen szó (Századvég 2014). A Lucas-kritika által kimondott feltételnek tehát leginkább a strukturális modellek felelnek meg, a makroökonometriai modellek kevésbé. Hosszabb távú előrejelzésre és a gazdaságpolitika szimulációjára ezért inkább az előbbiek az alkalmasak.

A strukturális modellek leginkább elterjedt típusa a DSGE, azaz a dinamikus, sztochasztikus általános egyensúlyi modelles család (Christiano et al. 2005; Smets, Wouters 2003). Karádi (2009) szerint: „A DSGE gyűjtőnév általános elnevezése olyan modelleknek, amelyek bizonyos közös módszertani jellemzőkkel rendelkeznek. Míg a korábbi modellek feltételeztek bizonyos alapvető statikus viselkedési egyenleteket (például, hogy az egyének hajlamosak mindenkori fizetésük egy részét fogyasztásra költeni), ezek a bonyolultabb modellek azt feltételezik, hogy a gazdasági szereplők dinamikus és előre tekintő döntéseket hoznak – vagyis például nemcsak jelenlegi, hanem várható jövőbeli jövedelmüket is figyelembe veszik, amikor a jelenlegi fogyasztásról döntenek. Ezenkívül explicit módon számításba veszik a bizonytalanságot (sztochasztikus világ) is, ami azt jelenti, hogy biztosításokat kötnek olyan eseményekre (pl. lakástűz), amelyek jelentősen csökkentenék fogyasztásukat. Az általános egyensúly kifejezés azt jelenti, hogy ezek a modellek a gazdaság egészét és nem csak az egyes szereplők viselkedését vizsgálják. Ezért azokat az árakat, béreket és kamatokat keresik, ahol a teljes gazdaság egyensúlyban van, azaz, ahol a kereslet és a kínálat minden piacon megegyezik, és senki sem akarja megváltoztatni a döntéseit” (Karádi 2009, 26.).

A DSGE modellekben a sztochasztikus<sup>1</sup> jelleget az adja, hogy a gazdasági ingadozásokat nem szabályszerű, determinisztikus ciklusokra vezetnek vissza, hanem a fluktuációkat a gazdaság sokkokra adott válaszaiként modellezik (Palócz, Vakhali 2014).

A DSGE modellek elméleti konzisztenciája nem ad garanciát arra, hogy az adatokra jól illeszkednek, ezért rendszerint kiegészítik ezeket egy rövid távú előrejelző rendszerrel, amely különböző ökonometriai modelleket (szatellitmodelleket) tartalmaz (Századvég 2014).

<sup>1</sup> A sztochasztikus gondolkodásmódról Rappai (2010) ad részletes, statisztikai szempontú áttekintést.

A strukturális modellek másik változata a *számítható általános egyensúlyi modell-család*. A CGE (computable general equilibrium) modellek a gazdaság szerkezetét a DSGE modelleknél megszokotthoz képest több ágazat szerepeltetésével írják le, az ágazati kapcsolatok mérlege (ÁKM) alapján. A CGE modellek kiterjedése nagy, szimultán egyenletrendszerekkel a gazdaság több (akár az összes) szektora is modellezhető (Palócz, Vakhil 2014). Hátrányuk, hogy hosszú távú előrejelzésre nem használatosak, alkalmazásuk inkább a gazdaságpolitikai döntések hatásvizsgálatában terjedt el.

Járosi et al. (2009) bemutatja, hogy a CGE modellek a walrasi általános egyensúly-elmélet empirikus alkalmazásai gazdaságpolitikai hatáselemzésekre. A modellek a hatásoknak az egyes piacokon végigfutó láncolatait figyelembe véve vezetik le a beavatkozások várható eredményeit. Az általános egyensúlyelmélet kritériumai (a kereslet-kínálat megegyezése az output- és az inputpiacokon, az árak megfelelése az inputköltségek összegének, valamint a tényezőjüvedelmek és a végső felhasználás értékének makroszintű megegyezése) mellett a modellek szimultán számolják ki a termékek és a termelési tényezők piacain az egyensúlyi mennyiségeket és árakat. A beavatkozás hatásai a beavatkozás nélküli egyensúlyi állapotnak és a beavatkozás után kialakuló egyensúlyi állapotnak az összevetése révén számíthatók ki.

A CGE modellezés előnye (szemben például az ökonometriai modellekkel), hogy mikroökonómiai alapokra épül, vagyis a modellek az egyes szereplők viselkedéséből, a piacok bonyolult kapcsolatrendszerét figyelembe véve vezetik le a makroszintű eredményeket (Járosi et al. 2009).

### *Ökonometriai modellek*

Egy idősoros, ökonometriai modell a rövidebb távú, esetleg középtávú előrejelzés igényeit tudná a legjobban kiszolgálni, mivel ebben az esetben megvalósulhatna a megfigyelt adatokhoz való legjobb empirikus illeszkedés. Hátránya viszont, hogy előrejelzésre csak változatlan gazdasági környezet feltételezése esetén alkalmas, azaz hosszú távon már nem. Palócz és Vakhil (2014) alapján összegezhethetjük, hogy a makroökonometriai modellek

- az empirikus illeszkedést helyezik előtérbe,
- az adatoknak való rövid távú megfelelésre optimalizáltak,
- érvényes rájuk a Lucas-kritika,
- általában könnyebben kezelhetőek,
- a rövid távú előrejelzések tipikus eszközei.

A szakirodalomban konszenzus alakult ki arról, hogy a szimultán strukturális, DSGE-típusú makromodellek pontossága az ökonometriai modellekhez viszonyítva javul az előrejelzési időtáv növekedésével. Az ökonometriai modellek jellemzője, hogy a paraméterek meghatározásánál nem a modellezők előfeltevéseire, hanem a becslések eredményeire hagyatkozunk, ugyanakkor nagyszámú egyenlet esetén így is szükség lehet megkötésekre. A gyakorlatban a leggyakrabban használt

ökonometriai modellek közé tartoznak a *vektor autoregresszív (VAR) modellek* (Sims 1980), illetve a strukturális VAR (SVAR) modellek. A vektor autoregresszív modellek az autoregresszív modellek vektoros kiterjesztései, vagyis több változónak a késleltetéseit tartalmazzák. A VAR-modellek a több idősor közötti kölcsönös összefüggéseket írják le. A modellben mindegyik változó alakulását a saját késleltetett értéke és a többi változó késleltetett értéke magyarázza.

Míg a VAR modellekben a sokkoknak és a paramétereknek nincsen közgazdasági tartalmuk, az SVAR modellek előzetes megkötéseket építenek be a paraméterekre vonatkozóan. Ezek a modellek azonban elsősorban az adatok autokovariancia-struktúráját jelenítik meg, és csak másodsorban beszélhetünk strukturális megkötésekről (Századvég 2014).

### *Szektorok a modellben*

A projekt elvárásaihoz akkor tudna a legjobban igazodni a gazdasági előrejelző modell, ha kiemelten kezelné a mezőgazdasági szektort és az energiaszektort, illetve figyelembe venné a technológiai fejlődést, amely az energiahatékonyság javulását eredményezi. Kiindulópontunk szerint a klímaváltozás a gazdaságban technológiai fejlődési kényszert jelent. Amennyiben dinamikus modellt építünk, akkor az egyszerre csak kevés szektort tud kezelni – egy sokszektoros modellt viszont csak statikusan tudunk felépíteni.

### **A modell regionalizálása**

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai rendszerben a klímaadatok 10×10 km-es rácson állnak rendelkezésre. Kívánatos, hogy a gazdasági adatok előrejelzése is a lehető legjobban illeszkedjen ehhez a felbontáshoz, illetve a többi modellblokk területi léptékéhez. Gazdasági adatok esetében azonban nehezen átléphető korlátokkal kell számolni, ugyanis számos gazdasági mutató nem értelmezhető és/vagy nem áll rendelkezésre a régiós vagy a megyei szintnél kisebb területi léptékben (lásd például Dusek, Kiss 2008 munkáját).

A makromodell regionalizálására többféle lehetőség kínálkozik.

1. Az egyszerűbb megoldás az, hogy az előrejelzést egy makroszintű modell alapján készítjük el, majd a nemzetgazdasági szintű adatokat visszaosztjuk megfelelő arányszámok alapján az egyes területegységekre. Az előrejelzés időhorizontján reálisan a leosztási arányok időbeli változásával is számolni kell. Területegységeknél a megyei, esetleg a járási szint jöhet szóba.
2. A második, komolyabb módszertani eszköztárat igénylő megoldás a regionális modell építése. Egy ilyen – például térbeli számítható általános egyensúlyi, SCGE – modell képes figyelembe venni az endogén hatásokat a térszerkezet változásában, ehhez viszont sokkal részletesebb, területi adatsorok gyűjtésére van szükség.

Az SCGE modellek a krugmani új gazdaságföldrajz (Krugman 1991) alapjaira épülnek: a növekvő hozadék, a szállítási költségek és a termelési tényezők térbeli

mobilitásának interakciói révén, kumulatív módon létrejövő térszerkezet jelentőségét helyezik a modellstruktúrák középpontjába. Az SCGE modellek a tér dimenzióját adják hozzá a CGE modellekhez, vagyis a területi egységek száma megsokszorozódik, és a modellekbe beépülnek a pozitív és negatív agglomerációs hatások, amelyek a termelési tényezők régiók közötti migrációját befolyásolják (Járosi et al. 2009). A kutatás időkorlátja az első megoldási mód alkalmazását tette csak lehetővé.

### ***A regionális dezaggregálás módszerei***

A területi dezaggregálás (hasonló kontextusban használják még a regionális dekompozíció kifejezést is, de a legalkalmasabb a térbeli leskálázás, azaz downscaling használata) célja, hogy egy adott (esetünkben nemzeti) szinten rendelkezésre álló információt átalakítson részletesebb területi felbontásra (a projektben a megyei szintre).

A térbeli leskálázás módszere hasonlít a *térbeli interpolációra*, de ez utóbbi a meglévő adatainkon nem használható. A térbeli interpoláció a geostatistika egyik módszere, és a lényege az, hogy egy adott hely valamely ismérévének az értékét a szomszédos helyek értékei alapján becsüli meg. A módszerben a szomszédos helyek értékeinek a súlyozott átlaga számít, és ez az eljárás figyelembe veszi a távolságot. Minél közelebb van egy szomszéd a becsülni kívánt területegységhez, annál nagyobb súllyal számít az azon a helyen felvett érték. Meghatározható egy olyan távolság, amelyen kívül már zérus súllyal vesszük figyelembe az értékeket a becslésben. Jelen projektben akkor használhatnánk a térbeli interpoláció módszerét, ha elegendő számú területi egységre kellő részletzettségű információ állna rendelkezésünkre. Mivel számunkra csak egyetlen idősor áll rendelkezésre (a nemzeti szintű adatok), más módszert kell keresnünk.

Választásunk egy egyszerűsített *faktormodellre* esett.<sup>2</sup> Azt feltételezzük, hogy a nemzeti szintű változók a megyei szintű változók közös faktora, és a faktorsúlyok (loadings) meghatározzák, hogy a megyei szintű változók milyen mértékben mozognak együtt a nemzeti szintű változóval. A múltbeli adatokon megfigyelt együttmozgás szabályai a jövőbeli területi trendek előrejelzésének az alapját adják.

Tekintettel arra, hogy a projekt előrejelzést szolgáltat a népesség jövőbeli alakulásáról (Tagai 2015), ezzel a változóval kiegészíthetjük a modellt, és a megyei szintű változóknak nemcsak a nemzeti szintű változóval mért együttmozgását, hanem a népesség változásával mért együttmozgását is figyelembe vehetjük. A népességet így vezérlő változónak tekinthetjük.

### **A regionális dezaggregálás területi foratókönyvei**

Mivel az előrejelzés időhorizontja meglehetősen hosszú a makromodellezés gyakorlati kivitelezésének a szempontjából, több lehetséges területi foratókönyvet is

<sup>2</sup> A faktormodell regionális dezaggregálásban történő alkalmazásáról lásd például Rapach, Strauss (2012), Lehman, Wohlrabe (2012) és Kopoin et al. (2013) munkáit.

igyekszünk számításba venni. A klímamodellek esetében általános gyakorlat, hogy kétféle jövőbeli forgatókönyv alapján készítenek előrejelzéseket. Az egyik a gazdasági szereplők változatlan magatartására alapozó (business-as-usual) forgatókönyv, amelyben a jelenbeni (egyébként elégtelen) klímapolitikai beavatkozások mértékét vetítik ki a jövőre. Ezt a forgatókönyvet összehasonlítási alapnak tekintik, és szembeállítják egy vagy több, különböző klímapolitikai beavatkozásokat tartalmazó forgatókönyvvel. E két forgatókönyv kiegészíthető egy harmadikkal, amelyet alap-pályának (baseline scenario) tekinthetünk, és a klímapolitikai beavatkozás nélküli esetet jelenti.

A gazdasági előrejelzés a területi egyenlőtlenségek jövőbeli trendjei alapján háromféle területi forgatókönyvet vesz figyelembe. Mindegyik forgatókönyv feltételezésekkel él, és azt írja le, hogy egy terület egység – jelen esetben a megyék – hogyan változtatják meg egymáshoz képest, illetve az országos átlaghoz képest a pozíciójukat az előrejelzési horizont kiinduló időszakához viszonyítva. A három lehetséges területi forgatókönyv tehát a következő:

- alappályára épülő (baseline) forgatókönyv: a területpolitikai beavatkozásokat teljesen nélkülöző, „laissez faire” regionális politika, amelynek eredményeképpen a jelenlegi polarizációs trendek kiéleződnek, a területi polarizáció felgyorsul;
- business-as-usual forgatókönyv: a területpolitikai beavatkozások jelenlegi mértékét extrapolálja a jövőre, vagyis a területi polarizáció lassan, de folytatódik;
- felzárkóztatást feltételező forgatókönyv: egy aktív területpolitikára épülő, hatékony beavatkozások révén a homogenizálódást megvalósító forgatókönyv, ahol a leszakadó régiók felzárkóznak a fejlettebbekhez, és a megyék közötti fejlettségbeli különbségek csökkennek.

A lehetséges területi forgatókönyvek közül az első kettő viszonylag közel áll egymáshoz, egy irányba mutatnak, ezért nem kívánjuk külön kezelni őket. Feltételezzük, hogy a jövőbeli területi egyenlőtlenségek trendjei valahol az első kettő és a harmadik forgatókönyv között fognak megvalósulni.

### ***Kapcsolódási pontok, korlátok***

Ideális esetben a makrogazdasági modell kapcsolódik a többi modellblokkhoz, adatokat vesz át onnan. Itt elsősorban a demográfiai előrejelzés (Tagai 2015) jöhet szóba, ahonnan inputadatként használhatjuk a népesség nagyságát, korszerkezetét és – ideális esetben még – az iskolázottságát, amellyel a humán tőke minőségét jellemezhetjük. A földhasználati előrejelzés (Farkas, Lennert 2015) által szolgáltatott adatok közül inputként vehető át a termőterületek nagysága és az infrastruktúra mennyisége/minősége, ilyen módon a földterület is számításba vehető a termelési tényezők sorában, amelyhez a klímaváltozás hatását megjelenítő technológiai koefficienssel rendelhetünk hozzá. A klímaváltozásra adott előrejelzések is beépülhetnek a modellbe néhány változón keresztül. E kapcsolódási pontok közül azonban csak

az aktív korú népesség számát és a klímaadatokon belül a csapadékmennyiséget építettük be a később tárgyalt okok miatt.

A gazdasági modell előrejelzésének korlátját adja az, hogy hiányzik a visszacsatolás a gazdasági szféra és a klímaváltozás között, ugyanis adottságként kell kezelni a NATÉR által szolgáltatott klíma-előrejelzést. Nyilvánvaló azonban, hogy nemcsak a klímaváltozás hat a gazdasági teljesítményre, hanem a gazdasági tevékenységek intenzitása, szerkezete, a technológiai fejlődés stb. is visszahat a klímaváltozásra.

A gazdasági előrejelzés referenciaadatként az 1990 utáni időszak adatait kívánja figyelembe venni, és előrejelzéseit éves szinten készíti el.

## **A gazdasági előrejelzés adatforrásai**

### ***A szükséges adatok köre***

A gazdasági előrejelzés kétféle adaton alapul: az egyik a referenciaidőszak adatai, a másik pedig az előrejelzési időszakra vonatkozó, külső adatforrásokból származó előrejelzések adatai, amelyeket „vezérlő változókként” használunk. Ezek az előrejelzés két fő szakaszában eltérő hangsúlyt kapnak: a makroszintű előrejelzés alapvetően a standard modellezési eszköztárat alkalmazza a klíma-előrejelzés adataival kiegészítve. A második szakasz, a regionális dezaggregálás (megyei szintre) megyei felbontású adatokkal dolgozik, amelyek egy része múltbeli adat, a másik része megyei felbontású előrejelzés (vezérlő).

A makromodellek paramétereinek meghatározására a gyakorlatban jellemzően két módszert használnak (Szilágyi et al. 2013). Az egyik a becslés, amelynek során a modellt megfelelő kritériumok – pl. likelihoodfüggvény, bayesi becslés – alapján a múltbeli adatokra illesztik. Az eljárás minimalizálja a modell előrejelzései és a valós adatok közötti különbséget. A másik módszer a paraméterek kalibrálása. Ebben az eljárásban a paramétereket oly módon választják meg, hogy azok tükrözzék a gazdaság stilizált tényeit és a makrováltozók közötti dinamikus kapcsolatokat, illetve ezen túl még szimulációk eredményeit is felhasználják. A kalibrálási módszer részesítendő előnyben akkor, ha megfelelő szakértői tudás áll rendelkezésre a gazdaság valamely strukturális paraméterének értékéről (pl. hosszú távú arányokról), vagy ha a felhasználható adatok hiányosak. A szakértői tudást empirikus információk helyettesíthetik, például DSGE vagy SVAR modellek által (Szilágyi et al. 2013). Jelen projekt gazdasági előrejelzése a modell paramétereit részben kalibrálással, részben bayesi becsléssel határozza meg.

A hazai előrejelzési gyakorlatban a legtöbbször a Központi Statisztikai Hivatal és a Magyar Nemzeti Bank által szolgáltatott gazdasági adatokra támaszkodnak a makromodellezők. Megalkotása és közzététele óta a kutatók nagy hasznára válik az MNB DELPHI modelljének az adatbázisa, amelyet pl. Balatoni és Mellár (2011) is felhasznált (a modell változóinak leírását lásd az 1. mellékletben). A leggyakrabban hivatkozott előrejelző modellek között említhetjük meg az MNB Negyedéves Előrejelző Modelljét (NEM) (Benk et al. 2006), amely a nemzetközi NiGEM-modell hazai „változata”. Ezt



váltotta fel az imént említett, és később részletesebben bemutatott DELPHI modell. Az MNB emellett használja még a Monetáris Politika Modellt (MPM) (Horváth et al. 2011), valamint ezek sorába tartozik még az ECOSTAT-nál kifejlesztett ECO-LINE-modell.

E modellek által a leggyakrabban felhasznált adatforrások jellemzően negyedéves gyakoriságúak, többségük 1995-től rendelkezésre áll. Az adatok forrása a KSH, az MNB, a NAV (személyi jövedelemadó bevételi és társasági mérleg- és eredménykimutatások) adatbázisa, az Államadósságkezelő Központ, az Eurostat (AMECO és COMext), a WEF (versenyképességi adatbázisának intézményi blokkja), a Kopont-Tárki feldolgozóipari konjunktúratesztje, valamint a Tárki lakossági bizalmi indexe (Palócz, Vakhai 2014).

### ***A felhasználni kívánt adatforrások bemutatása***

A gazdasági előrejelzés hatféle adatforráson alapul:

- A nemzetgazdasági szintű előrejelzést a Magyar Nemzeti Bank DELPHI modelljének adatai alapján készítjük el.
- A klímaváltozás hatásait a NATÉR előrejelzései alapján számítjuk.
- A nemzeti szintű modell előrejelzésének regionalizálásához (megyei szintű dezaggregálásához) múltbeli adatokat és előrejelzéseket is felhasználunk. A múltbeli adatokat a KSH megyei negyedéves statisztikai jelentései, valamint
- a KSH által számított GDP megyei felbontása szolgáltatják,
- az előrejelzett adatok pedig jelen projekt demográfiai munkacsoportjától (Tagai 2015) származnak.
- A modell kalibrálása során a paraméterértékek meghatározásához az OECD Env-Growth modelljének szakértői becsléseit használtuk fel.

*NATÉR*: a térinformatikai rendszer klímaváltozással kapcsolatos adatokat szolgáltat a gazdasági előrejelző modell számára. A NATÉR-ből az IPCC4 A1B szcenárió alapján veszünk át adatokat, amelyek indexszámként kerülhetnek be az előrejelző modellbe. Ez azt jelenti, hogy az előrejelzési időhorizont kiindulópontján egységnyi értéket vesznek fel az indexszámok, majd az előrejelzett klímaadatok javulása vagy romlása tükröződik az indexszám alakulásában. A klímaváltozás így exogén vezérlőként, sokkhatásként kerül a modellbe, és hatással lehet például a termelékenységre, az infrastrukturális beruházásokra. A hatás mértékét szakirodalmi források alapján, illetve szakértői becslés útján előállított rugalmassági paraméterekkel fejezzük ki. A figyelembe vett klímaváltozók között említjük példaként a csapadékmennyiséget, az esős napok számát vagy az átlaghőmérsékletet. Ezen lehetőségek közül a csapadékmennyiség hatását modellezzük, mivel a szakirodalomban erre találtunk a hazai forgatókönyvekhez alkalmazható rugalmassági együtthatót, amely a csapadékmennyiség és a növekedés között negatív összefüggést állít fel.

A gazdasági modellezés felhasználja a projekt demográfiai munkacsoportja (Tagai 2015) által készített előrejelzés népességadatait korcsoportos, megyei bontás-

ban. Az előrejelzés öt éves időközönként készült el 2011 és 2051 között (9 időszak), a korcsoportok a 0–14 éves, 15–64 éves és a 65 évesnél idősebb korú népesség. A megyei felbontás külön kezeli Budapestet és a többi megyét, így összesen 20 területegységet vesz figyelembe.

*KSH megyei negyedéves statisztikai jelentések:* A KSH saját adatgyűjtései alapján készíti el a megyei negyedéves statisztikai jelentéseit a legfontosabb gazdasági-társadalmi jelzőszámokkal (lásd 2. melléklet).

*A KSH bruttó hazai termék területi megoszlásának adatai:* A KSH a nemzeti számlák számításánál az ENSZ 1993-ban elfogadott nemzeti számlák rendszere (SNA'93) nemzetközi ajánlásait veszi alapul. Ez megfelel az Európai Unióban kötelezően alkalmazott ESA 1995 előírásainak. A területi számlák a gazdaság egészére vonatkozó számlák regionális megfelelői. A bruttó hazai termék (GDP) területi megoszlását a KSH a termelés oldaláról becsli, kivéve a kormányzati szektort, ahol a jövedelmekből kiindulva történik a megyei/regionális adatok meghatározása.

*OECD Env-Growth-modell paraméterei.* A gazdasági előrejelzés makromodelljének egyes, kifejezetten a modellt hosszú távon vezető összefüggések paramétereit kalibrálással határozzuk meg, amihez az OECD Env-Growth modelljének (Chateau et al. 2013) az értékeit vesszük át. Az OECD a kalibráláshoz az Economic Outlook adatbázisát használja (az OECD-országok esetében), ezen kívül a munkaerő-piaci adatbázisában adatokat vesz át az ILO-tól és az OECD Labour Force Statistics and Projections adatbázisból.

*A DELPHI modell adatbázisa (MNB):* az adatbázis a modell futtatásához szükséges – a nemzeti számlák azonosságait teljesítő – nemzetgazdasági mutatókat tartalmazza. Az adatbázis számos olyan idősort tartalmaz, amely az MNB saját számításainak eredménye, így közvetlenül egyéb adatbázisokból nyert idősorokkal nem feltétlenül egyezik. A DELPHI modell egy közepes méretű makroökonometria modell, amely hosszú távon neoklasszikus növekedési összefüggéseken alapszik, amihez való igazodást rövid távon súrlódások és nominális merevségek lassítanak. A modell – összhangban a nemzeti számla bontásával – négy szektort különböztet meg: háztartások és a háztartásokat segítő nonprofit intézmények, vállalatok (nem pénzügyi és pénzügyi vállalatok), állam, külföld. Az adatbázis ezekről a szektorokról tartalmaz adatokat negyedéves gyakorisággal 1995 első negyedétől (a jelenlegi legfrissebb változat) 2015 második negyedévéig.

### ***Az adatbázisokkal kapcsolatos kutatói döntések és bizonytalanságok***

A térbeli adatokat felhasználó gazdasági vizsgálatok a területi felbontás mélységében nehezen átlátható korlátokkal néznek szembe. Egyrészt korlátozott a részletesebb

területi szinteken rendelkezésre álló gazdasági adatok köre, másrészt a gazdasági folyamatok dezaggregált térbeli interpretációja is problémás. A térbeli felbontás szintjének a megyei szintet választottuk, ennél magasabb fokú dezaggregálásnak (járási szint) nincsen értelme 35 éves előrejelzési időhorizonton.

Maga a modell – a makrogazdasági modellezés gyakorlatának leginkább megfelelően – negyedéves frekvencián szolgáltatja az eredményeket, de a NATÉR-be éves adatokat szolgáltatunk, mivel a hosszú előrejelzési időhorizonton azok megbízhatósága nagyobb.

A makrogazdasági előrejelzést szolgáltató modell adatbázisának a Magyar Nemzeti Bank DELPHI modelljéhez tartozó adatbázist választottuk, amelyet számos érv alátámaszt. A Magyar Nemzeti Banknál a makrogazdasági előrejelzésről jelentős tapasztalat halmozódott fel, és ezt nemzetközi szinten is magas színvonalú modellezési gyakorlat támogatja. Az intézmény a törvényi előírásoknak megfelelő statisztikai feladatainak teljesítése során jelentős mennyiségű adatot gyűjt a magyar gazdaság állapotáról, amelyeket az előrejelzései során felhasznál. Az előrejelzésekhez kifejlesztett makroökonometriai DELPHI modellhez az MNB összeállított egy adatbázist, amely struktúráját tekintve egyedülálló Magyarországon, és az MNB honlapján hozzáférhető. A DELPHI modell és annak adatbázisa a Magyar Nemzeti Bank előrejelző tevékenységének kurrens eleme, tehát annak alkalmazása a legfrissebb szakértői tudáson alapul.

A DELPHI modell adatbázisának használatával szemben az egyetlen kifogás az lehet, hogy a modellnek az előrejelzési időhorizontja rövid távú, míg a NATÉR-projekt hosszútávú előrejelzést készít. Ez a probléma azonban áthidalható, mivel a DELPHI modell leírja a hosszú távon érvényes állandósult állapotot is. A modell hosszú távon neoklasszikus kiegyensúlyozott növekedési pályára áll, rövid távon azonban a nominális súrlódások miatt újkeynesi tulajdonságokkal rendelkezik.

### **A modell logikája**

A modell térkezelését hierarchikus struktúrába rendezzük: az alapmodell aggregált, országos adatokkal dolgozik és országos előreszámításokat ad, amelyet egy külön becslés során meghatározott módszerrel bontunk le megyei szintre. Az aggregált modell időkezelését két részre bontjuk: a középtávú dinamikát egy standard, a makroökonómiában gyakran használt dinamikus sztochasztikus általános egyensúlyi (DSGE) modell adja, amelyet különböző exogén sokkok mozgatnak, míg a hosszú távú dinamikát a technológia, a demográfia és a klíma diktálja. A szektorális dezaggregációtól jelen modell esetében eltekintünk, ez egy későbbi modellezési fázis feladata lehet.

A továbbiakban először a közép- és a hosszú távú dinamikát adó, alapvetően makroökonómiai modell részletes leírását adjuk meg, majd egy külön rész foglalkozik a regionális dezaggregációt adó módszertan leírásával.

A makroökonómiai modell két blokkból áll. Az első blokk egy közepes méretű DSGE modell, amely a standard makroökonómiai modellezési irányzat megoldásait

követi. E modellblokk célja, hogy periódusról periódusra közgazdasági szempontból konzisztens (általános egyensúlynak megfelelő) eredményeket szolgáltatson a fő makrogazdasági változókra. Ebben a modellblokkban a változók a DSGE modellek logikájából fakadóan egy állandósult állapothoz konvergálnak. A hosszú távú tendenciákat így a DSGE modellblokkon kívüli második modellblokk, a hosszú távú vezérlők adják meg. Ezek a vezérlők (klíma, népesség stb.) exogén sokkhatásként fejtik ki hatásukat a DSGE modellben.

### ***A DSGE modellblokk***

A DSGE modellblokk standard, az alkalmazott modellekben elterjedt és általánosan használt elemekre épít, és néhány speciális megoldást tartalmaz. Mivel az itt alkalmazott modell fő célja a hosszú távú folyamatok vizsgálata, a DSGE modellekben rendszerint használt piaci súrlódásokat, alkalmazkodási költségeket és más, tipikusan a rövid távú folyamatok jobb megragadását segítő elemeket elhagytuk.

A DSGE modellblokk tartalmazza a háztartások, a végső javakat termelő vállalatok, a beruházási javakat termelő szektor, az állam, valamint a külföld viselkedését leíró egyenleteket. A háztartások a modellben végtelen időhorizontra előretekintve döntenek, maximalizálva a jövőbeli hasznosságok jelenértékét. A háztartások adott időszaki hasznossága az adott időszak fogyasztásától függ, míg költségvetési korlátjuk kiadási oldalán a fogyasztás, a hazai (állam-)kötvényvásárlás, a külföldi kötvényvásárlás, a fizikai tőkeberuházás, valamint az adófizetés áll. A háztartások bevételeit a munkajövedelmek, a fizikai tőkén képződő jövedelmek, a hazai és külföldi kötvények kamatai, valamint az államtól kapott transzferek képezik. A külföldi és a hazai kamatszint között kockázati prémiumként definiálunk egy részt.

A termelő szektort a DSGE modellekben megszokott módon kettéválasztjuk és eltérő technológiát feltételezünk a végső felhasználású termékek (háztartások és az állam fogyasztása, export) valamint a beruházási célú termékek körében. A végső felhasználású javak szektora tökéletesen versenyző, és a termelési technológiát egy Cobb–Douglas-típusú termelési függvény írja le, amely lineárisan homogén a munka és a privát tőkefelhasználást tekintve. A termelés számára kétféle tőke áll rendelkezésre: privát tőke, amely a háztartások beruházási döntésének eredményeképpen jön létre és közösségi vagy infrastrukturális tőke, amely a kormányzat beruházási tevékenységének eredménye. Az előbbi a vállalatok számára döntési változó (tőkekereslet), míg az utóbbi extern hatásként (egyfajta technológiai, hatékonyságjavító többletként) jelenik meg a termelési függvényben.

A beruházási javakat termelő szektor ugyancsak tökéletesen versenyző, inputként azonban nem közvetlenül elsődleges erőforrásokat (tőkét és munkát) használ fel, hanem a végső javakat termelő szektor outputját. A modell megengedi, hogy a beruházási javakat (tőkejavakat) a végső termékektől eltérő technológiával állítsa elő a gazdaság. Ennek érdekében egy külön, a feltételek szerint tökéletesen versenyző szektort építünk be.

Az állam szerepe kettős: egyrészt az adószedésen keresztül finanszírozza a kiadási tételeket: kormányzati fogyasztást, beruházást valamint transfereket. Másrészt stabilizáló funkciót is betölt egyes változók tekintetében (államadósság, árfolyam). A kormányzati beruházás szerepe a modellben, hogy a közösségi (infrastrukturális) tőkeállományt gyarapítsa. A kormányzati transferek nagyságát az inaktivitási rátához kötjük, amely a gazdaságon belül az eltartottak és eltartók arányát ragadja meg – feltételezve, hogy a magasabb eltartotti arány magasabb fajlagos transzferfizetési kötelezettséget ró az államra. Az állam stabilizáló szerepe kettős. Egyrészt egyösszegű adókon keresztül az államadósságot stabilizálja (az államadósság célértéktől vett eltérésére reagálnak ezek az adók), másrészt egy egyszerű monetáris politikai szabályon keresztül az árfolyamot stabilizálja. Tekintve a modell hosszú távú szemléletét és az infláció ebből adódó kevésbé lényeges szerepét, a monetáris politika alapvetően elhagyható a modellből – amiért mégis beépítendő, hogy az árfolyam stabilizálásán keresztül a modell dinamikusan stabil, így megoldható legyen.

A külföld adja az importjavak kínálatát, valamint az export iránti keresletet. Feltesszük, hogy a végső felhasználók (háztartások, állam, beruházási szektor) közvetlenül egy hazai termelésű és importból álló kompozit termékkel szemben támasztanak keresletet. A hazai és import termékek között állandó helyettesítési rugalmasságot feltételezünk (CES aggregátum). Ebből az aggregátumból következik a hazai termelés és az import iránti kereslet valamennyi felhasználó esetében. Feltesszük továbbá, hogy a külföld hasonló kompozit logika mentén dönt a hazai termékek fogyasztásáról, amely az exportot adja a modellben. A külföldi árszínvonal, a GDP és a kamatláb a modell exogén változói.

### ***A hosszú távú vezérlők***

A modell hosszú távú vezérlői a trendpályát írják le. Három ilyen vezérlőt építettünk be a modellbe. Egyrészt a technológiát mint a termelés egyik hosszú távú meghatározóját, amely a standard DSGE modellekben és az itt használt modellben is exogén tényező. Ennek alakulását külső modellblokk határozza meg, amely aztán a DSGE blokk számára külső adottságként generálja a megfelelő dinamikát.

Másrészt szintén standard eleme a hasonló modelleknek, hogy a munkaerő-felhasználás hosszú távon egy adott kínálati szinthez konvergál, amely kínálati szintet viszont tipikusan demográfiai folyamatok határoznak meg. Ezt a kínálati szintet a NATÉR demográfiai előreszámításával tudjuk a modellbe építeni, amely így alkalmas a hosszú távú trendek megjelenítésére a foglalkoztatás (munkakínálat) oldaláról.

Harmadrészt a modell fontos eleme, hogy a klímaváltozás hatásai megjelenhessenek a gazdasági dinamikában. E hatások nem részei a standard DSGE modelleknek, és jellegükből fakadóan szintén hosszabb távon fejtik ki hatásukat. A klíma hatásai egy indexidősoron keresztül épülnek be a modellbe, amely képes a DSGE modell egyes külső változóit (technológia, infrastruktúra) a megfelelő paraméterezéseken keresztül mozgatni.

A DSGE modell egy egyensúlyi állapothoz vezeti a gazdaságot, ezen egyensúlyi állapot körül exogén sokkhatások mozgatják. Ahhoz, hogy a modell képes legyen hosszú időtávon előrebecsléssel szolgálni az egyes makroökonómiai változók értékéről, ezeken az exogén sokkhatásokon keresztül tudjuk a múltbéli adatokra kalibrált modellt eltéríteni ettől az egyensúlytól és hosszú távú növekedési pályát szimulálni.

A hosszú távú folyamatok egyik legfontosabb vezérlője a termelés hatékonysága, amely az itt bemutatotthoz hasonló modellekben tipikusan a teljes tényezőtermelékenységben ölt testet. Az itt használt modellben a technológia a végső javak termelési függvényének, valamint a beruházási szektor termelési függvényének paramétereiben ölt testet.

A technológia hosszú távú alakulásánál az OECD ENV-growth modelljét (Chateau et al. 2012) vettük alapul. Ez alapján a technológia alakulása konvergenciát mutat: a hazai gazdaság technológiáját leíró teljes tényezőtermelékenység (Total Factor Productivity – TFP) értéke bizonyos sebességgel felzárkózik a külföldi TFP-értékhez, amely utóbbi önmagában is mutathat növekedést. A felzárkózás sebessége azonban nem exogén, hanem függ a gazdaság nyitottságától is, amelyet az export és a GDP hányadosával mérünk, és a DSGE modell időszakról időszakra számítja ezt az értéket.

A modell lényeges eleme, hogy hosszú távon a klímaváltozás érdemi hatást gyakorol egyes gazdasági változókra. A jelen modellben ezt a hatást két ponton építjük be, lehetőség van azonban további kapcsolódási pontok beépítésére is. Bár elméletben számos olyan hatás sorolható fel, amelyen keresztül a klímaváltozás a gazdasági működést befolyásolja, egy alkalmazott modell számára a legnagyobb kihívás e hatások számszerűsítése, amely külön kutatást igényelne. Jelen modellben éppen ezért két pontot jelölünk ki, amelyen keresztül a klímaváltozás hatása áttevéődik a gazdasági változókra. Az egyik pont a teljes tényezőtermelékenység (TFP), míg a másik az infrastrukturális beruházás.

A TFP hatás alapja Dell et al. (2008) munkája, amelyben megmutatják, hogy a klímaváltozás milyen számszerűsíthető hatással van a GDP hosszú távú növekedésére. Mivel a GDP esetünkben endogén változó, ezt a hatást áttételesen a TFP-n keresztül tudjuk szimulálni, ami egy intuitíve jól értelmezhető megközelítés: a klímaváltozás hatására a meglévő erőforrások kihasználásának hatékonysága csökkenhet (pl. csökkenő terméshozamok a mezőgazdaságban, erőforrások felhasználása egyéb produktív tevékenységek helyett az időjárás körülmények leküzdésére stb.) Az infrastrukturális tőke oldaláról azt állapíthatjuk meg, hogy a klímaváltozás számos esetben igényelhet addicionális infrastruktúrát, amely így megemeli az állami kiadások ezen részét (pl. gátak, öntözőrendszerek stb.) A klímaváltozás kedvező hatással lehet ugyanakkor a technológiai fejlesztésre is, innovatív megoldásokra ösztönözve a gazdasági szereplőket, ami végső soron az erőforrások hatékonyabb felhasználásához vezethet. Ezt a hatást is megtestesíti az infrastruktúrába beépített klímahatás.

A hosszú távú vezérlők harmadik blokkja a demográfiai trendek beépítését teszi lehetővé. A demográfia két ponton járul hozzá a hosszú távú dinamika alakításához:

egyrészt a munkakínálat nagyságát határozza meg, másrészt pedig a modellben fontos szerepet betöltő inaktivitási rátát.

## **A modell kalibrálása és becslése**

### ***A DSGE modell paramétereinek meghatározása***

A hasonló, nagyobb méretű makromodellek esetén számos kérdést vet fel a paraméterek meghatározása. Az általunk bemutatott modell összesen 66 paraméterrel működik. Ennyi paraméter meghatározásához a hosszabb idősoron elvégezhető becslések sem feltétlenül tudnak elegendő információt szolgáltatni. Jelen esetben a 2001 és 2014 között rendelkezésre álló adatok biztosan nem elegendők valamennyi paraméter kielégítő becsléséhez. Ezen felül a DSGE modellek struktúrájától megszokott módon a modell egy steady state állapothoz konvergál, amelyet a modell paraméterei befolyásolnak. A steady state állapothoz való alkalmazkodás mechanizmusait leíró paraméterek az adatokból (trendszűrt idősorokból) könnyebben kinyerhetők, míg a steady state állapotot determináló egyes paraméterek tipikusan a modell struktúrájától, mások pedig éppen az idősorok trendjellemzőitől függenek. Mindezek alapján elterjedt módszer a szakirodalomban a paraméterek alapvetően három módon történő meghatározása, illetve e módok együttes alkalmazása:

- paraméterek meghatározása szakirodalomból átvett „standard” vagy konvencionális számító értékekkel,
- paraméterek meghatározása „kalibrálással”, amely valamilyen módon az adatokhoz köti a paraméterek értékét, azonban nem része a paraméterek együttes becslésének,
- paraméterek meghatározása becsléssel, amikor a modell egyes paramétereit egymással összhangban, ökonometriaival módszerekkel határozzák meg.

Követve a fenti hármas megosztást, a paraméterek egy részét más eredmények átvételével, további részüket a modell steady state állapotához való kalibrálásával, a fennmaradó elemeket pedig bayesi becsléssel határozzuk meg.

### ***A hosszú távú vezérlők paraméterezésének meghatározása***

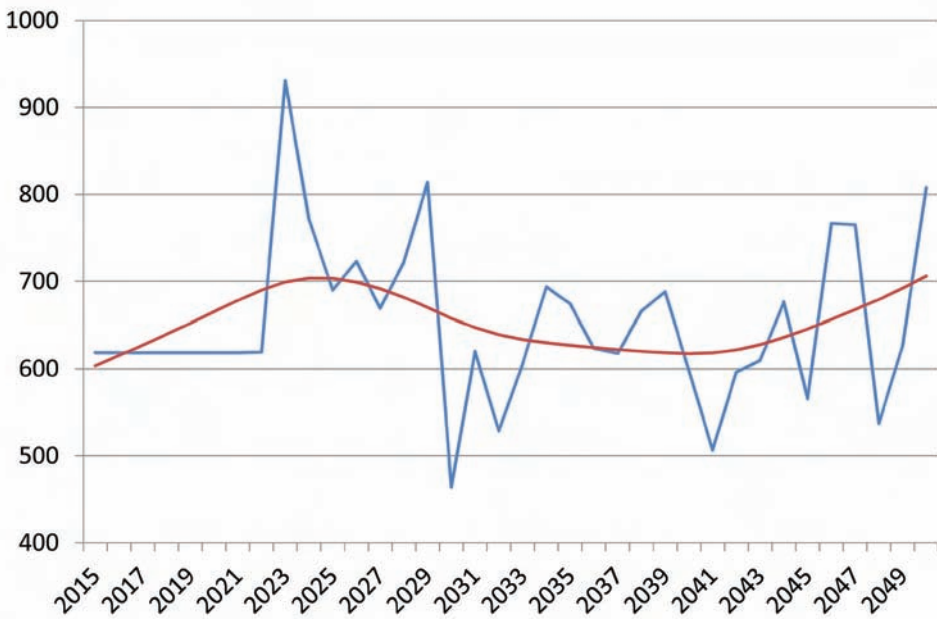
A modell hosszú távú vezérlő egyenleteiben szereplő paraméterek beállításához meglehetősen kevés támpontot találunk. Mivel a TFP alakulását leíró összefüggéseket az OECD ENV-Growth modellje alapján határoztuk meg (Chateau et al. 2012), célravezető, hogy ezen egyenletek paraméterezését az ott használt kalibrálás mellett használjuk. Ez egyben azt is jelenti, hogy a modell alapszcenáriója hosszú távon nagyjából a hivatkozott modell dinamikáját követi, mivel a TFP felzárkózási folyamata alapvetően meghatározza a hosszabb távú növekedési trendeket a gazdaságban.

A hosszú távú vezérlők második eleme, a klíma hatása mindössze két paraméterben jelentkezik: a klíma hatása a TFP-re, valamint a klíma hatása az infrastrukturális beruházásokra. Az előbbi kapcsolat paraméterezésének alapja Dell et al. (2008)

tanulmánya, amely a hőmérséklet és a csapadékmennyiség változásának hatását vizsgálja a gazdasági növekedés ütemére. A szegény országokra szignifikáns negatív hatást találnak a hőmérséklet tekintetében, míg a gazdag országok esetében inkább a csapadékmennyiség minősül szignifikánsnak. Számos regressziós eredmény alapján az mondható, hogy a csapadékmennyiség 100 mm-rel történő emelkedése nagyjából 0,1 százalékponttal csökkenti a növekedés ütemét. Ezek alapján kalibráljuk a modell megfelelő paramétereit. A klímaváltozás másik paramétere, az infrastruktúrára gyakorolt hatás számszerűsítéséhez nem állnak rendelkezésre szakirodalmi adatok, így ennek használatától jelen modellfuttatások esetén eltekintünk (értékét 0-ra állítjuk). A továbbiakban alkalmas adatok felhasználásával adható becslés e paraméter értékére, ez azonban további kutatást igényel.

A klíma mint hosszú távú vezérlő a modellben azt is igényli, hogy rendelkezésre álljon exogén adatsor a klímát leíró változók egy csoportjáról. Jelen modell építésekor és futtatásakor nem álltak rendelkezésünkre olyan megbízható adatok, amelyek egy összetettebb klimaindex használatát lehetővé tették volna, így a modell futtatása során a *csapadékmennyiségre* korlátozzuk az elemzést. A NATÉR-ből rendelkezésre áll az éves csapadékmennyiség előrejelzése, amelyet a modell fel tud használni vezérlőként és a korábban jelzett paraméterezés mellett ez az adat befolyásolhatja a gazdaság dinamikáját.

1. ábra: Előreszámított éves átlagos csapadékmennyiség (mm): nyers adat (kék vonal) és Hodrick–Prescott-szűrt (piros vonal)





Az 1. ábra mutatja az előreszámított éves csapadékmennyiséget, valamint ennek Hodrick–Prescott-szűrővel (HP) szűrt értékét. A szűrésre azért van szükség, mivel a nyers előrejelzésben szereplő ingadozások az előreszámított gazdasági idősorokban az intuícióval és a gazdasági dinamikára jellemző perzisztenciával ellentmondó ingadozásokat eredményeznének. Az ábrán látható módon azonban a trendszűrés a csapadékmennyiség változásának főbb trendjét változatlanul hagyja.

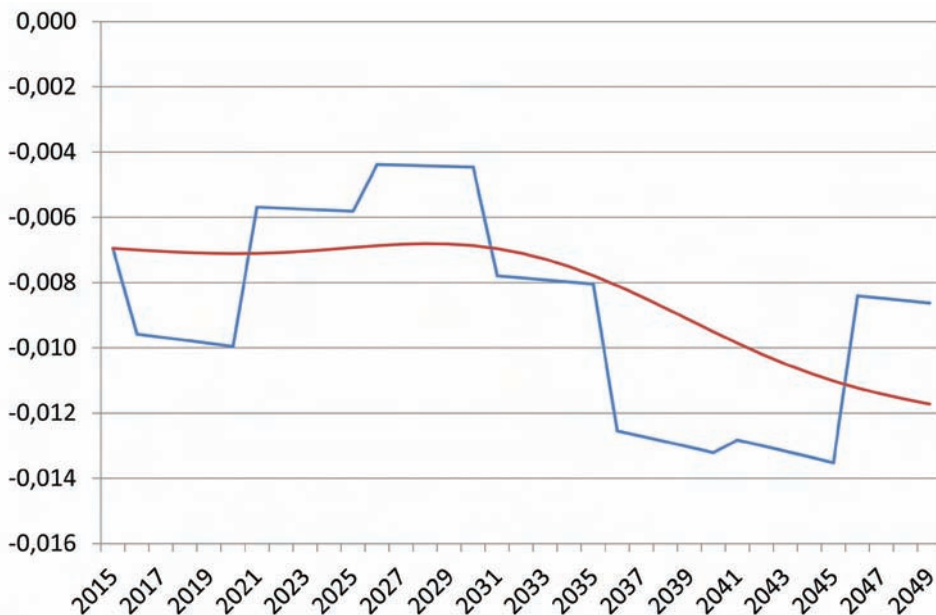
A hosszú távú vezérlők harmadik eleme a demográfiai trendeket építi be a gazdasági folyamatok hátterébe. A klímához hasonlóan ez az elem is exogén és a NATÉR rendszer más blokkjából rendelkezésre áll a munkaképes korú valamint a nem munkaképes korú lakosságra vonatkozó előrejelzés. Ezek az értékek a foglalkoztatási ráta exogén adottsága mellett meghatározzák az inaktivitási rátát, valamint a foglalkoztatottságot, amelyek a modell dinamikáját vezetik.

### ***A makromodell futtatásának eredményei***

A modell futtatása azt jelenti, hogy a DSGE modell, valamint a hosszú távú vezérlők adott paraméterezése, továbbá néhány expliciten megadott exogén idősor (klímaindex, munkaképes korú népesség, nem munkaképes korú népesség, foglalkoztatási ráta) mellett a modell megadja az endogén változók értékeit a futtatási időhorizonon, amely esetünkben a 2015 és 2050 közötti időszakot jelenti.

Amennyiben a kalibrált és becsült DSGE modell paraméterezését fixnek is vesszük, a hosszú távú vezérlők paraméterezése és az exogén idősorok beállítása meglehetősen nagy szabadsági fokot ad a modell felhasználójának arra, hogy különböző forgatókönyvek mellett vizsgálja az endogén változók lefutását. Az alábbiakban két ilyen forgatókönyvet mutatunk be. Az első, alappályának nevezett forgatókönyv a DSGE modell adott paraméterezése mellett a hosszútávú vezérlők paraméterezéséhez a korábbi pontokban bemutatott értékeket használja fel, nem számol klímaváltozási hatással (a klímaindex minden időszakban egységesen 1), a foglalkoztatási rátát egységesen a 2014-es empirikusan megfigyelt 60%-os értéken állítja be, továbbá a munkaképes és nem munkaképes korú lakosságra vonatkozó adatokat a NATÉR demográfiai előreszámításából veszi át. A foglalkoztatási ráta és a munkaképes korú lakosság szorzataként adódik a foglalkoztatottak száma, amely a DSGE modell exogén sokkhatását adja. Az eredeti előreszámítások alapján adódó sokkhatások részben a népesség-előreszámítások 5 éves időközönként történő megadása (és a köztes időszakokra történő extrapolálás) miatt meglehetősen zajosak, ezért az eredeti népességidősorokat HP-szűrővel simítottuk, hogy ezt a zajosságot elkerüljük. A foglalkoztatást érő sokkhatások eredeti és HP-szűrt adatok alapján kapott lefutását mutatja a 2. ábra.

2. ábra: A foglalkoztatást érő sokkhatások nagysága az eredeti népességadatok (kék vonal) és Hodrick-Prescott-szűrt népességadatok (piros vonal) mellett



A második, klímapályának nevezett forgatókönyv mindössze abban különbözik az alappályától, hogy a klímaváltozás hatását a NATÉR-ban rendelkezésre álló csapadékadatok alapján bekapcsoljuk a modellbe, egészen pontosan a csapadékmennyiség változása és a TFP közötti kapcsolatot élvé tesszük azáltal, hogy a klímaindex esetén az alappálya egységnyi értékeit a tényleges előreszámítás HP-szűrt értékeivel helyettesítjük (vö. 1. ábra).

A futtatások során kiderül, hogy a klímapálya és az alappálya között viszonylag kevés különbség adódik, a klímaindex egyébként számottevő változása kis mértékben tevődik át a modell növekedési rátáira, így a szintbeli változók esetén viszonylag kis eltéréseket mérünk. A továbbiakban három fontosabb változó, a GDP növekedési rátája, a technológiai szint és a tőkeállomány növekedési rátája esetén hasonlítjuk össze a két pályát.

A 3. ábra mutatja a GDP növekedési rátájának alakulását az alappálya és a klímapálya mentén. Az ábrán jól látható, hogy az alappálya egy fordított U-alakú pályát ad a GDP növekedésére, amelyet alapvetően a hosszú távú vezérlők közül a TFP-re felírt felzárkózási dinamika határoz meg. A vizsgált időszak közepén, 2030 körül éri el a növekedés a legnagyobb értékét valamivel 2% fölött, majd csökken 1,5%-ra az időszak végére. A klímapályán nagyjából ugyanez a tendencia látható, minimális eltéréssel: az időszak elején a növekedés alatta marad az alappálya növekedésének, ami a növekvő csapadékmennyiségnek tudható be. Az előreszámítási horizont felétől a két pálya gyakorlatilag együtt halad.

3. ábra: A GDP növekedési rátájának alakulása az alappálya (kék vonal) és a klímapálya (piros vonal) mellett



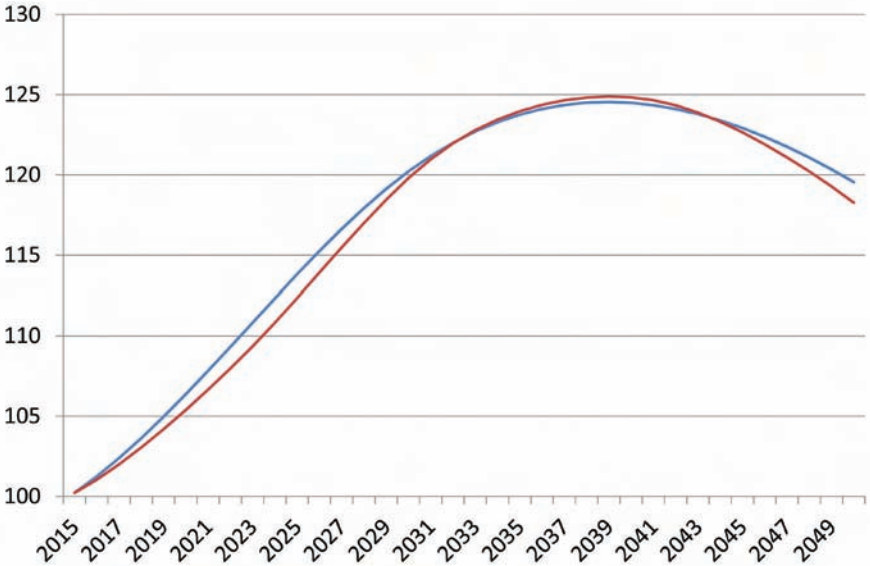
Hasonlóan a GDP növekedési üteméhez, a 4. ábra mutatja a technológiai szint alakulását a két pálya mentén. Az ábra gyakorlatilag alátámasztja a GDP-növekedés kapcsán elmondottakat, mivel hosszútávon a technológia (TFP) vezeti a GDP szintjét. Az időszak első felében látható a technológiai lemaradás a klímapálya mentén, később azonban a technológia felzárkózik. A jellegzetes fordított U-alakú kapcsolat a technológiában itt is a felzárkózási pályának köszönhető.

További érdekes összehasonlítási pont lehet a tőkeállomány alakulása, amely a beruházási ráták különbségét tükrözi (5. ábra). Érdekes megfigyelni a tőkeállomány dinamikájának eltérését a technológia és a GDP alakulásától: elsősorban késleltetést látunk, a tőkeállomány növekedési üteme egyre nagyobb a vizsgált időszakban, és az időszak vége felé lassul. A megfigyelt első évtizedben a tőkeállomány gyorsabban bővül a klímapályán, ezt követően azonban az alappálya ad kedvezőbb növekedési ütemet. Az időszak végén a klímapálya ismét nagyobb növekedési ütemet biztosít.

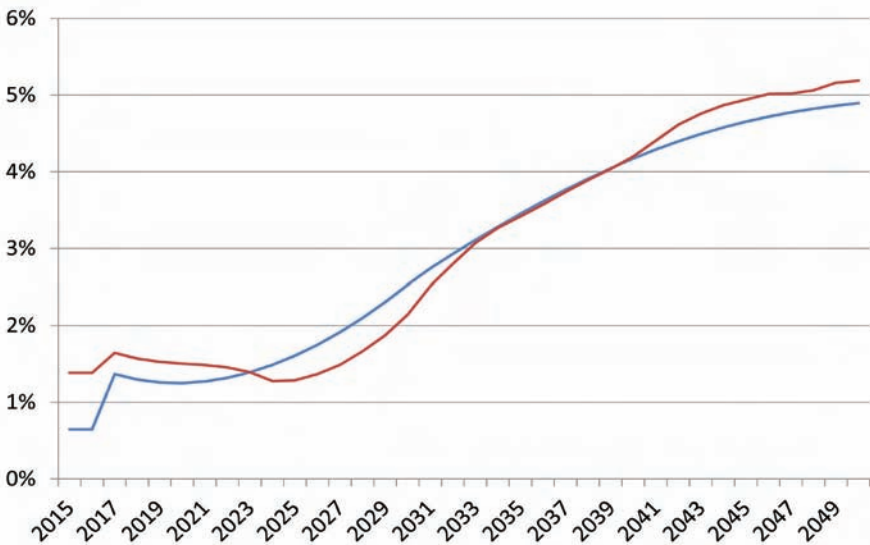
Végül érdemes megvizsgálni, hogy a GDP és a tőkeállomány növekedési rátáiban adódó eltérések mennyiben változtatják meg hosszabb távon e változók szintjeit. A 6. ábra a klímapálya és az alappálya közötti százalékos eltérést mutatja a GDP és a tőkeállomány szintjét tekintve. Azt láthatjuk, hogy a GDP esetén a klímapálya az első néhány évet leszámítva alacsonyabb GDP-szintet eredményez az alappályához képest, azonban ez a különbség átlagosan mindössze 0,25%, vagyis meglehetősen kicsiny. A tőkeállomány szintjében ehhez képest jóval nagyobb eltérések tapasztalhatóak és az eltérések trendje kevésbé egyértelmű: az időszak elején a klímapálya

nagyobb tőkeállományt eredményez, az eltérés a 2%-ot is eléri, az időszak közepe és második fele azonban csökkenti a különbséget, amely kevésbé számottevően de negatívba is fordul egy időre. Az időhorizont végén ugyanakkor a klímapálya ismét magasabb tőkeállományt hoz.

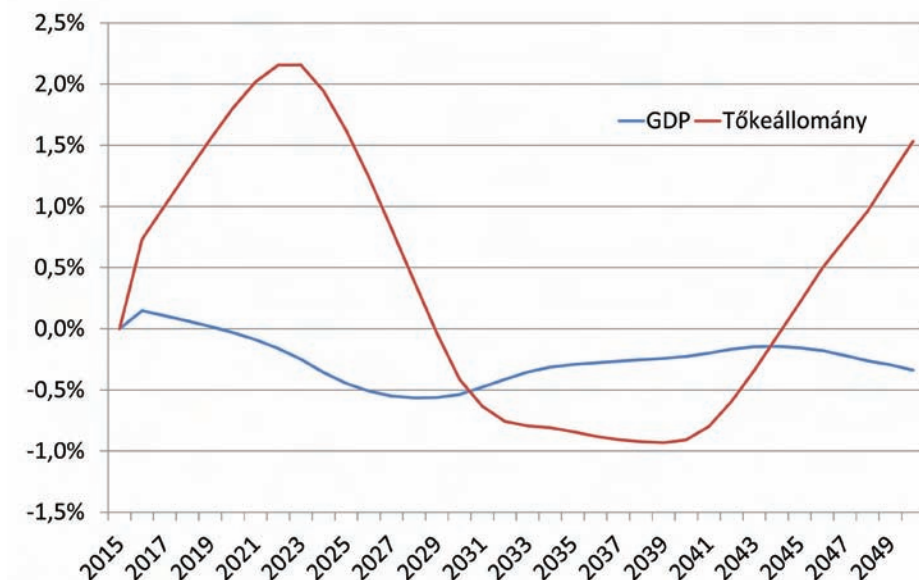
4. ábra: A technológiai szint alakulása az alappálya (kék vonal) és a klímapálya (piros vonal) mellett



5. ábra: A tőkeállomány növekedési üteme az alappálya (kék vonal) és a klímapálya (piros vonal) mellett



6. ábra: A klímapálya és az alappálya közötti relatív eltérés a GDP és a tőkeállomány szintjében



Összességében tehát az állapítható meg, hogy a klíma hatásának bekapcsolása a modellbe azt eredményezi, hogy a GDP alacsonyabb szintű pályát fut be, a tipikusan magasabb csapadékszintek a gazdasági teljesítményt visszafogják, ezzel párhuzamosan ugyanakkor jellemzően erőteljesebb tőkefelhalmozás figyelhető meg, ami értelmezhető úgy is, hogy a klíma hatására csökkenő termelékenységet egyfajta helyettesítési hatásként az erőteljesebb tőkefelhalmozás képes kompenzálni.

## A makroeredmények regionalizálása

### A regionális előrejelzés faktormodellje

Megalapozottan feltételezhetjük azt, hogy ha területi idősorokból kiszűrünk közös faktorokat, akkor ezek (vagy legalább a variancia legnagyobb részét magyarázó első közös faktor) megfeleltethetők a nemzeti szintű, aggregált folyamatoknak, hiszen a hatásuk minden térségben érvényesül (Owyang et al. 2009). Ezen túl természetesen jelentős mértékű területi heterogenitás maradhat a közös faktor(ok) által meg nem magyarázott részben.

Kopoin et al. (2013) bemutatja, hogy nem feltétlenül célravezető a lehető legnagyobb számú magyarázó változó bevonása a modellbe, mert ha nem a releváns változókat választjuk, akkor romolhat az előrejelző-képesség. Később látni fogjuk, hogy éppen ezzel a problémával kell szembenéznünk a bevont külső magyarázó változó esetében.

A faktormodellre az előrejelzés regionális leskálázásában a következőképpen tekintünk. Rendelkezésünkre áll a nemzeti szinten előrejelzett változó (GDP) idősora

az előrejelzési időszakra. Ezen kívül a referenciaidőszakban adottak az előrejelzendő változók megyei szintű idősorai is. Azt feltételezzük, hogy a nemzeti szinten előrejelzett országos GDP idősora a referenciaidőszak megyei szintű GDP idősorának a közös faktora, amely változó mértékben mozoghat együtt a nemzeti szintű idősorral.

A bevont külső változók adatbázisa egyetlen időorból áll, ez pedig a munkaképes korú népesség, illetve annak növekedési rátája.

A faktormodell lineáris összefüggést feltételez a megyei és a nemzeti szintű változók között, ami kritika tárgya lehet (Lehmann, Wohlrabe 2014), ezért a becslés jövőbeli továbbfejlesztésének egyik irányául kijelölhetjük a modell nemlineáris specifikálását.

A modell paraméterezésével szembeni kifogás lehet, hogy a rendelkezésre álló múltbeli és előrejelzett adatok jelentősen korlátozzák a felhasználható magyarázó változók körét. A modell mintán belüli illeszkedése (in-sample fit) általában csak a mintán kívüli illeszkedésének (out-of-sample fit) rovására javítható (lásd Rapach, Strauss, 2012).

### **A bétamódszer**

A regionális leskalázás során a faktormodellben fordított irányú gondolkodásra van szükség, mivel nem a nemzeti szintű idősorok előrejelzése a kérdés, hanem a nemzeti szintű idősor alapján, a megyei faktorsúlyok segítségével becsüljük meg a megyei szintű előrejelzett idősorokat. Ehhez bevonhatunk a múltbeli adatokon túl további magyarázó változókat is, jelen esetben ez a foglalkoztatottság lesz. A megyei idősorok előrejelzett értékeit tehát két magyarázó változó alapján becsüljük: a nemzeti szintű változó és a munkaképes korú népesség megyei szinten előrejelzett értékei alapján (7. ábra).

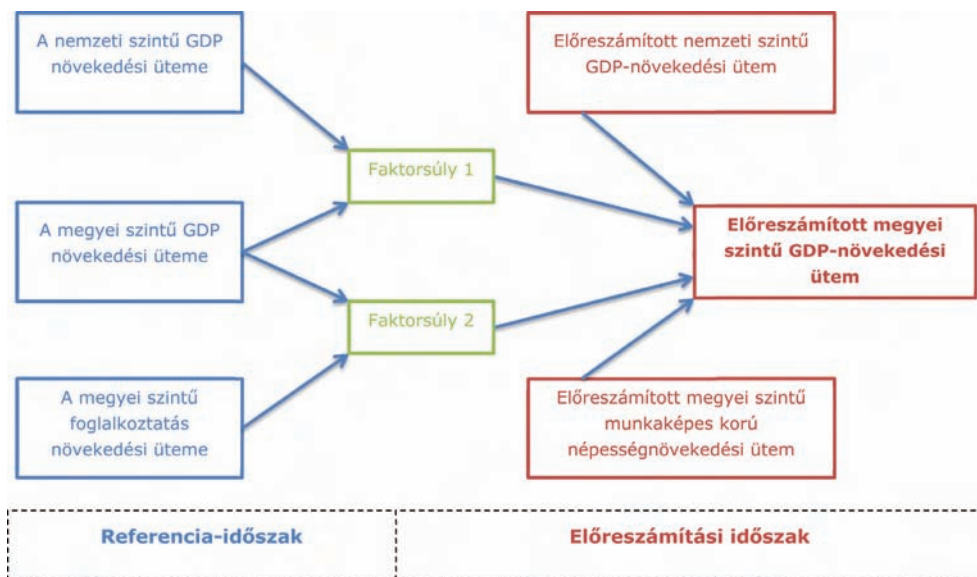
E becslések előállításához szükségünk van a faktorsúlyok meghatározására, amit regressziós módszerrel teszünk meg. Eszerint a megyei GDP növekedési ütemének faktorsúlya (béta paramétere) azt mutatja meg, hogy milyen mértékben mozog együtt a megyei változó a nemzeti szintű változóval (Rapach, Strauss 2012). Ezt kiegészítjük a modellben a megyei szintű munkaképes korú népesség növekedési ütemével. A becsült faktorsúlyok alapján a modelltől megkaphatjuk a megyei szintű előrejelzett idősorokat.

A megyei foglalkoztatottság változóját a megyei szinten előrejelzett munkaképes korú lakossággal mérjük, mert a demográfiai előreszámításból (Tagai 2015) erre vannak megfelelő adataink.

Megyei szinten három idősort jelzünk előre: a kibocsátást (GDP), a foglalkoztatást és a fogyasztást, illetve ezek növekedési rátáit. A fenti, GDP-re leírt előrejelző modellt használjuk a fogyasztás megyei szintű előrejelzése során is, és a leskalázáshoz használt faktorsúlyoknál a GDP-re készített becslések eredményeit vesszük figyelembe, a kutatás jelenlegi fázisában nem változtatunk azokon. Amennyiben növekedési ráták előrejelzéséről van szó, ez az álláspont védhető, hiszen jelentős korreláció

van a változók között. A foglalkoztatás esetében egy alternatív modellt becslünk a foglalkoztatási ráták alapján.

7. ábra: A megyei szintű GDP béta-előrejelzésének logikai vázlata



### A becslés adatai és eredményei

#### A GDP és a fogyasztás paramétereinek becslése

A GDP és a fogyasztás növekedési rátáihoz tartozó megyei szintű paramétereket a nemzeti szintű GDP növekedési rátájával és a megyei szintű foglalkoztatás növekedési rátái alapján becsüljük meg.

A megyei GDP adatokat a KSH STADAT tábláiból gyűjtöttük éves gyakorisággal a 2001 és a 2013 közötti időszakra. Mivel ezek folyó áras GDP adatok, át kellett számítani őket változatlan áras adatokra. Ehhez árindexet használtunk, amely a Magyar Nemzeti Bank DELPHI-modelljének az adatbázisából (2015. júniusi változat) származik. A 2005-ös év árszintjét vettük egységnyinek, tehát a GDP-értékeket a 2005-ös árakra számítottuk át, majd ezekből növekedési rátákat képeztünk.

A magyarázó változóként használt foglalkoztatási adatok (a KSH negyedéves statisztikai tájékoztató<sup>3</sup>, illetve a STADAT-táblák alapján) jelentős mértékű szezonaritást tartalmaztak, ezért az idősorokon szezonális igazítást hajtottunk végre. Ehhez az analitikus trendszámítási módszert választottuk<sup>4</sup>, országosan és minden megyére

<sup>3</sup> [http://www.ksh.hu/statisztikai\\_tajekoztatok](http://www.ksh.hu/statisztikai_tajekoztatok)

<sup>4</sup> Az analitikus trendszámítás módszere a vizsgált jelenség tartós irányzatát az idő függvényében valamilyen regressziós függvénnyel határozza meg.

lineáris trendet becsültünk a legkisebb négyzetek módszerével (OLS), majd additív szezonális komponenst<sup>5</sup> feltételezve kiszűrtük a negyedéves szezonalitást.

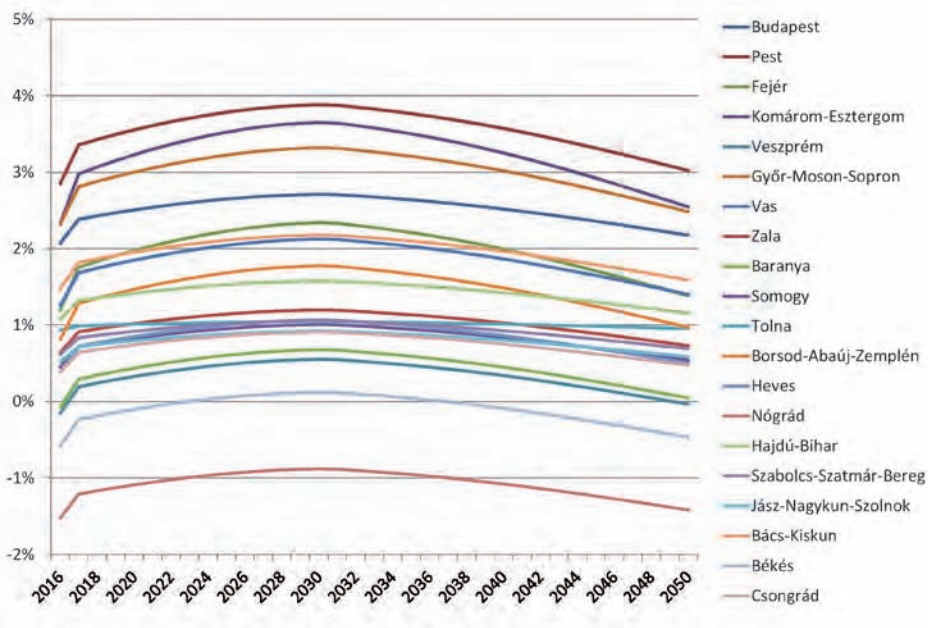
Mint említettük, a foglalkoztatottságra nincsenek megyei szinten előrejelzett adataink, ezért a foglalkoztatottság változóját az előrejelzés során nem tudjuk továbbvinni. Proxyváltozóként ezért a munkaképes korú népességet használjuk.

A megyénként elvégzett többváltozós regressziós becslés eredményei alapján elmondható, hogy a foglalkoztatás mint magyarázó változó bevonása a modellbe nem szükséges, mert a hozzá tartozó becsült regressziós paraméter mindössze két megye (Somogy és Heves) esetében szignifikáns ( $p < 0,02$ ). A továbbiakban ezért kétváltozós modellt becslünk (ahol a magyarázó változó a nemzeti szintű GDP növekedési rátája, míg az eredményváltozó a megyei szintű GDP növekedési üteme), és ennek a paramétereit fogjuk használni az előrejelzés során.

A becslés eredményei Zala megyében, Tolna megyében és Jász-Nagykun-Szolnok megyében nem bizonyultak szignifikánsnak, ugyanakkor Vas megyében a paraméter csak 5%-os szinten szignifikáns. Tekintettel arra, hogy a megyei becslések döntő többségében megfelelő szignifikanciaszinteket kaptunk, a becslési módszer egységességét minden megye esetén meghagyjuk.

A becsült paraméterek alapján előrejelezhetőek a GDP növekedési rátái minden megyére. Ezeket a 8. ábra mutatja be.

8. ábra: A GDP előrejelzett növekedési rátái megyénként



<sup>5</sup> Additív szezonális komponenst szokás feltételezni akkor, ha a szezonális komponens értéke nem függ a trendértéktől.

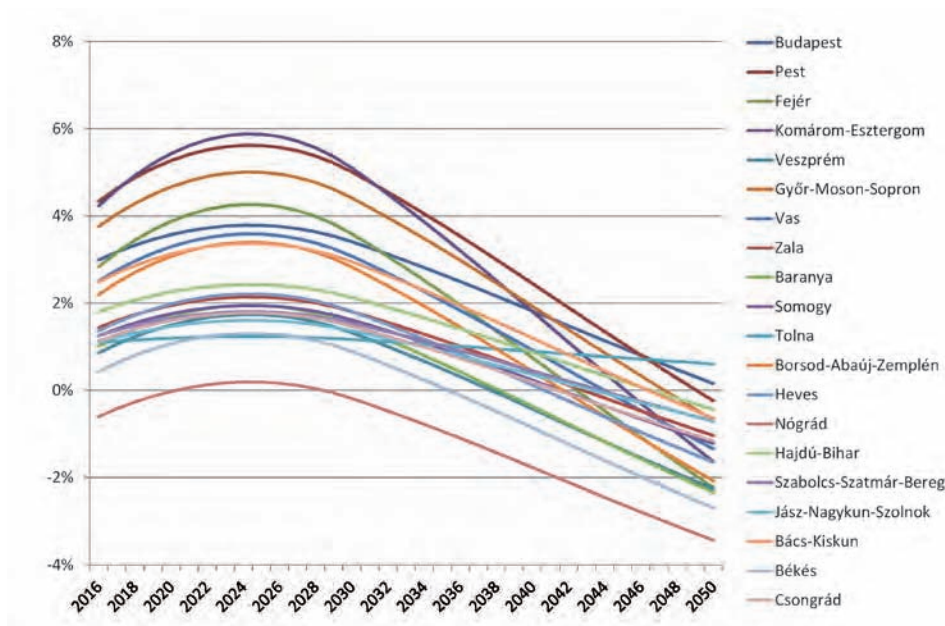


A GDP millió Ft-ban mért értékeit a növekedési ráták alapján, a 2013-as indulóév adataiból tudjuk előrejelezni. Mivel a modell csak 2016-tól szolgáltat növekedési ütemet, ezért a 2014-es, 2015-ös és 2016-os évek GDP-értékeit a 2016-os megyei szintű növekedési ráták alapján becsüljük meg.

A szintértékek kiszámításánál ügyelni kellett arra, hogy a megyei szinten előrejelzett értékek összege megfeleljen a makromodell által szolgáltatott országos értékeknek. Amennyiben eltérés volt a kettő között, a megyei értékeket átskáláztuk egy szorzószámmal úgy, hogy a makromodell által szolgáltatott érték és a megyei értékek összegének a hányadosa megfeleljen az átskálázott megyei érték és az eredeti megyei érték hányadosának.

A fogyasztás növekedési ütemét a kétváltozós regresszió paraméterei alapján jeleztük előre megyei szinten, az eredményeket a 9. ábra mutatja be.

9. ábra: A fogyasztás előrejelzett növekedési üteme megyénként

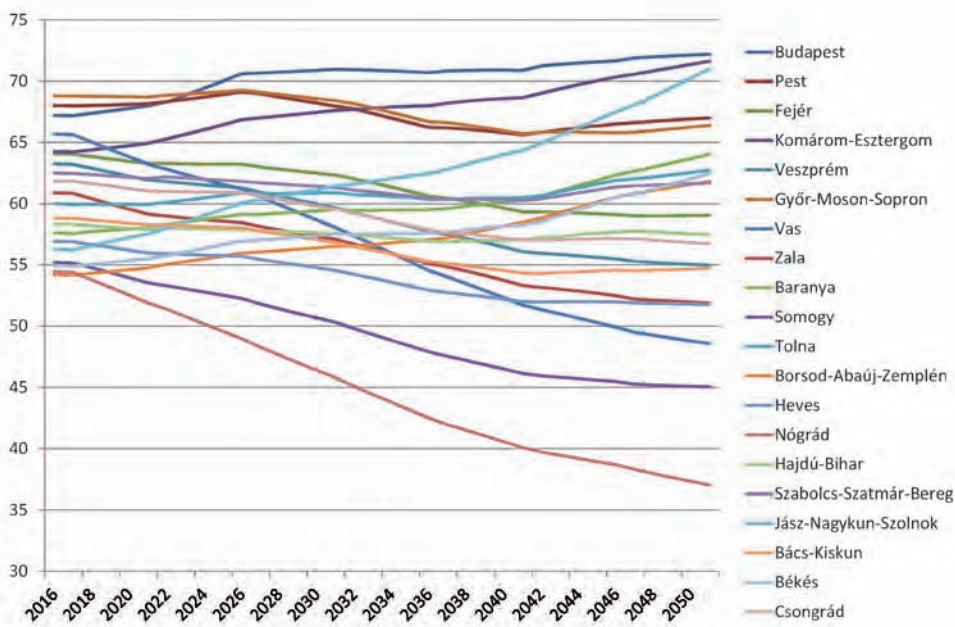


A fogyasztás milliárd forintban kifejezett értékét KSH-adatok alapján becsültük meg (KSH 2014). A GDP-hez hasonlóan ebben az esetben is 2013-as adatok állnak rendelkezésünkre, de csak regionális bontásban. A KSH által közölt egy főre jutó regionális fogyasztási értékeket a megyei népességgel szorozva kaptuk a megyénkénti fogyasztások értékét. Az átskálázást a fogyasztás esetében is a fent jelzett módszer szerint végeztük el.

### A foglalkoztatás paramétereinek a becslése

A foglalkoztatás becslésénél nem az előző modell által adott paramétereket használtuk. Erre azért volt szükség, mert néhány megyében nagyon erős trend került be az egyenletekbe, ami eltérítette az adatokat, ugyanakkor nincs a modellünkben – a kutatás jelenlegi fázisában – olyan strukturális összefüggés, amelybe a megyei lebontás visszacsatolhatna. Az országos és megyei idősorok együttmozgására építő logikát azonban meghagytuk és a megyei szintű foglalkoztatási rátákra becsültük meg azok együttmozgását az országos GDP-vel és az országos foglalkoztatási rátával. Az így becsült regresszió alapján a foglalkoztatási ráták megyei szinten előreszámíthatóak, majd a demográfiai modellblokkból rendelkezésre álló népesség-előreszámítások alapján a megyei foglalkoztatási adatok származtathatóak e ráták alapján (10. ábra).

10. ábra: Az előrejelzett foglalkoztatási ráták megyénként (%)



### A modellezés tapasztalatai, továbbfejlesztési lehetőségek

A továbbiakban bemutatjuk a modellezés legfontosabb tapasztalatait és felvázoljuk azokat az irányokat, amelyekben a jövőbeli továbbfejlesztést indokoltnak látjuk.

A NATÉR meglehetősen komplex célt tűzött ki a klímaváltozás gazdasági-társadalmi hatásainak időben és térben való megjelenítésével. E többdimenziós kihívásnak az e projektben rendelkezésre álló erőforrások mellett nem lehetséges teljes körűen megfelelni, ezért az itt bemutatott gazdasági modellblokk csupán első lépésnek tekinthető abban az irányban, hogy a térbeli és időbeli visszacsatolások a klímaváltozás kapcsán komplex módon kezelhetőek legyenek.

A legfontosabb megjegyzés a modellezés tapasztalataival kapcsolatban talán az, hogy a gazdasági előreszámítások, forgatókönyvek pusztán gazdasági vetületeivel kapcsolatban viszonylag standard módszertan áll rendelkezésre – ezt követtük a DSGE modell építésénél, valamint a hosszú távú vezérlők közül a TFP és a demográfia kapcsán. Természetesen ebben a dimenzióban is lényeges további kiegészítések, finomítások képzelhetőek el.

- A DSGE modell számos ponton bővíthető, kiegészíthető. Bár kifejezetten a hosszú távú dinamikát szem előtt tartva számos súrlódást kiiktattunk a DSGE modellek standard eszköztárából (és ezáltal inkább egy RBC modellhez közelálló verziót kaptunk), ezen elemek beépítése hasznos lehet abból a szempontból, hogy a külső sokkok hatásának gazdasági rendszeren való átgyűrűzését rövidebb időszakokra is pontosabban megragadja a modell.
- Kapcsolódva az előző ponthoz, cizelláltabb gazdaságpolitikai blokk beépítése hasznos lehet: egyrészt a monetáris politika és ezzel együtt a kamatkörnyezet szerepének irányába fontos kiegészítések tehetőek, másrészt a fiskális politika megjelenítése a modellben pontosabb és részletesebb lehet, ami kifejezetten hasznos a klímaváltozás hatásainak beemelése szempontjából.
- A TFP hosszú távú alakulására felírt összefüggések parametrizálását alapvetően az OECD ENV-Growth modellje alapján készítettük. Ez a módszer azonban továbbgondolható, a paraméterek ökonometriai becslése is szóba jöhet a kalibrálás mellett.

A modell igazi kihívása azonban a klímaváltozás modellezése, valamint ezzel együtt a NATÉR más blokkjaival történő összekapcsolás. Jelen modell a klímaváltozást exogén elemként kezeli, a földhasználatot például nem tartalmazza, a demográfia pedig szintén exogén elemként jelenik meg. Alapvetően két irányban találunk továbbfejlesztési lehetőségeket: egyrészt a klímaváltozás komplexebb modellezése lenne fontos, másrészt a földhasználattal és a demográfiával kapcsolatos visszacsatolások modellezése.

A modell jelen formájában a klímaindex mindössze két ponton kapcsolódik be a gazdasági hatásokba: egyrészt a TFP-re gyakorolt hatáson keresztül, másrészt az infrastrukturális beruházásokon keresztül. Nyilvánvalóan ennél jóval komplexebb hatásmechanizmusról van szó, ennek megjelenítése ugyanakkor értelemszerűen a modell komplexitásának növekedését is kívánja.

- A klímaváltozás hatásainak pontosabb megjelenítése valamilyen fokú szektorális dezaggregációt igényel. Alapvetően a mezőgazdaság különválasztása indokolt egy első körös dezaggregációban, mivel a legélesebben ez az ágazat van kitéve a klímaváltozás hatásainak, a továbbgyűrűző hatások pontos számszerűsítése azonban egy többszektoros modell keretében érhető el a legteljesebben.
- Pontosabb kép adható a technológia és a klímaváltozás kapcsolatáról, ami szintén egy többszektoros rendszerbe vezethető be a legalkalmasabban.

- A modell jelen formájában a klímaváltozás egy indexszámon keresztül jelenik meg, ami exogén változó. Érdekes lehet ennek többdimenzióssá tétele, amely mentén az egyes klímaváltozók (pl. csapadék, hőmérséklet, szélsőséges időjárási körülményekkel jellemezhető napok száma stb.) differenciált módon hatnak a gazdasági változókra, szektorokra.

A demográfiai és földhasználati modellekkel való kapcsolat egyes visszacsatolások beépítésével bővíthető.

- A mezőgazdaság különválasztásával a földhasználat fontos termelési tényezőként jelenhet meg a modellben és közvetlenül a klímahatások belépési pontja lehet, de akár a föld mint termelési tényező rendelkezésre álló mennyiségén és minőségén keresztül, áttételesen is kezelhető a klímaváltozás hatása.
- A demográfia kapcsán fontos visszacsatolás a vándorlási egyenlegek szerepe, amely a gazdasági változók (reáljövedelem, bérek stb.) függvényében alakul, ugyanakkor a vándorlási egyenlegek a munkakínálat befolyásolásán keresztül visszahatnak a gazdasági tevékenység szerkezetére.

A lehetséges továbbfejlesztési irányok között egy további fontos elem is szerepel. A jelen modell regionális (megyei) dimenziója egy egyszerű statisztikai összefüggésen alapul: a megyei változók múltbeli együttmozgása az országos változókka ad támpontot az előreszámított országos adatok megyei lebontására. Ez azonban semmiféle strukturális összefüggést nem feltételez az egyes régiók között. Egy lehetséges, ám igen komplex továbbfejlesztési lehetősége lehet a modellnek, ha nem országos szintű makromodellt építünk, hanem megyei szintű modelleket, amelyek migráción, kereskedelmen és tőkekapcsolatokon keresztül állnak kapcsolatban egymással.

Végül pedig egy általános megjegyzést tennénk a klímaváltozás hatásainak gazdasági modellezéséről. Valamennyi esetben, amikor a klímahatás komplexebb tételéről beszélünk, egyben azt is rögzítenünk kell, hogy újabb és újabb paraméterek kerülnek a modellbe, amelyek valamilyen módon az egyes gazdasági változók rugalmasságát mérik egyes klímaváltozókra (ilyen a jelenlegi modellben a TFP csapadék-mennyiségre mért rugalmassága). Minél több ilyen paraméter kerül be a modellbe, annál nagyobb kihívást jelent ezek számszerűsítése. Egyrészt nehezen találhatóak olyan korábbi kutatások, amelyeknek a bázisán az ilyen paramétereket egyszerűen be lehetne állítani valamilyen standard, már megmért értékre. Másrészt, ismert paraméterezés hiányában viszonylag kevés adat áll rendelkezésre, amelyeknek a bázisán ezek az összefüggések megbecsülhetők. Harmadrészt pedig, ha rendelkezésre is állnak adatok, egyáltalán nem triviális a becslések módszertana.

Összegezve tehát, bár a modell számos továbbfejlesztési lehetőséget kínál, kifejezetten a klímaváltozás irányába történő lépések jelentős empirikus és elméleti kihívásokat is felvetnek a jövőben.

## Irodalom

- Balaton A., Mellár T. (2011): Rövid távú előrejelzésre használt makroökonometria modell. *Statisztikai Szemle*, 12., 1213–1241.
- Benk, Sz., Jakab, M. Z., Kovács, M. A., Párkányi, B., Reppa, Z., Vadas, G. (2006): The Hungarian Quarterly Projection Model (NEM). *MNB Occasional Papers*, 60.
- Chateau, J., Dellink, R., Lanzi, E., Magne, B. (2012): *Long-Term Economic Growth and Environmental Pressure: Reference Scenarios For Future Global Projections*. Working Party on Climate, Investment and Development, ENV/EPOC/WPCID(2012)6
- Christiano, L. J., Eichenbaum, M., Evans, C. L. (2005): Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, 1, 1–45.
- Conaca, K., Dabelko, G. D. (eds.) (2015): *Green Planet Blues – Critical Perspectives on Global Environmental Politics*. Westview Press, Boulder
- Dell, M., Jones, B. F., Olken, B. A. (2008): Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. *NBER Working Paper Series*, WP14132. National Bureau of Economic Research, Cambridge
- Dusek T., Kiss J. P. (2008): A regionális GDP értelmezésének és használatának problémái. *Területi Statisztika*, 3., 264–280.
- Farkas J. Zs., Lennert J. (2015): *A földhasználat-változás modellezése és előrejelzése Magyarországon*. Jelen kötetben.
- Horváth, Á., Köber, Cs., Szilágyi, K. (2011): MPM – The Magyar Nemzeti Bank's monetary policy model. *MNB Bulletin*, June, 18–24.
- Járosi P., Koike, A., Thissen, M., Varga, A. (2009): Regionális fejlesztéspolitikai elemzés térbeli számítható általános egyensúlyi modellel: A GMR-Magyarország SCGE-modellje. *PTE KTK KRTI Műhelytanulmányok*, 2009/4.
- Karádi P. (szerk.) (2009): Gazdaságciklus-modellek újragondolása – konferencia az MNB-ben. *MNB Szemle*, október, 26–38.
- Király J. (1998): A makroökonómia vége, avagy egy megkésett Nobel-díj. *Közgazdasági Szemle*, XLV. évf., december, 1082–1095.
- Kopoin, A., Moran, K., Paré, J.-P. (2013): Forecasting regional GDP with factor models: How useful are national and international data? *Economics Letters*, 2., 267–270.
- Krugman, P. (1991): Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*, 3., 483–499.
- Központi Statisztikai Hivatal (2014): *A háztartások életszínvonala*. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/hazteletszinv/hazteletszinv.pdf> (Letöltés: 2015. december 3.)
- Lehman, R., Wohlrabe, K. (2012): Forecasting GDP at the Regional Level with Many Predictors. *CESIFO Working Paper*, 3956.
- Lehman, R., Wohlrabe, K. (2014): Regional economic forecasting: state-of-the-art methodology and future challenges. *Economics and Business Letters*, 4., 218–231.
- Lucas, R. E. Jr. (1976): Econometric policy evaluation: a critique. In: Brunner, K., Meltzer, A. (eds.): *The Phillips Curve and Labor Markets*. Elsevier, New York, 19–46. (Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy; 1.)
- Meadows, D. H., Meadows, G., Randers, J., Behrens III, W. W. (1972): *The Limits to Growth*. Universe Books, New York
- Owyang, M. T., Rapach, D. E., Wall, H. J. (2009): States and the business cycle. *Journal of Urban Economics*, 2., 181–194.

- Palócz É., Vakhil P. (2014): *Alapozó előtanulmány a makrogazdasági és költségvetési előrejelzési módszertanokról a Költségvetési Tanács számára.* <http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/Modell-v%C3%A1zlat+Kopint-T%C3%A1rki.pdf/ae94a305-e1f1-4ef1-8ee8-ed9df4a86f9c> (Letöltés: 2015. december 3.)
- Rapach, D. E., Strauss, J. K. (2012): Forecasting US state-level employment growth: An amalgamation approach. *International Journal of Forecasting*, 2., 315–327.
- Rappai G. (2010): A statisztikai modellezés filozófiája. *Statisztikai Szemle*, 2., 121–140.
- Sims, C. (1980): Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, 1., 1–48.
- Smets, F., Wouters, R. (2003): An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area. *Journal of the European Economic Association*, 9., 1123–1175.
- Századvég (2014): *Középtávú makrogazdasági, költségvetési (államháztartási) előrejelző modell – Módszertani előtanulmány.* [http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/KKM\\_el%C5%91tanulm%C3%A1ny\\_KT\\_SzGK\\_20141031+Sz%C3%A1zadv%C3%A9g.pdf/b4697d83-1b98-4189-90a3-823ad954e17a](http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/KKM_el%C5%91tanulm%C3%A1ny_KT_SzGK_20141031+Sz%C3%A1zadv%C3%A9g.pdf/b4697d83-1b98-4189-90a3-823ad954e17a) (Letöltés: 2015. december 3.)
- Szilágyi, K., Baksa, D., Benes, J.; Horváth, Á., Köber, Cs., D. Soós, G. (2013): The Hungarian Monetary Policy Model. *MNB Working Papers*, 1. <https://www.mnb.hu/letoltes/wp-2013-01.pdf> (Letöltés: 2015. december 3.)
- Tagai G. (2015): *Járási népesség-előreszámítás 2051-ig.* Jelen kötetben.

## Mellékletek

## 1. melléklet: A DELPHI modell változói

Változó név	Változó leírása	Nominális/ Reál	Árindex
H_C	Háztartások nettó (ÁFA nélküli) fogyasztási kiadásai	R	PC
G_C	Kormányzati fogyasztás és természetbeni transzfer	R	PG
H_I	Háztartások ingatlanberuházása	R	PHI
C_I	Vállalatok működőtőke-beruházása	R	PCI
G_I	Kormányzati beruházás	R	PGI
I	Állóeszköz beruházás	R	PITOT
DS	Készletváltozás	R	PDS
X	Export	R	PX
M	Import	R	PM
NX	Nettó export	R	
H_SAV	Háztartások megtakarítása	N	
C_SAV	Vállalati szektor megtakarítása	N	
G_BAL	Költségvetési egyenleg	N	
CA	Nettó finanszírozási képesség	N	
FORTR	Folyó fizetési mérlegben szereplő nettó transzferek (devizában)	N	
YPD	Privát szektorban keletkezett hozzáadott érték	R	PYP
YG	Állami szektorban keletkező hozzáadott érték	R	PYG
YD	GDP	R	PY
YF	Külső kereslet (index)	R	PF
KH	Háztartások ingatlanállománya	R	PHI
KC	Működő tőke	R	PCI
KG	Államháztartás tőkeállománya	R	PGI
HFA	Háztartások nettó pénzügyi vagyona	N	
CFA	Vállalatok nettó pénzügyi vagyona	N	
GFA	Állam nettó pénzügyi vagyona (= - államadósság)	N	
FFA	Külföldiek nettó magyarországi vagyona (devizában)	N	
INC_KC	Működő tőke jövedelme a magánszektorban	N	
INC_KG	Tőkén elszámolt amortizáció a kormányzati szektorban	N	
INC_GFA	Államháztartás kamatjövedelme (= -kiadás)	N	
INC_FFA	Külföldiek nettó magyarországi (kamat-)jövedelme	N	
E	LFS létszám, nemzetgazdaság	R	
EG	LFS létszám, ÁHT	R	
EP	LFS létszám, versenyszektor	R	

U	Munkanélküliségi ráta	R	
LF	Aktív népesség	R	
LFTR	Aktív népesség (populáció összetételén alapuló) trendje	R	
WG	ÁHT bruttó átlagkereset	N	
WP	Versenyszektor bruttó átlagkereset	N	
CORE	Maginfláció	N	
COREVAI	Indirektadó-hatástól szűrt maginfláció	N	
CPI	Fogyasztói árindex	N	
CPIVAI	Indirektadó-hatástól szűrt fogyasztói árindex	N	
NCORE	Maginfláción kívüli tételek árindexe	N	
NCOREVAI	Maginfláción kívüli tételek, indirektadó-hatástól szűrt árindex	N	
P_MG	Mezőgazdasági termékek árindexe	N	
P_OIL	Világpiaci olajár EUR	N	
TARGET	Inflációs cél	N	
NEER	Nominálárfolyam (EUR/HUF)	N	
RNOM	Nominális kamat (évesített 3 hónapos ÁKK referenciahozam)	N	
ULC	Egységnyi munkaerőköltség	N	
PC	Vásárolt fogyasztás árindexe	N	
PG	Kormányzati fogyasztás és természetbeni juttatás árindexe	N	
PHI	Ingatlanvagyon árindexe	N	
PCI	Magánberuházások árindexe	N	
PGI	Kormányzati beruházás árindexe	N	
PITOT	Állóeszköz-felhalmozás árindexe	N	
PDS	Készletváltozás árindexe	N	
PX	Export árindexe	N	
PM	Import hazai pénzben mért árindexe	N	
PF	Külföldi árindex (devizában), NIGEM	N	
PYG	Állami hozzáadott érték árindexe	N	
PYP	Privát hozzáadott érték árindexe	N	
PY	Hazai (GDP) árindex	N	
G_EXP	Költségvetési kiadások (kamatok nélkül)	N	
G_INC	Költségvetési bevételek	N	
G_PBAL	Elsődleges egyenleg	N	
G_MAT	Dologi kiadások	N	
G_NAT	Vásárolt természetbeni juttatás	N	
G_COMP	Kormányzat személyi jellegű kiadásai	N	



G_FTRAN	Pénzbeni transzferek a háztartások részére	N	
G_FORTR	Államháztartáshoz külföldről érkező nettó transzferek	N	
TAX_CPAY	Fizetett díjak és illetékek	N	
TAX_CREST	Állam és vállalatok közti egyéb nettó jövedelemáramlás	N	
TAX_PRIV	Háztartások által (munkajövedelem arányában) fizetett adó	N	
TAX_PROF	Vállalatok által (nyereség arányában) fizetett adó	N	
TAX_SSC	Vállalatok által fizetett (munkaköltség) adó	N	
TAX_VAT	Vásárolt fogyasztás után fizetett ÁFA és jövedéki adó	N	
PDI	Háztartások rendelkezésre álló jövedelme	N	
INC_LAB	Háztartások munkajövedelme	N	
INC_LABG	Bruttó munkajövedelem az állami szektorban	N	
INC_LABP	Bruttó munkajövedelem a kormányzati szektorban	N	
H_FORTR	Háztartásokhoz külföldről érkező nettó transzferek	N	
OPI	Háztartások és vállalatok közti egyéb jövedelemáramlás	N	

*Forrás: MNB.*

*2. melléklet: A KSH negyedéves megyei statisztikai tájékoztatóinak adatai*

<b>Összehasonlító adatok (megye - régió - ország)</b>
Gazdasági-társadalmi jelzőszámok
1. Népmozgalmi események
2. Az alkalmazásban állók száma és keresete
3. Az alkalmazásban állók száma gazdasági ág szerint
4. Az alkalmazásban állók keresete gazdasági ág szerint
5. Az alkalmazásban állók átlagos havi munkajövedelme
6. Az alkalmazásban állók átlagos havi munkajövedelme gazdasági ág szerint
7. A nyilvántartott állás keresők főbb jellemzői
8. A regisztrált gazdasági szervezetek száma
9. A regisztrált gazdasági szervezetek száma gazdasági ág és gazdálkodási forma szerint
10. A regisztrált vállalkozások száma gazdasági ág és gazdálkodási forma szerint
11. A gazdasági szervezetek beruházásainak teljesítményértéke gazdasági ág szerint
12. A megyei székhelyű ipar adatai
13. A megyei székhelyű ipar adatai ágazat szerint
14. Az építőipari tevékenység
15. Az építőipari tevékenység építményfőcsoportok szerint
16. A lakásépítések
17. Az épített lakások építési forma és építettség szerint
18. A vendéglátóhelyek száma

---

19. A vendéglátóhelyek száma üzlettípus szerint

---

20. A kereskedelmi szálláshelyek vendégforgalma

---

21. A kereskedelmi szálláshelyek vendégforgalma szállástípusok szerint

---

22. A külföldi vendégforgalom országok szerint

---

23. A kereskedelmi szálláshelyek bruttó szállásdíjbevételei

---

24. Üdülési csekket vagy SZÉP kártyát elfogadó kereskedelmi szálláshelyek adatai

---

25. A kiskereskedelmi üzletek száma

---

26. A kiskereskedelmi üzletek száma üzlettípus szerint

---

27. Személy sérüléses közúti közlekedési balesetek

---

*Forrás: KSH.*

# A lakosság klímaváltozással kapcsolatos attitűdjének empirikus vizsgálata

*Baranyai Nóra – Varjú Viktor*

## **Bevezetés**

Bár Svante Arrhenius már a 19. század végén megfogalmazta, hogy a levegőbe kerülő szén-dioxid felmelegedéshez vezethet, a klímaváltozás intézményesülése, kutatása csak az 1970-es évektől indult meg (Antal Z. 2015). A téma bővülő szakirodalma ma már nemcsak a klímaváltozás várható hatásaival, előrejelzésekkel, előreszámításokkal foglalkozik, hanem hangsúlyt helyez az egyik legfontosabb tényezőre, az emberre is.

A klímaváltozás hatásaival foglalkozó vizsgálatok egy része történeti jellegű, a társadalmak sikeres vagy sikertelen alkalmazkodási technikáinak jelenkorra érvényes tanulságait tárgyalja (Pappné Vancsó 2014, 107.). A társadalommal foglalkozó kutatások azonban nemcsak a hatásokat, hanem az egyén észleleteit, attitűdjét is elemzik. Tény, hogy a mindennapi ember viselkedésének feltárása sok bizonytalanságot rejt magában, különösen egy számszerű előrejelzés esetén, azonban ez a vizsgálat azért megkerülhetetlen, mert a jövőbeni forgatókönyv fő aktora épp az ember.

A hétköznapi ember attitűdje, döntése alapvetően függ észleleteitől. Bár a médiának egyre nagyobb a szerepe, a sokféle információ keveredésénél erősebb hatása van a percepciónak. Ajzen (1991) tervezett viselkedésről szóló elméletében a szubjektív meggyőződések formálják azokat az információs bázisokat, amelyek az attitűdöket, szándékokat hozzák létre és amelyek végül a viselkedésben jelennek meg. Így Menapace és munkatársai (2015) érvelése alapján az adaptáció(s) képesség) értelmezéséhez, elemzéséhez alapvető fontosságú a kockázatok percepciójának vizsgálata. A klímakockázatok észleleteinek elemzése pedig alapja a klímaadaptációs politikai döntéshozásnak (Patt, Schrötter 2008), amely értelemszerűen befolyásolja a scenáriókészítést is.

A percepciók, attitűdök feltérképezése a klímaváltozással kapcsolatos kutatásokban ma már mindennapos. Szakértői interjúkkal, szakértői kérdőívekkel elemzik például a mezőgazdasággal foglalkozók klímaváltozással és a klímaváltozás kockázataival kapcsolatos meggyőződéseit és percepcióit (lásd. pl. Arbuckle et al.

2013; Kulcsár 2014). A különbségek nagyságára, a kockázatok szétválasztására a percepciók vizsgálatában alkalmazzák például a „kicszerűléti módszert” (Baillon 2008), ahol indirekt módon tárják fel a klímakockázatok tapasztalatait, anélkül, hogy a kockázatok explicit módon említénék (Menapace et al. 2015).

A klímakockázatok alapvetően függenek a földrajzi, a társadalmi és a gazdasági viszonyoktól. Ilyen társadalmi-gazdasági sajátosságok közé tartozik többek között az egyén pénzügyi helyzete, képzettsége, a kockázatokra való felkészültsége, ismerete, tudása. Ahogy Vári és Ferencz (2011) rámutatnak, „az ilyen típusú, ún. sérülékenységi tényezők feltárása és a közöttük fennálló komplex összefüggések megértése segíthet a nemkívánatos hatások csökkentésében” (Vári, Ferencz 2011, 355.).

A rendszerváltozást követően javultak a hazai környezetvédelem szervezeti, intézményesült, valamint civil keretfeltételei és rendszerei (Szirmai 1999). A civil szervezetek és a mindennapi emberek is egyre többet találkoztak a környezetvédelem kérdéseivel; a problémák, az arra adott válaszok és a környezetvédelemmel kapcsolatos attitűdök beépültek a mindennapokba. Ahogy Szirmai (2009) rámutat, az ezredfordulótól – a globális folyamatok kiterjedésével párhuzamosan – megnövekedett a társadalom problémaérzékenysége, amely részben összekapcsolódott a hazai éghajlatváltozás néhány kedvezőtlen folyamatával (Szirmai 2009).

A 2000-es évek elején induló, sajnos csak rövid idegi működő VAHAVA-projekt tett nagy ívű kísérletet arra, hogy Magyarországon komplex módon, tudományos igénnyel járja körül a klímaváltozás kérdéseit, átfogóan elemezve a társadalmi hatásokat is.

A klímaváltozással kapcsolatos percepciók és attitűdök kérdőíves reprezentatív lakossági lekérdezése egyre elterjedtebb Magyarországon. A helyi szint megismerése (pl. Antal Z. 2015; Szirmai 2009; Vári, Ferencz 2011) vagy az – általában környezetvédelmi kérdésekbe ágyazott – európai összehasonlítás (pl. International Social Survey Programme – Environment) a leggyakoribb vizsgált szempontok ezeken belül.

Jelen kutatás keretében egy országos reprezentatív lakossági kérdőíves adatfelvétellel kísérletet tettünk arra, hogy feltárjuk a magyar felnőtt lakosság attitűdjét, percepcióit a klímaváltozással kapcsolatban, és megpróbáljunk ezek alapján következtetéseket levonni a klímaváltozáshoz kapcsolódó jövőbeni várható cselekedeteikre, figyelembe véve a területi és társadalmi sérülékenységek eltérő megjelenését.

## Módszertan

A lakossági adatfelvétel a KSH népszámlálási és települési adatain alapulva, országos és megyei szinten is reprezentatív telefonos kérdőíves megkereséssel történt, 3269 fő lekérdezésével. Az adatfelvétel nemre, korcsoportra és településtípusra is reprezentatív volt. Minden megyéből legalább 80 fő szerepel a mintában. A lekérdezést az S-Fact Kft. végezte 2015. szeptember és október hónapokban.

Az egyes megyék lakosságán belül a 15 évnél idősebb lakosságot vettük figyelembe a mintaválasztás során. A KSH által használt korcsoportok nem igazodnak a jogi nagykorúsághoz, a 15–19 év közötti korcsoportból csak nagykorú személyeket

kérdeztünk meg. A 15 év feletti lakosságot 3 korcsoportba vontuk össze: 15–39 évesek; 40–59 évesek; 60–X évesek. A településtípus szerinti kategóriák: Budapest; megyeszékhely, megyei jogú város; többi város; nagyközség, község.

A 15 év feletti lakosság megyék szerinti megoszlása képezi a minta alapját, ezek az arányszámok határozzák meg, hogy a minta elemszáma hogyan oszlik meg az egyes megyék között. A megyéken belül a KSH 2011. évi népszámlálása segítségével határoztuk meg az egyes csoportok arányát (pl. megyeszékhelyen élő 40–59 év közötti nők). A fentiek alapján kaptunk egy kvótás mintát a szükséges dimenziók szerint (megye, településtípus, nem, korcsoport). A településtípus szerinti bontásban a „többi város” és a „község, nagyközség” kategórián belül nem voltak előre kiválasztott települések, de a telefonos kérdezés miatt véletlenszerűen is több település esett bele, mint a személyes lekérdezésnél esett volna.

Az eredmények bemutatásánál a válaszok alapmegoszlásaival kezdjük az elemzést. Ezen túlmenően vizsgáltuk a változók értékei közötti esetleges kapcsolatokat, a változók típusánál használatos statisztikai próbákkal, illetve struktúravizsgáló módszerekkel (keresztábra, variancia, korreláció stb.). Minden változónál megvizsgáltuk az egyes ismérvek és bizonyos szociodemográfiai, sérülékenységi (pl. nem, kor, iskolai végzettség, jövedelem, aktivitás), munkaerő-piaci és területi (megye) változók közötti összefüggéseket. A tanulmányban azokat a kapcsolatokat emeljük ki, amelyeknél az egyes ismérvértékek és a háttérváltozók között valamilyen mértékű (lehetőleg szignifikáns) kapcsolat mutatható ki, vagy jelentős területi különbségek jelennek meg. Az elemzésekhez és az ábrázoláshoz az SPSS, a Microsoft Excel valamint a MapInfo szoftvereket használtunk.

A lakossági lekérdezés kérdőívét (lásd melléklet) úgy állítottuk össze, hogy közvetlen kérdésekkel – majd a kérdőív későbbi részeiben indirekt visszatérésekkel – feltárjuk a magyar lakosok klímaváltozáshoz kapcsolódó ismeretét, attitűdjeit, percepcióit, alkalmazkodási hajlandóságát és képességét, valamint a klímaváltozás potenciális migrációs hatását. A kérdőív demográfiai háttérváltozóit, valamint Vári és Ferencz (2011) munkájához hasonlóan a sérülékenység fokozatait (pl. szubjektív jövedelmi helyzet, iskolai végzettség, lakóhely típusa) is összevetettük a válaszokkal, és megnéztük, hogy a sérülékenység valóban klímakockázati tényező-e.

Az alább közölt eredmények koránt sem teljes körűek, az elemzés során elsősorban a kutatás tágabb céljait szolgáló összefüggések feltárására törekedtünk.

## **Eredmények**

### ***Ismeretek***

A lakossági lekérdezés első része a klímaváltozással kapcsolatos ismereteket firtatta. Az, hogy a kérdezőbiztosi felvezetés után az első kérdés a klímaváltozásra vonatkozott, előnnyel és hátránnyal is szolgált. Egyrészt ráerősített arra, hogy a téma a klímaváltozás, így amikor a kérdéseket feltettük (pl. költözésre vonatkozó elképzelések), akkor tudatosítottuk, hogy az a klímaváltozás kontextusában értendő.

A hátrány viszont az, hogy az indirekt módon történő kérdezést nehezíti, hiszen a válaszadó tisztában van a téma fókuszával, és vélt elvárt viselkedést vagy válaszadást produkálhat.

A lakossági lekérdezés alapján elmondható, hogy a magyarországi válaszadók majd 98%-a hallott már a klímaváltozásról, és 92%-uk – saját bevallása szerint – nagyjából vagy pontosan tudja, hogy az mit is jelent. Alaposabb vizsgálatnak vetettük alá a nemleges válaszokat. Itt szignifikáns az összefüggés abban, hogy minél „magasabb szintű” a település „kategóriája” (megyei jogú város, Budapest), annál alacsonyabb a nemleges válaszok aránya.

A nemleges adatok megyei bontásban nagyon közel vannak az országos átlaghoz (2,17). Számottevő eltérés Borsod-Abaúj-Zemplén megyében volt, ahol a válaszadók 5,9%-a nem hallott még a klímaváltozásról. Egyedül Komárom-Esztergom megye volt az, ahol a válaszadók egyike sem nyilatkozott úgy, hogy ne hallott volna még a klímaváltozásról. A legtöbben azok közül, akik még nem hallottak a klímaváltozásról, a fiatalok (15–39 éves) korcsoportjából kerültek ki (75% a nemleges válaszokból ebbe a korcsoportba esett, egyharmaduk 24 év alatti). Bár az ismerethiány összességében kicsinek mondható, de az ismerettel nem rendelkezők fele legfeljebb 8 általános iskolai osztályt végzett. Így a szcenárióalkotás fényében fontos, hogy döntően a fiatalok körül kerültek ki az információval nem rendelkezők.

A klímaváltozással kapcsolatos ismereteket a kérdőív későbbi részében indirekt módon is teszteltük (4. és 5. kérdések). A válaszadók majd’ 93%-a tudott megnevezni legalább egy klímaváltozási okot, illetve a megkérdezettek 91%-a legalább egy hatást is megnevezett, amelyet véleménye szerint a klímaváltozás okoz. Azok közül, akik nem tudtak vagy nem akartak egyetlen okot sem megnevezni, kétszer annyi volt a nő, mint a férfi, a korcsoportos megoszlás azonban egyenletes volt. Minél magasabb iskolai végzettséggel rendelkezett valaki, annál valószínűbb volt, hogy legalább egy okot megnevezett (az okot megnevezni nem tudó/akaró válaszadók 58%-a 8, vagy kevesebb mint 8 osztállyal rendelkezett a válaszadáskor).

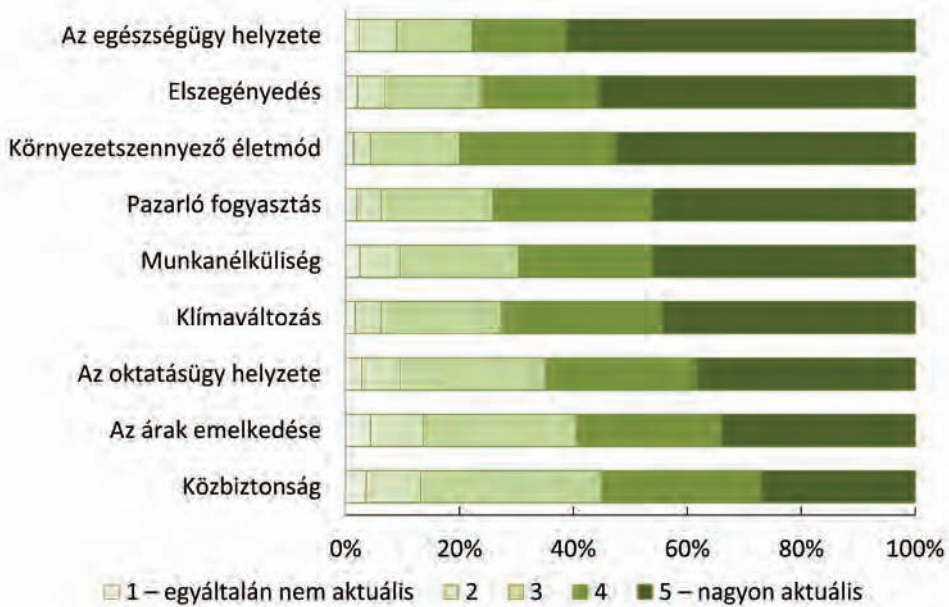
A klímaváltozás hatásait fel nem soroló válaszadók körében szignifikáns területi különbségek figyelhetők meg. Kiugróan többen nem tudtak megnevezni egyetlen hatást sem Borsod-Abaúj-Zemplén, Csongrád, valamint Tolna megyékben, míg kiugróan alacsony volt a hatás meg nem nevezése Budapesten, Pest és Baranya megyékben.

### **Attitűdök**

Az ismereteket követően arra kértük a válaszadókat, hogy más (társadalmi) problémákkal együtt értékeljék a klímaváltozás fontosságát (2. kérdés). Az átlagok, valamint a társadalmi problémánként adott legmagasabb osztályzatok (5 = nagyon aktuális a probléma) sorba rendezése alapján a klímaváltozásnál más társadalmi problémákat akutabbnak tekintettek a válaszadók. A klímaváltozás (4,09-es átlaggal) csak az 5. legfontosabb probléma (1. ábra), annak ellenére, hogy a lekérdezés időszaka (2015. szeptember–október) több tekintetben is szélsőséges volt, hiszen

a négy hóhullámmal tarkított nyarat a Nemzeti Óceán- és Légköri Hivatal (NOAA) szerint (<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201509>) 1880 óta a legmelegebb szeptember követte, hazánkban is 30°C feletti napi maximumokkal. A klímaváltozást olyan társadalmi problémák előzik meg, mint az egészségügyi helyzet (4,28), a környezetszennyező életmód (4,27), az elszegényedés (4,23), vagy a pazarló fogyasztás (4,12).

1. ábra: Az egyes társadalmi problémák aktualitásának megítélése (% , N=3014)



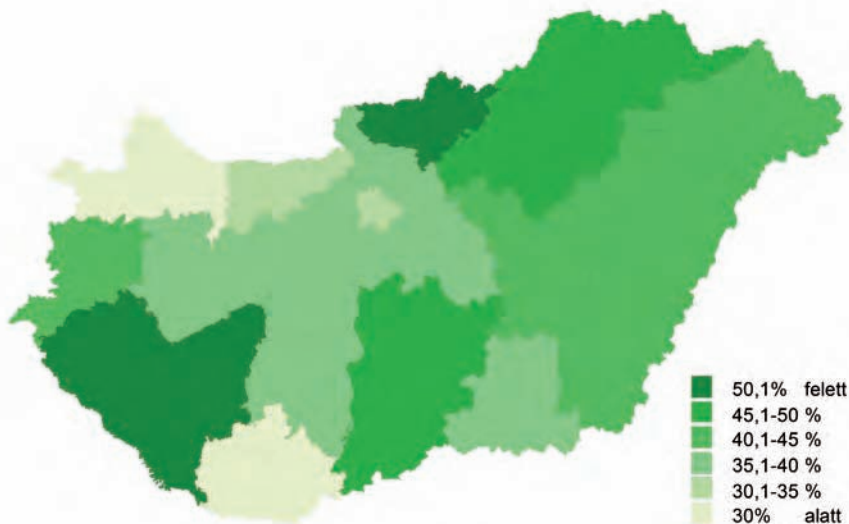
A kérdőív harmadik kérdésében öt állítás osztályozásával tártuk fel a válaszadók környezetvédelemhez kötődő attitűdjét. Azzal az állítással, hogy „Majdnem minden, amint a modern életben csinálunk, árt a környezetnek”, a válaszadók 40%-a értett egyet teljesen, 25%-a pedig egyáltalán nem. A másik oldalról közelítve a dolgot („Az emberek túl sokat aggódnak amiatt, hogy az emberi tevékenység károsítja a környezetet”) a válaszadók 37%-a szerint nem lehet eleget aggódni, míg a válaszadók 32%-a szerint kicsit (vagy nagyon) túlaggódjuk a környezeti problémákat. A környezetért való aggódás a válaszok alapján jobban jellemzi a budapestieket, mint a más városokban vagy vidéken élő lakosságot.

A válaszadók nagy része a környezetvédelem felelősségét elhárítja, hiszen majd' 56%-uk egyetért azzal, hogy a környezetvédelemhez gazdasági növekedés szükséges. Ez az egyetlen olyan kérdés, ahol a középértéktől szignifikáns eltérés tapasztalható.

A modern élettel kapcsolatos környezetvédelmi aggodalmakban az egymintás t-próba alapján szignifikáns eltérések vannak. Egyes megyékben a válaszadók több mint fele gondolja úgy, hogy „Majdnem minden, amint a modern életben csinálunk,

árt a környezetnek”. A szkeptikusabb megyék lakóinak alig 30%-a ért részben, vagy teljesen egyet a felvetéssel (2. ábra) (más független változókkal való összefüggést nem sikerült feltárnunk).

2. ábra: A modern élet negatív környezetvédelmi hatásaival részben vagy teljesen egyetértők aránya (% , N=3256)



A kérdőívben néhány kérdéssel később visszatértünk az attitűd szondázására. A klímaváltozás hatásainak kezeléséről megkérdeztük azt, hogy kinek milyen mértékű a felelőssége (8. kérdés). Bár a válaszadók saját felelőségüket hasonló mértékűre értékelték, mint a politikusokét vagy a kormányét, a legtöbbet azonban a kutatóktól, tudósoktól várják. A kutatók 4,6-os osztályzatátlagát a vállalatoké (4,46), majd a kormányé (4,44) követi. Az emberek saját felelőssége ezekről nem sokkal marad el (4,41-es átlag). A legkevesebb feladatot a civil társadalmi szereplőknek tulajdonítanak a válaszadók (3,99-es átlag).

A megkérdezettek 67,5%-a gondolta azt, hogy a kormány teljes mértékben feladata a klímaváltozás hatásainak kezelése, míg ez az arány a kutatóknál 74,1%. Minél idősebbek a válaszadók, annál inkább értékelték maximálisra a kutatók felelőségét, feladatát (más demográfiai vagy sérülékenységi változóval nem mutatható ki szignifikáns összefüggés).

A többi szereplőnél az 5-ös osztályzat aránya 65% körül van, ettől kisebb a lakóközösségeknél (49%) és az önkormányzatoknál (3. ábra).

A különböző szereplők felelőségének értékelésénél nincs szignifikáns összefüggés a népesség szociodemográfiai változóival. Egyedül az iskolai végzettség és az anyagi helyzettel mint sérülékenységi változókkal van gyenge kapcsolat: minél



alulképzettebb vagy szegényebb a válaszadó, annál nagyobb arányban utasítja el teljes mértékben a saját felelősségét. A kevesebb mint 8 általános iskolai osztályt végzettek 6,1%-a ilyen, míg az érettségizettek vagy képzettebbek 1,5%-a nyilatkozott így. A végzettség növekedésével lineárisan nő a 4-es osztályzatok aránya (12%-ról 27%-ra).

3. ábra: Kitől és mennyire várja a lakosság a klímaváltozás kezelését? (N=3203)



### Percepciók

A személyes tapasztalatokat feltáró (6.) kérdés alapján az emberek jellemzően azt mondták, hogy gyermekkoruk óta az időjárásban változás történt (az átlag 3,4 az 1–4-es skálán). A válaszadók majd 90%-a szerint közepes vagy nagymértékű volt az időjárás átalakulása, azaz észrevehető változás történt. Az iskolai végzettséggel nincs szignifikáns összefüggés, bár a szakmunkásképzőt, szakiskolát végzetek 73%-a nagymértékű változást tapasztalt.

A sérülékenység és a percepció viszonyában (a statisztikai összefüggés-vizsgálatok szerint) gyenge összefüggés fedezhető fel. Amíg a jobb anyagi helyzetben lévők 47–48%-a jelölte meg a „nagymértékű változást”, addig az átlagos helyzetűek 58%-a, a rossz vagy nagyon rossz anyagi helyzetben lévők pedig kimagasló arányban (70%, illetve 77%) „tapasztaltak” nagymértékű változást az időjárásban gyermekkoruk óta.

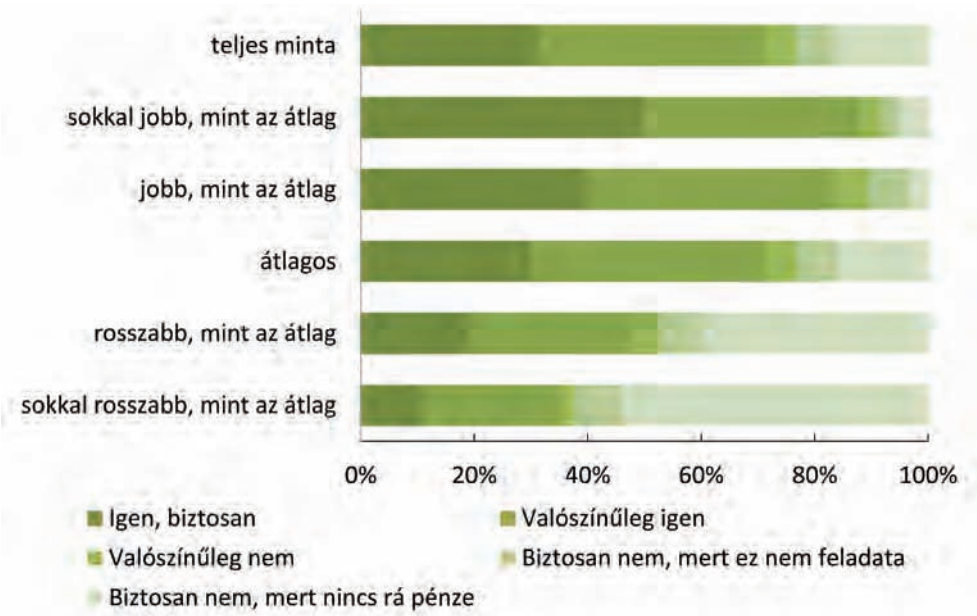
Érdekesek a területi különbségek is. Heves megyében a válaszadók 72%-a tapasztalt nagymértékű változást, Nógrád megyében az arány közelítette a 70%-ot (az országos átlag 57%). Településnagysággal kapcsolatos összefüggés nem mutatható ki.

A percepciók között a klímaváltozás hatásainak egyes elemeit is vizsgáltuk négyfokú Likert-skálán. A kérdőív válaszadói az egyre gyakoribb hőhullámokat mint klímaváltozási jelenséget értékelték a legnagyobb hatásúnak. A percepció mértékének átlaga 3,18 volt (az 1–4-es skálán). A válaszadók majd fele a legmagasabb (nagymértékű) változást jelölte meg. Legkevésbé a tiszta ivóvízhez való hozzáférést értékelték problémának (1,93-as átlaggal, 1-es módusszal és mediánnal). E tekintetben a válaszadók 56%-a nem lát semmiféle változást. Az erdő- vagy vegetációtüzek (2,07-es átlag) és (2,37-es átlaggal) a nagy árvizek (amely csak részben tekinthető a klímaváltozás hatásának, hiszen létrejöttében egyéb antropogén tényezők is nagy szerepet játszanak) 1-es módusszal és 2-es mediánnal nem tűnnek jelentősebb hatásoknak. A válaszadók 35%-a semmiféle hatást nem vél felfedezni a nagy árvizek és a klímaváltozás között. Az áradásokkal kapcsolatos megnyilatkozásoknál nincs összefüggés sem a korcsoportokkal, sem a településnagysággal. Az iskolai végzettséggel kapcsolatban szintén nem látható összefüggés, bár a legképzetlenebbek látják a legnagyobb mértékben az összefüggést a klímaváltozás és a nagy árvizek között (és fordítva is igaz ez, ők azok, akik a képzetlenebbeknél jóval kevesebben válaszoltak úgy, hogy semmilyen összefüggés sincs a két dolog között).

### ***A klímaváltozás mérséklése érdekében vállalt egyéni feladatok***

Bár a klímaváltozás hatásainak kezelésében az egyének szerepvállalásának fontosságát a válaszadók nem az elsők között említették, érdemes megvizsgálnunk azt a kérdéskört, hogy – a környezeti és klímaproblémák iránti érzékenységüknek, valamint anyagi lehetőségeiknek megfelelően – milyen áldozatokra lennének, voltak hajlandók a hatások mérséklésére. A klímaváltozás lassítása érdekében a válaszadók döntő többsége (70,8%) biztosan vagy valószínűleg hajlandó lenne anyagi áldozatot vállalni, azaz többet fizetni bizonyos termékekért vagy szolgáltatásokért. A független változók közül nem meglepő módon az anyagi helyzet, az iskolai végzettség, valamint a munkahelyi beosztás van a döntésre legnagyobb hatással, méghozzá oly módon, hogy a jövedelem (4. ábra), az iskolai végzettség és a foglalkoztatási viszony státuszának növekedésével a fizetési hajlandóság növekszik. A mérsékeltebb összefüggést mutató demográfiai változók alapján a férfiak, a fiatal korosztály tagjai, az aktív dolgozók vállalnának nagyobb arányban anyagi áldozatot, míg a területegységek közül Fejér megye, Budapest, Pest és Csongrád megye emelkedik ki. A település mérete is meghatározó az áldozatvállalás szempontjából, azaz minél nagyobb a település, annál valószínűbb a fizetési hajlandóság. A demográfiai-munkaerőpiaci tényezők mellett a klímaváltozással kapcsolatos attitűd és az anyagi szerepvállalás közötti kapcsolat is kirajzolódik: azok körében, akik a klímaváltozást nem vagy csak kismértékben tartják problémának, a fizetési hajlandóság 43,4–61,1%-os, a jelenséget súlyosabbnak vélők esetében ez viszont már eléri a 74,9%-ot.

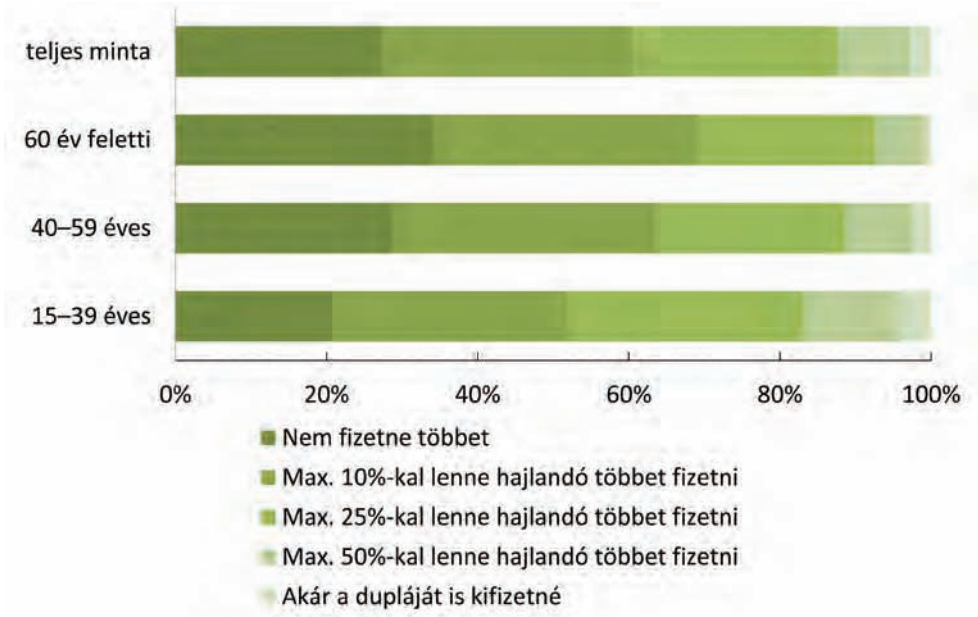
4. ábra: Többletköltség vállalása a klímaváltozás mérséklése érdekében, anyagi helyzet szerint (% , N=3173)



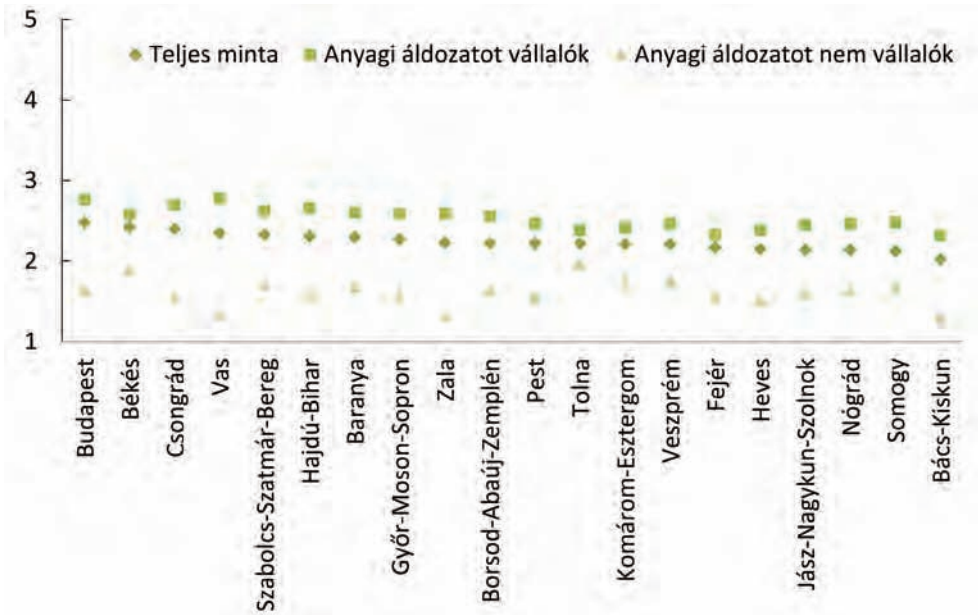
A klímaváltozásért nagymértékben felelős fosszilis energiák kiváltására a háztartásokban is alkalmas lehet a megújuló energiák használata, bár a technikai kivitelezés nem minden esetben lehetséges. Az egyéni hozzájárulásról az előzőhöz hasonló eredmények születtek, s a független változók közül a korcsoportokkal mutatott összefüggés a legerősebb (5. ábra). A legnagyobb, akár a jelenlegi ár másfélszeresét, dupláját jelentő anyagi áldozatra a megújuló energiaforrásból származó áram esetében a fiatalok, a magas jövedelműek, a felsőfokú végzettségűek, az aktív dolgozók (közülük is az önállók), illetve a magas beosztásúak hajlandóbbak. A megújuló energiáért megyei szinten a Budapestén (17,6%), valamint a Vas (15,5%) és Borsod-Abaúj-Zemplén (15,1%) megyében élők fizetnének legnagyobb arányban 50–100%-kal többet.

Az előző két kérdésre adott válaszok következetességét, relevanciáját ellenőriztük oly módon, hogy a válaszadókat a többletköltségek vállalása alapján két kategóriába, az anyagi áldozatot vállalók és az anyagi áldozatot nem vállalók csoportjába soroltuk, s e csoportokban vizsgáltuk meg a fizetési hajlandóság átlagos mértékét (6. ábra). A megyei szintű elemzés rávilágított, hogy minden egyes megyében a pozitívan nyilatkozó csoport anyagi áldozatvállalási készsége magasabb szintű, mint a teljes minta átlaga, míg a többletforrást erre nem fordítók átlagos fizetési hajlandósága a mintaátlag alatt marad.

5. ábra: Fizetési hajlandóság a megújuló energiaforrásból származó áram esetében, korcsoportok szerint (% , N=3182)

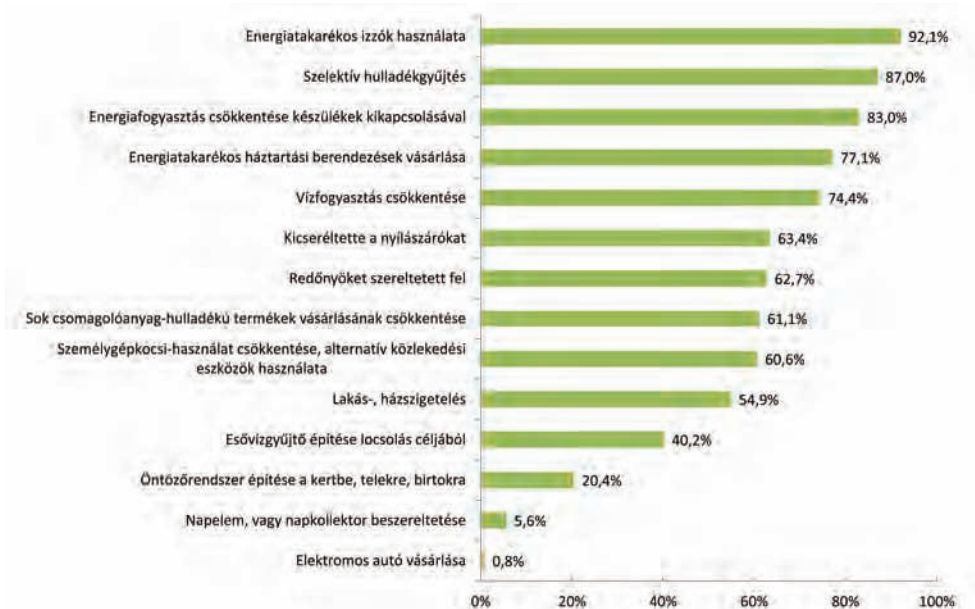


6. ábra: Fizetési hajlandóság a megújuló energiaforrásból származó áram esetében, a többletköltségek vállalása szerint (átlagértékek, N=3153)



A környezetvédelmi kérdések és a klímaváltozással szembeni érzékenység, attitúd további fontos eleme, hogy az előző kérdésekben elemzett jövőbeli, bizonytalan áldozatvállalás mellett melyek azok a tevékenységek, amelyekre már fordított pénzt, energiát, figyelmet a válaszadó. Az elkötelezettség vagy a valós szándékok feltérképezésére felsoroltunk néhány környezetvédelmi szempontból releváns tevékenységet, amelyekkel a válaszadók az elmúlt évek során környezeti és/vagy anyagi érdekeik mentén enyhíthettek a klímaváltozás hatásain (is). Az eredményekből (7. ábra) megállapítható, hogy azok a tevékenységek népszerűek, amelyek jelentős anyagi ráfordítással nem járnak, sőt, rövidebb vagy hosszabb távon költségmegtakarítást eredményeznek. A következő tevékenységcsoportot azok a technológiai megoldások alkotják, amelyek jelentősebb kiadással járnak, ugyanakkor (pl. a panelprogram keretében) támogatások segítették a megvalósulásukat. A legkevésbé jellemző tevékenységek közé a nagyobb ráfordítást és valódi elkötelezettséget igénylő megoldások (napelem, napkollektor, elektromos autó) tartoznak. E kiadásokra jellemzően a fiatalok, a munkaerőpiacon aktívak, ezen belül is az önállóak, a vállalkozók, a magas jövedelműek és iskolai végzettségűek, lakóhely szerint pedig a budapestiek és a Pest megyeiek tudtak áldozni. A korábban jelzett tendenciák a költségmegtakarítással (is) bíró megoldások esetében szintén érvényesülnek, azaz az anyagi ráfordítást nem vagy csak kismértékben igénylő, nagyrészt takarékoskodást jelentő tevékenységekkel az alacsonyabb státuszúak – alacsony iskolai végzettség, alacsony jövedelem, munkanélküli vagy beosztott fizikai dolgozó státusz – jóval a mintaátlag alatt jellemezhetőek.

7. ábra: Az elmúlt három évben környezetvédelmi célból vállalt tevékenységek (% , N=3269)



A klímaváltozás hatásainak mérséklésében az egyéni szerepvállalás az előzetesen feltételezett eredményeket hozta. A környezet- és klímavédelmi attitűd, a globális felmelegedéssel kapcsolatos ismeretek, valamint az anyagi lehetőségek szabnak gátat az egyének cselekvésének. A klímaváltozás hatásainak mérséklésével kapcsolatos ismeretek hiányára utal, hogy az alacsonyabb státuszú csoportok körében az egyeszerű, s nemcsak a klímavédelem, hanem a számukra jelentős költségmegtakarítást hozó tevékenységek sem annyira elterjedtek.

### ***A klímaváltozás hatásai elleni védekezés***

A klímaváltozás hatásaival kapcsolatos várakozások, azaz az, hogy az egyének életvitelében és életkörülményeiben a globális felmelegedés az elkövetkezendő húsz évben milyen változásokat jelent, összességében súlyos jövőképet vázol fel. A megkérdezettek csaknem tizede (9,4%) semmilyen változásra nem számít, a válaszadók negyede (24,3%) szerint kismértékű, egy másik negyede (26,8%) nagymértékű, a fennmaradó csoport (39,4%) pedig közepes mértékű hatásokkal számol. A demográfiai háttértényezők szerinti vizsgálat rámutat arra, hogy legkevesbé az idős korosztály, az inaktívak, valamint a legalacsonyabb iskolai végzettségűek és jövedelműek számítanak kedvezőtlen fordulatra. Ez az eredmény illeszkedik az eddigiek struktúrájába, s alapvetően a klímaváltozás negatív hatásaival kapcsolatos ismerethiányra utal. A globális felmelegedés problémakörét e csoport tagjai nagyobb arányban tartják jelentéktelennek, illetve kevésbé jelentősnek, mint a többi válaszadó. Az idősek és az inaktívak esetében feltételezhetően nemcsak a szkepticizmus, hanem az is közrejátszik a véleményformáláskor, hogy életkoruk (az inaktívak jelentős számban nyugdíjasok) miatt húsz éves időtávlatban már nem tudnak/akarnak gondolkodni. A másik szélsőérték (nagyobb mértékű, jelentős változás fog történni) vizsgálata rávilágít arra, hogy a legalacsonyabb végzettségűek és jövedelműek, valamint a munkanélküliek a többi kategóriába tartozó válaszadónál nagyobb mértékben érintettnek érzi magát. Feltételezhetjük, hogy várakozásaikat a jobb anyagi és társadalmi helyzetűekhez viszonyított nagyobb kiszolgáltatottságuk, korlátozottabb lehetőségeik és ezeken alapuló félelmeik okán fogalmazták meg.

A klímaváltozás hatásai elleni védekezés egyik módja a lakóhely-változtatás: eddig a válaszadók közül kisszámban éltek ezzel, vagy kényszerültek rá. A globális felmelegedés okozta jelenségek, hatások közül a költözők leggyakrabban lakásuk vagy házuk felmelegedését (23 említés), a gyakori árvizeket (14 említés), a viharokat (13 említés), valamint az inkább környezeti problémának számító rossz levegőminőséget (9 említés) jelölték meg. A klímaváltozás hatásainak erősödése, a kapcsolódó problémák súlyosbodása újabb csoportokat készíthet lakóhely-változtatásra, ami mind az országon belüli mozgásokban, mind pedig a nemzetközi migrációban (Magyarországra érkező klímamenekültek, valamint Magyarországról elvándorlók) megnyilvánulhat. A klímaváltozás a válaszadók negyedében (826 fő) vetette fel a lakóhely-változtatásnak mint védekezési módnak a lehetőségét. 5–10 éves távlatban

a megkérdezettek 3,6%-a biztosnak, 5% nagy valószínűségűnek, 17,3% pedig elképzelhetőnek tartja az elköltözést.

A demográfiai, munkaerő-piaci és területi háttérváltozók vizsgálata körülhatárolja azokat a csoportokat, amelyek körében számottevő a lakóhely-változtatás mint védekezési stratégia (1. táblázat). Az eredmények szerint az átlagot meghaladó arányban számolnak a költözés lehetőségével az egyébként is mobil fiatalok, az általános iskolát végzettek, az aktívak és a munkanélküliek, valamint az alkalmazottak. A demográfiai jellegzetességek alapján azt feltételezhetjük, hogy a lakóhely-változtatást elsősorban az alacsonyabb státuszú, azaz alacsonyabb jövedelemmel, s így szűkebb cselekvési mozgástérrel rendelkező csoportok tervezik, esetükben lehet a klímaváltozás hatásainak felerősödésével fokozódó vándorlásra számítani. A nagyvárosok (100 ezer főnél nagyobb népességű városok és Budapest) mellett a legkisebb települések lakossága is erős migrációs szándékkal jellemezhető, megyei szinten a budapesti, illetve a Zala és a Szabolcs-Szatmár-Bereg megyei válaszadók vándorlási kedve magas. A lakótelepi lakásokban élők magas vándorlási szándéka – annak ellenére, hogy a szigetelt épületekben élők is átlag felett nyilatkoztak lakóhely-változtatási szándékaikról – a lakástípus által biztosított alacsony életminőségre mutat rá.

A lakóhely-változtatás célállomása (a kérdőív válaszlehetőségei szerint) lehet belföldi, a klímaváltozás szempontjából kevésbé érintett település, megye vagy tájegység, illetve egy biztonságosabbnak ítélt külföldi ország. Lényeges, szakpolitikai szempontból is figyelemreméltó eredmény, hogy a válaszadók csaknem fele (299 fő, 40,8 százalék) a klímaváltozás hatásainak erősödése esetén nemcsak jelenlegi lakóhelyét, hanem az országot is elhagyná. A fiatalok és a munkaerő-piaci szempontból aktívak körében ez az arány még magasabb (1. táblázat), ami mind a jövőbeli népességszám, mind a foglalkoztatás szempontjából problémákat vetít előre.

A célállomások összesítése (2. táblázat) felveti azt a kérdést, hogy a jövőbeli lakóhely meghatározásában valóban a klímaváltozás szempontjai dominálnak, vagy egyéb körülményeket is számításba vesznek a válaszadók. A költözés végcéljaként megjelölt leggyakoribb tájegységek az ország „biztonságosabb” részei, ekképpen relevánsnak tekinthetők, s gyakorlatilag a megyei választások sem kérdésesek, hiszen sokan a nagyvárosokat hagynák el (ez a szuburbiába való költözést is takarhatja). A településmegjelölések során azonban szinte csak városokat neveztek meg a válaszadók, így felmerülhet a gyanú, hogy a klímaváltozás mellett egyéb szempontok (pl. a több és jobb munkalehetőség) meghatározóak a döntés meghozatalakor. A külföldi államok esetében szintén elképzelhető, hogy egyéb motívumok is meghúzódnak a háttérben, mert bár a leggyakrabban említett országok hűvösebb éghajlattal rendelkeznek (itt megemlíthetjük a 38-szor említett Skandináviát, illetve a 20-szor említett Nagy-Britanniát), ezek a Magyarországról jobb munkahely, magasabb jövedelem vagy életszínvonal reményében elvándorlók fő célállomásai.

1. táblázat: A klímaváltozás miatt költözést fontolgatók demográfiai, munkaerő-piaci és területi bontásban (%)

Háttér-változó	Alcsoport	A költözést tervezők aránya összesen	A költözést tervezők közül	
			Külföldre	Belföldre
Korcsoport	15–39 éves	37,7	49,8	50,2
Megye	Szabolcs-Szatmár-Bereg	35,3		
	Budapest	33,4		
	Zala	31,9		
Lakástípus	Nem szigetelt lakótelepi lakás	37,3		
	Szigetelt lakótelepi lakás	35,8		
	Új sorház, lakópark, társasház	33,0		
Munkaerő-piaci helyzet	Munkanélküli	37,4	30,3	69,7
	Aktív	29,1	44,3	55,7
Településtípus	Budapest	33,4		
	500 fő alatt	33,3		
	100 ezer fő felett	29,3		
Foglalkoztatási kategória	Beosztott fizikai	32,4		
	Beosztott szellemi	31,0		
Iskolai végzettség	Befejezett 8 általános	32,8		

Megjegyzés: A táblázatban a független változók a kapcsolat erőssége szerinti sorrendben szerepelnek. A lakóhely-változtatás célállomása és a háttérváltozók közül csak a korcsoport és a munkaerő-piaci helyzet közötti kapcsolat volt szignifikáns.

2. táblázat: A klímaváltozás miatt költözést fontolgatók fő célállomásai (említések száma)

Település (75)	Belföld (434)		Külföld (299)
	Megye (95)	Tájegység (124)	
Budapest (12)	Pest (16)	Balaton (19)	Németország (61)
Sopron (9)	Győr-Moson-Sopron (12)	Hegyvidék (16)	Ausztria (31)
Pécs, Debrecen, Eger (5)	Zala (10)	Mátra (15)	USA (18)
Győr, „városból ki” (4)	Szabolcs-Szatmár-Bereg (9)	Dunántúl (12)	Kanada (15)

A dilemmát a jelenlegi vizsgálat alapján nem tudjuk feloldani, azt azonban megvizsgáltuk, hogy a klímaváltozás hatásának tekintett időjárás tényezők észlelése, súlyosságának megítélése eltér-e a költözést számításba vevő, illetve az azt elutasító csoport között. Az eredmények szerint azok, akik a lakóhely-változtatásra mint lehetséges megoldásra tekintenek, a klímaváltozás okozta jelenségek hatását nagyobb arányban érzik a mindennapjaikban, tehát döntésükben (lehet, hogy csak kiegészítő jelleggel, de minden valószínűség szerint) a klímaváltozás is jelentős szerepet játszik.



### **Származtatott mutatók**

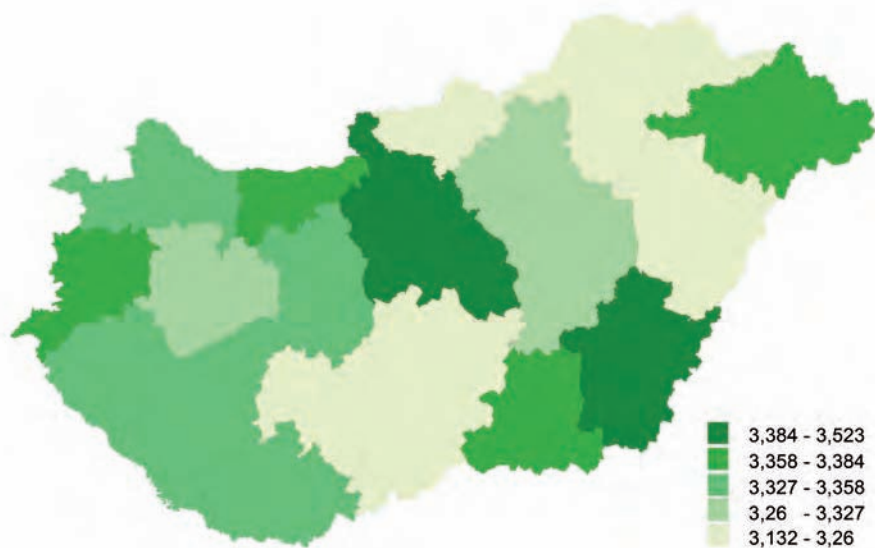
A fentiekben az egyes változók és a demográfiai, illetve sérülékenységi változók közötti kapcsolatokat mutattuk be. A válaszok elemzésénél, főként ha a kérdést direkt módon tettük fel, fennáll a veszély, hogy az nem feltétlenül tükrözi a valóságot vagy a valóban gondoltat; a válasz egyfajta elvárt normát tükröz. Így az elemzett tulajdonságokhoz kapcsolódó direkt és indirekt módon megkérdezett változókból olyan komplex mutatókat hoztunk létre, amelyek az egyes tulajdonságokat, különbségeket jobban jelzik. Ezen összetett mutatók több oldalról közelítve, összehasonlítható módon számszerűsítik a válaszadók klímaváltozáshoz kapcsolódó attitűdjét, percepcióját, adaptációs képességét és hajlandóságát, a klímaváltozáshoz kapcsolódó migráció valószínűségét. A kialakított mutatókat összevetettük a sérülékenységi, illetve a demográfiai változókkal, valamint teszteltük azt, hogy vannak-e területi különbségek az így létrehozott mutatók esetében: vagyis az országos átlaghoz képest a megyék mutatója szignifikánsan eltérő-e.

### *Lakossági attitűdindex*

A lakosság attitűdjét, a klímaváltozáshoz mint társadalmi problémához való viszonyát egy direkt módon (2. kérdés 4. válaszlehetősége), valamint két, indirekt módon (3a és 3c kérdés) a hozzáállást firtató kérdés átlagolásával állítottuk elő. A mutatót minden egyes válaszadónál kiszámoltuk, majd ezeket átlagoltuk megyénként és 1–5-ös skálán jelentítettük meg. Ahol a válaszadó nem akart vagy nem tudott válaszolni, ott a skálázásnál meghagytuk a 0-t. Ez azt jelenti, hogy egyrészt előfordulnak 1 alatti átlagok is, mindemellett azt is jelzi, hogy az attitűd valakinél olyannyira elmozdulhat – megítélésünk szerint – negatív irányba, hogy vagy nem tud, vagy nem hajlandó válaszolni. Az összefüggés-vizsgálat szerint bizonyos megyéknél az országos átlagtól (3,35) való eltérés szignifikáns (8. ábra).

A 8. ábrából, illetve a megyék átlagindexéből az derül ki, hogy a környezetvédelemhez kapcsolódó legpozitívabb attitűddel a Pest és Békés megyékben élők rendelkeznek. Erős pozitív attitűdje van a Szabolcs-Szatmár-Bereg, Csongrád, Komárom-Esztergom és Vas megyékben élőknek, azaz ezekben a megyékben számíthat a környezetpolitika (és benne a klímapolitika) a legnagyobb együttműködésre. Az első vizsgálatok alapján nem találtunk olyan magyarázó változót, amely a megyei attitűdök erősségével függene össze.

8. ábra: Az attitűdindex megyei különbségei



#### *A klímaváltozás mérséklésében anyagi tehervállalási hajlandóság mutatója*

A klímaváltozás mérséklésében vállalt potenciális anyagi szerepvállalás indikátorát két változóból alakítottuk ki, először a válaszadókat nézve, majd a válaszadók értékeit megyénként átlagolva. A 10. kérdésben az Igen = 2, Valószínűleg igen = 1, Nemleges válaszok = 0 értékeit a 11. kérdésben szereplő, mértékre vonatkozó válaszokkal szoroztuk össze (ahol 1=1; 2=1,1; 3=1,25; 4=1,5; 5=2). A válaszokat a 0–100-as skálára transzformáltuk. A megyékre elvégzett statisztikai próba nem adott szignifikáns eltérést a megyék átlagai és az országos átlag között.

#### *A múltban megtett alkalmazkodási lépések*

A válaszadókat megkérdeztük arról is, hogy mely – a klímaváltozáshoz kapcsolódó – alkalmazkodási lépéseket tettek az elmúlt időszakban. Bár a kérdések egy része nemcsak klímaváltozási „oldalon”, hanem a mindennapi költségcsökkentés oldalán is megjelenik, ezekhez anyagi beruházás szükséges. A válaszokban nincs szignifikáns különbség az anyagi tehervállalást, illetve a „csak szándékot” igénylő lépések között az országos mintában.

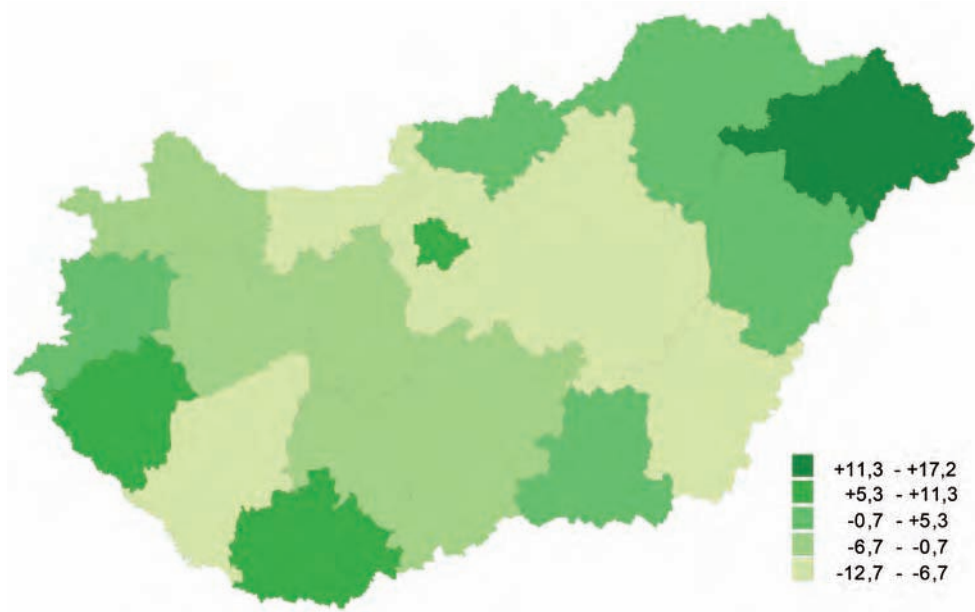
A válaszok (összesen legfeljebb 14) darabszámát 0–100-as skálára transzformáltuk válaszadói szinten, majd megyei szintű átlagokat képeztünk. Az index nem mutat kapcsolatot az egyes megyék egy főre jutó GDP-jével, ugyanakkor a válaszadókra végzett ANOVA-vizsgálat azt mutatja, hogy a szubjektív jövedelmi helyzet és a múltban megtett alkalmazkodási lépések között szignifikáns kapcsolat van, azaz minél jobb módú valaki, annál több adaptációs lépést tett meg. Vannak olyan megyék, ahol ez a kapcsolat szignifikáns (pl. Bács-Kiskun megye), és vannak olyanok, ahol ez a kapcsolat egyáltalán nem áll fenn (pl. Csongrád megye).

*Migrációs valószínűségi index – elvándorlás*

A kérdőíves válaszok alapján megállapítható, hogy melyek azok a megyék, ahonnan a legtöbben elköltöznének, ha a klímaváltozás hatásai a jövőben rosszabbodnának.

Az elköltözési hajlandóság mérésére a kérdőív 16. kérdésének 1–4-es skálájú válaszait kódoltuk át, majd a válaszadók elköltözési szándékának erősségét átlagoltuk megyénként, és ennek az országos átlagtól való eltérését ábrázoltuk (a statisztikai próba a megyei értékek szignifikáns eltérését jelzi az országos átlagtól). Felmérésünk szerint Szabolcs-Szatmár-Bereg, Zala és Baranya megyében, illetve Budapesten áll a válaszadók szándékában – az országos átlagnál nagyobb mértékben – a költözés egy olyan jövőbeni helyzetben, amikor a klímaváltozás hatásai felerősödnek (9. ábra).

9. ábra: Az elvándorlási mutató eltérése az országos átlagtól (%)

**Összegzés**

Az adatfelvétel eredményei szerint a klímaváltozással kapcsolatos problémakör viszonylag széles körben ismert, s a magyar társadalom jelentős része a jelenség súlyosbodásáért felelős okokkal és a kedvezőtlen hatásokkal is tisztában van. Annak ellenére, hogy a klímaváltozás a megkérdezettek szerint nem tartozik a legégetőbb társadalmi-gazdasági problémák közé, s a kihívásokkal szembeni fellépést sem elsődlegesen az egyének szintjén jelentkező feladatnak tartják, mind a jelenlegi és várható érintettség, mind a szerepvállalás kérdéskörét vizsgálva széles, a klímaváltozás iránt érzékeny tömeget találunk. A kedvezőtlen hatások elleni védekezés (többletköltségek vállalása, beruházások), illetve a környezet- és klímatudatos tevékenységek az eredmények szerint részben az attitúd, részben a társadalmi státusz

(illetve „klímasérülékenység”) szerint képzett csoportok közötti különbségekkel jellemezhető. A szkeptikusabb, azaz a klímaváltozás tényét elutasító vagy jelentéktelennek tekintő réteg értelemszerűen kisebb áldozatokat vállal. Az alacsonyabb státuszúak – alacsony végzettségűek, alacsony jövedelemmel rendelkezők – a többi társadalmi csoportnál szűkebb ismeretanyaggal rendelkeznek, s bár jobban ki vannak téve a kedvezőtlen hatásoknak és azokat erőteljesebben érzékelik, egyéni szerepvállalásuk (ismeretek és/vagy anyagi lehetőségek hiányában) alacsonyabb. Mindezek alapján úgy tűnik, hogy a klímaváltozás problémakörét közelebb kell hozni az egyénekhez, s az általános, „elidegenítő” megoldási javaslatok helyett a háztartási szinten megvalósítható apró lépések hangsúlyozására van szükség. Ebben jelentős szerepet kell vállalnia az oktatáspolitikának, különösen azért, mert a szűkebb ismerettel rendelkező réteg körében nagyszámú fiatalot találunk. A kézzelfogható eredménnyel (pl. költségmegtakarítás) is járó gyakorlati megoldások népszerűsítése enyhítheti a hatások által leginkább veszélyeztetett társadalmi csoportok jövőbeli sérülékenységét. Az ilyen jellegű programok sikere mellett is várható a migráció növekedése, ami a klímaváltozás okozta jelenségek (pl. szélsőséges időjárás, forróság) egyik következményeként prognosztizálható. A csaknem fele-fele arányban belföldre és külföldre irányuló vándorlás szintén az alacsonyabb státuszúak, s főként a fiatalok körében válhat jellemzővé, ami a demográfiai és munkaerő-piaci előrejelzések negatív jövőképét még tovább ronthatja.

### **Köszönetnyilvánítás**

A szerzők szeretnének köszönetet mondani Uzzoli Annamáriának, Kovács András Donátnak, Farkas Jenőnek és Czirfusz Mártonnak, akik a kérdőív kialakításában segédkeztek, valamint Busa Csillának, az S-Fact Kft. tudományos munkatársának, aki a kérdőív végső formába öntését segítette tanácsaival.

### **Irodalom**

- Ajzen, I. (1991): The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision*, 2., 179–211.
- Antal Z. L. (2015): *Klímaparadoxonok. Lehet-e harmónia természet és társadalom között?* L'Harmattan Kiadó, Budapest
- Arbuckle, J. G., Morton, L. W., Hobbs, J. (2013): Farmer beliefs and concerns about climate change and attitudes toward adaptation and mitigation: Evidence from Iowa. *Climatic Change*, 3., 551–563.
- Baillon, A. (2008): Eliciting Subjective Probabilities Through Exchangeable Events: An Advantage and a Limitation. *Decision Analysis*, 2., 76–87.
- Kulcsár L. (ed.) (2014): *Social and economic impact of climate change in rural Hungary: Analysis and monitoring*. University of West Hungary, Faculty of Economics, Sopron
- Menapace, L., Colson, G., Raffaelli, R. (2015): Climate change beliefs and perceptions of agricultural risks: An application of the exchangeability method. *Global Environmental Change*, 35., 70–81.

- Pappné Vancsó J. (2014): Éghajlatváltozás és emberi alkalmazkodás a középkori meleg időszakban – a sikeres alkalmazkodás attribútumai. *Földrajzi Közlemények*, 2., 107–121.
- Patt, A. G., Schröter, D. (2008): Perceptions of climate risk in Mozambique: Implications for the success of adaption strategies. *Global Environmental Change*, 3., 458–467.
- Szirmai V. (1999): *A környezeti érdekek Magyarországon*. Pallas Stúdió, Budapest
- Szirmai V. (2009): *Az éghajlatváltozás lehetséges térbeli társadalmi hatásai, a magyar társadalom klímatudatossága, sérülékenysége, alkalmazkodása*. [http://www.nfft.hu/dynamic/Az\\_eghajlatvaltozas\\_tarsadalmi\\_hatasai\\_klimatudatosság.pdf](http://www.nfft.hu/dynamic/Az_eghajlatvaltozas_tarsadalmi_hatasai_klimatudatosság.pdf) (Letöltés: 2015. november 24.)
- Vári A., Ferencz Z. (2011): Az árvízi sebezhetőség társadalmi indikátorai: esettanulmányok két Felső-Tisza-vidéki területen. In: Tamás P., Bulla M. (szerk.): *Sebezhetőség és adaptáció. A reziliencia esélyei*. MTA Szociológiai Kutatóintézet, Budapest, 355–374.

### **Internetes források**

<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201509> (Letöltés: 2015. november 29.)

## Melléklet – A kérdőív

Jó napot kívánok! XY vagyok, a (kérdező cég) munkatársa. Az Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Intézete megbízásából kérdőíves felmérést végzünk a klímaváltozással és annak hatásaival kapcsolatban. A kérdőív kitöltése névtelen és legfeljebb 15 percet vesz igénybe. Válaszolna a kérdéseimre?

### 1. Hallott már Ön valaha a klímaváltozásról?

1. Igen, és pontosan tudja, hogy mit jelent.
  2. Hallott már róla és nagyjából tudja, hogy mit jelent
  3. Hallott már a klímaváltozásról, de pontosan nem tudja, hogy mit jelent → **Kérdező olvassa fel az alábbi ismertetőt**
  4. Nem → **Kérdező olvassa fel az alábbi ismertetőt**
0. NT/9. NV

*Ismertető (Csak 3. és 4. válasz esetén): A klímaváltozás – amelyet gyakran éghajlatváltozásnak vagy globális felmelegedésnek is mondanak a köznyelvben – a Föld átlaghőmérsékletének hosszabb távú felmelegedése. Olyan szélsőséges időjárási jelenségeket okoz, mint például a hőségnapok számának növekedése, aszály, hirtelen viharok és áradások, a tél enyhébbé válása. A klímaváltozást az emberi tevékenység növekvő szén-dioxid kibocsátása idézi elő.*

### 2. Mennyire tartja Ön aktuálisnak a következő problémákat Magyarországon? Értékeljen az iskolai osztályzáshoz hasonlóan, 1-től 5-ig. Az 5-ös jelentse, hogy nagyon aktuálisnak tartja, az 1-es pedig hogy egyáltalán nem tartja aktuálisnak az adott problémát. Természetesen a közbülső osztályzatokat is használhatja! Tehát mennyire aktuális probléma:

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1. az elszegényedés                                   | 1...2...3...4...5...0- NT/ 9- NV |
| 2. a munkanélküliség                                  | 1...2...3...4...5...0- NT/ 9- NV |
| 3. a közbiztonság                                     | 1...2...3...4...5...0- NT/ 9- NV |
| 4. a klímaváltozás, hazánk éghajlatának felmelegedése | 1...2...3...4...5...0- NT/9- NV  |
| 5. a környezetszennyező életmód                       | 1...2...3...4...5...0- NT/ 9- NV |
| 6. a pazarló fogyasztás                               | 1...2...3...4...5...0- NT/ 9- NV |
| 7. az árak emelkedése                                 | 1...2...3...4...5...0- NT/ 9- NV |
| 8. az egészségügy helyzete                            | 1...2...3...4...5...0- NT/ 9- NV |
| 9. az oktatásügy helyzete                             | 1...2...3...4...5...0- NT/ 9- NV |

**3. Mennyire ért egyet, vagy nem ért egyet a következő állításokkal? Értékeljen az iskolai osztályzatoknak megfelelően 1-től 5-ig. Az 1-es jelentse, hogy egyáltalán nem ért egyet; a 2-es, hogy inkább nem ért egyet; a 3-as, hogy egyet is ért meg nem is; 4-es, hogy inkább egyetért; az 5-ös pedig, hogy teljes mértékben egyetért.**

Állítások	egyáltalán nem ért egyet	inkább nem ért egyet	egyet is ért meg nem is	inkább egyetért	teljes mértékben egyetért	NT/NV
a.) Manapság túl sokat aggódunk a környezetért és nem eleget a munkáért és az árak alakulásáért	1	2	3	4	5	0 9
b.) Majdnem minden, amint a modern életben csinálunk, árt a környezetnek.	1	2	3	4	5	0 9
c.) Az emberek túl sokat aggódnak amiatt, hogy az emberi tevékenység károsítja a környezetet.	1	2	3	4	5	0 9
d.) Annak érdekében, hogy Magyarország védeni tudja a környezetet, gazdasági növekedés szükséges.	1	2	3	4	5	0 9
e.) A gazdasági növekedés mindig károsítja a környezetet.	1	2	3	4	5	0 9

**4. Soroljon fel maximum 3 olyan okot, amely a klímaváltozást okozza. (Kérdező, írja le az említés sorrendjében.)**

1. ....
  2. ....
  3. ....
0. NT/9. NV

**5. Soroljon fel maximum 3 olyan hatást, amelyet a klímaváltozás okoz. (Kérdező, írja le az említés sorrendjében.)**

1. ....
  2. ....
  3. ....
0. NT/9. NV

**6. Személyes tapasztalata alapján változott-e az időjárás Magyarországon az Ön gyermekora óta? Az időjárásban...**

1. semmiféle változás nem történt
2. kismértékű változás történt
3. közepes mértékű változás történt
4. nagymértékű változás történt.
0. NT/9. NV

**7. Kérjük, értékelje, hogy az alábbi, klímaváltozás okozta hatások mennyire vannak negatív hatással az Ön mindennapi életére?**

Hatás	Semmiféle változás nem történt	Kismértékű változás történt	Közepes mértékű változás történt	Nagymértékű változás történt.	NT / NV
a.) az egyre gyakoribb hőhullámok hatására az Ön életében	1	2	3	4	0 9
b.) az aszály, szárazság	1	2	3	4	0 9
c.) a nagy árvizek, áradások	1	2	3	4	0 9
d.) a jégesővel társuló nagy viharok, extrém zivatarok	1	2	3	4	0 9
e.) erdőtüzek, puszta tüzek, avartüzek (vegetációtűz)	1	2	3	4	0 9
f.) megváltozott (enyhébb) téli időjárás	1	2	3	4	0 9
h.) hirtelen jövő/kialakuló, villám árvizek	1	2	3	4	0 9
i.) tiszta ivóvízhez való hozzáférés/tiszta ivóvíz hiánya/ivóvízhiány	1	2	3	4	0 9

j.) Eszébe jut-e még olyan dolog az eddig nem említett klímaváltozási hatások közül, amely negatívan befolyásolja az Ön életét? (Max hármat írjon fel a kérdező, ha említ ilyet.)



**8. Ön szerint milyen mértékben feladata a kormánynak az éghajlatváltozás, globális felmelegedés lehetséges hatásainak kezelése? Osztályozzon 1-től 5-ig. Az 5-ös jelentse azt, hogy teljes mértékben feladata, az 1-es pedig, hogy egyáltalán nem feladata! Természetesen a közbülső osztályzatokat is használhatja**

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| a) A kormánynak  | 1...2...3...4...5...0 NT/9 NV |
| b) És milyen mértékben feladata az éghajlatváltozás, globális felmelegedés lehetséges hatásainak kezelése a vállalatoknak, cégeknek? | 1...2...3...4...5...0 NT/9 NV |
| c) a politikusoknak?   | 1...2...3...4...5...0NT/9NV   |
| d) a kutatóknak, tudósoknak?   | 1...2...3...4...5...0NT/9NV   |
| e) minden embernek egyénileg?  | 1...2...3...4...5...0NT/9NV   |
| f) a lakóközösségeknek?  | 1...2...3...4...5...0NT/9NV   |
| g) a civil társadalmi szervezeteknek?  | 1...2...3...4...5...0NT/9NV   |
| h) a helyi önkormányzatoknak?  | 1...2...3...4...5...0NT/9NV   |

**9. Melyek azok a legfontosabb dolgok, amelyet Ön szerint meg kell tennie az államnak, hogy lassítsuk a klímaváltozást? Sorolja fel a 3 legfontosabbat.**

*(Kérdező, írja le az említés sorrendjében.)*

1. ....
  2. ....
  3. ....
0. NT/9. NV

**10. Fizetne-e többet termékekért és szolgáltatásokért, ha tudná, hogy a magasabb árak a klímaváltozás mérséklését, csökkentését szolgálják?**

1. Igen, biztosan
  2. Valószínűleg igen
  3. Valószínűleg nem
  4. Biztosan nem, mert ez nem az Ön feladata
  5. Biztosan nem, mert nincs rá pénze
0. NT/ 9. NV

**11. Mennyivel lenne hajlandó többet fizetni az elektromos energiáért (árámért), ha tudná, hogy az megújuló energiaforrásból származik?**

1. Nem fizetne érte többet
2. Max. 10%-kal lenne hajlandó többet érte fizetni
3. Max. 25%-kal lenne hajlandó többet érte fizetni
4. Max. 50%-kal lenne hajlandó többet érte fizetni
5. Akár a dupláját is kifizetné
0. NT/ 9. NV

**12. A következőkben felsoroltak közül tett-e valamit az elmúlt néhány évben környezetvédelmi megfontolásból? (Több válasz is lehetséges!)**

- a. Háztartásában a hulladék nagy részét szelektíven gyűjtötte
- b. Csökkentette az energiafogyasztását új, energiatakarékos izzók segítségével
- c. Csökkentette az energiafogyasztását azzal, hogy rendszeresen kézzel is kikapcsolja TV-jét, kikapcsolja számítógépe monitorát (azaz, nem csak a stand-by üzemmódot használja)
- d. Csökkentette a vízfogyasztását
- e. Csökkentette az olyan termékek vásárlását, amelyeknek sok csomagolóanyag-hulladékuk van
- f. Csökkentette személygépkocsi-használatát/Kerékpárral, közösségi közlekedési eszközzel (busszal/vonattal), telekocsival utazott
- g. Lecserélte régi háztartási berendezését új, energiatakarékosabb berendezésre
- h. Szigeteltette lakását, házát
- i. Kicseréltette a nyílászárókat
- j. Napelemet, vagy napkollektort szereltetett a házra
- k. Elektromos autót vásárolt
- l. Redőnyöket szereltetett fel
- m. Esővízgyűjtőt építtetett (ha még nem volt) locsolás céljából
- n. Öntözőrendszert építtetett a kertbe, telekre, birtokra
- o. Egyiket sem
- p. NT/NV

**13. Mit gondol, az éghajlatváltozás, a globális felmelegedés hatására lesznek-e változások az Önök életvitelében, illetve életkörülményeiben az elkövetkezendő 20 évben?**

1. Semmiféle változás nem fog történni
2. Kisebb mértékű változás fog történni
3. Közepes mértékű változás fog történni
4. Nagyobb mértékű, jelentősebb változás fog történni
0. NT/9. NV

**14. Kellett-e már költöznie, lakóhelyet váltania a klímaváltozási hatásai miatt?**

1. Igen
2. Nem → ugrás 16. kérdés
0. NT/ 9. NV

**15. A következők közül milyen ok miatt?**

1. az árvizek gyakran elérték a házát
2. a gyakori viharok miatt lakhatatlanná vált a háza
3. nyáron nagyon felmelegedett a háza/lakása
4. egy aszályos napon az avartűz/erdőtűz/pusztatűz miatt leégett a lakása/háza
5. nem volt tiszta ivóvíz/aszály miatt kiszáradt a kútja
6. egy hegyről lezúduló villámárvíz miatt lakhatatlanná vált a háza
7. egyéb, éspedig: .....
0. NT/99.NV

**16. Ha a klímaváltozás előbb említett hatásai erősödni fognak, mennyire valószínű, hogy elköltözik egy másik, biztonságosabb helyre, amelyet kevésbé érint a klímaváltozás hatása 5 vagy 10 év múlva?**

1. Biztosan el fog költözni
2. Nagy valószínűséggel el fog költözni
3. Előfordulhat, hogy elköltözik
4. Valószínűleg nem fog elköltözni → ugrás DEMOGRÁFIA
5. Biztosan nem fog elköltözni → ugrás DEMOGRÁFIA
0. NT/9. NV → ugrás DEMOGRÁFIA

**17. Hova költözne?**

1. Magyarországon belül egy biztonságosabb helyre
  2. Külföldre → UGRÁS 19.
0. NT/9. NV → ugrás DEMOGRÁFIA

**18. Pontosabban hova? Kérem, említsen egy települést, vagy megyét, vagy tájegységet.**

- A. település: .....
- B. megye: .....
- C. tájegység: .....
0. NT/99.NV

Válasz után ugrás DEMOGRÁFIÁRA

**19. Melyik országba? .....**

0.NT/99.NV

*DEMOGRÁFIA*

**D1. A válaszadó neme:**

- 1 – férfi
- 2 – nő

**D2. Melyik évben született? .....**

**D3. Mi az Ön legmagasabb iskolai végzettsége?**

- 1 — kevesebb, mint 8 osztály
- 2 — 8 általános (4 polgári, stb.)
- 3 — szakmunkásképző, szakiskola
- 4 — befejezett gimnázium, szakközépiskola
- 5 — befejezett főiskola vagy felsőfokú technikum
- 6 — befejezett egyetem
- 7 — egyéb, éspedig: .....

0.NT/99.NV

**D4. Hogyan jellemezné háztartása anyagi helyzetét?**

- 5 – sokkal jobb, mint az átlag
- 4 – jobb, mint az átlag
- 3 – átlagos
- 2 – rosszabb, mint az átlag
- 1 – sokkal rosszabb, mint az átlag
- 0.NT/99.NV

**D5. Ön jelenleg:**

- 1 – alkalmazott
- 2 – vállalkozó
- 3 – alkalmi munkát, megbízásokat vállal → ugrás D7. kérdés
- 4 – közmunkás → ugrás D7. kérdés
- 5 – munkanélküli → ugrás D7. kérdés
- 6 – nyugdíjas (öregségi, rokkant, özvegyi) → ugrás D7. kérdés
- 7 – szülési szabadságon, gyeden, gyesen, gyeten van → ugrás D7. kérdés
- 8 – tanuló → ugrás D7. kérdés
- 9 – egyéb (pl. eltartott) → ugrás D7. kérdés
- 0 – NT/ NV

**D6. Milyen beosztásban dolgozik Ön?**

ÖNÁLLÓK, VÁLLALKOZÓK (tulajdonos vagy résztulajdonos)

- 1 – gazdálkodó, őstermelő (mezőgazdaságban)
- 2 – fizikai munkát is végző kisvállalkozó (iparos, kereskedő)
- 3 – szellemi szabadfoglalkozású
- 4 – egyéb

ALKALMAZOTTAK (nem a saját vállalkozásában dolgozik)

VEZETŐ:

- 5 – felsővezető (osztályvezető felett)
- 6 – középszintű vezető (osztályvezető)
- 7 – alsó vezető (osztályvezető alatt)
- 8 – közvetlen termelésirányító („kék galléros”, fizikai beosztottakkal, pl. művezető)

SZELLEMI:

- 9 – diplomához kötött
- 10 – egyéb szellemi (diploma nélkül)

**FIZIKAI:**

- 11 — szakmunkás (nem mezőgazdasági)
- 12 — betanított munkás (nem mezőgazdasági)
- 13 — segédmunkás (nem mezőgazdasági)
- 14 — mezőgazdasági fizikai

0.NT/99.NV

**D7. Lakótelepülés neve:** .....

**D8. A lakás/ház jellege, ahol a kérdezett lakik:**

- 1 – régi családi ház
- 2 – új családi ház
- 3 – nem panelből épült lakás
- 4 – szigetelt lakótelepi lakás
- 5 – nem szigetelt lakótelepi lakás
- 6 – régi sorház, társasház (kertes)
- 7 – új sorház, lakópark, társasház
- 8 – egyéb
- 0 – NT/NV

*Köszönjük segítségét!*

# FOGALOMTÁR





## **Agglomeráció**

Egy vagy több nagyvárosból és a környezetükben elhelyezkedő településekből álló várostömörülés, amelyet funkcionális összefonódás, kölcsönös egymásrataltság jellemez (Kovács 2001). (Tehát a köznapi szóhasználattal ellentétben az agglomerációk a központi települést is magukban foglalják.)

## **Alkalmazkodási képesség**

A kitettséggel szembeni válasz; mennyire képes az adott ország, gazdasági ágazat, társadalmi csoport kivédeni a káros hatásokat. Az alkalmazkodási képességet meghatározza a gazdasági helyzet, a technológiai fejlettség, az információ, az infrastruktúra, a társadalom tudásszintje és képességei, a helyi és regionális szintű társadalmi és intézményi berendezkedés, és a tágabb értelemben vett társadalmi-gazdasági és politikai folyamatok (Pittman 2011).

## **Átalakulási potenciál**

A földhasználati modellezésben használt Land Change Modeller szoftver modellezési folyamatának alapját képezi, számszerűsíti annak valószínűségét, hogy az adott területen az adott földhasználati kategóriát más földhasználati kategória váltja fel.

## **Business-as-usual forgatókönyv**

A modellezésben a jelenlegi trendeket extrapolálja, vagyis csak elégtelen klímapolitikai beavatkozásokat feltételez. Ezt szembeállítják egy vagy több, aktív klímapolitikai beavatkozásokat leíró forgatókönyvekkel, és ezek összevetésével becslik meg a beavatkozások hatásait.

## **CGE-modellek**

Számítható, általános egyensúlyi modellek, a walrasi általános egyensúlyelmélet empirikus alkalmazásai gazdaságpolitikai hatáselemzésekre. A modellek a hatásoknak az egyes piacokon végigfutó láncolatait figyelembe véve vezetnek le a beavatkozások várható eredményeit. Az általános egyensúlyelmélet kritériumai (a kereslet-kínálat megegyezése az output- és az inputpiacokon, az árak megfelelése az inputköltségek összegének, valamint a tényezőjövedelmek és a végső felhasználás értékének makroszintű megegyezése) mellett a modellek szimultán számolják ki a termékek és a termelési tényezők piacain az egyensúlyi mennyiségeket és árakat (Járosi et al. 2009).

## **Corine Land Cover (CLC)**

A Corine egy mozaikszó, melynek feloldása „Coordination of information on the environment”, és az Európai Unió környezeti monitoringrendszerének részét képezi. A CORINE programot az Európai Unió indította 1985-ben az akkori tagállamokban. Célja környezeti információk gyűjtése az unió különböző ágazati politikáinak alátámasztásához. A volt szocialista országokban a társulási szerződések megkötése után

kezdődött meg az adatok gyűjtése. E rendszer egyik eleme a felszínborítás-adatbázis, amelyben egységes módszertan szerint gyűjtik az adatokat. Jelenleg 1990-re, 2000-re, 2006-ra és 2012-re érhető el. A CLC adatbázis alapvetően két különböző tematikájú adatállományt tartalmaz: az adott időpont felszínborítására vonatkozót, valamint a felmérések közötti változásokat rögzítőt.

### **Dekarbonizáció (mitigáció)**

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére, és így az éghajlatváltozás kockázatainak csökkentésére irányuló törekvések. A mitigációs tevékenység első sorban kormányzati és végrehajtói szinten jelent megoldandó feladatokat, intézkedéseket (Hufnagel et al. 2010).

### **Depriváció**

A latin „privatio” fogalomra, azaz valami rossztól való megszabadulásra vezethető vissza. Napjainkra a jelentése megváltozott, a szociológiában, szociálpolitikában valamilyen pozitív dolog hiányára, valamitől való megfosztottságra használják a fogalmat. A depriváció azt jelenti, hogy az érintett személy, csoport nem rendelkezik olyan a pénzügyi, humán, kulturális, anyagi tőkével, amely a társadalom által elvárt minimumszint elérését biztosítaná. A fogalom szorosan kötődik a jövedelmi szegénységhez, de annál tágabb jelentésű.

### **DSGE-modellek**

Dinamikus, sztochasztikus, általános egyensúlyi modellek. Dinamikusak, mert azt feltételezik, hogy a gazdasági szereplők a döntéseiket előretekintő módon hozzák meg – vagyis például nemcsak jelenlegi, hanem várható jövőbeli jövedelmüket is figyelembe veszik, amikor a jelenlegi fogyasztásról döntenek. Sztochasztikusak, mert számításba veszik a bizonytalanságot is. A modellekbe beépülnek véletlen, átmeneti sokkhatások, amelyek a gazdaság ingadozásait okozzák. Az általános egyensúlyi jelleg arra utal, hogy a modellek a gazdaság egészét és nem csak az egyes szereplők viselkedését vizsgálják. Ezért azokat az árakat, béreket és kamatokat keresik, ahol a teljes gazdaság egyensúlyban van, azaz ahol a kereslet és a kínálat minden piacon megegyezik, és senki sem akarja megváltoztatni a döntéseit (Karádi 2009).

### **EEE-modellek**

A klímaváltozást is integráló gazdasági modellek (más néven E3-modellek, klímagazdaság modellek, környezet-gazdaság modellek vagy energia-környezet-gazdaság modellek). Ezekben megjelenik az energiakereslet és -kínálat, az energia ára, a szennyezőanyagok kibocsátása stb. Két típusukat különböztetik meg, az egyik a felülről építkező (top-down) modellek, amelyek a makrogazdasági visszacsatolásokat egy általános egyensúlyi keretben jelenítik meg, ugyanakkor az energiaszektor aggregált leírása nem realiztikus. Az alulról építkező (bottom-up) modellek részletesen leír-

ják az energiaszektor technológiájának alakulását a keresleti és a kínálati oldalon, de nincs bennük megfelelően kidolgozva a mikroszintű szereplők döntéshozatali mechanizmusa a megfelelő technológia kiválasztása tekintetében.

### **Éghajlati/időjárás szélőségek**

Valamely időjárás vagy éghajlati változó olyan értékének az előfordulása, amely a változó megfigyelt értékei eloszlásának felső (vagy alsó) végéhez közeli küszöbérték felett (vagy alatt) van. Az egyszerűség kedvéért mind az időjárás, mind az éghajlati szélsőségek események együttes megnevezése: „éghajlati szélsőségek” (IPCC 2012; SEERISK 2014). Gyakoriságuk és intenzitásuk változása a klímaváltozásból ered (Pálvölgyi 2010). Számszerűsítésük hőmérsékleti és csapadékindexekkel (extrémumokkal) történik:

#### *Hőmérsékleti indexek*

nyári nap: napi maximum-hőmérséklet 25 °C felett,

hőségnap: napi maximum-hőmérséklet 30 °C felett,

forró nap: napi maximum-hőmérséklet 35 °C felett,

fagyos nap: napi minimum-hőmérséklet 0 °C alatt,

téli nap: napi maximum-hőmérséklet 0 °C alatt,

zord nap: napi minimum-hőmérséklet -10 °C alatt (Piecicka et al. 2010).

#### *Csapadékindexek*

nagy csapadékú nap: a napi csapadék mennyisége a 10 mm-t meghaladja,

extrém csapadékú nap: a napi csapadék mennyisége a 20 mm-t meghaladja,

száraz nap: a napi csapadék mennyisége az 1 mm-t nem éri el (Piecicka et al. 2010).

### **Éghajlatváltozás**

Az éghajlat állapotában bekövetkező változás, amely az éghajlat tulajdonságainak átlagában és/vagy változékonyságában végbement változással fejezhető ki (pl. statisztikai tesztek segítségével), és amely huzamosabb ideig, jellemzően évtizedekig vagy még hosszabb ideig tart. Az éghajlatváltozás lehet természetes belső folyamatok vagy külső hatóerők eredménye, illetve a légkör összetételére vagy a földhasználatra ható, hosszan tartó antropogén eredetű változásoké (IPCC 2012; SEERISK 2014).

### **Eltartottsági ráta**

A gyermek- (0–14 éves) és időskorú (65 és több éves) népesség összesített számának az aktív korú (15–64 éves) népesség százalékában kifejezett aránya (<http://www.ksh.hu/apps/meta.main>).

### **Érzékenység**

Adott hatásviselő rendszer/térség éghajlatfüggő tulajdonsága, amely a klímaváltozással szembeni toleranciaszintet mutatja (Pálvölgyi 2010).

### **Faktormodell**

A faktoranalízis egy többváltozós statisztikai elemzési módszer, a változók korrelációs kapcsolatait modellezi kevés számú faktor (tényező) függvényében. A faktor valamely posztulált, de közvetlenül nem mérhető, látens tulajdonság változója, melynek hatása azonban mérhető változókban jelentkezik. A faktormodell megmutatja, hogy a változók a faktoroknak milyen lineáris kombinációjával állíthatók elő. A faktorok valamennyi mérési változó alakulását befolyásolják, de nem egyforma súllyal (a faktorsúlyokat loadingsnak nevezik). A faktormodell szerint a változók alakulása két alapvető hatás eredője: az egyik a közös faktorok lineáris kombinációjában foglalt közös rész, a másik pedig a maradék, egyedi rész (Hajdu 2003).

### **Felszínborítás – Földhasználat**

A felszínborítás alatt a földfelszín megfigyelhető biofizikai tulajdonságait értjük, míg a földhasználat alatt egy adott felszínborítás-típuson végrehajtott emberi tevékenységeket, a területtel kapcsolatos döntéseket is figyelembe veszi. A két fogalom nem különül el élesen (a földhasználati modellezésünk kiindulópontjával szolgáló Corine Land Cover adatbázis kategóriái is figyelembe vesznek földhasználati szempontokat). Jelen földhasználat-változás vizsgálatunkban, mivel Magyarország esetében a felszínborítás változás elsősorban a föld használatával kapcsolatos tudatos emberi döntések következménye, a két fogalom szinonimaként történő használata megengedhető egyszerűsítés (<http://www.fao.org/docrep/003/x0596e/x0596e01e.htm>).

### **Földjárdék**

A föld bérleti díja. Thünen Elszigetelt állama (1966) óta megkerülhetetlen eleme a földhasználattal és annak változásával kapcsolatos vizsgálatoknak. A földjárdékot középpontba állító modellek szerint egy adott területen az a földhasználati forma fog érvényre jutni, amelyikkel maximalizálható a földterület használatából származó jövedelem.

### **Gépi tanulási módszerek**

A földhasználat-változás modellezéséhez gyakran használt módszerek sajátossága, hogy a bemeneti felszínborítási állapotok változása és a társított magyarázó változók között valamilyen matematikai összefüggést próbálnak felállítani, majd ezek alapján a meghatározott konverziók mindegyikére változásipotenciál-térképeket generálnak. Az összefüggések feltárása, a magyarázó változók keresése valamilyen gépi tanuló algoritmus felhasználásával történik, mint például a mesterséges neu-

rális hálózatok alkalmazása (MLP), vagy SimWeight. A módszerek hátránya, hogy a kutató számára igen gyakran fekete dobozként működnek.

### **Halálozási ráta**

Adott év halálozásainak a népességszámra vetített aránya, általában ezer főre megadva. Korcsoportok szerinti halálozási ráták esetében a megfelelő korú népesség száma jelenti az alapot (<http://www.demografia.hu/hu/tudastar/fogalomtar>).

### **Halandósági tábla**

A halandósági tábla korévenként vagy korcsoportos bontásban és jellemzően nemek szerint elkülönülten tartalmazza a népesség halálozási jellemzőinek indikátorait. A korszpecifikus halálozási rátákból kiinduló, egymásra épülő indikátorrendszer segítségével végigkövethető egy hipotetikus népesség „kihalásának” forgatókönyve. A halandósági táblát a várható átlagos élettartam-értékek kiszámításához szokták megszerkeszteni, de a túlélési valószínűség arányszáma is ebből vezethető le (<http://www.demografia.hu/hu/tudastar/fogalomtar>, <http://www.ksh.hu/apps/meta.main>).

### **Hóhullám**

Olyan időszakok, amikor a hőmérséklet abnormálisan és kellemetlenül magas, valamint szokatlanul magas a páratartalom. Egy hóhullám általában két vagy több napig tart (NOAA 20123). Magyarországon – a hóhullámok idején kiadott – másod-, illetve harmadfokú hőségriadó kritériuma a 25 °C-ot, illetve a 27 °C-ot elérő napi középhőmérséklet tartós, legalább 3 egymást követő napon történő fennállása (<http://met.hu>).

### **Integrált értékelő modell**

A klímaváltozás tudományos és társadalmi-gazdasági aspektusait kombináló modell, melynek elsődleges célja a klímaváltozáshoz kapcsolódó szakpolitikai lehetőségek értékelése (Kelly, Kolstad 1998). Ha tágabban értelmezzük, akkor minden olyan modell ebbe a kategóriába tartozik, ami többféle tudományág ismereteit integrálja (Weyant et al. 1996).

### **Kappa hasonlósági index**

A Kappa Location (KLoc) érték a felszínborítási kategóriák térbeli elhelyezkedésének egyezését vizsgálja pixelszinten, míg a Kappa Histogram (KHisto) azok mennyiségi megjelenését. A két tényező szorzata adja meg a Kappa hasonlósági értékét. A Kappa értéke önmagában nem szolgáltat elegendő információt a modell értékeléséhez, tekintve, hogy egyes esetekben egy 0,7-es érték nagyon jónak, míg más esetekben közepes eredménynek számít (Hagen 2002).

### **Katasztrófakockázat**

A klímaváltozásból eredő természeti és egyéb veszélyhelyzetek kockázata (SEERISK 2014).

### **Kitettség**

Azok a hatások, amelyekkel szemben nincs védettsége az egyes területeknek/ágazatoknak, tehát az érintettséget jelenti (pl. vízkészletek mennyiségével, időjárási tényezőkkel, gazdasági-társadalmi kerettel szemben) (Pittman 2011).

### **Klíma modellek**

A globális éghajlati rendszer (léggör, óceán, szárazföld, krioszféra, bióta) jövőbeli viselkedésének előrejelzésére szolgáló számítógépes számítások.

### **Klímaváltozás gazdaságtana**

A klímaváltozás gazdasági hátterének feltárásával és annak káros hatásainak a csökkentését célul tűző szakmapolitikák pozitív és normatív értékelésével foglalkozó tudományág. A tudományterület egyediségét a klímaváltozás speciális jellemzői adják: a hosszú távú szemlélet, a bizonytalanság nagy mértéke, a probléma nemzetközi jellege és a politikai beavatkozások előnyeinek és költségeinek térben és időben egyenlőtlen eloszlása (Goulder, Pizer 2006).

### **Kohorszkomponens-módszer**

Az alkotóelem-módszer néven is ismert eljárás a népességet alkotó alapvető csoportok (kor-, nem szerinti beosztás) létszámát a népességváltozás tényezőivel (termékenység, halandóság és vándorlás) módosítva vezeti tovább a népesség számát. Az előreszámításhoz szükséges megadni a népességváltozási tényezőkre vonatkozó hipotéziseket, amelyek kombinációiból különböző demográfiai forgatókönyvek alakíthatók ki. A legvalószínűbbnek tartott (közepes) előreszámítási változat mellett szokás egy alacsony és egy magas változatot is megadni (<http://www.demografia.hu/hu/tudastar/fogalomtar>).

### **Korspecifikus (korcsoportos) termékenységi arányszám**

Az anya életkorával azonos életkorba vagy korcsoportba tartozó nőkre jutó élveszületések száma. Az arányszám értékét általában ezer főre szokták megadni (<http://www.demografia.hu/hu/tudastar/fogalomtar>).

### **Kritikus infrastruktúrák**

Azon eszközök, rendszerek vagy ezek részei, amelyek elengedhetetlenek a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához, az egészségügyhöz, a biztonsághoz, az emberek gazdasági és szociális jólétéhez, valamint amelyek megzavarása vagy

megsemmisítése e feladatok folyamatos ellátásának hiánya miatt jelentős következményekkel járna (EC 2008).

### **Lucas-kritika**

Azt az alapelvet mondja ki, hogy egy modell által leírt oksági sémának stabilnak kell maradnia akkor is, ha a mögöttes okok – nevezetesen a gazdaságpolitikai környezet – megváltoznak (Király 1998).

### **Markov-lánc**

Markov tulajdonságúnak lenni annyit jelent, hogy adott jelenbeli állapot mellett a rendszer jövőbeni állapota nem függ a múltbeliektől. A Markov-lánc felhasználása a földhasználat-váltás modellezéséhez azt jelenti, hogy a földhasználat mintázatának egymást követő állapotváltozásait a modell egyedi eseményként kezeli, amelyeket csak az adott állapot átalakulási potenciáljai befolyásolnak, a múltbeli események direkt módon nem. (A múltbeli események természetesen az átalakulási potenciáltérképbe beépíthetők).

### **Mesterséges neurális hálózatok**

A mesterséges neurális hálózatok az adatbányászati eljárások egyik nagy osztályát alkotják. Közös jellemzőjük, hogy az elsőként Cajal által 1909-ben a gerincesek tanulmányozása során leírt neuronfelépítést és idegrendszert imitálják. W. S. McCulloch és W. Pitts 1943-ban készítette el a neuron matematikai modelljét, amely a Threshold Logic Unit (TLU) nevet kapta. A TLU-ban minden egyes bemenethez rendelhető egy súly, majd a súlyozott bemenetek összege a neuron átviteli függvényén keresztül adja a kimenetet. Az így felépített mesterséges neuronok összekötéséből kapjuk a mesterséges neurális hálózatokat. Széles körű alkalmazásuk akkor kezdődött, amikor az 1980-as évek elején leírták a tanításukra alkalmas ún. hibavisszaterjesztéses algoritmust (back propagation algorithm, 1986-ban publikálta D. E. Rumelhart, G. E. Hinton és R. J. Williams). Ezzel lehetővé vált a természetes rendszerek analógiájára mesterséges neurális hálózatok létrehozása információfeldolgozás céljára.

### **MLP pontosság**

A földhasználati modellhez tartozó tanulómintát két részre osztja az Land Change Modeller szoftver: tanuló és tesztadatbázisra. Minden tanulási iteráció befejezése után ez utóbbi tartalmát az MLP besorolja változatlan vagy változó osztályokba, és megadja a találati pontosságot %-ban kifejezve.

### **Modellbecslés**

A makromodellek paramétereinek meghatározására alkalmazott módszer, melynek során a modellt megfelelő kritériumok – pl. likelihood függvény, bayesi becslés –

alapján a múltbeli adatokra illesztik. Az eljárás minimalizálja a modell előrejelzései és a valós adatok közötti különbséget (Szilágyi et al. 2013).

### **Modellkalibrálás**

A makromodellek paramétereinek meghatározására alkalmazott eljárás, amiben a paramétereket oly módon választják meg, hogy azok tükrözzék a gazdaság stilizált tényeit és a makrováltozók közötti dinamikus kapcsolatokat, illetve ezen túl szimulációk eredményeit is felhasználják. A kalibrálási módszer részesítendő előnyben akkor, ha megfelelő szakértői tudás áll rendelkezésre a gazdaság valamely strukturális paraméterének értékéről (pl. hosszú távú arányokról), vagy ha a felhasználható adatok hiányosak. A szakértői tudást empirikus információk is helyettesíthetik (Szilágyi et al. 2013).

### **Morbiditás (megbetegedés)**

Az egyes betegségeknek egy adott populációban megfigyelhető gyakorisága. A betegség gyakoriságát két, alapvetően különböző adattal lehet jellemezni. Az egyik adat az adott betegségben szenvedők aránya egy meghatározott időpontban. Ezt prevalenciának nevezzük. A másik adat egy meghatározott időszakban észlelt új esetek számát adja meg. Ezt nevezzük incidenciának (<http://fogalomtar.eski.hu/index.php/>).

### **Mortalitás (halálozás)**

A KSH definíciója szerint, mely az ENSZ ajánlásának megfelelően készült, a halálozás a halál mint esemény számbavételén alapuló mutató. E definíció vonatkozásában halálnak tekintjük az élet minden jelének végleges elmúlását az elveszületés megtörténte után bármikor, azaz az életműködésnek a születés utáni megszűnése, a feléledés képessége nélkül – leegyszerűsítve: az életjelenségek irreverzibilis megszűnése. A magzati halálozás ilyen módon nem része a halálozási statisztikáknak, hanem külön statisztikai adat. Gyakorlati értelemben a fenti definíciótól függetlenül halálozási esemény az, amiről egy adott ország eljárásrendjében a halálozás tényét deklaráló okmányt állítanak ki (halotti bizonyítvány, halálozási jegyzőkönyv) (<http://fogalomtar.eski.hu/index.php/>).

### **Ökonometriai modellek**

A gazdaság jelenségeit az ökonometria eszközével leíró modellek. Az ökonometria a gazdasági folyamatok mennyiségi vonatkozásainak elemzésével azok múltbeli alakulását vizsgálja, illetve előrejelzi azok jövőbeli lezajlását, ezért hasznosítható a gazdasági, gazdaságpolitikai döntések előkészítésére. Egy ökonometriai modell idősorokon alapul, és matematikai-statisztikai összefüggésekkel ábrázolja az egyes gazdasági változók közötti sztochasztikus kapcsolatokat. A változók között meg-



különböztetünk eredmény- és magyarázó változókat, a magyarázó változók között pedig endogén és exogén változókat (Kőrösi et al. 1990).

### **Öregedési index**

Az időskorú (65 és több éves) népesség számának a gyermekkorú (0–14 éves) népesség százalékában kifejezett aránya. A népesség idősödésének gyakori jelzőszáma (<http://www.demografia.hu/hu/tudastar/fogalomtar>, <http://www.ksh.hu/apps/meta.main>).

### **SCGE-modellek**

Térbeli számítható általános egyensúlyi modellek. A krugmani új gazdaságföldrajz alapjaira épülnek: a növekvő hozadék, a szállítási költségek és a termelési tényezők térbeli mobilitásának interakciói révén, kumulatív módon létrejövő térszerkezet jelentőségét helyezik a modellstruktúrák középpontjába. Az SCGE-modellek a tér dimenzióját adják hozzá a CGE-modellekhez, vagyis a területi egységek száma megsokszorozódik, és a modellekbe beépülnek a pozitív és negatív agglomerációs hatások, amelyek a termelési tényezők régiók közötti migrációját befolyásolják (Járosi et al. 2009).

### **Sejtautomaták**

Alapját egy négyzetrács és az azt alkotó véges számú állapottal jellemezhető cellák (sejtek) alkotják. A legismertebb metódus a felszínborítás-változás szimulációja, az első ilyen megoldást Tobler (1979) alkalmazta a földrajzon belül. Alapvetően a történeti trendek folytatódására, a szomszédsági hatásokra és a terület alkalmasságára épül. Maguk a modellek négy elemből épülnek fel: a helyből, annak állapotából, az időlépésekből és a konverziós szabályokból. Ez utóbbi kidolgozása vagy statisztikai elemzésre alapozva történik, vagy a modellezést végző a szakmai tapasztalata alapján alakítja ki.

### **Sérülékenység**

A kitettség, az érzékenység és alkalmazkodó képesség eredője, amely megmutatja, hogy milyen mértékű kitettséggel, jövőbeni kockázatokkal, érzékenységgel kell számolni, és a várható káros hatásokkal szemben a szóban forgó országok, régiók, gazdasági szektorok és társadalmi csoportok milyen mértékben képesek védekezni, azokhoz alkalmazkodni (Pittman 2011).

### **Skill measure**

A Land Change Modeller szoftverben az MLP neurális hálóval történő modellfuttatás pontosságának mérőszáma, ami a modellfuttatás során eltalált átalakulásokból levonja a véletlenszerű tippelés esetén várható találati arányt.

### **Szárazodás**

Adott földrajzi területen eddig megszokott vízháztartásban beálló változás, amely a szokásosnál nagyobb mértékű és tartós vízhiány esetén alakul ki, és a terület klímájának szárazabbra fordulásával, az ariditás fokozódásával jár együtt (Várallyay 2009).

### **Szomszédsági hatás**

Egy területen végbemenő a változások irányát befolyásolják a szomszédos területek jellemzői, melynek háttérében lehetnek biofizikai, vagy társadalmi-gazdasági okok egyaránt. A földhasználat változása esetében a szomszédsági hatás kiemelt fontosságú.

### **Tájökológiai diverzitás**

A táji mintázat alapelemei a tájökológiai foltok, melyek szerkezetének és stabilitásának mérhető-számszerűsíthető vizsgálatát a tájmetria (landscape metrics, vagy landscape pattern metrics) végzi. Ennek művelői számos matematikai mérőszámot, ún. tájökológiai diverzitási indexet fejlesztettek ki (McGarigal et al. 1994).

### **Teljes termékenységi arányszám**

A szülőképes korban lévő (15–49 éves) nők korszpecifikus arányszámaiból származtatott mutató. A jelzőszám azt mutatja meg, hogy adott év termékenységi viszonyai mellett egy nő élete folyamán hány gyermeknek adna életet. A teljes termékenységi arányszám megkülönböztetett értéke 2,1, ami a népességreprodukcióhoz szükséges termékenységi szintet jelzi (<http://www.demografia.hu/hu/tudastar/fogalomtar>, <http://www.ksh.hu/apps/meta.main>).

### **Térbeli interpoláció**

Térbeli interpoláció az az eljárás, amely a rendelkezésre álló megfigyelések által meghatározott térség mintavétellel nem rendelkező pontjaiban becslést ad a vizsgált tulajdonságok értékére. Azon a feltevésen alapul, hogy a térben egymáshoz közel elhelyezkedő pontok értéke nagyobb valószínűséggel hasonló, mint az egymástól messze levő pontoké. Egy olyan felszínfüggvényt keres a térbeli diszkrét pontokra fektetve, amely a legjobban tükrözi a modellezett felszínt, és amely becsli a nem mért pontokban annak értékeit (Závoti 2002).

### **Térbeli leskálázás**

Más néven területi dezaggregálás, regionális dekompozíció (angolul downscaling), célja, hogy egy adott területi szinten rendelkezésre álló információt átalakítson egy részletesebb területi felbontásra.

**Természetes szaporodás/fogyás**

A természetes szaporodás az élveszületések és a halálozások számának különbözete. Ha ez a különbség negatív előjelű, akkor természetes fogyásról lehet beszélni. A természetes szaporodást és fogyást leggyakrabban ezer főre vetítve szokták megadni (<http://www.demografia.hu/hu/tudastar/fogalomtar>, <http://www.ksh.hu/apps/meta.main>).

**Természeti veszélyhelyzetek**

Olyan természetes folyamatok vagy jelenségek, amelyek emberi életek elvesztését, sérülést vagy más egészségügyi káros hatásokat, a tulajdon károsodását, megélhetési és szolgáltatásokban bekövetkező veszteségeket, társadalmi és gazdasági zavarokat, valamint környezeti károkat okozhatnak (UNISDR 2009).

**Túlélési/továbbélési valószínűség**

Arányszám, amely azt fejezi ki, hogy egy adott életkorba, korcsoportba tartozó népességcsoport mekkora valószínűséggel lép át a következő korcsoportba. A túlélési valószínűség a halandósági táblából számolható ki (<http://www.demografia.hu/hu/tudastar/fogalomtar>, <http://www.ksh.hu/apps/meta.main>).

**Várható átlagos élettartam**

A várható átlagos élettartam mutatószáma azt fejezi ki, hogy adott év halandósági viszonyai mellett az egyes korcsoportokba, életkorokba tartozó népesség tagjai átlagosan hány évi élettartamra számíthatnak. A várható élettartam mérőszáma a leggyakrabban mint születéskor várható átlagos élettartam fordul elő, de bármilyen más életkorra is megadható. A várható átlagos élettartam a halandósági táblából számolható ki (<http://www.ksh.hu/apps/meta.main>).

**Városi szétterülés (urban sprawl)**

A városi, beépített területek kontrollálatlan terjedése a város-vidék peremzóna mezőgazdasági vagy zöldfelületeinek rovására; az urbanizáció első szakaszának (városrobbanás) jellemző jelensége. Míg ma már a fejlett világban e számos nem kívánatos következményekkel járó folyamatnak igyekeznek gátat szabni, a fejlődő világban és a poszt szocialista országokban az erőtlen szabályozási környezet a városi szétterülést kevésbé fékezi.

**Irodalom**

- Goulder, L. H., Pizer, W. A. (2006) The Economics of Climate Change. *Resources for the Future Discussion Paper*, 06-06 <http://www.rff.org/files/sharepoint/WorkImages/Download/RFF-DP-06-06.pdf> (Letöltés: 2015. december 3.)
- Járosi P., Koike A., Thissen, M., Varga A. (2009): *Regionális fejlesztéspolitikai elemzés térbeli számítható általános egyensúlyi modellel: A GMR-Magyarország SCGE-modellje*. PTE KTK KRTI Műhelytanulmányok 2009/4.
- Hagen, A. (2002): Multi-method assessment of map similarity. In: *Proceedings of the fifth AGILE conference on geographic information science*. Palma, Spain, 171–182.
- Hajdu O. (2003): *Többváltozós statisztikai számítások*. Központi Statisztikai Hivatal, Budapest
- Hufnagel L., Horváth L., Homoródi R., Farkas P. (2010): Bevezetés: A klímaváltozás jelensége, felkészülés és alkalmazkodás, klímapolitika. In: Hufnagel L., Sipkay Cs (szerk.): *A klímaváltozás hatása ökológiai folyamatokra és közösségekre*. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 11–27.
- IPCC (2012): Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX). In: Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S. K., Tignor, M., Midgley, P. M. (eds.): *A special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, New York
- Karádi P. (szerk.) (2009): Gazdaságciklus-modellek újragondolása – konferencia az MNB-ben. *MNB Szemle*, október, 26–38.
- Kelly, D. L., Kolstad, C. D. (1998): Integrated Assessment Models for Climate Change Control. *UCSB Working Paper*, 31-98. <http://www.econ.ucsb.edu/papers/wp31-98.pdf> (Letöltés: 2015. december 3.)
- Király J. (1998): A makroökómia vége, avagy egy megkésett Nobel-díj. *Közgazdasági Szemle*, december, 1082–1095.
- Kovács Z. (2001): *Társadalomföldrajzi kislexikon*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Kőrösi G., Mátyás L., Székely I. (1990): *Gyakorlati ökonometria*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest
- Pavlovic, M. (ed.) (2014): Guideline on climate change adaption and risk assessment in the Danube macro-region. Seerisk project. [http://rsoe.hu/projectfiles/seeriskOther/download/climate\\_change\\_adaptation.pdf](http://rsoe.hu/projectfiles/seeriskOther/download/climate_change_adaptation.pdf) (Letöltés: 2015. december 3.)
- McGarigal, K., Marks, B.J. (1994): *Fragstats – Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis <http://www.umass.edu/landeco/pubs/Fragstats.pdf> (Letöltés: 2015. december 3.)
- NOAA (2013): National Oceanic and Atmospheric Administration, National Climatic Data Center 2013. Climate Monitoring. <http://www.ncdc.noaa.gov/climate-monitoring/> (Letöltés: 2015. december 3.)
- Pálvölgyi T. (2010): A klímaváltozás figyelembevétele a környezeti értékelésekben. *KLÍMA-21 Füzetek*, 62., 81–87.
- Pieczka I., Bartholy J., Pongrácz R., Hunyady A. (2010): Climate Change Scenarios for Hungary Based on Numerical Simulations with a Dynamical Climate Model. In: Lirkov, I., Margenov, S., Wasniewski, J. (eds.): *LSSC 2009, LNCS 5910*. 613–620.

- Pittman, J., Wittrock, V., Kulshreshtha, S., Wheaton, E. (2011): Vulnerability to climate change in rural Saskatchewan: Case study of the Rural Municipality of Rudy No. 284. *Journal of Rural Studies*, 1., 83–94.
- Szilágyi K., Baksa D., Jaromir, B., Horváth Á., Köber Cs., D. Soós G. (2013): The Hungarian Monetary Policy Model. *MNB Working Papers*, 1. <https://www.mnb.hu/letoltes/wp-2013-01.pdf> (Letöltés: 2015. december 3.)
- Thünen, J. H. (1966): *Isolated state: An English edition of Der isolierte Staat*. Pergamon Press, New York
- Tobler, W. (1979): Cellular geography. In: Gale, S., Olsson, G. (eds.): *Philosophy in geography*. Reidel, Dordrecht, 379–386
- UNISDR (2009): *Terminology on disaster risk reduction*. <http://www.unisdr.org/we/inform/publications/7817> (Letöltés: 2015. december 3.)
- Várallyay Gy. (2009): Az aszály és a szárazodás Magyarországon Konferencia. *Agrokémia és Talajtan*, 2., 403–410.
- Weyant et al. (1996): Integrated Assessment of Climate Change: An Overview and Comparison of Approaches and Results. In: Bruce, J. P. et al. (eds.): *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 367–439.
- Závoti J. (2002): *Térinformatika*. NCGIA Szerkesztette: Wouters, N. M. [http://gisfigyelo.geocentrum.hu/ncgia/ncgia\\_40.html](http://gisfigyelo.geocentrum.hu/ncgia/ncgia_40.html) (Letöltés: 2015. december 3.)

### **Internetes források**

<http://www.demografia.hu/hu/tudastar/fogalomtar>

<http://www.epa.gov/climatechange/glossary.html>

<http://fogalomtar.eski.hu/index.php/>

<http://www.ksh.hu/apps/meta.main>

<http://met.hu>



# A kötet szerzői

Baranyai Nóra

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Székesfehérvár

Czirfusz Márton

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Budapest

Farkas Jenő

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Kecskemét

Honvári Patrícia

tudományos segédmunkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Győr

Hoyk Edit

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Kecskemét

Jóna László

tudományos segédmunkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Győr

Király Gábor

tudományos segédmunkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Budapest

Koós Bálint

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Budapest

Kovács András Donát

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Kecskemét

Lados Mihály

tudományos főmunkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Győr

Lennert József

tudományos segédmunkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Kecskemét

Lux Gábor

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Pécs

Monostori Ádám

ügyvivő szakértő, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Győr

## A KÖTET SZERZŐI

Schuchmann Júlia

tudományos segédmunkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Székesfehérvár

Sebestyén Tamás

egyetemi adjunktus, Pécsi Tudományegyetem, Közgazdaságtan és Ökonometria Intézet, Pécs

Suvák Andrea

tudományos segédmunkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Pécs

Szörényiné Kukorelli Irén

tudományos tanácsadó, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Győr

Tagai Gergely

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Budapest

Tóth Marcell

ügyvivő szakértő, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Győr

Uzzoli Annamária

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Budapest

Varjú Viktor

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Pécs

Zsibók Zsuzsanna

tudományos munkatárs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, Pécs





publikon  
KIADÓ



MAGYARORSZÁG HOSSZÚ TÁVÚ TÁRSADALMI ÉS  
GAZDASÁGI FEJLŐDÉSI PÁLYÁJÁNAK ELŐREJELZÉSE



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER