

319. 869

# "KLIMA-21" Füzetek

## KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

### A TARTALOMBÓL

A 2007. évi magyarországi  
hóhullámok halálzási hatásai

Klímaváltozás és emberi jogok

Klímastratégia és gazdaság

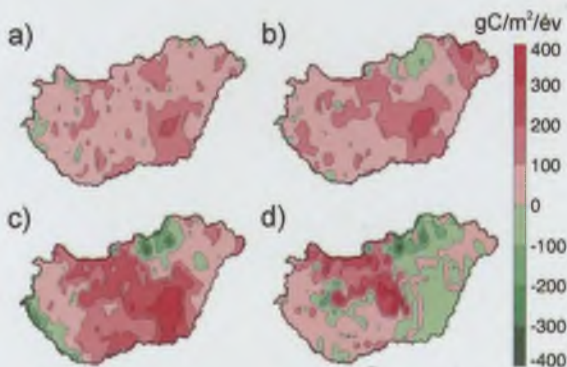
Klímaváltozás és a nemzetközi  
együttműködés

A talaj szerkezete a csapadék-  
szélsőségek mérséklésében

Forró nyári időszakok  
kapcsolata a makrocirkulációs  
típusokkal

Magyarország szén-dioxid  
mérlege BIOME-BGC  
modellel

A közúti személyközlekedés  
hatásai



Különböző felszín-borítottságú területek éves szén-dioxid cseréje 2003-ban,  $\text{gC}/\text{m}^2/\text{év}$  mértékegységben kifejezve.

Pozitív előjel: nettó szén-dioxid kibocsátás, negatív előjel: nettó szén-dioxid felvétel.

a) mezőgazdasági területek; b) gyepes területek;  
c) lombhullató erdők; d) tűlevelű erdők

*Forrás:* Barcza et al. tanulmánya

2008. 52. szám

„KLÍMA-21” FÜZETEK  
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

“CLIMA-21” BROCHURES  
CLIMATE CHANGE – IMPACTS – RESPONSES

„KLIMA-21“ HEFTE  
KLIMAÄNDERUNG – AUSWIRKUNGEN – LÖSUNGEN

«КЛИМА-21» БРОШЮРЫ  
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА – ВЛИЯНИЯ – ОТВЕТЫ

SZERKESZTŐ:

CSETE LÁSZLÓ  
c. egyetemi tanár

SZERKESZTŐSÉG:

1093 Budapest, Zsil u. 3–5.  
Tel.: 476-3295, Fax: 342-7571  
E-mail: csetel@mail.datanet.hu

KIADJA:

MTA–BCE KUTATÓCSOPORT  
KLÍMAVÉDELMI KUTATÁSOK KOORDINÁCIÓS IRODA, MTA KSZI

FELELŐS KIADÓ:

HARNOS ZSOLT  
akadémikus, egyetemi tanár

ISSN 1789-428X

Készült:  
AKAPRINT KFT. BUDAPEST – Felelős vezető: Freier László

## TARTALOM

### TANULMÁNY

<i>Páldy Anna – Bobvos János: A 2007. évi magyarországi hóhullámok halálózásra gyakorolt hatásai</i> .....	3
<i>Kondorosi Ferenc: Klímaváltozás és az emberi jogok</i> .....	16
<i>Szlávik János: A klímastratégia gazdasági kérdései</i> .....	34
<i>Faragó Tibor: Klímaváltozás és a nemzetközi együttműködés</i> .....	45
<i>Várallyay György: A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében</i> .....	57
<i>Pap Zsófia – Lakatos Mónika: Forró nyári időszakok kapcsolata a makrocirkulációs típusokkal</i> .....	73
<i>Barcza Zoltán – Haszpra László – Hidy Dóra – Galina Churkina – Horváth László: Magyarország bioszférikus szén-dioxid mérlegének becslése</i> .....	83

### SZEMLE

<i>Török Ádám: A közúti személyközlekedés klímára gyakorolt hatása</i> .....	92
Summary .....	98
Contents .....	104



## A 2007. ÉVI MAGYARORSZÁGI HŐHULLÁMOK HALÁLOZÁSRA GYAKOROLT HATÁSAI

PÁLDY ANNA – BOBVOS JÁNOS

**Kulcsszavak:** hőségriasztás, egészségi hatások,  
előrejelző rendszer, többlethalálozás.

### ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

2007-ben – az eddig tapasztalt legszélsőségebb nyáron – három hőhullám érte hazánkat. Az első és harmadik hőhullám idején a többlethalálozás nem érte el az 5%-ot. Július 16–24. között öt napig mértek 30 °C feletti rekord átlaghőmérsékletet. A magas hőmérséklet napi halálozásra gyakorolt kedvezőtlen hatása egyértelműen kimutatható, ami a kórházban ápoltak körében kissé erősebbnek bizonyult. A tíznapos hőhullám teljes időszaka alatt a többlethalálozás aránya (33%) a közép-magyarországi régióban alacsonyabb volt, mint a 2003-as hőhullám idején Franciaországban. Ezzel szemben a legmelegebb öt napon 57% volt a többlethalálozás. Az összefüggések alapján a második hőhullám alatt az ország területére vonatkoztatva 600–800 többlethalálozást valószínűsíthető.

Az 1970–2000 közötti évek idősor-elemzése alapján 30 °C átlaghőmérséklet felett alacsonyabb többlethalálozást lehetett prognosztizálni, míg ez alatt magasabbat, mint azt a 2007. évi adatok mutatták. A korábbi évek és a 2007-es év közös értékeléséhez néhány közelítő feltételezést kellett felállítani, ezért az eredményeket körültekintéssel kell kezelni, hasonlóan az ország területére vonatkoztatott becslésnél is. Az eredmények további vizsgálatokkal pontosíthatók.

A nyári időjárás eseményei azt mutatják, hogy a hőségriasztással, az adaptációt elősegítő intézkedésekkel csökkenthető a 25–29 °C közötti napi átlaghőmérséklettel járó hőhullámok hatása. A rendkívül meleg napokon a halálozás azonban jelentős mértékben megnőtt. Ezek alapján kidolgozható, hogy milyen rövid, közép- és hosszú távú intézkedésekkel csökkenthető tovább a többlethalálozás.

A hőhullámok hatásának monitorozására alkalmasnak bizonyult a valós idejű halálozási adatok gyűjtése. A jövőben indokolt a mortalitási és egyéb egészségi mutatók (pl. sürgősségi mentőhívás) intézményesített, elektronikus hordozón alapuló gyűjtésének jogszabályi elrendelése, feltételeinek kiépítése.

### BEVEZETÉS

Közép- és Kelet-Európát rekordokat döntő forróságú hőhullám érte el 2007 júliusának második felében. Magyarországon ez volt az eddig mért és rögzített leghosszabb, legmelegebb időszak mind a napi minimum,

maximum hőmérsékletben, mind az átlaghőmérsékletben. Június 19–23. között egy enyhébb hőhullám, majd július 16–24. között egy igen intenzív hőhullám érintette az országot. Később, augusztus 23–26. között még egy, nem az egész országot érintő hőhullám volt megfigyelhető.

Magyarország a korábbi években részt vett az EC által támogatott, a hőmérséklet és a halálozás összefüggéseit vizsgáló kutatási programban (PHEWE), amelynek keretében hazánk feladata volt a hőség hullámok bekövetkeztét és annak hatásait előrejelző korai figyelmeztető rendszer, a hőségriasztás kifejlesztése a *Birminghami Egyetem Klimatológiai Tanszékének* irányításával. 2005-től részt vettünk az *EC Népegészségügyi Programja* keretében meghirdetett *EuroHeat* projektben, amelyben továbbfejlesztettük a hőségriasztási rendszert és részt vettünk a hőség egészségi hatásainak mérséklését célzó adaptációs intézkedési javaslatok kidolgozásában.

A hőhullám definícióját a budapesti, 31 éves (1970–2000) napi időjárási és halálozási adatok idősorának elemzésével állapítottuk meg. Ezek az eredmények szolgálták a háromfokozatú hőségriasztási rendszer alapjául (Páldy, 2006). A *Euroheat* munkacsoport ajánlása és egyéb nemzetközi tapasztalatok alapján a hőségriasztások során a hőmérséklet hatásának monitorozására valós idejű, „real-time” halálozási adatok szükségesek. A korábban megfogalmazott intézkedési tervre (Bujdosó, 2006) alapozva az országos tisztifőorvos elrendelte, hogy az *ÁNTSZ Középmagyarországi Regionális Intézete* gyűjtse a régióban a napi halálesetek számát a kórházaktól és a háziorvosoktól. Az adatok alapján tudtuk becsülni a 2007. évi extrém hőmérsékleti helyzetek egészségkárosító hatását. Az 1970–2000. évi hőmérséklet-halálozás kapcsolat, valamint a 2007. évi összefüggések vizsgálatának célja az volt, hogy választ kapjunk arra a kérdésre, vajon a 31 év adatai alapján előre jelzetteknek megfelelően alakult-e a többlethalálozás a 2007. évben tapasztalt hőhullámok idején?

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A meteorológiai adatokat (napi minimum, maximum és átlaghőmérséklet) az *Országos Meteorológiai Szolgálat* (OMSZ)

bocsátotta rendelkezésre. Az elemzésben a *pestszentlőrinci és a Budapest belvárosi (Kítaibel Pál utca)* mérőállomás adatait vettük figyelembe. A népességre vonatkozó adatokat a *Központi Statisztikai Hivaltaltól* kaptuk, eszerint a Közép-magyarországi Régióban élő lakosság száma 2006-ban Budapesten 1 697 724 fő, Pest megyében 1 150 926 fő.

A halálozási adatokat az *ÁNTSZ Középmagyarországi Regionális Intézete* gyűjtötte és továbbította az *Országos Környezetegészségügyi Intézet* részére. Az adatgyűjtés a júliusi hőhullám idején napi rendszerességgel, a hőhullámon kívüli időszakban heti rendszerességgel történt 2007. jún. 1. – aug. 31. között. Az *ÁNTSZ* szakemberei telefonon és e-mail segítségével gyűjtötték a napi halálozási adatokat a háziorvosoktól és a kórházaktól. Az adatgyűjtésben 35 fővárosi és 11 Pest megyei kórház vett részt. Az adatok adminisztratív okok miatt bizonyos pontatlanságot hordoznak, a pontos végső, nem-, korcsoport- és halálok szerinti elemzés csak a KSH által hivatalosan kibocsátott adatok kézhezvétele után lehetséges.

A hőmérsékleti és halálozási adatokat először leíró statisztikai módszerrel elemeztük. A többlethalálozás számításánál viszonyítási alapul a hőségriasztás küszöbhőmérsékleténél (25 °C napi átlaghőmérséklet) hűvösebb napokon regisztrált napi halálozások átlagértéke szolgált. A napi többlethalálozás az adott napi halálozás és a hűvösebb napok átlagos halálozásának különbsége, amit kiszámoltunk a kórházi és a kórházon kívül történt eseményekre egyaránt. Az extrém meleg napok halálozási idősorai lehetővé tették a „harvesting” hatás – hirtelen nagy többlethalálozást okozó jelenség megszűnése után a halálozási mutatók átmeneti jelentős javulása – kimutathatóságának vizsgálatát. A gyűjtött adatok és az összefüggések jellegzetességei alapján megpróbáltuk közelítőleg becsülni a hőségnek tulajdonítható többlethalálozás arányát az ország egész területére vonatkoztatva. A napi halálozás és a napi átlaghőmérséklet

összefüggését a 2007. évi nyári időszak 92 napi adatsora alapján általánosított additív regressziós modell (GAM) segítségével határoztuk meg. A fővárosra vonatkozó összefüggéseket összehasonlítottuk a korábbi, 1970–2000. évek hasonlóan elemzett vizsgálati eredményeivel.

## EREDMÉNYEK

### A hőmérsékleti viszonyok jellemzése

Az OMSZ adatsorait értékelve az elmúlt évek nyári hőmérsékleti jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze. Budapest pestszentlőrinci mérőállomásán a nyári átlaghőmérséklet az utóbbi öt évben 2003-ban volt a legmagasabb, 2005-től ismét emelkedik és 2007-ben megközelítette a 2003-as értéket. A maximális hőmérséklet 2007-ben volt a legmagasabb, 41 °C-ot meghaladó rekordértékkel. Ez évben regisztráltak először 30 °C feletti átlaghőmérsékletű napokat is. A hőhullámok – amikor a napi átlaghőmérséklet legalább három egymást követő napon meghaladja a 25 °C-ot – és a hőhullámok alatti napok száma is az elmúlt két évben volt a legmagasabb (5 és 3, illetve 30 és 19).

A hőmérsékleti idősorokat tekintve, hosszasan tartó magas hőmérsékletű időszakok leggyakrabban július végén fordulnak elő, ekkor az elmúlt öt évben szinte minden évben volt hőhullám. A melegebb években a hőhullámok gyakorisága nagyobb, azonban a hőhullámok számát a magas hőmérsékletű napok eloszlása határozza meg. Megfigyelhető, hogy a legmelegebb 2003-as évben kevesebb extrém hőmérsékletű nap volt, mint az alacsonyabb átlaghőmérsékletű 2006–2007-es években.

A pestszentlőrinci és belvárosi adatokat összehasonlítva megállapítható, hogy a napi maximum hőmérsékletek között alig van különbség, a nyári időszakra vonatkoztatva ez átlagosan 0,2 °C-kal magasabb a külvárosi állomás esetében. A minimum hőmérsékleteknél azonban fordított összefüggés – a

belvárosi állomáson átlagosan 1,2 °C-kal magasabb hajnali hőmérséklet – tapasztalható. A legnagyobb eltérés éppen a legmelegebb napokon mutatkozott. Az eltérő napi hőingás miatt a nyári átlaghőmérséklet a belvárosi állomáson mintegy 0,5 °C-kal magasabb. Ezen a mérőponton a nyári átlaghőmérséklet 23,8 °C volt, az első hőhullám öt napja alatt a napi maximum hőmérséklet 35 °C, az átlag 25,9 °C volt. A júliusi 10 napos hőhullám alatt a napi maximális hőmérséklet meghaladta a 40 °C-ot, az átlag 29,9 °C, ezen belül öt napig volt 30 °C felett. Július 20-án mérték a legmagasabb minimum hőmérsékletet (24 °C), július 21-én pedig a legmagasabb átlag- és maximum hőmérsékletet (32 °C, ill. 41 °C). Augusztusban a négy napos hőhullám alatt 35 °C-os maximális hőmérsékletet, 27,0 °C átlaghőmérsékletet lehetett regisztrálni.

### Halálozási arányok és a magas hőmérsékletnek tulajdonítható többlethalálozás

A halálozás szezonális ingadozást mutat, télen a legmagasabb és nyáron a legalacsonyabb. Január–február hónapban kb. 9–10%-kal többen hálnak meg az éves átlaghoz képest, ezzel szemben júliusban és különösen augusztusban a legalacsonyabb a halandóság, a csökkenés átlagosan 10% körüli. A vizsgált időszak halálozási adatait a 2. ábra foglalja össze. A régióból beküldött adatok alapján naponta átlagosan 84,5 haláleset történt, ebből Budapesten 64,9 esetet, Pest megyében 19,6 esetet regisztráltak. Ez, a népességi adatokat figyelembe véve, az egész régióban 2,96, Budapesten 3,82 és Pest megyében 1,71 esetszámot jelent 100 000 főre vonatkoztatva. Jelentősebb területi különbség figyelhető meg az otthon és a kórházban meghaltak arányai között is. Budapesten a halálesetek több mint 75%-a kórházakban történt, míg Pest megyében ez az arány csak 57%.

A hőmérséklet és a halálozás összefüggésének korábbi elemzése kimutatta, hogy a

meleg, elsősorban a nyári kánikula jelentős mértékben megnöveli a halálozás kockázatát (Páldy, 2004). A napi átlaghőmérséklet emelkedésével a halálozási arány növekszik (1–2. ábra), melynek mértéke a hőmérséklet függvényében egyre meredekebb. A 25 °C-ot meghaladó napokon az alacsonyabb átlaghőmérsékletű napokhoz képest a kórházakban átlagosan 14%-kal, otthon 8%-kal több halálesetet regisztráltak. A 25 °C-ot meg nem haladó napokhoz képest a 27 °C-nál melegebb napokon az átlagos növekedés a kórházakban 29%-os, otthon 26%-os volt. A hasonló mértékű növekedés alátámasztja, hogy a hőterhelés negatív hatása nem csak a súlyos, kórházi ápolásra szoruló populációt érinti, bár őket kissé fokozottabban.

A magas hőmérsékletnek tulajdonítható többlethalálozás kiszámításánál a hőségriadó 1. fokozat küszöbértékét vettük figyelembe és a belvárosi mérőállomás hőmérsékleti adatsorát használtuk. Viszonyítási alap azon napok halálozási átlaga, amikor a napi átlaghőmérséklet 25 °C-nál alacsonyabb. 2007-ben a hűvösebb napok száma a vizsgált időszaknak éppen a fele, 46 nap. A 3. és 4. ábrán három hőmérsékleti kategóriának – a riasztás két szintjének küszöbértékeihez tartozó (25 °C és 27 °C), valamint az eddig még nem tapasztalt 30 °C feletti átlaghőmérsékletnek – megfelelő többlethalálozás esetszámokat és százalékos arányokat ábrázoltuk. A 25 °C-nál melegebb napokon 320 fővel többen haltak meg a régióban, mint a hűvösebb napokon, ami 12%-os napi növekedésnek felel meg. A 25 °C alatti napokhoz képest a 27 °C-nál melegebb napokon 373 fővel, míg a 30 °C feletti 5 napon 230 fővel több haláleset történt. A halálozás aránya a kórházban, illetve otthon történt halálesetek között kb. háromszoros, azonban a hőmérséklettel arányos százalékos növekedés hasonló mértékű.

A hőmérséklet-halálozás összefüggés pontosabb leírásához a konkrét napi adatok vizsgálata nyújt további segítséget. A nyári időszak idősoraiiban (5. ábra) észrevehető, hogy a napi halálozási adatok változako-

nyak, nagy szórással rendelkeznek. Az otthon történt napi halálozási minimum, maximum érték 10 és 43, a kórházakban pedig 36, illetve 115 eset. Az átlagos napi eltérés (szórás) a nyári átlagtól az otthoni halálozásoknál 6,8 fő, a kórházakban 12,8 fő, amely az átlaghalálozás 28 és 21%-a. A napi esetszámok júliusban egy-két nap kivételével átlag feletti, a másik két hónap sokkal változékonyabb.

A júliusi hőhullám alatt és közvetlen utána bekövetkezett napi halálozási adatok vizsgálata alapján a halálozás átrendeződésével („harvesting”) kapcsolatban a következőket lehet megállapítani. Egy hirtelen nagy többlethalálozást okozó jelenség – jelen esetben a hőhullám – megszűnése után feltételezhetnénk, hogy a halálozás napi esetszáma átmenetileg jelentősen csökken. A halálozást növelő esemény elsősorban az arra érzékeny populációra vált ki hatást és a megmaradt, az eseménnyel szemben ellenállóbb populációban egy későbbi és/vagy kisebb esemény hatása már nem, vagy csak csökkentve jelentkezik. Ez a napi halálozási adatokban, különösen egy ilyen rendkívüli hőhullám után azt eredményezné, hogy egy átmeneti időre csökkenne a napi halálozás. Ezt a jelenséget a júliusi hőhullám utáni halálozási adatok nem erősítik meg. A napi halálozás nem csökken észrevehetően a hőmérséklet csökkenése után, a napi adatok az átlagos szórási határon belül maradtak. A teljes nyári időszakra vonatkoztatott minimum halálozás sem ebben az időszakban jelentkezett. A másik két enyhébb hőhullám esetében maga a hőhullám halálozásra gyakorolt hatása is alig értékelhető, ezeknél az esetleges átrendeződés nem vizsgálható. A „harvesting” hatás jelenlétét a 2007-es halálozási adatokból nem lehet kimutatni, ez megerősíti, hogy a számított többlethalálozás valóban a hőségnek tulajdonítható járulékos halálozási többlet esetszámokat jelent.

A 2007-es három hőhullám alatt bekövetkezett többlethalálesetek számát a 2. táblázat tartalmazza. A számításoknál a 25 °C alatti átlaghőmérsékletű napokhoz viszo-

nyítottunk. Az első, júniusi hőhullám alatt a napi halálozás alig tért el a hűvösebb napok halálozási átlagától, sőt egy kicsit alatta is maradt. A júliusi rekordokat döntő hőhullám alatt tartósan és jelentősen megemelkedett a napi esetszám, tíz nap alatt 278 többlethalálozást regisztráltak, ami a napi halálozásban 33%-os emelkedést jelent. A maximális értéket július 20-án regisztrálták, otthon 43 fő, a kórházakban 115 fő hunyt el, amely a 25 °C alatti napok átlagának majdnem kétszerese. Az augusztusi, a Közép- és Kelet-Magyarországot érintő hőhullám alatt a halálozás csak kis mértékben emelkedett meg, 1% körüli halálozási többlet tapasztalható.

A budapesti és Pest megyei halálozási arányokat, a hazai települések szerkezeti összetételét és a populációs arányokat tekintve megpróbáltuk becsülni a júliusi hőhullámnak tulajdonítható többlethalálozás országos mértékét. Amennyiben a nagyobb városokban és vonzáskörzetükben a hőmérséklet és halálozási összefüggések lényegesen nem térnek el a Közép-magyarországi Régióban tapasztalt jellemzőktől, a régióra jellemző arányokat országos mértékre lehet extrapolálni. A hőhullám 10 napja alatt a régióban regisztrált 280 többlethalálozástól 220 Budapesten, 60 pedig Pest megyében történt, ez 100 000 főre vonatkoztatva 13, illetve 5,2 esetszámot jelent. Hazánkban a 100 000 főnél nagyobb lakosságú városok – a fővárost nem tekintve – össznépessége kb. 1,6 millió. Ebben a tíz nagyobb városban a többlethalálozás mértéke, a budapesti halálozási arányokat figyelembe véve, 210 eset. Az ország eddig nem említett maradék területének lakossága kb. 5,55 millió fő, amelyenél a Pest megyében tapasztalt összefüggéseket alkalmazva további 290 többlethalálozást feltételezhetők. Ezek alapján a júliusi hőhullámnak tulajdonítható járulékos többlethalálozás az ország területére kivetítve kb. 780 eset a tíz nap alatt, amely 100 000 főre vonatkoztatva 7,8 főnek felel meg. A KSH által szolgáltatott adatok alapján még egy tényezőt tudunk figyelembe venni. A Közép-

magyarországi Régióban a kórházi ágyak aránya magasabb, mint az országos átlag, a 2,85 millió lakosra 16%-kal több jut, mint az ország többi részén. Mivel a többlethalálozás kb. 60%-a kórházban történik, így ennek arányát a közép-magyarországi régiós kórházi adatok 10%-kal meghaladhatják, ami többlet esetszámban 28 fő. Ha az országos léptékű számításokat ennek megfelelően, ezzel a csökkentett esetszámmal korrigáljuk, akkor a többlethalálozás kb. 730 esetnek felel meg.

### A napi hőmérséklet és halálozás korábbi és jelenlegi összefüggéseinek összehasonlítása

A nemzetközi irodalom és a hazai tapasztalatok alapján is megállapítható, hogy a mérsékelt égövi országokban a hőmérséklet és a halálozás kapcsolata nem lineáris az egyes hőmérsékleti tartományokban. Budapesten ez az összefüggés U alakú (Páldy, 2005), a halálozás növekszik mind az alacsony, mind a magas hőmérsékleti tartományban. Az optimális vagy küszöbhőmérséklet változik az egyes populációkban a helyi időjárási viszonyokhoz való alkalmazkodási képesség függvényében. A nyári időszakban a halálozási görbe a hőmérséklet függvényében egyre meredekebben emelkedik. Felmerült a kérdés, hogy ezen összefüggés jellege változott-e 2007-ben, amikor már egy jól működő hőségriadó-rendszer működik, illetve az extrém meleg időjárás milyen eltéréseket mutat a korábbi 31 éves jellemzőkhöz képest?

A korábbi elemzések Budapest állandó lakosságát vizsgálták, a 2007-es adatszolgáltatás pedig a Közép-magyarországi Régió egészére vonatkozott. A halálozási jelleggörbék összehasonlítása érdekében csak a Budapesten (otthon és kórházban) történt halálozásokat vettük figyelembe és a napi halálozási adatszámokat a korábbi fővárosi lakosságszámhoz korrigáltuk, így a jelleggörbék alapján az eltérések százalékosan

értelmezhető. A nemlineáris összefüggések görbéivel ábrába rajzolva a főbb jellegzetességek vizsgálhatók, a magas hőmérsékletekhez tartozó görberészleteket linearizálva az eltérések jól követhetőek (6–7. ábra). A 31 éves adatsorok alapján meghatározott halálozási görbe minimuma 18 °C körül található, maximális értéket a 29,5 °C napi átlaghőmérsékletnél éri el. A 2007-es görbe minimum értéke 21 °C felett található, 26 °C-ig ingadozik, majd meredeken emelkedik. Az eddig nem tapasztalt 30 °C feletti extrém hőmérsékleteknél kapott összefüggés kb. 3,7-szer magasabb halálozási növekedést (10,2 eset/1 °C) mutat, mint amit a 31 éves adatsorok extrapolációjával (2,7 eset/1 °C) várni lehetett. Erre a hőmérsékleti tartományra vonatkozóan hazánkban ezek az első megfigyelések, amely alapján megállapítható, hogy a hőségriasztás ellenére a napi halálozás a korábbi vizsgálatok alapján prognosztizálható mértéknél lényegesen magasabb szinteket ért, illetve érhet el.

## MEGBESZÉLÉS

A napi halálozás és az időjárás adatok összefüggését a korábbiakban a *Központi Statisztikai Hivataltól* származó, Budapest állandó lakosságának adatai felhasználásával elemeztük. Ezeket a validált adatsorokat azonban a KSH csak jelentős késéssel tudja rendelkezésre bocsátani. A *Euroheat program* ajánlása alapján 2007-ben kísérleti jelleggel valós idejű halálozási adatokat gyűjtöttünk a Közép-magyarországi Régióban. A valós idejű adatgyűjtés előnye, hogy 48 órán belül érkezett információ a hőhullám hatásának becslésére, viszont az adatok csupán a halálesetekről adnak felvilágosítást, az okokról nem, továbbá feltételezhető, hogy nem teljesen pontos az adatszolgáltatás. Így a közölt eredmények megerősítésre szorulnak további, a KSH-tól beszerzendő adatok értékelésével.

A hőhullámok halálozásra kifejtett hatása általában nemcsak a hóguta diagnózissal

jelzett halálesetekre terjed ki, ennél jóval kifejezettebb. A hőmérséklet terhére írható többlethalálozást meg lehet becsülni, ha a nem magas hőmérsékletű napok átlagos halálozásához viszonyítjuk a hőségnapok halálozását. A többlethalálozást többféle módszerrel lehet kiszámolni: például a hőhullám évét megelőző években megfigyelt halálozások mozgó átlagához viszonyítva, statisztikai simítási függvény alkalmazásával vagy a megelőző évek azonos napi halálozásának figyelembevételével. A kapott eredmények nagymértékben függenek az alkalmazott számítási módszerektől (*Whitman, 1997*). A 3. táblázatban áttekintjük a nemzetközi folyóiratokban eddig közölt hőhullámmal kapcsolatos többlethalálozási eredményeket és a számítási módszereket. Látható, hogy az egyes hőhullámok alatt a többlethalálozásban nagyok a különbségek, még ugyanazt az eseményt tekintve is. Az eredményeket csak fenntartással lehet összehasonlítani, mivel nemcsak a számolási módszerek különböznek, hanem a hőhullámok is. A 2003-as hőhullámra vonatkozóan is igaz, hogy nem egyenlő mértékben érintette az egyes országokat (a hőmérséklet és az időtartam is különbözött). Hasonló hőmérsékleti helyzetek különböző hatást válthatnak ki az esemény időtartamától és a lakosság alkalmazkodási szintjétől függően, amit befolyásolhat az is, hogy a hőhullám a nyár melyik szakaszában következett be. A 2007. évi magyarországi hőhullámesemények is összhangban vannak a fenti megállapítással.

*A hőhullámok gyakorisága az 1990-es évek óta egyre növekszik: 1992–2000 között hat hőhullámesemény következett be: 1994-ben, 1998-ban és 2000-ben, évente két alkalommal. Minden esemény során többlethalálozás következett be, az arány 12% (1994. augusztus) és 52% között (2000. június) változott. 2001 és 2007 között 14 hőhullám érte el hazánkat, a többlethalálozás 2001–2003 között történt hőhullámok esetében 17% és 32% között változott.*

*A valaha regisztrált leghosszabb és lemelegebb hőhullámot 2007-ben szenvedtük*

el, amely az egész ország területét érintette. A napi átlaghőmérséklet  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  felett volt 5 napig. A hőhullám hatását nem lehetett pontosan előre jelezni, mivel a megelőző 17 vizsgált hőhullámban a napi átlaghőmérséklet mindig alacsonyabb volt, mint  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A júliusi hőhullám 10 napja idején a teljes időszakra vonatkozó többlethalálozás 38% volt, jelentős növekedést a hőhullám 3. napjától figyelhetünk meg, a maximumot (95%) a hatodik napon érte el, amikor a legmagasabb volt az éjszakai minimum hőmérséklet. Korábban az enyhébb és rövidebb hőhullámok idején már az első napon meg lehetett figyelni a többlethalálozást. Az is megfigyelhető, hogy a hőség-hullám első három napján még alig emelkedett a halálozások száma, azaz a *hőség hatása késleltetve jelentkezett*, hasonlóan a 2003-ban Franciaországban észlelt jelenséggel (Pirard, 2005). Ezt a késleltetett hatást a korábbi budapesti, enyhébb és rövidebb ideig tartó hőhullámok esetén nem észleltük (Páldy, 2005). Ebben az évben az első hőhullám során nem volt többlethalálozás és az augusztus végi hőhullám is igen csekély többlethalálozást (0,9%) okozott. A harmadik hőhullám nem terjedt ki az egész országra, amit a meteorológiai szolgálat is így prognosztizált, ezért nem történt hősérgriasztás. A júliusi hőhullám után a napi halálozás nem csökkent jelentősen a napi átlaghoz képest, tehát a magas hőmérséklet nem csak néhány nappal rövidítette meg a betegek életét. A potenciális életévvesztés mértékét további vizsgálatokkal kell tisztázni.

A háziorvosoktól és a kórházaktól gyűjtött valós idejű halálozási adatok lehetővé tették az azonnali értékelést. Ezeket az adatokat azonban csak nagy körültekintéssel lehet a korábbi évek adataihoz hasonlítani. Mindazonáltal sok új ismeretet nyertünk az adatok értékelésével. Megállapítottuk, hogy Budapesten a halálozás jóval nagyobb arányú volt, mint Pest megyében, és igen jelentős mértékben megemelkedett azon az öt napon, amikor az átlaghőmérséklet  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  fölé emelkedett. Az eredmények rámutattak

arra is, hogy a városi lakosság valamivel nagyobb arányban halt meg kórházban a hőhullám idején, mint otthonában. Az elemzés nem ad felvilágosítást arról, hogy a korábban is kórházban fekvők, vagy a hőhullám idején beszállítottak haltak-e meg, továbbá a valós idejű adatgyűjtés nem tette lehetővé a nem-, korcsoport- és halálok szerinti elemzést. Az eltéréseket okozhatja, hogy feltehetően a főváros közelében lakó népesség nagyobb arányban a fővárosi kórházi ellátást preferálja, illetve a betegcsoportokra specializált egészségügyi intézmények (onkológia, kardiológia, pulmonológia stb.) is Budapesten működnek. Valószínűsíthető az is, hogy a vidéki lakosoknál az ápolásra szorulóknak otthoni ellátásának aránya a nagyvárosokhoz képest magasabb.

A júliusi hőhullám okozta többlethalálozás országos becslésénél több szempontot is figyelembe vettünk. Ha a Közép-magyarországi Régió lakosságának 33%-os többlethalálozását viszonyítjuk az ország lakosságához és így próbálunk általánosítani, kb. 970 többlethalálozást kaptunk volna. Amennyiben az országos napi halálozási statisztikákból – figyelembe véve az éves eloszlást – számoljuk az országos többletet, ez a mérték kb. 1050 fő. Ezek tekinthetők az országos becslés maximális értékeinek. A minimális érték lehet a régióban kimutatott 278 fő és a Pest megyei halálozási arány országos kiterjesztésének összege, amely így, a nagyobb városok feltételezett hatását mellőzve 570 esetet jelent. A nagyvárosok és vidék arányait is, és a kórházi ellátottságot is figyelembe vevő eljárás feltételezésünk szerint pontosabban modellezi a hőhullámok országos hatását, amely alapján a többlethalálozás 600 és 800 közötti esetre tehető. Amennyiben az ország egyéb helyein a hőmérséklet-halálozás összefüggés lényegesen eltér a közép-magyarországi térségben tapasztaltakhoz képest, az országos összesítésnél nagyobb eltérések is lehetnek. A becslés ellenőrzése, amelyet feltétlenül el szeretnénk végezni, csak a későbbiekben rendelkezésre álló pontos halálozási adatok birtokában lehetséges.

Budapesten a nyári hőmérséklet és a napi halálozás közötti összefüggést 1970–2000 között idősor-analízissel vizsgálva, a magasabb hőmérsékleti tartományokban megközelítőleg lineárisnak mutatkozott. A halálozás 18 °C átlaghőmérséklet esetén volt a legalacsonyabb, 22 °C napi átlaghőmérséklet felett az összefüggés meredekebb. A 2007. évi hasonló elemzés szerint a legkedvezőbb hőmérséklet a napi átlagos 22 °C, ekkor volt a legalacsonyabb a halálozás. A két eredmény közötti eltérés feltételezhetően azzal magyarázható, hogy a lakosság lassan hozzászokik az emelkedő nyári hőmérséklethez. Az elemzés alapján megállapítható az is, hogy 2007-ben a 22–29 °C közötti tartományban alacsonyabb volt a halálozási arány, mint az 1970–2000-es időszakban. A csökkenés magyarázható a 2004. év óta működő hőségriasztással, nevezetesen a lakosság figyelmének felhívásával és az egészségügyi ellátó szervezetek értesítésével. A 31 éves adatsor összefüggésének 30 °C átlaghőmérséklet feletti extrapolálásával azonban alacsonyabb többlethalálozásnak, a 2007-ben regisztrált 57%-os növekedés

helyett csak kb. 15%-os növekedésnek kellett volna bekövetkeznie.

Az eredmények alapján szükséges átgondolni, hogy milyen rövid, közép és hosszú távú intézkedések bevezetésével lehet hatáson és hatékonyan csökkenteni a többlethalálozást, tekintettel arra, hogy az egyes klímamodellek nagy valószínűséggel előre jelzik a hasonló, sőt még melegebb hőhullámok egyre gyakoribb bekövetkeztét hazánkban is (Bartholy, 2007; Révész, 2007). A hőhullámok hatásának monitorozására a valós idejű halálozási adatok gyűjtése különösen alkalmas. Folyamatosan értékelve a hőségriasztás rendszerét, lehetőség nyílik arra is, hogy akár a hőhullámok időtartama alatt javítani lehessen a meghozott intézkedések hatékonyságán.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az elemzés a Felkészülés a klímaváltozásra MTA-BCE kutatócsoport (2006TKI 246) keretében és a projekt támogatásával készült (Harnos, 2007).

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – GELYBÓ GY. – SZABÓ P. (2007): A hőmérsékleti extrémumok várható alakulása a Kárpát-medence térségében a XXI. század végén. „KLÍMA-21” Füzetek, 51. sz. 3–17. pp. (2) BOTELHO, J. – CATERINO, J. – CALADO, R. – NOGUEIRA, P. J. – PAIXAO, E. – FALCAO, J.M. (2005): Onda de calor de Agosto de 2003. Os seus efeitos sobre a mortalidade da populacao portuguesa. Instituto Nacional de Saude Dr. Ricardo Jorge, Lisboa (3) BUJDOSÓ L. – PÁLDY A. (2006): Az ÁNTSZ feladatai a klímaváltozás egészségi hatásainak megelőzése érdekében. „AGRO-21” Füzetek, 48. sz. 60–67. pp. (4) CBS (2003): Ruim duizend doden extra door warme zomer Central Bureau of Statistics, The Netherlands (5) CONTI, S. – MELI, P. – MINELLI, G. – SOLIMINI, R. – TOCCACELI, V. – VICHI, M. – BELTRANO, C. – PERINI, L. (2005): Epidemiologic study of mortality during the Summer 2003 heat wave in Italy. Environmental Research 98: 390–399. pp. (6) EUROHEAT project: Improving public health responses to extreme weather/heat-waves. (<http://euroheat-project.org/dwd/>) (7) GARCIA, A. C. – NOGUEIRA, P. J. – FALCAO, J. M. (1981): Onda de calor de Junho de 1981 em Portugal: efeitos na mortalidade. Revista Portuguesa da Saude Publica 1: 67–77. pp. (8) GRIZE, L. – HUSSA, A. – THOMMENA, O. – SCHINDLER, C. – BRAUN-FAHRLANDER, C. (2005): Heat wave 2003 and mortality in Switzerland. Swiss Medicine Weekly 135: 200–205. pp. (9) HARNOS Zs. (2007): Klímaváltozással összefüggő hazai kutatások: a VAHAVA folytatása. „KLÍMA-21” Füzetek, 49. sz. 3–15. pp. (10) HEALTH STATISTICS QUARTERLY (2006): (<http://www.statistics.gov.uk>) (11) HEMON, D. – JOUGLA, E. (2003): Estimation de la surmortalité et principes characteristics epidemiologiques. Rapport d’etape 1/3. INSERM (Institut National de la santé et de la recherche medicale), Paris (12) HUYNEN, M. – MARTENS, P. – SCHRAM, D. – WEIJENBERG, M. – KUNST, A. E. (2001): The impact of heatwaves and cold

spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives* 109: 463–470. pp. (13) ISTITUTO NAZIONALE DI STATISTICA (ISTAT), 2004 (14) JOHNSON, H. – KOVATS, R. S. – MCGREGOR, G. R. – STEDMAN, J. R. – GIBBS, M. – WALTON, H. – COOK, L. – BLACK, E. (2005): The Impact of the 2003 heatwave on mortality and hospital admissions in England. (15) KATSOUYANNI, K. – TRICHOPOULOS, D. – ZAVITSANOS, X. – TOULOUMI, G. (1988): The 1987 Athens heatwave [letter]. *Lancet* ii: 573 (16) MARTINEZ-NAVARRO, F. – SIMON-SORIA, F. – LOPEZ-ABENTE, G. (2004): Valoracion del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. [Evaluation of the impact of the heat-wave int he sommer of 2003 on mortality] *Gac-Sanit* 18 (Suppl 1): 250–258. pp. (17) MCMICHAEL, A. J. – KOVÁTS, R. S. (1998): Assessment of the Impact on Mortality I England and Wales of the Heatwave and Associated Air Pollution Episode of 1976. LSHTM, London (18) PHEWE PROJECT: Prevention of acute Health Effect of Weather conditions in Europe. (<http://www.epiroma.it/phewe/>) (19) NOGUERIA PJ, DIAS CM (1999): Associacao entre morbidade e clima em Portugal Continental. *Observacoes ONSA* 6 (20) PÁLDY A. – ERDEI E. – BOBVOS J. (2004): A klímaváltozás egészségi hatásai. *Egészségtudomány*, 48. sz. 220–236. pp. (21) PÁLDY A. – BOBVOS J. – VÁMOS A. – KISHONTI K. (2005): Többlethalalozás a nyári hőhullámok idején Budapesten 2001–2003 során. *Egészségtudomány*, XLIX. évf. 249–332. pp. (22) PÁLDY A. ÉS MTSAI. (2006): A hőségriasztás hazai tapasztalatai. *Budapesti Népegészségügy* 2. sz. 99–105. pp. (23) PÁLDY A. ET AL. (2005): The effects of temperature and heat waves on daily mortality in Budapest, Hungary, 1970–2000. In.: W. Kirch, B. Menne, R. Bertollini: Extreme weather events and public health responses, WHO for Europe, 99–109. pp. (24) PIRARD, P. – VANDENTORREN, S. – PASCAL, M. – LAAIDI, K. – LE TERTRE, A. – CASSADOU, S. – LEDRANS, M. (2005): Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heat wave in France. *Euro Surveill.* 2005 Jul; 10 (7): 153–156. pp. (25) RÉVÉSZ A. – SZENTELEKI K. (2007): A hőhullámok és a hőmérséklet sztochasztikus viselkedésének vizsgálata. „KLÍMA-21” Füzetek, 51. sz. 18–33. pp. (26) ROONEY, C. – MCMICHAEL, A.J. – KOVATS, R.S. – COLEMAN, M. (1998): Excess mortality in England and Wales, and in Greater London, during the 1995 heatwave. *Journal of Epidemiology and Community Health* 52: 482–486. pp. (27) SARTOR, F. (2004): Surmortalité en Belgique au cours de l'été 2003. Institut Scientifique de Santé Republique Section d'Epidemiologie, Brussels (28) SBW (Sozialministerium Baden-Wuerttemberg) (2004): Gesundheitliche Auswirkungen der Hitzewelle im August 2003. SBW, Freiburg (29) TODISCO, G. (1987): Indagine biometeorologica sui colpi di calore verificatisi a Roma nell'estate del 1983 [Biometeorological Study of heat stroke in Rome during sommerof 1983]. *Rivista di Meteorologica Aeronautica*, XLVII: 189–197. pp. (30) WHITMAN, S. ET AL. (1997): Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. *American Journal of Public Health* 87: p.: 1515–1518. pp.

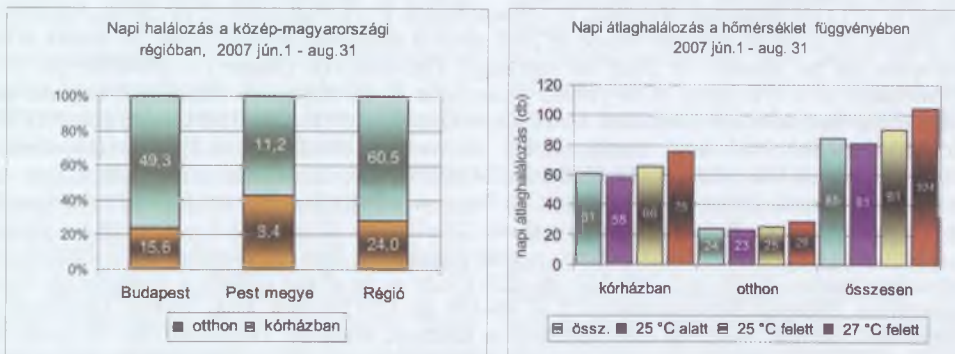
## 1. táblázat

A nyári (jún. 1. – aug. 31.) hőmérsékleti jellemzők alakulása az OMSZ pestszentlőrinci mérőállomása alapján, 2003–2007

	2003	2004	2005	2006	2007
Nyári átlaghőmérséklet, °C	23,6	20,8	20,5	21,5	23,3
Nyári maximum hőmérséklet, °C	39	34	35	37	41
25 °C átlag alatti napok száma	44	82	78	51	46
25 °C átlag feletti napok száma	35	8	9	30	29
27 °C átlag feletti napok száma	13	2	5	11	12
30 °C átlag feletti napok száma	0	0	0	0	5
Hőhullámok száma	2	1	1	5	3
Hőhullám napok száma	11	4	5	30	19

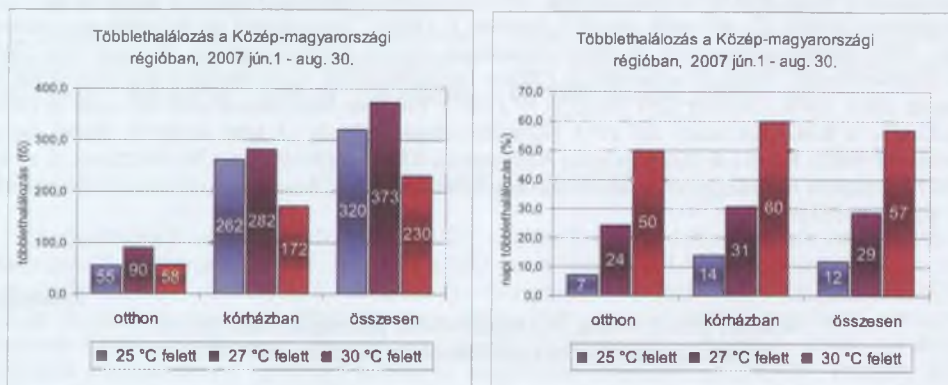
1–2. ábra

**A napi halálozás területi megoszlása és halálozás-hőmérséklet viszonya  
a Közép-magyarországi Régióban, 2007. jún. 1. – aug. 31.**



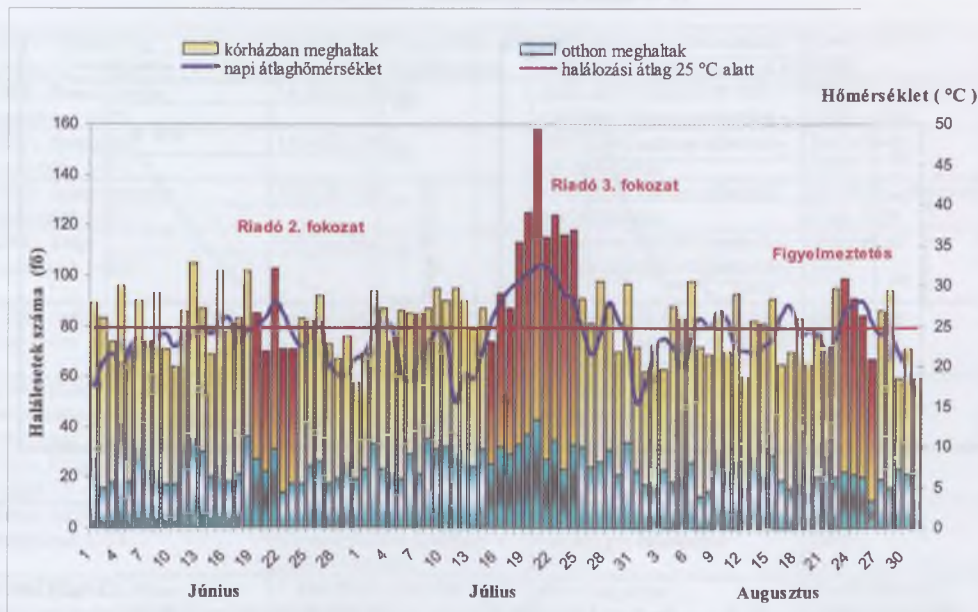
3–4. ábra

**A magas hőmérsékletnek tulajdonítható többlethalálozás  
a Közép-magyarországi Régióban, 2007. jún. 1. – aug. 31.**



5. ábra

Az otthoni és kórházi halálesetek naponkénti száma és a napi átlaghőmérséklet a Közép-magyarországi Régió területén, 2007



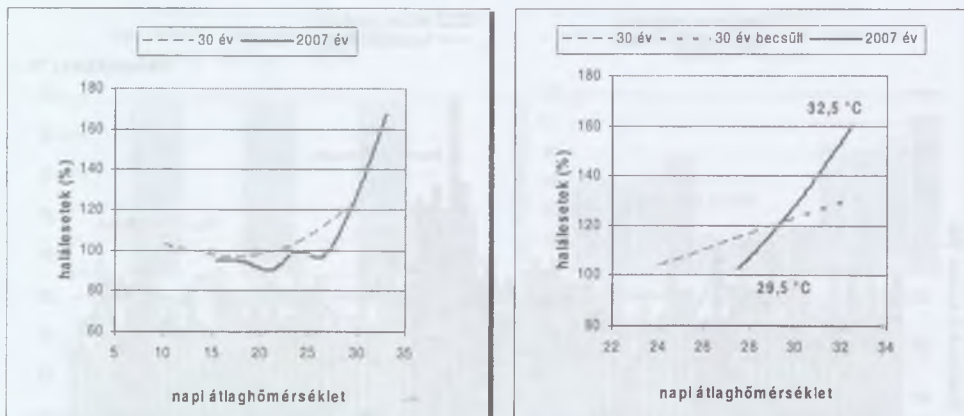
2. táblázat

A 2007. évi hőhullámok során tapasztalt többlethalálozás a Közép-magyarországi Régióban a 25 °C alatti átlaghőmérsékletű napokhoz viszonyítva

	jún. 19–23. riadó 2. fok 5 nap	júl. 15–24. riadó 3. fok. 10 nap	aug. 23–26. figyelmeztetés 4 nap
Halálesetek száma	400	1123	341
többlethalálesetek száma	–22,5	278	3
napi átlagos többlethaláleset	–4,5	27,8	0,75
napi többlethaláleset %	–5,3	32,9	0,9

6–7. ábra

A napi átlaghőmérséklet és napi halálozás összefüggései Budapesten  
1970–2000 között, valamint 2007-ben



3. táblázat

Hőhullámesemények és a számított többlethalálozás a nemzetközi irodalmi adatok alapján  
1976–2006 között

Hőhullámesemények	Többlethalálozás	Viszonyítási alap	Hivatkozás
1976. London, Egyesült Királyság	9,7% emelkedés Angliában és Walesben, 15,4% Londonban és körzetében	Ugyanabban az évben bekövetkezett napi halálozás 31 napos mozgóátlag	McMichel – Kovats 1998 (8)
1981. Portugália július	1906 többlethalálozeset országosan, 406 Lisszabonban	Előre jelzett érték	Garcia et al. 1981
1983. Róma, Olaszország	35% többlethalálozás júliusban a 65 évnél idősebb korcsoportban	Az előző év ugyanazon havi halálozáshoz viszonyítva	Todisco 1987
1987. Athén, Görögország július 21–31.	Becsült többlethalálozás >2000 fő	Regresszió-számítás	Katsouyanni et al. 1988
1991. Portugália július 12–21.	997 többlethalálozeset	Előre jelzett érték	Nogueira – Dias, 1999
1995. London, Egyesült Királyság július 30. – augusztus 3.	11.2% (768) eset Angliában és Walesben, 23% (184) Londonban és körzetében	Az előző két évben bekövetkezett napi halálozás 31 napos mozgóátlag	Rooney et al. 1998
1994. Hollandia július 19–31.	24.4% növekedés, 1057 fő (95% CI 913, 1201)	Az előző két évben bekövetkezett napi halálozás 31 napos mozgóátlag	Huynen et al. 2001
2003. Olaszország augusztus 1–8.	9704 fő (23,7%) országosan	2002 ugyanazon időszakának halálozása	Instituto Nazionale di Statistica (ISTAT) 2004

**3. táblázat (folytatás)**

**Hőhullámesemények és a számított többlethalálozás a nemzetközi irodalmi adatok alapján  
1976–2006 között**

2003, Olaszország június 1. – augusztus 15.	3134 fő (15%) növekedés az összes olasz nagyvárosban	2002 ugyanazon időszakának halálozása	<i>Conti et al.</i> 2005
2003, Franciaország augusztus 1–20.	14 802 fő (60%)	2000–2002 ugyanazon idő- szakának átlagos halálozása	<i>Hemon – Jougl</i> 2003
2003, Portugália augusztus 1–31.	1854 fő (40%)	1997–2001 azonos időszaká- nak halálozása	<i>Bothello et al.</i> 2005
2003, Spanyolország augusztus 1–31.	3166 fő (8%)	1990–2002 azonos időszaká- nak halálozása	<i>Martinez – Navarro</i> <i>et al.</i> 2004
2003, Svájc augusztus 1–31.	975 halálest (6.9%)	Poisson-regressziós modell alapján számolt többlethalálo- zás	<i>Grize et al.</i> 2005
2003, Hollandia augusztus 1–23.	1400 halálest	22,3 °C feletti fokok száma szorozva a fokenkénti becsült többlethalalozással (25–35)	<i>CBS</i> 2003
2003, Baden-Württemberg, Németország augusztus 1–24.	1410 halálest	Az előző öt év halálozása alapján	<i>SBW</i> 2004
2003, Belgium május 15. – szeptember 15.	1297 halálest a 65 év feletti csoportjában	1985–2002 azonos időszaká- nak halálozása	<i>Sartor</i> 2004
2003, Anglia és Wales augusztus 4–13.	2091 fő (17%), London körzetében 616 halálest (42%-os többlet)	1998–2002 azonos időszaká- nak átlagos halálozása	<i>Johnson et al.</i> 2005
2006, Anglia és Wales Július 1. és 2. hőhullám	1. hőhullám: nem volt többlethalalozás 2. hőhullám: 4% többlethalá- lozás (680 eset)	Nincs megadva	<i>Health Statistics</i> <i>Quarterly</i> 2006

# KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS AZ EMBERI JOGOK

KONDOROSI FERENC

**Kulcsszavak:** emberi jogok, globalizáció, fenntartható fejlődés, harmadik generációs jogok.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A globalizációra adott válaszként egyre bővül a nemzetközi jog szabályozási köre, azaz a nemzetközi kapcsolatokban az államok egyre több olyan kérdésben lépnek fel közösen, amely korábban a kizárólagos belügyek körébe tartozott. A nemzetközi jogban legújabban kialakult ún. harmadik generációs jogokat (más elnevezéssel szolidaritási jogokat) sokan a „globalizáció kihívásaira adott emberi jogi válaszoknak” tekintik. Ma még nem tisztázott, hogy mely „jogok” tartoznak ebbe a körbe, illetve az ide tartozó jogoknak pontosan mi a tartalma. Ide sorolható például az egészséges környezethez való jog, ami a környezetszennyezés veszélyeire hívja fel a figyelmet, és a klímaváltozás kezelésével kapcsolatban is egyre gyakrabban hivatkoznak rá.

## BEVEZETÉS

A tanulmányban korunk legfontosabb emberi jogi kihívásait tekintjük át a globális felmelegedés jelensége és a fenntartható fejlődés követelményének tükrében. A globális felmelegedés – vagy a folyamat összetettségét jobban tükröző kifejezéssel: a klímaváltozás – ma már általánosan felismert jelenség, létezését, és főként az emberi tevékenységnek a folyamatban játszott szerepét csak egyes szűkebb érdekcsoportok és tudományos körök vitatják (1). A jelenség lényege, hogy a Föld megnövekedett népessége és fogyasztása következtében növekszik a légkör szén-dioxid-tartalma, ami erősíti az üvegházhatást és ezáltal a földi éghajlat megváltozásának kockázatát. Az elmúlt 400 ezer évben nem volt példa olyan magas szén-dioxid-koncentrációra, mint ami jelenleg tapasztalható. További növekedés is várható, és mindez a fenntarthatatlan fejlődés jele. Emelkedik a Föld felszínének át-

laghőmérséklete, gyakoribbak a szélsőséges időjárási események, amelyek eltérő módon hatnak valamennyi környezeti elemre, növekszenek az okozott gazdasági károk és a társadalmi veszélyek (2). Földünkön a klímaváltozás és az emberi tevékenység következtében helyenként a folyók kiszáradása, máshol a tengerszint emelkedése okoz gondokat. A hegységekben földcsuszamlások, a gleccserek olvadása várható (3). Az előrejelzett éghajlatváltozás mind a környezeti, mind a társadalmi-gazdasági rendszereket befolyásolja. Minél nagyobb mértékű és minél gyorsabb ütemű az éghajlat módosulása, annál nehezebben alkalmazkodik hozzá a társadalom, és így a károk is megnövekednek.

*A klímaváltozás nemzetközi békét és biztonságot veszélyeztető jellegének, az éghajlatváltozás elleni küzdelem, a veszélyek felmérése és tudatosítása fontosságának felismerése jutott kifejezésre abban is, hogy a 2007. évi Nobel-békedíjat Al Gore (a*

„Kellemetlen igazság” c. könyvéért) és az *Éghajlat-változási Kormányközi Testület* (IPCC) javára ítélték oda (4). Az IPCC szintetizálja az éghajlattal kapcsolatos új tudományos eredményeket és összefoglaló jelentéseket publikál. 1988-ban a *Meteorológiai Világszervezet* (WMO) hozta létre az *ENSZ Fejlesztési Programjának* (UNEP) támogatásával. Célja, hogy objektív információforrásként szolgáljon a döntéshozóknak a klímaváltozás okairól, hatásairól és az alkalmazkodás lehetőségeiről. Összefoglaló jelentéseit egy tudományos testület állítja össze a legújabb kutatási eredmények alapján, és a kormányok képviselői hagyják jóvá. Első összefoglaló jelentése szolgált az ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezménye (1992) kidolgozásának alapjául. Legutóbbi jelentését 2007. november 17-én hozta nyilvánosságra.

## 1. KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS

A klímaváltozás szorosan összefügg a világgazdaság globalizációjával, a technikai vívmányok, az ipari termelés, a gépesített közlekedés széles körű elterjedésével. A globális felmelegedés a gazdasági globalizáció egyik, a természeti környezetre gyakorolt negatív hatásának tekinthető. Minthogy a globalizáció a gazdasági-társadalmi jelenségek világméretűvé válását jelenti, amelynek következtében a különböző gazdasági-társadalmi problémák nemzetközi jellegűvé válnak, a negatív hatásokból eredő problémák megoldása is nemzetközi összefogást, együttműködést igényel. Az a felismerés, hogy a globalizáció egyes negatív hatásait nemzetközi szinten és átfogó, holisztikus szemlélettel kell kezelni, a fenntartható fejlődés fogalmának elterjedéséhez vezetett.

A fenntarthatóság vagy a fenntartható fejlődés fogalma a szakirodalomban a környezetvédelmi szempontok előtérbe kerülésével párhuzamosan jelent meg. A nemzetközi kapcsolatok egyik meghatározó fogalmává

akkor vált, amikor az *ENSZ Közgyűlése* által létrehozott *Környezet és Fejlődés Világbizottsága 1987-ben „Közös jövőnk”* című jelentésében felvázolta a gazdasági növekedés olyan új korszakának a lehetőségét, amely a gazdasági növekedéssel egyidejűleg megőrzi a természeti erőforrásokat, és megoldást hoz a szegénység leküzdésére is. A fenntartható fejlődés tehát olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő nemzedékek esélyét arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.

A fenntarthatóság igényéből fakadó szemléletmód megjelent a közjogi gondolkodásban is. *Ádám Antal* professzor közhatalmi célnak nevezi a fenntartható fejlődés követelményének érvényesítését (5), *Petrétei József* pedig – a fenntartható fejlődés fogalmát a jogalkotásra és az államszervezet működésére kiterjesztve – fenntartható jogállamról értekezik (6).

A fenntartható fejlődés három alappilléren nyugszik: a szociális, a gazdasági és a környezeti szempontokon. Ezeket együttesen, kölcsönhatásaik figyelembevételével szükséges mérlegelni a különböző fejlesztési programokat. Ez a holisztikus szemlélet jellemző az emberi jogi gondolkodásra is, és a fenntartható fejlődésnek része az emberi jogok biztosítása is. A fenntartható fejlődés egyik célja a szegénység leküzdése, a szociális jólét biztosítása a jelen és a jövő nemzedékei számára, tehát fenntartható gazdasági fejlődés a szociális jogok biztosítása nélkül elképzelhetetlen.

A fenntartható fejlődés környezeti pilléréből következik, hogy a fenntartható fejlődés biztosítása elválaszthatatlanul összefügg a klímaváltozás problémájának kezelésével. A klímaváltozás is olyan (alapvetően a légkör védelmét érintő) környezetvédelmi kérdés, amelyre a fenntartható fejlődés irányának meghatározásakor ajánlatos figyelemmel lenni. Bár a klímaváltozás globális probléma, így a helyi döntéshozók és a kibocsátó tevékenység rövid távú előnyeit élvezők számára gyakran távoli problémá-

nak tűnik, a szennyező anyagok (köztük az üvegházhatású gázok) kibocsátásának csökkentése helyben is javítja a levegő minőségét, így az életkörülményeket. A klímaváltozást és a kibocsátás-csökkentést mindig a fenntartható fejlődés kontextusában célszerű kezelni, ezzel enyhíthetők az érdeklentétek. A fenntartható fejlődés, az emberi jogok és az éghajlatváltozás összefüggő kérdéskörei együttesen szerepeltek 2007. október 24-én az ENSZ Napja alkalmából *Maléban* (a klímaváltozás által súlyosan érintett Maldív Köztársaságban) tartott nemzetközi találkozó is (7).

## 2. A FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS ÉS A GLOBALIZÁCIÓ EMBERI JOGI DIMENZIÓJA

A globalizálódó világban növekszik az államok, népek, emberek egymásra utaltsága, a világ egyes országaiban zajló folyamatok hatása nem áll meg az államhatároknál, hanem a világ más országaiban is érezhető következményekkel jár. Ezzel kapcsolatban egyre gyakrabban fogalmazódik meg a „*globális kormányzás*” (global governance) elmélete és igénye, a nemzetközi szervezetek, különösen az ENSZ és szakosított intézményei, a nemzetközi pénzügyi szervezetek szerepének erősítése és új alapokra helyezése. A globalizáció kihívásaira adott válaszként egyre bővül a nemzetközi jog szabályozási köre, azaz a nemzetközi kapcsolatokban az államok egyre több olyan kérdésben lépnek fel közösen, amely korábban a kizárólagos belügyek körébe tartozott – mint az emberi jogok tiszteletben tartása –, illetve egyre több olyan problémára keresik együttesen a választ, amelyek megoldása a globalizáció hatásai következtében saját lehetőségeiken kívül esik, mint pl. a környezetvédelem, vagy akár a társadalom kettészakadása, a szegénység elleni küzdelem. Ezek a kérdések egyre hangsúlyosabbak a nemzetközi szervezetek tevékenységében is.

Van azonban az emberi jogoknak egy olyan csoportja, amely nem pusztán nemzetközivé vált a globalizáció hatására, hanem maga a globalizáció hozta létre. A nemzetközi jogban legújabbban kialakult ún. harmadik generációs jogokat (más elnevezéssel szolidaritási jogokat<sup>1</sup>) sokan a „globalizáció kihívásaira adott emberi jogi válaszoknak” tekintik.<sup>2</sup> Ma még nem tisztázott, hogy mely „jogok” tartoznak ebbe a körbe, illetve az ide tartozó jogoknak pontosan mi a tartalma. Ide sorolható például az egészséges környezethez való jog, ami a környezet-szennyezés veszélyeire hívja fel a figyelmet, és a klímaváltozás kezelésével kapcsolatban is egyre gyakrabban hivatkoznak rá. A harmadik generációhoz tartozó jogok ma még csak a kialakulás stádiumában vannak a globális problémák megoldásával összefüggésben. Így egyre gyakrabban beszélnek fejlődéshez való jogról, illetve fenntartható fejlődéshez való jogról is.

Ezek a jogok nem realizálhatók teljes mértékben egy állam keretein belül, s nem – vagy csak nehezen – lehet ezeket a jogokat – vagy azok egyes elemeit – az egyén állammal szemben fennálló szubjektív jogaként megfogalmazni. Azonban az egyéni jogok értelmezésénél figyelembe veendő: például az „egészséges környezethez való jog” figyelembe vehető az élethez vagy az egészséghöz való jog értelmezésekor. A klímaváltozás emberi jogi megközelítésének előtérbe kerülésével felerősödtek azok a törekvések, amelyek a fenntartható fejlődéssel összefüggésben jelentek meg először, hogy az egész-

<sup>1</sup> *Mavi Viktor* szolidaritási jogok néven illeti az emberi jogok legújabb csoportját, az emberek, népek közötti szolidaritásban jelölve meg ezzel a közös háttérüket (8).

<sup>2</sup> *Kardos Gábor* a „harmadik nemzedékbe” tartozó jogokat, amelyek szerinte nem is „jogok” (mert alanyuk és tartalmuk nem tisztázott), és nem alkotnak nemzedéket sem (minthogy nincs közöttük megfelelő koherencia), a globális problémákra adott emberi jogi válaszokként határozza meg. A közös ezen jogokban „a globális kihívások áthelyezésének, szintetizálásának és adaptálásának megkülönböztetésére az emberi jogok rendszerébe” (9).

séges környezethez való jogot, illetve annak meghatározott részjogosítványait egyéni jogként, bírói úton kikényszeríthető formában fogalmazzák meg nemzeti és nemzetközi szinten egyaránt.

A globalizáció a kölcsönös összefüggésekből táplálkozik és azokat erősíti. Ezzel kapcsolatban nemcsak az emberi jogok kölcsönös összefüggésének elvét célszerű megemlíteni, miszerint az egyes emberi jogok, illetve az emberi jogok különböző nemzedékei olyan szorosan összefüggnek, hogy egyiknek a hatékony élvezete sem biztosítható a másik nélkül, hanem azt is, hogy a világ egyik pontján sem biztosíthatók maradéktalanul az emberi jogok úgy, ha másutt tömegesen a jogsértések. A béke veszélyeztetésén túl elég itt a menekülthullámok által okozott feszültségekre gondolni, amelyek a származási országokban elkövetett jogsértéseket a célországokba „exportálják”, és a fogadó országokban okoznak társadalmi feszültségeket a jóléti ellátórendszerekre gyakorolt nyomással, a menekülttáborok embertelen körülményeivel és az egyre gyakoribb rasszista és idegengyűlölő megnyilvánulásokkal.

A globalizáció a munkajogi helyzet mellett negatív hatással volt az emberi jogokra számos más területen is. A globalizáció nagymértékben növelte például az egyenlőtlenségeket, szemben a diszkrimináció-mentesség emberi jogi alapjával. Egyenlőtlenségek természetesen már a globalizáció kezdete előtt is léteztek, de a globalizáció folyamatai tovább rontották a helyzetet. Növekszik a társadalmi szakadék és a szegénység, így a globalizáció előnyeit csak földrajzilag, jövedelem és – a telekommunikáció terén – nyelvismeret által is behatárolt csoportok élvezhetik. Növekszik a város és a vidék közötti szakadék, és az esélyegyenlőtlenségek nemcsak az „észak-dél” választóvonal szerint, hanem a fejlett világon belül is növekednek, s erősödik a faji diszkrimináció jelensége. Különösen kedvezőtlen hatással volt a globalizáció a nők helyzetére a fejlődő világban, ahol a nők tömeges

munkába állása – rosszul fizetett szektorokban – a városokba vándorlással párosult, ahol a gyökértelenség, szegénység és kiszolgáltatottság miatt tömegesen válnak prostitúció és emberkereskedelem áldozataivá. A globalizáció ugyanakkor nem mindig okozója a napjainkban előtérbe került emberi jogi problémáknak, csak erőteljesebben ráirányította a figyelmet a korábban is létezett, de figyelmen kívül hagyott jelenségekre (10). Ugyanez igaz a globális felmelegedésre is: a környezetszennyező tevékenység hátrányait nem ugyanazok szenvedik el, mint akik az előnyeit élvezik, és a meglévő egyenlőtlenségek tovább fokozzák a klímaváltozásból eredő problémákat. A globális felmelegedés elsődleges hatásai ugyanis elsősorban a fejlődő trópusi, szubtrópusi országokban jelentkeznek, ahol a lakosság megélhetése jobban kötődik a mezőgazdasághoz, a természetes környezethez, nagyobb a szegénység, és anyagi bázis hiányában kisebb az egyes emberek és társadalom alkalmazkodóképessége és a károk megelőzésének vagy csökkentésének lehetősége. A globalizáció kedvezőtlen hatásai mára a globális kormányzás elveivel összhangban a nemzetközi szervezetek érdeklődésének középpontjába kerültek, a politikai programalkotás elengedhetetlen elemévé váltak.

A globalizáció negatív hatásai elleni küzdelemben egyre gyakrabban felmerül, hogy az államok mellett a nemzetközi szervezetek (különösen a nemzetközi pénzügyi szervezetek szerepét szem előtt tartva) és a multinacionális vállalatok nemzetközi felelősségre vonásának lehetőségét is meg kellene teremteni az emberi jogok és a környezet hatékonyabb védelme érdekében. Terjedőben van az a felfogás, hogy az államok nemcsak arra kötelesek nemzetközi emberi jogi kötelezettségvállalásaik alapján, hogy önmaguk tiszteletben tartásáért ezeket a jogokat, hanem arra is, hogy a joghatóságuk alatt álló magánszemélyekkel és -szervezetekkel is tiszteletben tartassák azokat. A jelenlegi helyzetben azonban az államok közössége szá-

mára különös kihívást jelent a multinacionális vállalatok tevékenysége, amelyek teljes mértékben élvezik a globalizáció gazdasági előnyeit, azonban a hátrányok csökkentésében való közreműködésük igen nehezen biztosítható: gazdasági erejük gyakran többszöröse egy-egy kisebb államénak, ugyanakkor a nagyobb államok is nehezen biztosíthatják felettük joghatóságukat nagyfokú mobilitásuk következtében.

A multinacionális vagy transznacionális vállalatok tevékenységének megfelelő emberi jogi keretek közé szorítása érdekében az ENSZ főtitkára 1999-ben meghirdette a „Global Compact” (11) elnevezésű programot, amely megerősített keretet biztosít a nemzetközi üzleti világ és az ENSZ közötti együttműködéshez, és a vállalati szektort közvetlenül bevonja az ENSZ emberi jogi okmányaihoz foglalt normák megvalósításába. A Global Compact keretében a vállalatok olyan üzletpolitikát és magatartási kódexet alakítanak ki, amelyek figyelembe veszik a nemzetközi emberi jogi és munkajogi követelményeket, s ennek megfelelő munkakörülményeket és munkafeltételeket biztosítanak az általuk foglalkoztatott alkalmazottak számára, s ezeket a követelményeket számon kéri a beszállítóiktól is. Továbbá az üzletpolitika részévé tehetik, hogy csak olyan államokban eszközölnek befektetéseket, amelyek tiszteletben tartják az alapvető emberi jogokat. A Global Compact tíz alapelve közül három a környezetre vonatkozik: a résztvevőket a környezeti óvintézkedések támogatására, a nagyobb környezeti felelősségvállalásra, valamint a környezetbarát technológiák kifejlesztésére és elterjesztésére ösztönzi. Az üzleti szféra azért vesz részt ebben a programban, mert egyre erősebb a felismerés, hogy az emberi jogok előmozdítása az üzleti teljesítmény javítása szempontjából is fontos eszköz. A vállalatokat egyrészt a fogyasztók egyre növekvő tudatossága sarkallja arra, hogy tiszteletben tartásuk dolgozóik minimális jogait, csakúgy, mint a környezetvédelmi, állatvédelmi szempontokat. Továbbá az *Emberi Jogok*

*Egyetemes Nyilatkozatában* foglalt alapelvek hozzájárulnak a stabil, jogállami társadalom kialakulásához, amely hatékonyabb és stabilabb üzleti környezetet teremt. Emellett egyre inkább elfogadottá válik az a nézet, hogy az alkalmazottak hatékonyabban dolgoznak, ha jól érzik magukat, vagyis tisztességesen és méltósággal kezelik őket. A befektetések célországjaiban és a kereskedelmi partner államokban az emberi jogok tiszteletben tartásának előmozdítása pedig azért áll érdekében az üzleti szférának, mert a fejlett államok egyre gyakrabban alkalmaznak különböző kereskedelmi szankciókat az emberi jogokat súlyosan megsértő államokkal szemben, s ezek a szankciók akadályozzák a szabad üzleti kapcsolatokat. Ezzel szemben a multinacionális vállalatok, s általában az üzleti szféra érdeke, hogy a szankciók ne korlátozzák globális üzleti lehetőségeiket, a piacok nyitottak maradjanak, és ennek biztosításához hozzájárulhatnak azzal, hogy ezekben az országokban előmozdítsák az emberi jogi helyzet javulását, például a helyi jóléti, egészségügyi, oktatási és környezetvédelmi infrastruktúra támogatásával vagy az emberi jogi ismeretek terjesztésével és a civil társadalom erősítésével (12).

Egyre gyakrabban felmerül a vállalatok állami szabályozáson túlmutató, önkéntes felelősségvállalásának (corporate social responsibility, CSR) igénye is. A társadalmilag felelős befektetések lényege, hogy a gazdasági szempontok mellett a fenntartható fejlődés követelményeinek megfelelően szociális, környezetvédelmi és etikai szempontokat is figyelembe vesznek. Erre szakosodott intézmények minősítik a vállalatokat a nem gazdasági kritériumok szerint, és a befektetők ezen mutatók figyelembevételével dönhetnek. Helyenként az államok is hozzájárulnak ennek a gyakorlatnak a sikeréhez azáltal, hogy előírják például a nyugdíjpénztárak számára, hogy hozzájáruljanak a nyilvántartásra, hogy befektetéseik során milyen szociális, ökológiai és etikai szempontokat érvényesítenek (14). Ezután az ezekre a

szempontokra érzékeny, tudatos polgárok választhatnak, hogy mely nyugdíjpénztárak tagjaivá válnak, azaz milyen irányultságú befektetéseket preferálnak.

Amint az emberi jogok tiszteletben tartásának előmozdítását is a gazdasági előnyök hangsúlyozásával kívánták elérni, a klímaváltozással összefüggésben is készültek gazdasági számítások arra vonatkozóan, hogy milyen következményekkel jár, ha nem teszünk semmit a globális felmelegedés megakadályozására, illetve milyen költségeket jelent az azonnali cselekvés, a széndioxid-kibocsátás csökkentése. Az *Egyesült Királyság* kormányának felkérésére készült „*Stern jelentés*” megállapította, hogy a klímaváltozás rövid távon akár 20%-kal is csökkentheti a globális gazdaságot, míg ha most cselekszünk, akkor annak költségei nem haladják meg a globális GDP 1%-át éves szinten (15). A klímaváltozás elleni fellépést szorgalmazók hangsúlyozzák, hogy a kibocsátások csökkentésével járó gazdasági csökkenést ellensúlyozhatja, mérsékelheti az új, környezetbarát, megújuló energiaforrásokra épülő gazdasági ágazatok fellendülése.

A fenntartható fejlődés célja – a globalizáció negatív hatásainak ellensúlyozásaként – a szociális jólét előmozdítása a környezet eltartó képességének keretei között. Tehát a fenntartható fejlődés fogalma egyértelműen kapcsolatba hozható a gazdasági és szociális jogok biztosításával. Ezek a jogok a kölcsönös összefüggés elvére tekintettel nem biztosíthatók a polgári és politikai jogok nélkül, tehát a fenntartható fejlődésnek része a polgári és politikai jogokat biztosító demokratikus társadalmak fejlesztése is. Ezt támasztja alá az is, hogy a fenntarthatóság feltételei, illetve a fenntartható fejlődés alapelvei között a szubszidiaritás követelménye is szerepel. A globalizáció következtében a döntési szintek az egyéntől egyre távolabb helyezkednek el, és a döntéshozatali folyamat a polgárok számára egyre átláthatatlanabb. Ez a közélettől, a politikától való elidegenedéshez vezet. A szubszidia-

ritás elve ezzel szemben azt jelenti, hogy a döntéseknek vissza kell kerülniük az emberekhez közelebbi szintekre, erősíteni kell a helyi közösségek öngazgatási rendszerét. A döntéshez közelebb kerülve nő az emberek szabadságérzete, ugyanakkor felelősségvállalása is. A döntési folyamat az egyre nagyobb közösségi struktúrák felé haladó érdekegyeztetésen alapul, amely biztosítja a fenntartható fejlődés különböző tényezőinek, a különböző gazdasági, környezeti és társadalmi érdekeknek a figyelembevételét és összehangolását (16). Ez az összefüggés is indokolja a civil társadalom bevonását a klímapolitikát és a környezetvédelmi kérdéseket érintő döntéshozatali folyamatokba.

A globalizáció számos területen negatívan befolyásolta az emberi jogok érvényesülését, különösen az egyenlőtlenségek fokozódásával. A fenntartható fejlődés egyik célja ezeknek az egyenlőtlenségeknek a felszámolása. A globalizáció negatív hatásaival szembeni küzdelemben egyre növekvő szerepe van a civil társadalom szervezeteinek és azok nemzetközi összefogásának; és ehhez a küzdelemhez maga a globalizáció egyik motorja, az információs technológia fejlődése nyújt kulcsfontosságú eszközöket. A fenntartható fejlődéstől, és ennek részeként a klímaváltozás kezelésétől tehát elválaszthatatlan az emberi jogok teljes körű biztosítása.

### 3. A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA AZ EMBERI JOGOKRA

A klímaváltozás összetett jelenségének sajátossága, hogy az emberi jogokra gyakorolt negatív (és esetenként pozitív) hatásai térben és időben egyenlőtlenül oszlanak el, ráadásul többnyire kiszámíthatatlanok és esetlegesek. A klímaváltozás nem egyformán érint minden ökoszisztémát, és az ezekre épülő emberi társadalmak sebezhetősége is meglehetősen különböző. Így a környezeti változások különbözőképpen hatnak a mezőgazdaságból élőkre vagy a városokban

élőkre; a szegénységgel küzdő embereket nagyobb mértékben sújtják, mint a biztosítással és az alkalmazkodáshoz szükséges pénzeszközökkel rendelkező gazdagabb embereket. A klímaváltozás jövőbeli hatásai (azok jellege és mértéke) attól is függnek, hogy a gazdasági-társadalmi fejlődés milyen irányba halad, milyen gyorsan és milyen határozott intézkedések születnek az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére (17).

A klímaváltozás elsődleges emberi jogi hatása, hogy tovább növeli az egyenlőtlenségeket mind a jelen nemzedékek között (a különböző nemzetek és társadalmi csoportok között), mind a jövő generációk tekintetében. Míg egyes területeken bizonyos társadalmi csoportok a szén-dioxid-kibocsátással járó tevékenység előnyei mellett esetleg a klímaváltozásnak is (átmenetileg) pozitív hatásait élvezhetik (így a kevésbé hideg tél előnyeit, vagy egyes mezőgazdasági ágazatokban – amíg a felmelegedés nem halad meg egy meghatározott szintet – jobb termésátlagokat),<sup>3</sup> addig ugyanezen területeken más társadalmi csoportok, vagy a más területeken élő emberek a negatív hatásoktól szenvednek. Általánosan elismert összefüggés, hogy a szegényebb rétegeket és országokat nagyobb mértékben sújtják a globális felmelegedés következményei, tovább növekszik a szegénység, így a társadalmi szakadék egyre mélyül. A jövő nemzedékek tekintetében pedig a klímaváltozás az életminőségen túl magának az emberi életnek a fennmaradási esélyét veszélyezteti. Egész népek és kultúrák eltűnésével kell számolni: különösen az őslakos népek jogait veszélyezteti az élőhelyeik megszűnése (pl. a tengerszint emelkedése miatt) vagy az ökoszisztéma olyan mértékű megváltozása, ami lehetetlenné teszi hagyományos életmódjuk folytatását (mint a sarkkörön túli

felmelegedés teszi a kanadai eszkimó lakosság, az inuitok megélhetését jelentő vadászattal).

A klímaváltozás emberi jogokat érintő legkézenfekvőbb, leglátványosabb (közvetlen) hatásai egyrészt a természeti katasztrófák által az élethez és a testi épséghez való jog veszélyeztetésében, másrészt az emberi élet fenntartásához szükséges alapvető természeti kincsek lerombolása vagy veszélyeztetése által a vízhez, élelemhez és egészséghez való jog veszélyeztetésében jelentkeznek. Míg a Föld egyes térségeiben a tengerszint-emelkedés és az áradások veszélyeztetik az emberi élőhelyeket és az emberi életet, addig más területeken (vagy az áradással, extrém esőzessel sújtott térségekben időszakosan) az aszálykárokkal, az ivóvízbázis csökkenésével, kimerülésével kell szembenézni, és mindenütt a vízminőség romlásával kell számolni. A mezőgazdaság élelmiszertermelő képessége csökken (nagyobb hőmérséklet-emelkedés esetén a mérsékelt éghajlati övezetben is), ami az éhínség veszélyét vetíti előre, különösen a szegényebb országokban, ahol már ma is jellemző az alultápláltság. A rendelkezésre álló élelmiszer mennyiségének csökkenése (romló minőség mellett is) mindenképpen együtt jár az élelmiszerárak növekedésével, ami a gazdagabb országokban is aránytalanul sújtja a lakosság szegényebb rétegeit (közvetve pedig fokozza a szociális ellátórendszerek terhelését), és növeli az alultápláltságtól szenvedők számát.

Az egészséghez való jog érvényesülésében meghatározó szerepe van a biztonságos ivóvíznek és a megfelelő élelemnek, ezek hiányában nyilvánvalóan az egészséghez való jog is veszélyeztetett. Az ivóvíz minőségi romlása a víz által terjesztett betegségek gyakoriságát növeli, az alultápláltság pedig különösen a gyermekek testi és szellemi fejlődését veszélyezteti, és a felnőttek körében is csökkenti aktivitást eredményez. A megnövekedett hőség (amit sokszor a légszennyezettség és a magas páratartalom is tetéz) főként a városlakókat érinti, főként

<sup>3</sup> Ld. bővebben az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC) jelentéseit; pl. Európára vonatkozóan: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter12.pdf>

az időseket, betegeket, és azokat, akiknek nincs légkondicionálójuk. 2003-ban Európában a becslések szerint 22–35 ezer ember halt meg a nyári hőség következtében. Az átlaghőmérséklet emelkedésével a trópusi rovarok által terjesztett fertőző betegségek (mint a malária) is északabbra húzódnak. Már ma is évente 150 ezer halálesetet és 5 millió megbetegedést tulajdonítanak a globális felmelegedés malária és egyéb betegségek terjedésére gyakorolt hatásának (főként a szegényebb országokban). A gazdagabb országokban a közvetlen egészségügyi károk az anyagi ráfordítások növelésével (védőoltásokra fordított kiadásokkal) megelőzhető vagy mérsékelhető.

Az extrém időjárási helyzetek természeti csapásokat eredményeznek (áradás, földcsuszamlás stb.), amelyek emberéletet követelhetnek, és nemcsak a túlélők testi épségét veszélyeztetik, hanem a katasztrófa élményének és a kitelepítésnek a mentális egészségügyi következményeivel is számolni kell. A hőség okozta és a fertőző betegségek mellett az egészségügyi ellátórendszernek fel kell készülnie a légúti és (az erősödő UV sugárzásnak köszönhető) bőrbetegségek gyakoriságának növekedésére is.

Az egészségügyi ellátórendszeren túl egyéb társadalmi alrendszerek működésére is hatással lehet a természeti katasztrófák következtében lakóhelyükről elmenekülők áradata. Az ökológiai vagy környezeti menekültek (akikre a jelenlegi nemzetközi jogi szabályok értelmében nem terjed ki a menekültek fogalma és jogállása) számát 2050-re 150 millióra, az akkori várható népesség 1,5%-ára becsülik. Ez a jelenség csatolja leglátványosabban vissza a klímaváltozás tipikusan szegényebb országokban és régiókban ható következményeit a klímaváltozás előidézésében nagyobb szerepet játszó fejlettebb országokba. A migrációs hullámok a fogadó országokban társadalmi feszültségeket okoznak a jóléti ellátórendszerekre gyakorolt nyomással és az egyre gyakoribb rasszista és idegengyűlölő megnyilvánulásokkal.

A klímaváltozás hatásai következtében előforduló természeti katasztrófák, például az áradások vagy a nagy erejű szélviharok hatalmas anyagi károkat okoznak (pl. a lakóházakban), és ezáltal veszélyeztetik a tulajdonhoz való jog élvezetét, valamint a lakhatáshoz való jog érvényesülését is. A mezőgazdasági földterületek mint tulajdon tárgyak is veszélybe kerülhetnek, és ez megfosztja az érintetteket a megélhetési forrástól (illetve másokat is az élelemhez való jog kielégítésének forrásaitól).

A klímaváltozás a gazdasági növekedésre is negatív hatással lehet: a mezőgazdasági megélhetésüket elvesztők munkanélkülivé válása és a szegénység növekedése a gazdasági és szociális jogok megsértéséhez vezet, illetve a szociális ellátórendszerek túlterhelését, a szegénység kezelése érdekében az állami jóléti kiadások növelésének szükségességét vetíti előre. Az állami költségvetési kiadások növelését igényli a katasztrófavédelem megerősítése, az árvizek elleni védekezés és egyéb megelőző-alkalmazkodó intézkedések megtétele is. A növekvő költségvetési kiadások fedezéséhez szükséges állami elvonások, továbbá a szélsőséges időjárási események következtében a gazdasági szféra szereplői által elszenvedett károk visszafogják a gazdasági növekedést, ami a gazdaság és az emberi jogok bonyolult összefüggésrendszerében (a fentebb kifejtettek szerint) az emberi jogok széles skálájának megsértéséhez vezethet.

#### 4. A GLOBÁLIS FELMELEGEDÉS ELLENI KÜZDELEM EMBERI JOGI MEGKÖZELÍTÉSE

A klímaváltozás többször említett jellemzője, hogy növeli az egyenlőtlenségeket, a hasznok és a terhek egyenlőtlenül oszlanak el a klímaváltozást okozó (fokozó) gázokat kibocsátók és a klímaváltozás következményeit elszenvedők között. Ezen felismerés nyomán a *méltányosság és igazságosság elvei* alapján vetették fel először a fejlettebb

országok (a fő kibocsátók) felelősségét a fejlődő országokkal szemben. Ma már nemzetközi szinten egyre inkább előtérbe kerül a klímaváltozás emberi jogi alapú megközelítése (18).

Az *osztó igazságosság* alapján a környezeti veszélyek és ártalmak, valamint a befektetések előnyeinek egyenlő (diszkriminációmentes) elosztását hirdetve bontakozott ki az *Amerikai Egyesült Államokban* az 1980-as években az „*Environmental Justice*” mozgalom. A hagyományos környezetvédelmi kérdéseket társadalmi kontextusba helyezték, és rámutattak a környezetszennyezésnek az egyes társadalmi csoportokat aránytalanul nagyobb mértékben sújtó hatásaira, hangsúlyozva a faji és nemi alapú megkülönböztetést. Olyan jogok elismerésének szükségességét fogalmazták meg, mint a tiszta levegőhöz, földhöz, vízhez és élelemhez való alapvető jogok; környezeti információhoz való jog és részvételi jog a döntéshozatali folyamatokban; a dolgozók joga egészséges és biztonságos munkakörülményekhez anélkül, hogy választaniuk kellene a veszélyes megélhetés és a munkanélküliség között; a környezeti ártalmak áldozatainak teljes körű kártérítéshez és minőségi egészségügyi ellátáshoz való jog. A mozgalom szorgalmazta a jelen és jövő nemzedékek érdekében a fogyasztói szokások megváltoztatását, valamint az iskolai oktatásban a társadalmi és környezeti kérdések hangsúlyozását.

Ezzel párhuzamosan került előtérbe nemzetközi szinten a fenntartható fejlődés fogalma, amely fokozottan ráirányította a figyelmet a környezetvédelmi kérdésekre, azok gazdasági és társadalmi összefüggéseit is figyelembe véve. A fenntartható fejlődés emberi jogi megközelítése alapján a globális civil mozgalmak a környezeti emberi jogok elismerését javasolták a nemzetközi közösség számára. Ilyen jogok: az egészséges környezethez való jog (mint anyagi jog), amely magában foglalja az életet és az egészséget veszélyeztető ártalmaktól mentes környezethez való jogot, a környezetromboló és -szennyező tevékenységek elleni vé-

delmet, a tiszta vízhez való jogot; valamint a környezetért cselekvéshez való jog (mint eljárási jog), amely a környezetet érintő döntéshozatalban való részvételhez, az ehhez szükséges tájékoztatáshoz való jogot, valamint a bírósághoz fordulás (közérdekű igényérvényesítés) jogát foglalja magában. Mindezek a jogok természetesen – az emberi jogok interdependenciája, kölcsönös összefüggése következtében – szoros kapcsolatban állnak a hatályos nemzetközi szerződésekben már elismert polgári és politikai, illetve gazdasági, szociális és kulturális jogokkal, mint az élethez, egészséghez való jog, egyesülési jog, véleménynyilvánítás szabadsága, tisztességes eljáráshoz való jog stb. Megfogalmazódott továbbá a környezeti biztonsághoz való jog elismerésének igénye, valamint az áldozatok kártalanításhoz való joga.

Az *osztó igazságosság* elmélete (amelyre az ENSZ 1992. évi klímaváltozási keret-egyezménye is épült) az emberek (államok) közötti egyenlőtlenségek kiegyenlítésére, a javak és jogok arányos elosztására törekszik, míg az emberi méltóságra épülő igazságosság elmélete bizonyos életkörülmények abszolút szükségességéből indul ki, amelyet mindenki számára biztosítani kell. Az emberi méltóság biztosítását szolgálják az emberi jogok. A klímaváltozás emberi jogi megközelítésének előnye, hogy a jogosultságok kötelezettségeket keletkeztetnek. Ebben a megközelítésben a környezetvédelem, a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése, valamint a klímaváltozás által okozott károk enyhítése nem kegy vagy jótékonyság kérdése, hanem az államok kötelezettsége. Az emberi jogok nyelve egy közös nemzetközi nyelv (19); és a globalizáció negatív hatásai elleni küzdelemben az emberi jogok tiszteletben tartására irányuló erőfeszítések példaként szolgálhatnak a klímaváltozás elleni küzdelemben.

Ezen közös nemzetközi nyelv alapján az emberi jogi kötelezettségek elsődleges címettei az államok. A gazdasági, szociális és kulturális jogokkal összefüggésben kialakult

elméletnek és a vonatkozó nemzetközi jogi szabályoknak megfelelően az államok kötelezettsége a klímajogokkal kapcsolatban is három csoportba sorolható:

1. A tiszteletben tartás kötelezettsége (obligation to respect) elsősorban a káros kibocsátó tevékenységtől tartózkodást követeli meg az állam részéről.

2. A védelmi kötelezettség (obligation to protect) a harmadik személyek (államok vagy vállalatok) általi kibocsátással szembeni fellépéssel, nemzetközi együttműködés útján teljesíthető.

3. A szolgáltatási kötelezettség (obligation to fulfill) pedig megköveteli, hogy az állam tegyen megfelelő intézkedéseket annak érdekében, hogy előmozdítsa a lakosság alkalmazkodóképességét, gátakat építsen stb.

A klímajogok hatékony érvényesítése a transznacionális vállalatok felelősségvállalása nélkül elképzelhetetlen. Jelenleg a nemzetközi jog csak az államok számára állapít meg kötelezettségeket, az emberi jogok megsértéséért is – az ellenőrzési, végrehajtási mechanizmusok korlátai között – csak az államok vonhatók felelősségre (a nemzetközi bűncselekményektől eltekintve). A transznacionális vállalatok önkéntes alapon vesznek részt az emberi jogok előmozdítását célzó nemzetközi együttműködésben (ld. fent: Global Compact, corporate social responsibility). Ez az együttműködés már ma is felöleli a környezetvédelmi kérdéseket, így kiterjeszhető a klímaváltozás elleni küzdelemre, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére. Az államok feladata, hogy megfelelő ösztönző intézkedéseket fogadjanak el a transznacionális vállalatok és a nemzetközi üzleti szféra felelősségvállalásához ezen a területen, és eleget tegyenek védelmi kötelezettségüknek.

A klímajogoknak az is sajátossága, hogy a klimatikus hatások nem tulajdoníthatók egyetlen meghatározható felelősnek, az okozati összefüggés egy konkrét cselekvés és egy konkrét káresemény között legtöbbször nem kimutatható. Ezért is szükséges a nem-

zetközi összefogás a klímajogok érvényesítéséhez.

A klímaváltozás emberi jogi megközelítésének megerősödése azért is kívánatos, mert a méltányosság és az osztó igazságosság elvén alapuló eddigi nemzetközi törekvések nem vezettek eredményre, a kibocsátás szintje globálisan tovább növekszik. Persze az emberi jogi megközelítés sikeréhez sem fűzhetünk felhőtlen reményeket, ha figyelembe vesszük, hogy az egyik legnagyobb kibocsátó, az *Amerikai Egyesült Államok* – a *Kiotói Jegyzőkönyvhöz* hasonlóan – azokat az emberi jogi egyezményeket sem ratifikálta, amelyek a klímajogok biztosításának csíráját jelenthetnék. Ilyen például az ENSZ gyermekjogi egyezménye, amelynek értelmében minden gyermeknek joga van az elérhető legmagasabb szintű egészséghez (24. cikk), és az államok kötelessége megfelelő intézkedéseket tenni, pl. a tiszta ivóvíz biztosítása érdekében, a környezetszennyezés veszélyeinek és kockázatainak figyelembevételével. Az egyezmény 4. cikke értelmében a gyermekjogok biztosításához szükséges intézkedéseket az államoknak a rendelkezésükre álló erőforrások maximális felhasználásával kell megtenniük, valamint a nemzetközi együttműködés keretében is. Ez a rendelkezés tehát egyfajta területen kívüli felelősséget is keletkeztet. A klímaváltozás gyermekjogi megközelítése egyébként azért is szükséges, mert a gyermekeket (akik már a jövő nemzedékeit képviselik) a klímaváltozás és a környezetszennyezés hatásai a felnőtt lakossághoz képest aránytalanul sújtják. Az *Egészségügyi Világszervezet* (WHO) adatai szerint a halálozások 1/3-a környezeti ártalmakra vezethető vissza, ennek 40%-a pedig az öt éven aluli gyermekeket érinti, akik a népességnek csak 10%-át teszik ki.

Ugyancsak utal a nemzetközi együttműködés fontosságára a Gazdasági, szociális és kulturális jogok *Nemzetközi Egyezségokmánya*, amely biztosítja a megfelelő életszínvonalhoz (élelemhez, ruházathoz és lakhatáshoz) való jogot (11. cikk), valamint a

lehető legmagasabb szintű egészséghez való jogot (12. cikk). A hatályos emberi jogi egyezmények azonban csak közvetve biztosítanak környezeti/klímajogokat, és további hiányosságuk, hogy nem kapcsolódik hozzájuk valóban hatékony nemzetközi ellenőrzési/kikényszerítő rendszer, csak az államok időszakos jelentéseinek vizsgálata alapján megfogalmazott ajánlások jelentik ezen jogok megsértésének „szankcióit.”

Mindenesetre a civil társadalom megpróbálja a rendelkezésre álló nemzetközi emberi jogi kereteket a leghatékonyabban felhasználni az államokkal szembeni nyomásgyakorlás érdekében. A *Kanadában* élő inuitok képviselői például panaszt nyújtottak be az *Amerikai Egyesült Államokkal* szemben az *Amerikai Államok Szervezete* (OAS) keretében létrehozott *Emberi Jogok Amerikai-közi Bizottságához* (20). A sarkkörön túli olvadás ugyanis az inuitok (mint őslakos nép) hagyományos életmódját veszélyezteti: a jégkunyhók olvadása fenyeget, nyáron már légkondicionálót kell használniuk, és a jégpáncél elvékonyodása következtében a vadászat sem biztonságos. A panaszt benyújtók álláspontja szerint az Amerikai Egyesült Államok, amely a Föld népességének 5%-át adja, ugyanakkor a szén-dioxid-kibocsátás 25%-áért felelős, és nem mutat hajlandóságot sem a csökkentésre, felelős ezért a klímaváltozásért, és az ezáltal okozott emberi jogi jogsértésekért (21). A Bizottság 2007 márciusában nyilvános meghallgatást tartott a panasz tárgyában, de állásfoglalására még várni kell. Első jelentése egyébként nem is nyilvános, csak a második jelentést hozhatja nyilvánosságra ajánlásaival, ha az első jelentés alapján az érintett állam nem teszi meg a szükségesnek ítélt intézkedéseket.

Bár a nemzetközi emberi jogi okmányok gyenge anyagi jogi alapokat teremtenek a környezeti jogok tekintetében, számos olyan nemzetközi szerződés született már, amely a részes államok kötelezettségévé teszi a környezeti eljárási jogok biztosítását. Az *ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezménye* (22), amelyet 1992-ben fogadtak el és 1994-ben

lépett hatályba, még nem biztosította alanyi jogként az információhoz jutás és a döntéshozatali folyamatban való részvétel jogát, csak az államok által az egyezmény végrehajtása érdekében tett intézkedések során előmozdítandó tényezőként említi a nyilvánosság részvételét és tájékoztatását (6. cikk). Jelentős előrelépést jelentett az *ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága* égisze alatt Aarhus-ban, 1998-ban elfogadott (2001-ben hatályba lépett) egyezmény a környezeti ügyekben az információhoz való hozzáférésről, a nyilvánosságnak a döntéshozatalban történő részvételéről és az igazságszolgáltatáshoz való jog biztosításáról. Az egyezménynek eddig 40 európai állam és az *Európai Közösség* vált részesévé. Az egyezmény alapján a részes államok kötelesek a környezetvédelmi ügyekben biztosítani a nyilvánosság számára a jogot az információk hozzáférhetőségéhez, a döntéshozatalban való részvételhez (amely kiterjed mind az egyes tevékenységekkel kapcsolatos döntéshozatalra, mind a környezetet érintő általános tervek elfogadására, valamint a környezetet érintő jogalkotásra is) és az igazságszolgáltatás igénybevételéhez. A környezeti eljárási jogokat tehát széles körben biztosítja, ugyanakkor környezeti anyagi jogokról nem rendelkezik. A preambulum és az 1. cikk is említi ugyan a jelen és jövő generációkban élő minden egyén jogát, hogy egészségének és jólétének megfelelő környezetben éljen, mint amelynek előmozdítása az egyezmény célja, ez azonban nem tekinthető alanyi jognak. Az egyezmény megerősítésekor tett nyilatkozatában az *Egyesült Királyság* külön hangsúlyozta, hogy ez csak cél, törekvés, és nem jogosultság.

A környezeti anyagi jogok elismerésének egyik akadálya éppen a bírói érvényesíthetőség nehézsége – hasonlóan a gazdasági, szociális és kulturális jogokhoz. Nem véletlen, hogy először a környezeti eljárási jogok nyertek nemzetközi jogi elismerést, hiszen ezek mind olyan jogosítványok, amelyek érvényesülése vagy megsértése bíróság által egyszerűen ellenőrizhető, jellegükben a

polgári jogokhoz (tisztességes eljáráshoz való jog, fegyveregyenlőség, közérdekű adatok megismeréséhez való jog) hasonlóságok. Ezzel szemben a gazdasági, szociális és kulturális jogok tekintetében a nemzetközi szerződések a fokozatos megvalósítás kötelezettségét írják elő az adott állam teherbíró képességének korlátai között. Ezen kötelezettség teljesítése politikai értékválasztásokat, a kormányzati mérlegelés körébe tartozó, a különböző érdekek összehangolásán alapuló, súlyos költségvetési vonzatokkal járó intézkedéseket feltételez, amelyek bírósági felülvizsgálatát általában a hatalmi ágak elválasztásának elvére vagy a kellő szakértelem hiányára hivatkozással nem tartják elfogadhatónak. A gazdasági, szociális és kulturális jogoknak is van azonban egy olyan magja, amelyet minden körülmények között, mindenki számára biztosítani kell. Nemzeti bíróságok előtt a gyakorlatban egyre több példa van arra, hogy egyes második generációs jogok bíróság előtt érvényesíthetők. Mindegyik – tágran megfogalmazott – jognak vannak olyan elemei, amelyek bíróság előtt érvényesíthetők, és az ilyen elemek megfogalmazását a kötelezettségek hármasság tipológiája (tisztelőben tartási, védelmi és szolgáltatási kötelezettség) is elősegíti.

A gazdasági, szociális és kulturális jogok nemzetközi védelmének hatékonyabbá tételére irányuló törekvések között 1990-től kezdődően többször felmerült a *Gazdasági, szociális és kulturális jogok Nemzetközi Egyezségokmányához* egy olyan fakultatív jegyzőkönyv kidolgozásának gondolata, mint amely a *Polgári és politikai jogok Nemzetközi Egyezségokmányához* kapcsolódóan biztosítja az egyéni panaszok benyújtásának jogát. A fakultatív jegyzőkönyv kidolgozására irányuló folyamatban központi szerepet játszottak a gazdasági-szociális jogok természete és bírói érvényesíthetősége körüli viták. Felmerült, hogy csak egyes jogok tekintetében biztosítsák az egyéni panaszjogot (az állam választhat, hogy mely jogok esetében ismeri el vagy zárja ki az

egyéni panaszjogot: à la carte vagy opt-out módszer), de a vitában részt vevők többsége az átfogó megközelítést támogatta, amely az ENSZ keretében létező egyéb egyéni panaszmechanizmusokhoz hasonlóan az Egyezségokmányban biztosított valamennyi jog tekintetében elismeri az egyéni panasz benyújtásának jogát. Ma egy olyan fakultatív jegyzőkönyvtervezet megvitatása van napirenden, amely az államközi és az egyéni panaszjog mellett a kollektív panaszjogot is biztosítaná – az *Európai Szociális Kartához* hasonló módon – a *Gazdasági és Szociális Tanács* mellett konzultatív státussal rendelkező nem-kormányzati szervezetek számára (23). A kollektív panaszmechanizmusok alkalmazásának lehetősége a klímajogokkal kapcsolatban is megvizsgálható, az egyéni panaszjog nemzetközi közösség általi elfogadásának esélye azonban nagyon csekély. Ha a bírói érvényesíthetőséggel kapcsolatos aggályok elméleti szinten tisztázhatóak is, a gyakorlatban a potenciális panaszosok nagy száma (és a panaszáradatnak a nemzetközi jogvédelmi rendszer általi kezelhetetlensége), a rendszer működtetésének költségei mindenképpen visszatartó hatást gyakorolnak az egyéni panaszjog elismerésével szemben.

Addig is a jelenlegi emberi jogi eszköztár intenzívebb felhasználása várható a klímaváltozás elleni küzdelemben. Az emberi jogi megközelítés alapján a globális felmelegedés ellen küzdők az egyes államokkal szemben – a kibocsátások csökkentése érdekében – a szerződésen alapuló kötelezettségvállalásokra, ezek hiányában (ld. Amerikai Egyesült Államok) az *ENSZ Alapokmányában* vállalt kötelezettségekre és az *Emberi Jogok Egyetemes Nyilatkozatára* hivatkozhatnak. Bár az utóbbi dokumentum nemzetközi jogi értelemben nem kötelező erejű jogforrásként jött létre 1948-ban, mára egyre inkább elismertté válik kötelező ereje: egyes vélemények szerint azért kötelező, mert az államok gyakorlata és a számtalan hivatkozás útján mára a nemzetközi szokásjog részévé vált, mások szerint pedig már korábban is kötele-

ző volt, mert az emberi jogok tiszteletben tartására vonatkozóan az ENSZ Alapokmányában foglalt általános rendelkezés értelmezésének tekinthető (24). A Nyilatkozat a polgári és politikai jogok (köztük az élethez, az egyenlő méltósághoz, a tulajdonhoz való jog, a lakóhely megválasztásának szabadsága) mellett második generációs jogokat is biztosít: 22. cikke például kimondja, hogy minden személynek joga van a szociális biztonsághoz, és ahhoz, hogy „az államok erőfeszítései és a nemzetközi együttműködés eredményeképpen” a méltósághoz szükséges gazdasági, szociális és kulturális jogait kielégíthesse. A 25. cikk (1) bekezdése is számos olyan jogot fogalmaz meg, amelyeket az éghajlatváltozás fokozottan veszélyeztet: kimondja, hogy mindenkinek joga van a saját maga és családja egészségének és jólétének biztosítására alkalmas életszínvonalhoz, többek között élelemhez, lakáshoz, orvosi ellátáshoz, valamint mindazon esetekre szóló biztosításhoz, amikor létfenntartási eszközeit akarától független körülmények miatt elveszíti. A nemzetközi együttműködés keretében az államok kötelesek ezeknek a jogoknak az érvényesülését előmozdítani.

Az *Alliance of Small Island States* (a fejlődő világbeli kis szigetállamok szövetsége, AOSIS) 2007. november 14-én Maléban elfogadott nyilatkozatában a klímaváltozás humán dimenziójának figyelembevételére szólította fel a konferencia résztvevőit, továbbá az ENSZ Emberi Jogi Tanácsát és emberi jogi főbiztosát a klímaváltozás emberi jogi hatásainak tanulmányozására kérte (25).

### **5. „THINK GLOBALLY, ACT LOCALLY”: JAVASLATOK A HAZAI KLÍMAPOLITIKA ELEMEIRE**

Magyarország éghajlatát az óceáni, a mediterrán és a kontinentális klímahatások együttesen alakítják. Ezek a Kárpát-medence domborzati hatásaival együtt változó-

konyságot eredményeznek. A hőmérsékletváltozás Magyarországon jól követi a globális módosulásokat, sőt annál valamivel nagyobb melegezési értéket jelez. Az elmúlt 30 évben a melegezés felgyorsult hazánkban. A minimum és maximum hőmérsékletek növekedtek. Az éves csapadékmennyiség a 20. században jelentősen csökkent. A fokozatosan növekedő nyári hőmérséklet következtében súlyos károkkal járó száraz időszakok jelentek meg. További problémákat okoz, hogy az éves szinten kevesebb csapadék intenzívebben érkezik. Ez egyrészt a vízháztartást rontja, mert kevesebb víz szivárog be a talajba, növeli a lefolyást, ami az árvíz- és belvízveszély fokozódását jelenti, és a lezúduló csapadék különféle helyi károkat (sárlavina, földcsuszamlások, lakóépületek elöntése stb.) eredményez. Ha a csapadék hevesen hull le (nyári zivatarok) és kis vízgyűjtőt érint, akkor a felszínborítottóság és a domborzat függvényében hirtelen árhullámok alakulhatnak ki, amelyek nagy anyagi károkat okoznak és emberi életet veszélyeztetnek (26).

A klímaváltozásra való felkészülés hosszú távú feladat, amely magában foglalja a sürgető napi problémák megoldása mellett az olyan előrettekintő döntések meghozatalát, amelyek eredményei csak évek, esetleg évtizedek múlva jelentkeznek. A klímapolitika a csökkentés (mitigation) és az alkalmazkodás (adaptation) kulcsfogalmaira kell épülnön, egyaránt magában foglalva a légkörbe kijutó üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, vagy ezek tartós lekötését, illetve a klímaváltozáshoz való aktív alkalmazkodás módszereit és intézkedéseit, beleértve a megelőzést, védekezést, kármentesítést és helyreállítást. A klímapolitika és a környezetvédelem kérdéseit integrálni kell a döntéshozatali folyamat minden szintjén, be kell építeni az ágazati politikákba, a gazdasági, energiapolitikai, a szociális és az egészségügyi programokba egyaránt.

A kibocsátás csökkentésére irányuló intézkedésekkel párhuzamosan a várható változásokhoz szükséges igazítani a jelenleg

működő éghajlatfüggő rendszereket: a katasztrófavédelmet, az árvízvédelmet, az aszály elleni védekezést. Meg kell vizsgálni a különböző társadalmi-gazdasági alrendszerekre gyakorolt várható hatásokat, és meg kell kezdeni a felkészülést ezekben az alrendszerekben is.

### Légekörvédelem

A klímapolitika elsődleges feladata az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése.

A fosszilis energiahordozókra alapozott energiatermelés és -fogyasztás eredményezi az összes érintett gazdasági tevékenység közül a legnagyobb mértékű szén-dioxid-kibocsátást. Ezért mindenekelőtt ezen a téren van a legnagyobb szükség a kibocsátás-csökkentő intézkedésekre. Az energiatakarékosság, az energia-előállítás, továbbítás és felhasználás hatékonyságának növelése, és főként a fosszilis energiahordozók kiváltása megújuló energiaforrásokkal egyaránt a légekörvédelmet szolgálja. Minden ágazatban felül kell vizsgálni a kibocsátási határértékeket, és meg kell hozni az energiatakarékosságot elősegítő intézkedéseket.

A másik olyan terület a légekörvédelemben, ahol nagyok a potenciális lehetőségek az üvegházhatású gázok csökkentésére, a közlekedés. A közlekedés a világ teljes szén-dioxid-kibocsátásának 22%-át teszi ki. A vasúti személy- és áruszállítás, valamint a tömegközlekedés fejlesztése ily módon a klímapolitika megvalósításának egyik fontos eszköze lehet, a személygépkocsik esetében pedig ösztönözni kell a kisebb kibocsátású és a környezetbarát üzemanyaggal működő típusok elterjedését.

A légekör védelmében fontos szerepe van az erdőgazdálkodásnak, mert az erdők tartósan lekötnek szén-dioxidot. Az időjárási körülményekben bekövetkező változások (aszály, szélviharok, nagy havazások stb.) igen érzékenyen érintik ezt az ágazatot is, ezért az alkalmazkodás megkezdése sürgető

feladat. Növelni kell az erdőterületeket a termőhelynek megfelelően megválasztott, illetve szárazságtűrő fajták telepítésével, és gondoskodni kell az erdőtüzek elleni védekezés rendszerének kialakításáról.

A kibocsátás csökkentésének további fontos eleme a fogyasztói szokások megváltoztatása, ennek érdekében felvilágosító kampányokat kell szervezni, és be kell vezetni az iskolákban a környezettudatos nevelést.

### A klímapolitika emberi jogi alapjainak megerősítése

A *Magyar Köztársaság Alkotmánya* a környezet védelmével, az egészséges környezet biztosításával összefüggésben a következő rendelkezéseket tartalmazza:

„18. § A Magyar Köztársaság elismeri és érvényesíti mindenki jogát az egészséges környezethez.”

„70/D. § (1) A Magyar Köztársaság területén élőknek joguk van a lehető legmagasabb szintű testi és lelki egészséghez.

(2) Ezt a jogot a Magyar Köztársaság [...] az épített és a természetes környezet védelmével valósítja meg.” (27)

Az egészséges környezethez való jog biztosítása államcélként, az állam kötelezettségeként jelenik meg az Alkotmányban, azonban ez a rendelkezés nem keletkeztet kikényszeríthető alanyi jogot. Ezért át kell tekinteni, hogy milyen módon biztosítható az egészséges környezethez való jog (illetve annak részelemei) alanyi jogként, amelyre a környezet érdekében történő fellépés eljárási jogi elemeit építeni lehet. Alanyi jogként az egészséges környezethez való jog (vagy egy speciális klímajog) nagyobb súllyal vehető figyelembe a különböző jogok és érdekek mérlegelésekor, mint egy távoli, elvont, globális közérdek, például amikor a környezetvédelmi érdek (illetve jog) egy másik alapjognak, a tulajdonhoz való jognak, a tulajdon hasznosításának a korlátozását igényli.

Megfelelő anyagi jogi alap nélkül a környezeti eljárási jogok (döntéshozatali folyamatban részvétel joga és bírósághoz fordulás joga) is csak formalitásként működnek, valódi tartalom nélkül. A világosan megfogalmazott anyagi jogi rendelkezések szükségesek ahhoz, hogy a környezet érdekében történő fellépés a döntéshozatali folyamatokban, valamint a közigazgatási és bírósági eljárásokban ne időhúzó akadékoskodásnak tűnjön, az eljárásokat hatékonyan, ésszerű időn belül lehessen lefolytatni, amint azt a tisztességes eljárásból való jog is megköveteli. Az eljárási jogok keretében a közérdekű igényérvényesítés jogát (28) olyan módon kell biztosítani, hogy egyrészt az igényérvényesítési jog körüli vita ne eredményezze az érdemi döntés elhúzóását, másrészt ezzel a joggal ne lehessen visszaélni, ugyanakkor mégis valódi tartalommal bíró jogosultságot keletkeztessen.

A környezetet érintő döntések során biztosítani kell a döntéshozatali folyamatok transzparenciáját, a civil társadalom részvételének lehetőségét. Ehhez szükséges a környezetet érintő adatokhoz hozzáférés joga hatékony gyakorlásának biztosítása. Ezzel összefüggésben át kell tekinteni a hatályos szabályok alkalmazásával kapcsolatos tapasztalatokat.

Intézkedéseket kell tenni a „szennyező fizet” elv hatékonyabb érvényesítése érdekében, és gondoskodni kell a károsultak kártalanításáról, ki kell alakítani az ehhez szükséges jogi és intézményi kereteket.

#### **Egyéb ágazati politikai és jogalkotási intézkedések az alkalmazkodás érdekében**

A klímapolitika kibocsátás-csökkentési intézkedései csak globális összefogás mellett hozhatnak valódi eredményeket. Addig is számolni kell a klímaváltozás negatív hatásaival. Magyarország esetében az árvíz, a belvíz, az özvívízszertű esők, a jégesők, az aszályok, az új kórokozók és kártevők meg-

jelenése, a korai és késői fagyok, a hóadályok, a hőség hullámok, a szélviharok, az erdő- és bozóttüzek okozhatnak gazdasági károkat és társadalmi problémákat. Ezek ellen védekezni szükséges, amit összefoglalóan alkalmazkodásnak nevezünk. Ez magában foglalja a felkészülést, a megelőzést, a kárenyhítést és a helyreállítást. Előtérbe kerül a katasztrófavédelem és az elemi károk enyhítése, ezzel párhuzamosan megnövekszik a meteorológiai előrejelzések fontossága (29).

Nagyobb az eredményes megoldás esélye, ha a csökkentés és az alkalmazkodás együtt és kölcsönhatásaikkal számolva jelenik meg a különféle programokban. Nem elegendő egyedül a csökkentést ösztönözni és támogatni, az alkalmazkodás, és ezen belül a védekezés is igényli az anyagi erőforrásokat. Az alábbiakban az alkalmazkodáshoz szükséges néhány intézkedést sorolunk fel. A probléma és a válaszok összetettsége következtében egy-egy intézkedés több csoportba is besorolható lenne.

(1) Védekezés a vízzel (és hiányával) szemben:

- Árvízvédelem.
- Az özvívízszertű zivatarok idején szükséges intézkedések, illetve a megelőző intézkedések szabályozása.
- A vízerózióval kapcsolatos védekezés.
- Az aszályra hajlamos területek körülhatárolása.
- Az öntözési technológiák jogi szabályozása.
- Ivóvízbázis védelme, a vízminőség biztosítása.
- A városokban és a falvakban a csatornahálózat és a szennyvíztisztítás szabályozása.
- A nagyobb ipari infrastruktúrával rendelkező településeken a vizek újrahasznosítása.

(2) Védekezés a hőség következményeivel szemben:

- Hőségriadók elrendelésének szabályozása.

- Léghőképző helyiségek számának bővítése a kórházakban, szociális otthonokban.

- Új épületek tervezésénél „racionális léghőképző” elvnek megvalósítása.

- Orvosmeteorológiai előrejelzések és a felvilágosító munka fejlesztése.

- Nyári időszakban a külterületeken dolgozóknak speciális, az időjárási viszonyok változásának megfelelő munkaidőrend kidolgozása és érvényesítése.

- Az erdő- és bozóttüzek megelőzését szolgáló intézkedések.

### (3) Az épített környezet alkalmazkodása:

- Egyes építészeti szabványok felülvizsgálata (árnyékolás, nagyobb természetes szellőzési lehetőségek, fokozott hőszigetelés stb.).

- A fenntartható településszerkezet (terület-felhasználás, települési sűrűség) normatíváinak kidolgozása; városépítészet szabályozásának áttekintése.

- A területátörölés és -felhasználás módszertani, pénzügyi és jogi szabályozásának megújítása.

- Városokban utcai kutak, ivó- és felfrissítő helyek, parkok, terek, fasorok, zöldfelületek kialakítása, számának, területének növelése.

### (4) Egyes gazdasági ágazatok alkalmazkodása:

- Termőtalaj (mint az ország egyik legértékesebb feltételeken megújuló természeti erőforrása) védelme.

- A mezőgazdaságban szükséges az öntözés lehetőségének megteremtése mellett a termőhelyi adottságokhoz és a növény igényeihez igazodó technológia, a szárazságtűrő, illetve a szélsőséges hatásokat tűrő fajták fokozottabb termelésbe vonása, illetve nemesítése, a helyi adottságokhoz alkalmazkodni képes fajták használata, a növénytermelési szerkezet arány módosításai, az energiatermelésre hasznosítható növények termesztése.

- Víz tározók és halastavak építése, amelyek a vízgazdálkodás mellett a vidékfejlesztésben is fontos szerepet töltenek be (víz tárolás, mikroklima, talajvízszint, élőhelybiztosítás, természetvédelem, sport, üdülőhely stb.).

- Az energiagazdálkodásban (a környezetbarát, megújuló energiaforrások fokozott felhasználása mellett) indokolt az időjárási tényezők figyelembevétele, különösen a villamosenergia-termelésben és a fogyasztókhoz való továbbításban. A szélsőséges időjárás hatása elsősorban a hosszan tartó nyári meleg időszakokban érezhető, mert a léghőképző berendezések rohamos gyarapodásával szezonális csúcsigények lépnek fel. A nagy hidegek kialakulásának gyakorisága is jelenthet energiaellátási zavarokat, főleg az importált földgáz miatt. A villamos távvezetékben gyakran fordulnak elő üzemzavarok a kedvezőtlen meteorológiai események (hó, jég, zúzmara, ónos eső, fák kidőlése stb.) hatására. A gyors és hatékony üzemzavar- és kárelhárítás az egyetlen eszköz az ellátási problémák enyhítésére és megszüntetésére.

- A közlekedésben (kibocsátás-csökkenésen túl) fel kell készülni az időjárási hatásokra. A vasútvonalakon az özőnvízserű esők kimosódásokat okoznak, a nagy hőség a síneket deformálja, a szélviharok, a jegesedés vezetékeket szaggatnak le, a kidőlt fák akadályozzák a közlekedést. Meg kell teremteni az üzemzavarok elhárításához szükséges technikai és humán erőforráshátteret. A szélsőséges időjárási események hatnak a közutak állapotára is. A nagy meleg szerepet játszik az útburkolatok nyomvályúsodásában, a hideg pedig a kátyúsodásban. Szükségesnek látszik a szélsőséges időjárási szakaszokra való felkészülés érdekében a nagyobb hőmérsékleti ingadozásokat elviselő útburkolati technológiák adaptálása, illetve a helyi adottságoknak megfelelő továbbfejlesztése.

- A közlekedésben (kibocsátás-csökkenésen túl) fel kell készülni az időjárási hatásokra. A vasútvonalakon az özőnvízserű esők kimosódásokat okoznak, a nagy hőség a síneket deformálja, a szélviharok, a jegesedés vezetékeket szaggatnak le, a kidőlt fák akadályozzák a közlekedést. Meg kell teremteni az üzemzavarok elhárításához szükséges technikai és humán erőforráshátteret. A szélsőséges időjárási események hatnak a közutak állapotára is. A nagy meleg szerepet játszik az útburkolatok nyomvályúsodásában, a hideg pedig a kátyúsodásban. Szükségesnek látszik a szélsőséges időjárási szakaszokra való felkészülés érdekében a nagyobb hőmérsékleti ingadozásokat elviselő útburkolati technológiák adaptálása, illetve a helyi adottságoknak megfelelő továbbfejlesztése.

### (5) Egyéb szükséges intézkedések:

- A humán környezet-egészségügy szabályozása, a klímaváltozás hatásainak (hőshullámok hatása, ultraibolya sugárzás, vek-

torok által terjesztett betegségek alakulása, pollenszóródás következményei) folyamatos vizsgálata, orvos-meteorológiai előrejelzések fejlesztése.

- A települések energiatakarékos programjának jogi feltételeinek megteremtése.

- A jelenleg is működő biztosítási rendszerek felülvizsgálata és gyakorlatának megújítása.

- Nemzeti katasztrófavédelmi alap létrehozása, feltételeinek megvizsgálása.

- Felvilágosító kampányok (fogyasztói szokások megváltoztatása; alkalmazkodási képesség növelése; egészségügyi felvilágosítás).

- Közigazgatási intézményrendszer alkalmazkodása, a katasztrófavédelem megerősítése.

\*

2007 decemberében 180 ország 10 000 résztvevője ülésezett az ENSZ Klíma Konferenciáján Balin. A Föld éghajlatának változásáról valaha is rendezett legjelentősebb tanácskozás célja az volt, hogy kidolgozzon egy egyértelmű és meggyőző tervezetet, amely az 1997-es Kiotói Egyezmény helyébe léphet. Az új nemzetközi egyezményt az ENSZ főtitkára elengedhetetlennek nevezte, s a világ legnagyobb környezetszennyező országait – köztük az *Egyesült Államokat, Kínát és Indiát* – csatlakozásra szólította fel. December 15-én megszületett a megállapodás, miután az Egyesült Államok is csatlakozott a kialakult konszenzushoz. A záródokumentumban azonban nincsenek számok.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) SINGER, S. F.: Global Warning: Man-Made or Natural? <http://texaspolicy.com/pdf/2007-09-PP24-globalwarming-singer.pdf>; további cikkek a témában: <http://www.globalwarming.org/research> (2) [http://www.vahava.hu/file/vezetoi\\_osszefoglalo.pdf](http://www.vahava.hu/file/vezetoi_osszefoglalo.pdf) (3) [http://antsz.hu/okk/okbi/hirek/glob\\_meleg.htm](http://antsz.hu/okk/okbi/hirek/glob_meleg.htm), <http://www.greenfo.hu> (4) Az Éghajlat-változási Kormányközi Testület történetéről és tevékenységéről ld. bővebben: <http://www.ipcc.ch/pdf/10th-anniversary/anniversary-brochure.pdf> (5) ÁDÁM A. (2007): Bölcsélet, vallás, állami egyházjog. Budapest–Pécs Dialóg – Campus, 79–80. pp. (6) PETRÉTEI J. (2005): Fenntartható jogállam. In: Fenntartható fejlődés – fenntartható jogállam, Acta Humana Studiosorum, Emberi Jogok Magyar Központja Közalapítvány, Budapest (7) <http://www.foreign.gov.mv/v2/news.php?news=197&page=3> (8) MAVI V. (1987–88): Szolidaritási jogok vagy az emberi jogok harmadik nemzedéke? Állam- és Jogtudomány, No. 1–2. 151–173. pp. (9) KARDOS G. (1995): Emberi jogok egy új korszak határán. T-Twins Kiadó, Budapest, II. fejezet. (10) HOWSE, R. – MUTUA, M.: Protecting Human Rights in a Global Economy. Challenges for the World Trade Organization. International Centre for Human Rights and Democratic Development, <http://www.ichrdd.ca/111/english/commdoc/publications/globalization/wtoRightsGlob.html> (11) <http://www.unglobalcompact.org> (12) Business and Human Rights: A Progress Report. <http://www.unhcr.ch/business.htm> (13) KAPONYI E. (2005): A multinacionális vállalatokra vonatkozó szabályozási kísérletek, különös tekintettel az ILO és az OECD deklarációira. Acta Humana, 1. sz., 52–68. pp. (14) BRUNCZEL B. (2004): A fenntartható fejlődés egy lehetséges forgatókönyve. eVilág, március, 13–15. pp. (15) Stern Review on the Economics of Climate Change. Forrás: [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/sternreview\\_index.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm) (16) GYULAI I. (2004): A fenntarthatóság értelmezése és megvalósításának feltételei. eVilág, március, 8–12. pp. (17) Sachs, W.: Climate Change and Human Rights. Forrás: <http://www.interpeacenet.org/peacestudies/climatechange.pdf> (18) <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=20091&Cr=climate&Cr1=change> (Kofi Annan beszédének részlete) (19) ROBINSON, M. (az ENSZ egykori emberi jogi főbiztosa): Climate Change and Justice c. előadás (2006. december 11.): [http://www.realizingrights.org/pdf/Barbara\\_Ward\\_Lecture\\_12-11-06\\_FINAL.pdf](http://www.realizingrights.org/pdf/Barbara_Ward_Lecture_12-11-06_FINAL.pdf) (20) <http://www.cidh.oas.org/what.htm> (21) WATT-CLOUTIER, S.: Global Warming and Human Rights. Forrás: <http://www.earthjustice.org/library/references/Background-for-IAHRC.pdf> (22) <http://www.unfccc.int> (23) <http://www.ohchr.org/english/issues/escr/intro.htm> (24)

KARDOS G. (1998): A nemzetközi emberi jog diszkrét bája. Ötvenéves az Emberi Jogok Egyetemes Nyilatkozata. *Fundamentum*, No. 4. 5–9. pp. (25) <http://www.foreign.gov.mv/v2/news.php?news=229> (26) [http://www.vahava.hu/file/vezetoi\\_osszefoglalo.pdf](http://www.vahava.hu/file/vezetoi_osszefoglalo.pdf) (27) JULESZ M. (2007): A testi és lelki egészséghez való alapjogról. *Acta Humana*, 3. sz. 68–77. pp. (28) JULESZ M. (2006): Környezetvédelmi civil szervezetek és az actio popularis. *Acta Humana*, 3–4. sz. 150–164. pp. (29) <http://www.vahava.hu/aktualitasok.html>.

## A KLÍMASTRATÉGIA GAZDASÁGI KÉRDÉSEI

SZLÁVIK JÁNOS

**Kulcsszavak:** klímastratégia, mitigáció, adaptáció, társadalom, gazdaság.

### ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A legtöbb országban, így Magyarországon is lehetőség nyílik a klímastratégiai célok megvalósításakor zéró társadalmi költségű intézkedések bevezetésére. Az éghajlatváltozás ésszerű kezelése a megelőzési, alkalmazkodási és ismeretbővítési intézkedések és beavatkozások kombinálásával érhető el. A stratégiák kettős feltételnek feleljenek meg: egyrészt indokolt szembenézni az elhamarkodott intézkedések gazdasági kockázatával, másrészt számolni szükséges a késlekedés kedvezőtlen hatásaival. A megelőzés összefügg a technológiaátadás előtt álló akadályok lebontásával, a pénzügyi eszközök mozgósításával, az ország kapacitás-fejlesztésének támogatásával, valamint mindazon lehetőségekkel, amelyek a viselkedési mód megváltozását és a technológiai lehetőségek kiaknázását segítik elő. A megelőzési stratégia nemzeti szintű megválasztása a költséghatékonyággal kombinálva más szempontokat (például költségvetési érdekeket) is előtérbe helyezhet. Az intézkedések megválasztása összefügghet a kormányok környezetvédelmi törekvéseivel, mint például más (nem üvegházgáz) kibocsátások csökkentése, az erdőszültség növelése, illetve az egyes térségekre és közösségekre gyakorolt hatások kezelése.

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklése mind technológiai, mind gazdaságossági szempontból kivitelezhető. Jelentős kibocsátás-csökkentés valósítható meg az energiatermelő és -ellátó rendszerek technológiai elavulását követő új beruházások kapcsán, elsősorban a távhőszektorban és a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés területén.

A növekvő energiahatékonyság és a csökkenő üvegházgáz-kibocsátás követelménye az energiatermeléstől a felhasználásig terjedő szolgáltatási lánc kiépítését teszi szükségessé. A hathatós kibocsátás-csökkentés szempontjából különösen kritikus az energiahatékonyság javítása, a kutatások folyamatos és jelentős támogatása, illetve az alternatív energiaellátó technológiák fejlesztése és elterjesztése. Számos fejlesztés alatt álló technológia piacra jutását és versenyképességét kezdetben célszerű támogatással megalapozni.

A szénnyelők megóvása és megerősítése a megelőzési stratégiák lényeges és többnyire költséghatékony elemét képezik. Bár a szén-dioxid – a fotoszintetizáló erdei biomassza segítségével történő – megkötésének költsége széles sávban változhat, más megelőzési intézkedésekkel összevetve e lehetőség versenyképes lehet. Az erdőtelepítés közvetlen és közvetett hasznai ellensúlyozhatják a költségeket.

Az éghajlatváltozás megelőzésének egyik leghatékonyabb eszköze az energiahatékonyság javítása (mind a termelést, mind a felhasználást tekintve). Nagyon fontos a vesztesé-

gek és ezért költséghatékony módon komoly megtakarítások érhetők el az energiafogyasztás hatékonyságának növelésében. A kereskedelmi költségek alapján „win-win” megoldások gyakran azért nem valósulnak meg, mert az érintett lakosság jövedelmi helyzete olyan, hogy a kezdő tőkét még a számára legelőnyösebb megoldásba sem tudja befektetni. (Ebben az esetben ajánlható az állami garanciával finanszírozott megosztott banki hitel és egyéb tőkemegelőlekezés.) Az elkövetkező két-három évtizedben az energiahatékonyság 10–30%-os javítása valósítható meg minimális társadalmi költséggel. Hosszabb távon az energiahatékonysági potenciál még ennél is magasabb lehet. Hazánkban az energiafelhasználás költséghatékony mérséklésére számos lehetőség kínálkozik, azonban ezek megvalósíthatósága nagyban függ a gazdaságpolitika és a műszaki fejlesztés irányvonalától, illetve a fejlesztésekhez szükséges működő tőke beáramlásától. Amennyiben a kibocsátás-csökkentés politikai eszközeként szén- vagy energia/szénadó kerül bevezetésre, lényegesen növekedhetnek az állam adóbevételei, melyek újraelosztása alapvetően meghatározza a megelőzés költségeit.

A megújuló energiaforrások arányának növekedése csak a költséghatékonyság növelésével együtt lehet társadalmilag gazdaságos megoldás.

Amennyiben az előbbieken leírtak megvalósulnak (és a számításaink azt bizonyították, hogy azok gazdaságilag is megvalósíthatóak), az üvegházgáz-kibocsátás csökkentésével oly módon szolgálhatjuk a globális fenntarthatóságot, hogy az a „jelen generáció” jóléti potenciálját is növelheti.

## 1. AZ ÜVEGHÁZGÁZ (ÜHG) KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉRE VEZETŐ INTÉZKEDÉSEK

Noha a 90-es évekre nyilvánvalóvá vált az üvegházgáz-kibocsátásból adódó klímakonfliktus, és meg is születtek az ismert egyezmények, azok érvényre jutása összehasonlíthatóan nehezebben történik, mint más környezetvédelmi egyezményeké.

Ez esetben ugyanis az üvegházgázok csökkentésére vonatkozó érdemi fellépés a gazdaságnak, *a piacnak a belső köreit érinti*, nevezetesen a gazdálkodás hajtómotorját, az energiát (itt az energiakérdést jóval szélesebben értem, mint a statisztikai besorolás szerinti energiaszektort) és a gazdasági növekedést.

Olyan levegőszennyezési problémát, mint pl. a savasodás kérdését többnyire meg lehetett oldani „end of pipe” módon, újabb piacot teremtve ezzel a vállalkozóknak.

Az ózonpajzsot veszélyeztető anyagokat ki lehetett cserélni más anyagokra úgy, hogy esetenként az új üzlet még az ágazatból sem

került ki, vagy az autók kipufogógázait csökkenteni lehetett katalizátorokkal, ezzel is új piacot teremtve az autógyártóknak. Az *üvegházgáz-csökkentés* azonban (leszámítva az erdősítést, mint nyelő kapacitásnövelést) *nem oldható meg piacbarát módon*. Bármely megoldás ugyanis alapvető gazdasági érdekeket sért.

Az energiahatékonyság-növeléssel történő CO<sub>2</sub> kibocsátás pl. sérti a nagyon erős, fosszilis energiát kitermelő és forgalmazó cégek érdekeit, a megújuló energia előtérbe kerülését pedig akadályozza a viszonylag alacsony energiaár. Ez utóbbi kérdés politikailag is igen kényes. A fogyasztók érzékenyek az alacsony energiaár megőrzésének ígéretére, hiszen rövid távú érdeküknek ez felel meg.

Relatíve alacsony energiaárak esetében viszont többnyire gazdaságtalan a megújuló energiaforrások kihasználása és számos energiahatékonyságot növelő beruházás.

(Csak részben jelent megoldást a megújulóakra érvényesített garantált átvételi ár, mert az csak az energiatermelésre vonatkozik és a rendszerbe korlátokat visz be.)

### Az ÜHG-kibocsátás csökkentésének gazdasági elemzése DPSIR modellben

A környezeti értékelő rendszerek legye- nek alkalmasak arra, hogy nyomon kövessék – a nemzetközi megállapodásokkal össze- függő feladatokat (üvegházgáz-kibocsátás – klímaváltozás);

– az országosan, illetve regionálisan lé- nyeges hatások gazdasági számbavételét.

A környezetállapot-értékelési rendszer nem sokat ér, ha csupán statisztikai számok halmaza, mert a rendszer végső soron a gazdasági, társadalmi, politikai válaszlépé- sek hatékony megalapozását kívánja szol- gálni.

Az alábbiakban a DPSIR vizsgálati mód- szer segítségével elemezzük az üvegházgáz- kibocsátás csökkentése és klímahatás főbb összetevőit (1. táblázat).

Az elemzés első állomása a *hatótényezők* („D”) (*Driving Force*) megjelölése és az üvegházgáz-kibocsátásban játszott szerepük nyomon követése. Ezen belül fontos az abszolút súly meghatározása, így például pontosan számba veendő az energiaszektor klímaváltozásban játszott szerepe. Az ener- giafogyasztáson belül ugyanakkor szükséges a hosszú távú dinamika meghatározása. Így például annak figyelembe vétele, hogy az utóbbi években az ipari szektornál lényege- sen gyorsabban nő a háztartások energiafo- gyasztása. Ez utóbbi fogyasztásnövekedés Magyarországon jelenleg még alapvetően a háztartási gépek energiafelhasználás-növe- kedéséből ered, de egyre inkább már itthon is megjelent a forró nyarakkal összefüggés- ben klímaberendezések használata.

Ez ugyanis, mint sajátos „end of pipe” megoldás, a magánköltések oldaláról sok- kal olcsóbb, mint a szigetelést és szellőzést lehetővé tevő rekonstrukció. Társadalmi összköltségét tekintve azonban igen drága megoldás.

A piac sajátos paradoxona, hogy a klíma- berendezések gyártása, szerelése, javítása ugyanakkor profitábilis, gazdasági növeke- dést serkentő üzleti vállalkozás.

A hatótényezők vizsgálatokor a globális probléma esetében is szükséges elemezni az adott országra jellemző sajátos ágazati, alágazati és regionális hatásokat.

Az üvegházgázok *terhelésének* („P”) (*Pressure*), az üvegházgázok emissziójának jelenlegi nyomon követése viszonylag jól megoldott. A jövőbeli terhelésalakulás pedig a hatótényezők változásától függ.

Az *állapot* („S”) (*State*) mint az üve- gházgáz-kibocsátás-növekedés eredményének meghatározása, és különösen hosszú távú gazdasági előrejelzése már igen összetett feladat. A hosszú távú állapotváltozás-előre- jelzéseknél ugyanis számolni kell a lehetsé- ges válaszok visszahatásával is.

A gazdasági számítások a *hatásváltozás* („I”) (*Impact*) nyomon követését jelentik az alábbi összefüggésben:

- A *természeti tőke* értékváltozásának nyomon követésére számos módszer létezik, a természeti tőke értékösszetevőinek eltérő karaktereit követve. Amíg pl. a személyes használattal összefüggő természeti tőkeré- szeknél használhatunk piaci vagy kvázi piaci értékelési módszereket, addig pl. a létezési értékész vizsgálatára a *feltárt preferenciá- kon alapuló értékelési eljárásokat* alkalmaz- hatjuk.

A klímaváltozás Magyarországon is érint- heti a biológiai sokféleséget. Ennek értéke- lésére is a *kinyilvánított preferencia* módsze- rek használhatók (például *feltételes értéke- lés; Contingent Valuation Method – CVM*). Amennyiben azonban a változás hat a turiz- mus, ezen belül az ökoturizmus alakulására is, úgy annak gazdasági értékelésére legin- kább az *utazási költség módszer* alkalmazha- tó.

Egy-egy ökológiailag értékes terület re- konstrukciója esetén (ilyen volt pl. a Kis- Balaton) a *helyreállítási költség módszerrel* számolhatunk.

A klímaváltozással is összefüggésbe hoz- ható és így gazdaságilag kalkulálendő az *agrár-környezetvédelem* néhány programja. Hasonlóképpen része lehet a magyar klíma- stratégiának az *árvíz kockázat-csökkentéssel*

összefüggő árvíztervezők kialakítása, illetve a klíma-agrárkörnyezeti és víz-kockázatsökkentési metszeteként megjelenő Alföld-program.

- A környezeti károk számításakor eltérő típusú károk jelentkehetnek rurális és urbánus környezetben. Rurális környezetben például egyaránt jelentkezik természeti, emberi egészségben és az épített környezetben okozott károk. Urbánus és az erősen urbánus környezetben főként egészségügyi károkkal és épített környezeti károkkal kell számolni. Az ipari környezetben sajátosan kell számba venni a gazdálkodónak okozott negatív externális gazdasági veszteségeket. Sajátos megközelítést igényel a vonalás infrastruktúra hatására fellépő gazdasági károk számítása. Ez utóbbi esetben meghatározó a közúti közlekedés alakulása.

Magyarországon az utóbbi évtizedben, elsősorban nagyobb városokban, a forró nyaraikon már jelentkeztek a klímaváltozással összefüggésbe hozható egészségügyi károk. Elsősorban a nagyvárosi panelokban élő idősebb népesség veszélyeztetett. Mivel még nem volt olyan katasztrófális helyzet, mint pl. Franciaországban, a kockázat kivédésére komolyabb program még nem készült.

A környezetszennyezésből eredő egészségügyi károk számítására több kísérlet is történt Magyarországon (lásd például Szlávik – Várkonyi, 2002). Az idézett tanulmányban környezeti gazdasági kárként a gyógyítási költségek és a munkaidő-veszteségek együtt adták a károk összegét. A tanulmányban a környezetszennyezés okozta károk közül a levegő szennyezettsége által okozott egészségügyi hatások gazdasági konzekvenciáival foglalkoztunk.

A GDP százalékában kifejezve az 1986. és 1987. évek közötti időszakban ezek a károk a GDP 0,38%-ról 0,59%-ra növekedtek. Ebben az időszakban nem kerültek számbavételre a klímaváltozással összefüggő nagy hőhatás okozta egészségügyi károk, illetve a szélsőséges időjárási események miatt bekövetkezett balesetek, megbetegedések, halálesetek gazdasági vonzatai. Mivel az egészségügyi

hatások gazdasági elemzése el sem kezdhető egészségstatisztikai adatok nélkül, szükséges a klímaváltozással összefüggő betegségtípusok meghatározásán túl ezeknek a betegségeknek a statisztikai nyomon követése.

A fenti veszélyt szinte figyelembe sem véve folytatódik a városi zöld területek felszámolása és beépítése. Ezzel a kockázattal összefüggésben fontos a lakosság mielőbbi egészségügyi felmérése, a hatások számbavétele. E hatások ismeretében kiszámíthatók az egészségügyi károk. Ezek a számítások mindenképpen szükségesek a költséghatékony intézkedések megtételéhez.

Mit tehet addig a környezet-gazdaságtani elemző? Ilyen esetekben alkalmazható a környezetértékelésben ismert „hasznávitel” módszere. E módszer lényege az, hogy más helyen, más országban meglévő kár számításoknak elvégezve a megfelelő korrekcióját, Magyarországra érvényes adatokat szolgáltat. Ezek az adatok a továbbiakban, amikor saját adatbázison végzünk számításokat, kontrolladatként is szolgálhatnak.

A hasznávitel módszer az alábbi feltételek megléte esetén alkalmazható

- a vizsgálandó probléma hasonlít ahhoz, amelyre az eredeti vizsgálatot végezték;

- a meglévő és felhasználni kívánt tanulmányt megfelelő pontossággal és szakmai igényességgel végezték;

- nincsenek meg a megfelelő feltételek (adatok hiánya, anyagi korlátok, az idő rövidsége) egy eredeti vizsgálat elvégzéséhez (A természetvédelemben ... 2005).

E módszer az egészségügyi károk becsülésén túl jó közelítéssel alkalmazható egyéb, a klímaváltozással összefüggő károokra is.

## 2. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSHOZ VALÓ ALKALMAZKODÁS GAZDASÁGI, TÁRSADALMI ÖSSZEFÜGGÉSEI

Elemelve a klímaváltozásra ható környezetpolitikai válaszokat megállapítható, hogy az üvegházgáz-csökkentés csak *intenzív*

környezetpolitikával oldható meg. Míg az extenzív környezetvédelem a termelést horizontálisan egészíti ki, addig az intenzív környezetvédelem vertikálisan integrálódik a termelésbe, a természetbe. Ez utóbbi kiküszöböli a károkozó forrást, megelőzve így a kár bekövetkeztét. Eszközeiben felhasználja egyrészt a természeti környezet biokémiai összefüggéseit, öntisztító mechanizmusait, másrészt azt a technikai fejlődést, amelynek célfüggvényében már nemcsak a korszerűbb jószág termelése áll, hanem környezetbarátabbá tétele is, amely a kívánt környezeti állapotot biztosítja.

Míg az extenzív környezetvédelmi rendszerben kívülről történik a beavatkozás a környezeti egyensúly kialakítása érdekében, addig az intenzív környezetvédelem esetében a rendszer egyre inkább önmaga termeli újra ezt az egyensúlyt. A termelésben a károk következményének a felszámolása helyett a károk megelőzésén, az „okozói elv” helyett az „előzetes gondoskodás elvén” van a hangsúly.

### Az alkalmazkodás költség-hatékonyság elemzése

A klímaváltozással összefüggő döntések esetében a költség-haszon elemzés helyett gyakran a költség-hatékonyság elemzés (*Cost-Effectiveness Analysis, CEA*) módszerét célszerű alkalmazni.

A *költség-hatékonyság elemzés* a költség-haszon elemzéssel szoros kapcsolatban lévő módszer. Olyan esetekben, ahol a környezeti haszon gazdasági meghatározása rendkívül bizonytalan, a haszonoldalt egyéb (természettudományi, műszaki) módszerekkel határozzák meg. Ez esetben a CEA feladata a legköltséghatékonyabb megoldás (megoldások) megtalálása.

A kiindulás lehet klímaelemzés, egészségügyi elemzés, technológia vizsgálat stb. Fontos, hogy a célkitűzés helyes legyen abból a szempontból, hogy a hosszú távú klímastratégiai szempontoknak megfeleljen.

Amennyiben a helyes és egyértelmű célt meghatározzuk, akkor már az erre épülő gazdasági elemzés nagyon sokat mondhat a lehetséges eszközök költségvonzatairól.

Elvégzett esettanulmányok azt is igazolták, hogy a költségek nagyon érzékenyek lehetnek a választott környezeti szabályozási módokra is. Így például több esettanulmány kimutatta, hogy számos esetben ugyanazt a szennyezéscsökkentést jóval alacsonyabb költséggel lehet elérni, ha rugalmas gazdasági szabályozó eszközöket vezetnek be a merev emissziós normarendszer helyett.

A környezet-gazdaságtan mikroökonómiai elemzése során jól bizonyítható, hogy lapos externális határköltséggörbe (*Marginal External Cost, MEC*) esetén, és ilyen pl. az üvegházgáz-csökkentés, célszerűbb adókkal és egyéb piaci eszközökkel operálni, mint szigorú normákkal.

A *Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia fontos megállapítása*: indokolt olyan 2050-ig nyúló kibocsátás-csökkentési pályát meghatározni az egyes szektorok számára, amelyek lehetőséget adnak a fokozatos váltásra, és nem lehetetlenítik el a kibocsátók helyzetét az adott szektorban egy távolabbi jövőben amiatt, hogy a közelebbi jövőben kevésbé önkorlátozó volt az ország az adott szektorban (*Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia, 2007*).

A *Stern jelentésben* olvasható a következő megállapítás: „Az éghajlatváltozással kapcsolatos határozott, korai cselekvés hasznai nagyobbak, mint a költségei” (*Stern, 2006, I. o.*).

Közgazdasági szempontból is indokolt tehát, hogy a klímastratégia célkitűzéseinek megvalósítását ne halogassuk. Jelenleg ugyanis Magyarországon az a helyzet, hogy az üvegházgáz-kibocsátással összefüggő externáliák hatása viszonylag alacsony intenzitású (1. ábra). A MEC görbék meredeksége általában alacsony (ld. MEC<sub>1</sub>).

Ebben az esetben az externáliák gazdaságilag optimális mértéke (Q\*<sub>1</sub>) még viszonylag jelentős klímabarát gazdasági növekedést tesz lehetővé.

Nagymértékben befolyásolja azonban a görbék meredekségét a választott megoldási módok és programok beindításának ideje. A késlekedés esetén a károk és kockázatok egyre nagyobbak, amit a görbék meredekségének növekedése mutat (ld.  $MEC_2$ ;  $Q^*_2$ ). Ez esetben a később megkezdett (esetleg külső politikai kényszerrel ránk kényszerített) intézkedések magasabb költségekkel és jelentősebb haszonvesztéssel, ennek következtében egyre erősödő gazdasági, társadalmi, politikai ellenállással társulnak. A beavatkozás ez esetben csak radikális direkt eszközökkel érhető el. Az időben elkezdett intézkedések azonban laposan tarthatják a MEC görbéket. Kisebb költséggel, nagyobb magánhaszon mellett érhetjük el az ÜHG-csökkentési célt, és végső soron a társadalmi költség kisebb és az ösztársadalmi haszon nagyobb lehet.

*Gazdasági és társadalmi konfliktusok* ez esetben is jelentkezhetnek, hiszen az intézkedések szerkezeti átrendeződést jelentenek és markáns érdekeket sértenek. Az energiaszerkezet átalakítása legerősebben a fosszilis energiatermelők érdekeit sérti. A felhasználók (háztartások) szintén változtatásra kényszerülnek, ami nem ritkán rövid távú érdeksérellemmel jár. Azonban ha az energiamegtakarító beruházásaikhoz kellő támogatást kapnak, politikailag is támogatói lesznek e programnak. (Lásd például a jelenleg futó panelprogram sikerét.) A támogatások pedig, amennyiben azok pozitív externális hatást finanszíroznak, mind elméletileg (Pigou elmélete), mind gyakorlati szempontból piacconformok.

### **Az üvegházgáz-csökkentés és az alkalmazkodás várható hatása a gazdasági növekedésre, az egyensúlyra és a foglalkoztatásra**

A klímastratégia megvalósulása – a csökkentést (mitigációs alkalmazkodás) és adaptációt egyaránt érintik, az energiahatékonyságot növelő beruházások révén – rövid és

középtávon *gazdasági növekedést* is generálhat (2. táblázat). A *Stern jelentés* arra a következtetésre jut, hogy ha a közeljövőben hozzáfekszünk a klímastratégia megvalósításához, akkor a költségek elviselhetően alacsonyak lehetnek (ld. a *MEC-görbék alacsony meredeksége*). Ezt az átlagos költséget a GDP 1%-ára becsülik. Megjegyzendő, hogy ezen belül a szórás meglehetősen nagy (–2% és +5% között szóródik). Megítélésem szerint ez Magyarországon 2020–25-ig szerény növekedési hatást jelenthet.

Az adaptációhoz kapcsolódó lépések, mint például az épületek szigetelése, hatékonyabb – részben megújuló erőforrásokat használó – energiarendszerek építése, a közlekedési rendszer átalakítása (pl. nagyfokú vasúti, tömegközlekedési rekonstrukció), a középületek *energiahatékony átalakítása stb. élenkítheti a gazdasági növekedést*. Ez a fajta gazdasági növekedés a fenntarthatóság irányába mutat, hiszen a jövő generáció válláról vesz le terheket. Az energiahatékonyság növekedése azonban 2025 után várhatóan GDP növekedést csökkentő hatású lesz. Nőhet viszont mindemellett a jólét, amit a jóléti mutatók (pl. *ISEW*; *GPI*) jelezhetnek. Megjegyzem, hogy az *EU Klímastratégiának* egyik gyengéje, hogy fel sem veti a GDP versus jóléti makromutatók kérdését.

Stratégiai elemzés tárgya lehet az, hogy ha nő az energiahatékonyság és csökken a nem megújuló erőforrások aránya, ezen belül az emberi szolgáltatásokat nyújtó élőmunka-felhasználás, az miképpen hat a gazdasági növekedésre. A holtmunka-, élőmunka-terhek megoszlásáról szóló vitában még mindig nem történt áttörés, nem is beszélve a gyakorlati lépésekről.

Fontosnak tartom kiemelni, hogy a klímastratégiai döntések a *fenntarthatósági szempontokat* figyelembe véve komplex (gazdasági, társadalmi, ökológiai) hatásúak. Következésképpen a döntések politikai döntések. A jelenlegi piacgazdaság „normális” üzletmenete ugyanis napjainkban és várhatóan a közeljövőben is csak korlátozott-

tan dönt a fenntarthatósági értékek alapján, a társadalmi és ökológiai érdekek figyelembevétele csak stratégiai politikai célok mentén lehet eredményes (3. táblázat).

A főbb energiahatékonysági projektek kormánygaranciáinak hiánya jelentős finanszírozási akadály. Ugyanakkor a villamosenergia-termelés magántőke-befektetéseinél a kormányok nagyfokú garanciát biztosítanak. A kormányoknak fontolóra kellene venniük az energiahatékonysági projektek garantálását, ezzel elősegítve a befektetői kockázatmegosztást, a hitel meghosszabbítását, vagy a tőkeerős energiagazdálkodási tanácsadó cégek méltányos részvételének növelését.

A *közbeszerzési programok* piacot teremthetnek az energiahatékony megoldások számára. A kormányok, a kétoldalú segítségnyújtók és a nemzetközi fejlesztési bankok elősegíthetik a vásárlói érdekszövetségek kialakulását a magánszektorban. Az energiahatékonysági befektetéseknek a nagyobb tranzakciókba való bevonása csökkentheti a költségeket, és az energiatermelők számára vonzóbbá teheti az energiahatékonysági technológiákat és szolgáltatásokat.

Különösen fontos kérdés napjaink Magyarországon a *költségvetési és a nemzetközi egyensúly, valamint az energiabiztonság* kérdése.

A Stern jelentés a 85 USD/tonna szénárral számolva világméretben 2,5 trillió USD bevétellel számol. A fenti bevételnövekedés (ami a központi költségvetés esetében az energiaadó-bevételek növekedéséből adódó nettó költségvetés-bevétel növekedéssel jár) költségvetési egyensúlyjavulás mellett teszi lehetővé az élők munkaterhek csökkentését, növelve így az élők munkájának (mint megújuló erőforrásnak) a keresletét és csökkentve a munkanélküliséget. Ez utóbbi a munkanélküliséggel összefüggő kiadások csökkenése és a foglalkoztatottság növekedéséből adódó adóbevételek növekedése révén kétirányú pozitív hatással lehet a költségvetésre.

A nemzetközi energiaár-növekedés Magyarországon az első öt évben ronthatja az

ellátásbiztonságot. Az *energiahatékonyság növelése* és ezzel összefüggésben a megújuló energiahordozók arányának növelése érezhetően csökkentheti Magyarország energiatülfüggőségét.

### **A költséghatékony intézkedések főbb akadályai Magyarországon**

Az *energia ára* jelentős mértékben befolyásolja az elérhető energiahatékonysági potenciált. A dráguló energia emeli a megtakarítás értékét, javítja a befektetések megtérülésének idejét, és gyarapítja a költséghatékony projektek számát. Bár – főként a távfűtés területén – még megmaradt a közvetett állami támogatás, az egyéb energiaárak nagymértékben megközelítették a piaci ár-szintet. (Számos esetben – például az ipari felhasználóknak – az egyes energiahordozók árai magasabbak, mint néhány OECD országban.) Az energiahatékonysági befektetések túkehiánya, az információhiány, a kifizetetlen energiaszámlák, vagy a tulajdonviszonyokban fennálló bizonytalanság, mindmind olyan tényező, amelyek hozzájárulnak az energiahatékonysági potenciál jelentős részének kihasználatlanságához. Fontos szerepet tulajdonít a *Stern jelentés* a szén társadalmi költségen alapuló ármeghatározásának.

A *felhasználói oldal* energetikai és környezetvédelmi befektetéseiben jelentős a hazai tőke szerepe, éppen ezért a helyi ipar és a hazai energiafogyasztói ráfordítások mozgósítása elengedhetetlen az energiahatékonysági potenciál eredményes kihasználása érdekében. A külföldi vállalatokat is energiahatékonysági befektetésekre célszerű ösztönözni. Az *Éghajlatváltozási Keretegyezmény* együttes végrehajtását támogató kísérleti projektek kiválóan példázják, hogy az energiatakarékosság és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésének útjában álló technikai, pénzügyi, menedzselési problémák leküzdhetők.

Az energiahatékonyságot célzó innovációk és az ezt szolgáló *fejlesztési intézetek* kulcsfontosságú szerepet játszhatnak a gaz-

dasági és környezeti előnyök megőrzésében. A nemzetközi fejlesztési hitelintézetek és más pénzügyi intézetek jelenlegi hitelpolitikájukkal nem igazán támogatják a kisméretű projekteket a várható profithoz képest magas tranzakciós költségek miatt. A kis volumenű projektek és a nagyméretű hitelalapok közötti összhang megteremtése szükséges, melynek egyik útja az lenne, ha az energia-gazdálkodási tanácsadó cégeken keresztül történe a tőkeáramlás. A cégek kötnék a kisebb szolgáltatási szerződéseket és fizetnék ki a hiteleket a nagyobb számú, kisebb volumenű projektnek. Ugyanezt a célt szolgálja a nemzetközi fejlesztési intézetek által a helyi bankoknak nyújtott továbbkölcsonzési konstrukció is.

További hiányosság, hogy nem rendelkezünk elég tapasztalattal a projektfejlesztés terén, illetve a befektetések előzetes értékelése vonatkozásában, amely pedig elengedhetetlen lenne annak megállapításához, hogy egy projekt vajon finanszírozható-e. Az EBRD ez utóbbi szempontot tekinti a jelentősebb energiahatékonysági befektetések útjában álló legnagyobb akadálnak. Igen hatékony lenne a projekt-előkészítés során a helyi menedzserek, projektvezetők, bankárok és egyéb döntéshozók munkáját információcserével vagy technikai együttműködéssel segíteni. A térségben működő energiahatékonysági központok – amelyek helyi szakemberekkel dolgoznak – követendő példák az intézményfejlesztés terén.

#### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

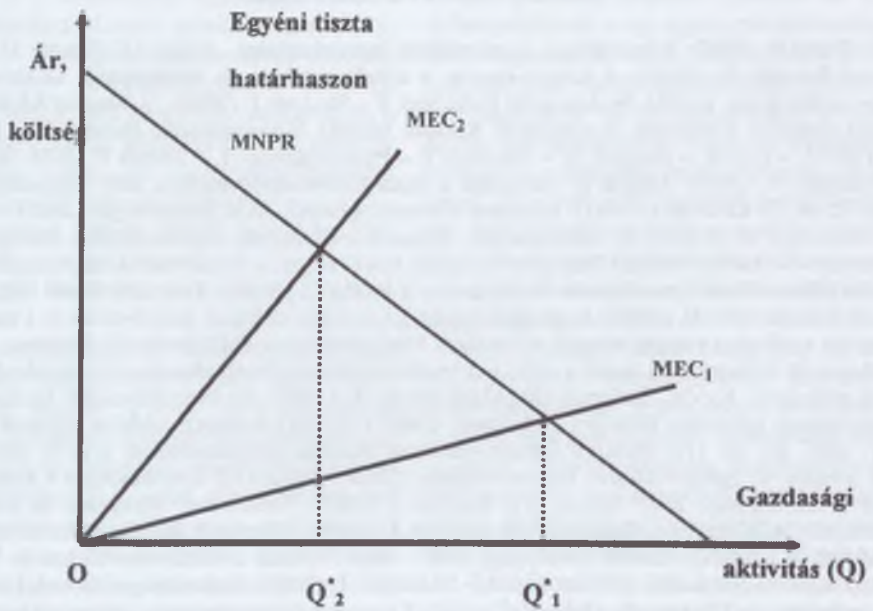
- (1) CSETE M. (2007): Klímaváltozás és települések fenntarthatósága. „Klíma 21” Füzetek 51. sz. (2) DÓCSNÉ BALOGH Zs. (2002): A költség-haszon, a költség-hatékony és értékelemzés alkalmazása a kármentesítés során. KvVM, Budapest (3) FLEISCHER T. – SZLÁVIK J. (2004): A Magyar Közlekedéspolitikai Stratégiai Környezeti Vizsgálatáról. Kutatási Jelentés. Közreműködők: Baranyi R. – Branner F. – Füle M. – Kósi K. – Nagypál N. – Pálvölgyi T. – Princz-Jakovics T. – Szlávik P. GKM, Budapest (4) KERÉKES S. (2001): Tények és kérdőjelek a hazai környezetvédelemben. Info Társadalomtudomány, 52. sz. (5) KINDLER J. (1991): Fejezetek a döntéelméletből. Aula, Budapest (6) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (2005): Az agrárágazatok klímaváltozáshoz való alkalmazkodási stratégiájának áttekintése. (VAHAVA Projekt) Budapest (7) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (szerk.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok – A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest (8) LESI M. – PÁL G. (2004): Az üvegház hatású gázok kibocsátásának szabályozása és a szabályozás hatása a villamos energia termelő vállalatokra Magyarországon. PhD. értekezés. Budapest, BKAE (9) MARJAINÉ SZERÉNYI Zs. (szerk.) (2005): A természetvédelemben alkalmazható közgazdasági értékelési módszerek. KvVM, Budapest (10) MARKANDYA, A. (1997): Az üvegházhatásért felelős gázok korlátozásának közvetlen költségei és hasznai. UNEP (11) MTI Környezetvédelmi Hírlevél (APA-Bécs) 2005. 01. 26. (12) Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia (Munkaváltozat) KvVM 2007. (13) Stern jelentés: az éghajlatváltozás közgazdaságtana (2006) London (14) Szembeszállás a klímaváltozással ENSZ-SigmaXi 2007. február (15) SZLÁVIK J. (2005): Fenntartható környezet- és erőforrás-gazdálkodás. KJK-Kerszöv, Budapest (16) SZLÁVIK J. (2007): A nemzeti éghajlat-változási stratégia társadalmi és gazdasági hatásai (részanyag). 2007. május. Készült a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium megbízásából. (17) SZLÁVIK J. – VÁRKONYI T. (2002): Egészségügyi hatások közgazdasági értékelése. In: Flackner B. – Németh T. – Tóth R. (szerk.): A légszennyezés környezeti hatásainak elemzése – elméleti háttér. MTA TAKI-KÖM Budapest. 2007–2013. pp. (18) TIETENBERG, T. (2003): Environmental and Natural Resource Economics. (6. Edition), Affison Wesley, New York (19) ÜRGE VORSATZ, D. – SZLÁVIK J. – PÁLVÖLGYI T. – FÜLE M. (2002): Fenntartható energiagazdálkodás és környezetvédelem. UNEP/GEF Budapest – Kopenhága

1. táblázat

DPSIR modell klímaváltozás vizsgálatára alkalmazva

„D” Hatótényezők	„P” Terhelés	„S” Állapot	„I” Hatás	„R” Válaszok
Energetika Ipar Közlekedés Mezőgazdaság Háztartások ...	Üvegházgázok emissziója CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O ...	Hőmérséklet- emelkedés Árvizek Csapadékhiány Szárasság ...	<b>Természet</b> Biodiverzitás-változás Veszélyeztetettség-növekedés Új kártevők megjelenése ... <b>Gazdaság</b> Terméscsökkenés Energiaigény-változás ... <b>Ember</b> Egészségügyi kockázatok növekedése, egészségi károk	Nemzeti Klí- ma Stratégia  Regionális klímapolitikai válaszok ...

1. ábra



A MEC görbék meredeksége eltérő klímastratégiák esetében

2. táblázat

## Az ÜHG-kibocsátás csökkentésére és az alkalmazkodásra vezető intézkedések gazdasági hatásai

Gazdasági folyamatok	Csökkentés/mitigáció „A kezelhetetlen elkerülése” (1)	Alkalmazkodás/adaptáció „Az elkerülhetetlen kezelése” (1)
<b>Gazdasági növekedés</b>	– Átlagos költség a GDP 1% (szórás –2 és +5% (világátlag, Stern jelentés) – Magyarországon 2020–25-ig mérhetően szerény GDP-növekedési hatás	– Energiahatékonyság-növekedés (termelés, de főképp fogyasztás) 2025 után GDP-növekedést csökkentő hatás. De! nőhetnek a jóléti mutatók, pl. ISEW, GPI
<b>Gazdasági egyensúly</b> – költségvetés	– A szén ára (társadalmi költsége 85 USD/tonna) 2,5 trillió USD bevétel (világátlag, Stern jelentés) Költségvetési bevételnövekedés, szerkezeti átrendeződés, az élőmunka-terhek csökkentésére a megújuló átmeneti támogatására	– A valós társadalmi költségeken történő árazás (pl. közúti közlekedés) csökkenti a költségvetési kiadásokat, költségvetési egyensúlyjavulás
– nemzetközi	– Fosszilis energiaimport központúság esetén egyensúlyromlás – Fokozott megújuló energiátámogatás esetén várhatóan semleges hatás	– Magyarország megújuló energiakapacitásának kihasználása csökkenti az energiaimportot – pozitív hatás
<b>Foglalkoztatás</b>	– A szén társadalmi költségű árazása esetén (élőmunkára való pozitív hatás) foglalkoztatás-ösztönző hatás	– A valós társadalmi költségek érvényre juttatása relatíve olcsóbbá teszi az élőmunkát és növeli a foglalkoztatottságot
<b>Energiaellátás-biztonság</b>	– Első öt évben ellátásbiztonságrómlás – A szénárarással összefüggésben (megújuló, élőmunka) javulhat az ellátásbiztonság	– Az energiarendszerek regionálisan lebontottak és összehangoltak, a K+F növeli az energiahatékonyságot, ami növeli az energiabiztonságot (virtuális erőműrendszerek). Jelentős hasznok az innovációból. Egyre több mitigációs technológia válik költségghatékonyá
<b>Technológia-politika</b>	– Az új technológiák az első időszakban drágábbak a hagyományosnál (tanulási görbe)	– Az új technológiák (energiatermelés, felhasználás) tömeges elterjesztése az új technológia költségeit a hagyományos technológiák költségei alá viszi. A fizetési mérlegegyensúly szempontjából fontos Magyarországnak bekapcsolódnia a technológiák fejlesztésébe és gyártásába.

## 3. táblázat

Az ÜHG-kibocsátás csökkentésére és az alkalmazkodásra vezető intézkedések társadalmi hatásai

Társadalmi folyamatok	Csökkentés/mitigáció „A kezelhetetlen elkerülése” (1)	Alkalmazkodás/adaptáció „Az elkerülhetetlen kezelése” (1)
Emberi egészség	– A hőhullámok következtében az egészségügyi veszteségek elérhetik a GDP 0,5–1%-át	– A klímaváltozás várható hatásaihoz való hatékony alkalmazkodás csökkentheti az egészségügyi károkat
Társadalmi, politikai biztonság	– Az energiaárak emelkedése miatt konfliktusok kiéleződése a lakosság és a kormányzat között – A szén társadalmi költségének érvényesítése következtében konfliktusok az energiatermelők és a kormányzat között – Nyomás a szén társadalmi költségének felpuhítására	– Az energiahatékonysági programok elindítása (költségvetési támogatással) csökkenti a társadalmi konfliktusokat és hosszú távú érdekazonosságokat teremthet a lakosság és a kormányzat között
Migráció	– 2050-re 200 millió ember kitelepítése a tengerszint emelkedése miatt (Stern jelentés) – Magyarország érintett lehet mint befogadó	– A hatékony alkalmazkodás eredményeként nem várható jelentősebb elvándorlás
Regionális különbségek	– A bioüzemanyagok arányának növelése némileg csökkenti a vidéki elvándorlást – A nagyüzemi technológiák kevés élőmunkát igényelnek, így észlelhető foglalkoztatás-növekedés nem várható	– Az energiahatékonyság növelése, az élőmunka-terhek csökkentése 2015–2020 körül megnövelheti az agrár-környezetvédelmi programok gazdaságosságát, a vidéki lakosság helyben maradását

(1) Az ENSZ-SigmaXi tanulmány fogalomhasználata

# KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A NEMZETKÖZI EGYÜTTMŰKÖDÉS

FARAGÓ TIBOR

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, történeti példák, együttműködési szakaszok, fordulat éve.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A természeti erőforrások hasznosításában már az 1900-as évek elejétől találhatók eredményes nemzetközi megállapodások. A klímaváltozás veszélyeinek felismerése, a politika ébredése lassan bontakozott ki, s jelent meg a nemzetközi együttműködésekben. A kezdeti szakaszt – amely 1987–1992-re tehető – további szakaszok követték, majd 2007-ben érdemleges fordulat tanúi lehettünk a nemzetközi együttműködésben. Fontos, hogy a továbbiakban az együttműködés a 2012 utáni feladatokra összpontosítson, továbbá arra, hogy a földfelszín átlagos hőmérsékletének emelkedése ne haladja meg a 2 Celsius-fokot.

### A NEMZETKÖZI EGYÜTTMŰKÖDÉSRŐL

Az éghajlatváltozás ügye, a mind veszélyesebbnek látszó folyamatok és következményeik elleni fellépés a nemzetközi együttműködés egyik meghatározó témája. Számos példát találunk a múltban arra, hogy természeti jelenségek, környezeti erőforrások fontos szerepet játszottak államközi kapcsolatokban, államok külpolitikájának alakításában. Például, amikor az *Anglia* ellen a XVI. század végén felvonuló *Spanyol Armadának* jóval nagyobb veszteségeket okozott az azon a tájon akkor és azóta is rendkívülinek számító hurrikán, mint a megtámadott ellenféllel való küzdelem. A természeti erőforrások miatti nemzetközi konfliktusokra számtalan példa volt és van jelenleg is. A békésen rendezett és sokszor idézett eset a *Rio Grande Texas állam és Mexikó* között húzódó szakaszának – a vízkészlet mezőgazdasági öntözési célú – hasznosításával volt kapcsolatos: hosszú vita után a két fél

1906-ban megállapodott a vízmegosztásról. S végül hadd említsük a légköri, a kozmikus és a víz alatti nukleáris kísérleteket betiltó 1963-as nemzetközi egyezményt, amely véget vetett a földi környezet nagyfokú szennyezésével – azon keresztül az élővilág, az emberek egészségének veszélyeztetésével is – együtt járó gyakorlatnak, illetve a további ilyen törekvéseknek.

A természeti környezettel kapcsolatos nemzetközi konfliktusokra és a megoldásukra vonatkozó eddigi sokrétű tapasztalatok is kevésnek bizonyulnak az üvegházhatású gázok növekvő mértékű légköri kibocsátása, s ezáltal a földi éghajlat és általánosabban a földi környezet állapotának változása miatt erősödő veszélyhelyzet kezelésére. A mintegy két évtizede – esetenként a legmagasabb politikai szinten is – folyó egyeztetések nemzetközi politikai-szakpolitikai, diplomáciai és jogi értelemben fontos eredményekre vezettek, de az eddig közösen elhatározott és a ténylegesen végrehajtott intézkedések hatásai messze elmaradnak attól, amit a prob-

léma megoldása, azaz mindenekelőtt a globális környezeti rendszerbe való és növekvő mértékű emberi beavatkozás korlátozása, illetve csökkentése szükségessé tette. De legalább napjainkban már a tudósok és a politikusok túlnyomó többsége elismeri, hogy egy valóságos problémával – a földi éghajlat nagy valószínűséggel bekövetkező jelentős megváltozásának veszélyével – állunk szemben, amelyet legalábbis részben magunk okoztunk. E globális környezeti probléma megoldása csak hatékony nemzetközi együttműködéssel lehetséges. Több mint száz év kellett ahhoz, hogy a felismeréstől eddig eljuthassunk, miközben a helyzet egyre romlott. Ebben a tanulmányban e folyamat fő szakaszait, nemzetközi vetületeit mutatjuk be, valamint röviden a jövő kilátásait elemezzük.

## A FELISMERÉS

A légkör összetétele és az éghajlat mindig is változott a földtörténet során. A történelmi idők szempontjából viszont különös jelentősége van annak, hogy egy jelentős, több tízezer évig tartó eljegesedési időszakot követően mintegy tízezer évvel ezelőtt egy lényegesen enyhébb (interglaciális) időszak köszöntött a Földre. Az átlagos éghajlati feltételek ezt követően is a korábbiakhoz képest kisebb – az élővilág és az emberi közösségek számára sokszor mégis nehezen elviselhető – mértékben ingadoztak. Az emberiség történetének ezekben a korai szakaszaiban a környezeti feltételekhez – köztük a rövidebb és hosszabb távon változó éghajlati feltételekhez – való alkalmazkodás vagy adott esetben a kedvezőbb adottságú területekre való elvándorlás szó szerint létfontosságú volt. A különböző külső és belső természeti okokra visszavezethető ilyen változások és ingadozások azóta is történtek és nyilvánvalóan történhetnek majd a jövőben is. A történelmi „közelmúlt” legjelentősebb ilyen eseménye volt a „Kis Jégkorszaknak” nevezett – a XVI. és a XIX. század közepe

közötti – időszak, amikor az északi féltekén a felszíni átlaghőmérséklet közel egy fokkal volt alacsonyabb, és különösen a magasabb szélességeken a korábbiaknál jóval hidegebb telek súlyos következményekkel jártak.

A XVII–XVIII. századtól kezdődően az ember maga is – akaratlanul – egyre kiterjedtebb hatású környezetalakító „tényező” lett. Ez a történet azzal kezdődött, hogy az Ipari Forradalom „motorját” a szén kezdte táplálni. *Thomas Savery* 1698-ban megalkotta a gőzgépet, *James Watt* 1769-ben pedig már előállt annak valóban használható változatával. *Isaac Newton* 1680-ban már felvázolta egy gőzautó tervét. A XVIII. század végétől kezdődően mind nagyobb mértékű lett a szén-, majd a kőolaj- és földgázfelhasználás, és e fosszilis tüzelőanyagok elégetésével egyre több szén-dioxid került a légkörbe. De számos más anyag is, így többek között – a szén kéntartalmától függő mértékben kibocsátott – kén-dioxid, amely a légáramlatokkal messzire elkerült, majd például „savas esők” formájában megérkezett a felszínre és károsította az olyannyira távol fekvő finn, norvég vagy svéd tavak élővilágát is. Hosszú időnek kellett eltelnie, mire a légkörkutatók, a vegyészek, a biológusok egyértelműen feltárták ezt a több ezer kilométeres hatótávolságú kapcsolatot, az országhatárokon áterjedő környezeti hatást és a politika, illetve az ipar képviselői döntésre szánták el magukat.

A közös fellépéshez azonban a nemzetközi légkör enyhülésére is szükség volt. Az 1972. évi stockholmi „*Emberi Környezet*” elnevezésű ENSZ-konferencián politikai okokból a szocialista országok nem képviseltették magukat, de az 1975-ben újtúra indult „helsinki folyamat” sikerét követően az akkori norvég környezetvédelmi miniszter asszony, *Gro Harlem Brundtland* 1978-as moszkvai tárgyalásai során tisztázták, hogy a „savas esők” problémáját a nyugat- és kelet-európai államok csak közösen tudják megoldani. A határokon áterjedő környezetszennyezés tehát hathatósan hozzájárult Európában a Kelet és Nyugat közötti

együttműködéshez, 1979-ben pedig megszületett a multilaterális környezetvédelmi megállapodások – a maga nemében úttörő jelentőségű – mintája: a pán-európai „Egyezmény a nagy távolságra jutó, országhatárokon áterjedő levegőszennyezésről” (LRTAP, 1984). Az egyezményben a szerződő felek vállalták, hogy majd fokozatosan korlátozzák, illetve csökkentik az érintett levegőszennyező anyagok kibocsátását.

Visszatérve a szén-dioxidra, Svante Arrhenius svéd tudós már 1896-ban megjelent cikkében felvetette, hogy e gáz szintjének emelkedése a felszíni hőmérséklet növekedését okozhatja (Arrhenius, 1896). E felvétel a francia Joseph Fourier 1827-ben közreadott felismerésére épült, hogy a földi légkör úgy viselkedik, mint a kertészetekben az üvegház (1. ábra). Ebben az esetben azonban sokkal kevésbé volt „megértethető” a probléma, hiszen olyan gázzal volt szó, ami közvetlenül nem fejtett ki káros hatást, s valójában (levegő)szennyező anyagnak sem igen lehetett tekinteni, hiszen a fő összetevőkhöz képest ugyan viszonylag kis arányban, de e gáz a légkör természetes alkotórésze, nyomgáza volt. Továbbá az emberi tevékenységek következtében kibocsátott mennyisége elenyészőnek tűnt a légkörben található, illetve a szén természetes körforgásban részt vevő mennyiségéhez viszonyítva.

## A KEZDETEK

Arrhenius felvetésére nem figyeltek fel, de a világban mind jobban kiépülő meteorológiai megfigyelőhálózatnak és az 1873-ban létrehozott Nemzetközi Meteorológiai Szervezet által koordinált adatgyűjtésnek is köszönhetően kimutathatóvá vált a felszíni átlaghőmérséklet lassú növekedése. Ezt az elemzést G. S. Callendar angol meteorológus végezte el mintegy kétszáz mérőállomás 1880–1930 közötti adatai alapján, és 1983-ban arra a következtetésre jutott, hogy a globális melegedés már megkezdődött. Bár a későbbiekben a hőmérséklet emelkedése

átmenetileg megtört, de a „gyanú” megerősödött, hogy a különböző emberi tevékenységek nyomán a légkörbe kerülő többlet szén-dioxid miatt e gáz légköri koncentrációja emelkedik. 1958-ban két amerikai, Roger Revelle és Charles Keating létrehozta a Manua Loa Observatóriumot, ahol megkezdődött a légköri szén-dioxid mennyiségének szisztematikus nyomon követése, és egyértelműen bebizonyosodott a szén-dioxiddal kapcsolatos feltevés.

Ettől kezdve a környezeti megfigyelésekkel és kutatásokkal foglalkozó mind kiterjedtebb nemzetközi együttműködés keretében – többek között – a következő alapvető kérdésekre keresték a választ:

- Vajon e változások természeti vagy legalábbis jórésztben emberi hatások következményei?
- A földi környezetnek melyek azok a fő mechanizmusai („visszacatolásai”), amelyek gyengíthetik vagy erősíthetik ezeket a folyamatokat?
- Ha a megfigyelt változások – a földtörténet és a történelmi idők során végbement ilyen átalakulásokhoz hasonlóan – természeti okokra vezethetők vissza, akkor ezúttal elsősorban mi váltja ki azokat, s meddig tarthatnak, milyen mértékűek lehetnek ezek a változások?

Az 1950-es és 1960-as években járunk, a világ ügyeit illetően az államok vezetőinek, döntéshozóinak figyelmét más problémák kötötték le. De a fentiek alapján az is érthető, hogy a lehetséges globális környezetváltozás ügyében előbb a tudomány képviselőinek kellett behatóbban foglalkozniuk az említett kérdésekkel.

## A POLITIKA ÉBRESZTÉSE

A szisztematikus mérések mind egyértelműbben mutatták a szén-dioxid légköri mennyiségének gyors emelkedését, s a politika legalábbis erre felfigyelt – mai szemmel nézve különös módon éppen az USA-ban. 1965-ben az USA elnöke, L. B.

Johnson – Tudományos Tanácsadó Testületének véleményére támaszkodva – kijelentette, hogy a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó és egyre növekvő széndioxid-kibocsátás következtében már megváltozott a légkör összetétele. A Testület pedig ennél is továbbment és előrevetítette, hogy ennek következménye az éghajlat jelentős megváltozása lehet.

A szaporodó és közzétett megfigyelési adatoknak köszönhetően az ezzel a problémával kapcsolatos nemzetközi együttműködési feladatok – ha nagyon általános formában is – megjelentek az 1972. évi ENSZ-konferencián elfogadott dokumentumban is. Az ajánlások értelmében az energiatermelés és -felhasználás környezeti hatásait megfelelően mérni, elemezni kell, különös tekintettel többek között a szén-dioxid-kibocsátásból adódó hatások szintjére, továbbá a kormányoknak előzetesen és megfelelően értékelniük kell a különféle tevékenységek lehetséges éghajlati hatásait, s minél szélesebb körben erről tájékoztatást is kell adniuk (UNCHE, 1972, 57. és 70. ajánlás).

1979-ben már kifejezetten ezzel a témakörrel foglalkozó nemzetközi konferenciát – *Éghajlati Világkonferenciát* – rendeztek Genfben, ahol felhívást fogadtak el, melyben sürgették a hatékonyabb nemzetközi együttműködést a földi éghajlat megváltozásának megelőzésére, amit emberi tevékenységek idézhetnek elő. Az ausztriai *Villachban* 1985-ben, majd az olaszországi *Bellagióban* 1987-ben megtartott szakmai konferenciák már konkrétan a szén-dioxid és más üvegházhatású gázok kibocsátásával és globális éghajlati hatásaival, valamint a legfontosabb tudományos és a lehetséges szakpolitikai teendő meghatározásával foglalkoztak. A villachi konferencián tették közzé a svéd *Bert Bolin* által vezetett tudóscsoportnak az ICSU (*International Council of Scientific Unions*) részére készített jelentését, amely minden korábbinál egyértelműbben hívta fel a figyelmet a földi éghajlat lehetséges megváltozására, s ennek szerteágazó társadalmi-gazdasági következményeire.

Mindeközben, a szakosított intézmények javaslatait figyelembe véve, 1983-ban az ENSZ Közgyűlése határozatot hozott egy külön bizottság létrehozásáról azzal a mandátummal, hogy tekintse át a földi környezetre gyakorolt hatásokat és határozza meg azokat a lehetséges lépéseket, amelyekkel ezek a hatások kezelhetők nemzetközi együttműködés keretében, s azokat a megfelelő környezeti stratégiákat, amelyek hozzájárulhatnak a fenntartható fejlődés eléréséhez (UN, 1983).

### A „PIONÍR” IDŐSZAK: 1987–1992

A fenti előzményeket követően az „újkori” éghajlatváltozás problémájával kapcsolatos széles körű politikai együttműködés megindulását 1987-től számíthatjuk. Ebben az évben látott napvilágot a *Gro Harlem Brundtland* norvég miniszter asszony által vezetett ENSZ-bizottság – az *ENSZ Környezet és Fejlődés Bizottság* – jelentése „Közös jövőnk” címmel. A jelentés fontos érdeme, hogy nem „egyszerűen” a környezeti ügyekkel foglalkozik, hanem rendkívül széles körű értékelést nyújt a világ folyamatairól, azok egymással összefüggő társadalmi és környezeti hatásairól, s ebben a megközelítésben teszi meg részletes ajánlásait. Ebben az átfogó keretben kap figyelmet az üvegházhatású gázok kibocsátása – mindenekelőtt a fosszilis tüzelőanyagok elégetésével a légkörbe kerülő szén-dioxid – miatt az „éghajlatváltozás komoly valószínűsége” is. A Bizottság véleménye szerint ennek érdekében a világnak egy sokkal kisebb energiaigényű, nagyobb energiahatékonyságú jövőre kell felkészülnie. Az ENSZ Közgyűlése 1987 végén határozatban fogadta el a jelentést és az abban foglalt ajánlásokat is.

Ennek az ENSZ-határozatnak és a korábbi tudományos konferenciáknak is tulajdonítható, hogy 1988-ban a WMO és az UNEP közösen létrehozta az *Éghajlatváltozási Kormányközi Testületet* (IPCC). Ennek keretében számos tudományág képviselői egyez-

tették a megfigyelések és a modellek eredményeit, összegezték a globális éghajlat, illetve általában a földi környezet alakulására vonatkozó részletes értékelést, majd ezek alapján a kormányok képviselői hagyták jóvá a politikának szánt legfontosabb üzeneteket. A Testület nagytekintélyű elnöke a svéd *Bert Bolin* lett. Két évre rá, 1990-re pedig elkészült a Testület első értékelő jelentése. Az éghajlatváltozással kapcsolatos vizsgálatok és nemzetközi politikai megfontolások (a „klímapolitika”) három egymással szorosan összefüggő területre tagolódtak

- a globális éghajlati rendszer viselkedésével, állapotának várható alakulásával kapcsolatos ismeretek bővítése, a jövőre vonatkozó becslések pontosítása;
- a becsült globális változások lehetséges társadalmi-gazdasági és környezeti hatásainak felmérése és a káros hatások mérséklését célzó lehetőségek feltárása;
- a globális éghajlatváltozás veszélyét kiváltó, erősítő emberi tevékenységek azonosítása és ilyen irányú következményeik kezelési lehetőségei, elsősorban az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésével.

1998 júniusában a kanadai *Torontóban* politikusok és tudósok részvételével tartottak konferenciát, ahol a globális biztonsági szempontból is vizsgálták a földi légkör állapotváltozását. A résztvevők sürgették egy nemzetközi program és megállapodás elfogadását a földi légkör védelmére, és ennek keretében – első lépésként – az 1988-as szinthez képest 2005-re a szén-dioxid-kibocsátás 20%-os csökkentését. Ez volt az azóta sokszor hivatkozott „Torontói Cél”.

Ugyanebben az évben az ENSZ-ben határozatot fogadtak el a földi éghajlat védelméről, amelyben az ENSZ-tagállamok aggodalmukat fejezték ki amiatt, hogy a globális (fel)melegedés komolyan veszélyeztetheti a társadalmi-gazdasági rendszereket (UN, 1988).

Mindezek alapján érthető, hogy az 1990 novemberében megtartott *második Éghajlati Világkonferencia* az előzőnél sokkal nagyobb figyelmet kapott, s annak magas szín-

tű politikai szakaszán *Margaret Thatcher* brit kormányfő mellett számos ország kormányát egy vagy több miniszter képviselte, akik egyetértettek abban, hogy sürgősen meg kell állapodni az éghajlatváltozással kapcsolatos teendőkről.

Az ENSZ Közgyűlés 45/212 számú határozata (UN, 1990) pedig éppen arról szövegezte, hogy meg kell kezdeni az előkészületeket egy ilyen nemzetközi egyezményről az ENSZ égisze alatt működő Kormányközi Tárgyaló Bizottság keretében. Az egyezmény tárgyalásai – több fordulóban – 1992 májusáig tartottak, s végül az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményét az 1992 júniusában Rio de Janeiróban megtartott nagyszabású „ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencián”, pontosabban annak magas szintű – „Föld Csúcs”-nak is nevezett – szakaszán nyitották meg aláírásra. A földi környezet ügye, s ennek egyik sarkalatos problémájaként a globális éghajlatváltozás veszélye a legmagasabb szintű politikai figyelmet kapta. Az egyezmény *célkitűzése* szerint – az elővigyázatossági elv figyelembevételével – el kell érni, hogy az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja ne lépjen át egy veszélyes szintet (2. ábra). Ennek érdekében – az ugyancsak elfogadott „közös, de megkülönböztetett felelősség” elve alapján – a fejlettebb államok vállalták, hogy az érintett gázok kibocsátása az ezredfordulón nem fogja meghaladni az 1990. évi szintet. (A fejlettebb államok alatt itt az egyezmény első mellékletében felsorolt fejlett és átmeneti gazdaságú államokat értjük. Az utóbbiak sajátos helyzetük miatt bizonyos mértékben eltérhetnek e vállalás feltételeitől az egyezmény egyik rendelkezése alapján.)

Az egyezmény létrejöttének jelentőségét akkor lehet igazán megérteni, ha tekintetbe veszünk két fontos szempontot:

- Egészen biztosan csak azt lehetett igazolni, hogy a légkörben a szén-dioxid és más üvegházhatású gázok mennyisége gyorsan növekszik, ennek következményeit illetően azonban továbbra is jelentős volt a tudományos bizonytalanság, ugyanakkor feltételez-

hető és becslhető volt, hogy egy határ után drámai és visszafordíthatatlan változások következnek be a földi környezet állapotában.

- Szemben más addig megtapasztalt környezeti problémákkal, ebben az esetben a társadalmi-gazdasági fejlődés szempontjából sok kritikus ágazat és tevékenység volt érintett mind a problémát kiváltó, mind a valószínűsíthetően negatív hatásokat viselő oldalon. Hogy csak az előbbiekre utaljunk: az érintett gázok „emberi eredetű” kibocsátásában különböző mértékben vesz részt az energiatermelés és -fogyasztás, beleértve a közlekedési célú energiafogyasztást (fosszilis eredetű tüzelő- és üzemanyagok), a cementipar, a vas- és acélipar, az alumíniumgyártás, az erdőgazdálkodás, az állattenyésztés, a rizstermelés stb.

Az egyezmény 1994-ben lépett hatályba és napjainkra ahhoz a világ minden állama csatlakozott. (Az egyértelműség kedvéért: az egyezménynek minden fejlett állam, s közöttük az Egyesült Államok is részese; az Egyesült Államok és Ausztrália a későbbi Kiotói Jegyzőkönyvhöz nem csatlakozott.)

### A „NEM-ELÉG” IDŐSZAK: 1993–1997

Az egyezményről – pontosabban a kibocsátások szabályozására vonatkozó konkrét rendelkezésről – már megkötése pillanatában világos volt, hogy „csak” a kezdetet jelenti, hiszen egyrészt a fejlett államok egyelőre néhány évre vállalták a globális éghajlatváltozás veszélyét előidéző kibocsátás „befagyasztását”, másrészt elismerést nyert, hogy a fejlődő államok egy főre számított kibocsátásai kisebbek és kibocsátásaik a fejlődésükhöz szükséges mértékben még tovább fognak nőni. Mindebből nyilvánvaló volt, hogy globális szinten a környezetet gyakorolt hatás legfeljebb valamelyest mérséklődni fog, de – újabb nemzetközi megállapodás híján – legkésőbb az ezredfordulót követően még jobban erősödik

majd. Ezért az egyezmény keretében a felek arról is megállapodtak, hogy a konkrét kibocsátás-szabályozási rendelkezéseket, illetve azok elégségességét értékelik, az egyezmény hatálybalépését követően felülvizsgálják, majd azután rendszeresen, amíg nem teljesül az egyezmény célkitűzése.

Az 1994. évi hatálybalépés után az egyezményben Részes Felek Konferenciájának (az egyezmény döntéshozó testületének) első ülészakát *Berlinben* tartották: Ezen 166 állam delegációja vett részt, s az ügy fontosságát, az esemény jelentőségét talán ennél is jobban jelzi, hogy 1700 újságíró regisztráltak. (A magas szintű szakaszt *Kohl* kancellár nyitotta meg; a Konferencia elnökének egy éves időszakra *Angela Merkel* akkori környezetvédelmi minisztert választották meg.) A résztvevők között egyetértés volt abban, hogy további lépésekre van szükség a mind kockázatosabbnak látszó környezetváltozás elkerülésére, de a teendők módjáról és mértékéről nagyon eltért az egyes országcsoportok véleménye. A végül elfogadott „Berlini Mandátum” szerint meghatározott keretek között kormányközi tárgyalásokat kell kezdeni azzal a céllal, hogy 1997-re elkészüljön egy új megállapodás.

A berlini ülészakát az is igazolta, hogy az éghajlatváltozás veszélyének problémája bekerült a kiemelt jelentőségű világpolitikai ügyek sorába két okból

- becslott következményei alapján súlyosan érintené a globális biztonságot, a különböző régiókban élő társadalmak életkörülményeit;

- további megelőzését, de legalábbis mérséklését célzó beavatkozások érdekében kulcsfontosságú ágazatoknak, iparágaknak kellene mielőbb jelentős fejlesztésekkel módosítaniuk addigi termelési eljárásaikat vagy lényegesen más fejlődési pályára kellene állniuk.

Ennek alapján az is érthető, hogy a feltételezett környezeti változások káros hatásai miatt leginkább aggódó, legkevésbé fejlett államok és (a tengerszint emelkedésétől tartó) kis szigetállamok a korábbi „torontói

cél” elfogadását képviselték; a környezetvédő szervezetek ennél is komolyabb intézkedéseket követeltek; ezt túlzónak és egyoldalúnak tartották az elért gazdasági pozíciójuk megtartásával szemben a legfejlettebbek sorában az *USA*, *Kanada*, *Ausztrália*, *Japán*; illetve megalapozatlannak és a fosszilis energiahordozóktól nagymértékben függő gazdaságuk számára méltánytalannak például az *Orosz Föderáció és az OPEC* tagállamai.

Több mint három év munka után és az 1997 decemberében a korábbi japán császárvárosban végigtárgyalt több éjszaka után készült el az új megállapodás: a Kiotói Jegyzőkönyv. Ennek keretében a fejlett államok és az átmeneti gazdaságú közép- és kelet-európai államok átlagosan mintegy öt százalékos kibocsátás-csökkentést vállaltak a 2008-2012 közötti évek átlagára számítva az 1990-es szinthez képest. A fejlődő országok világossá tették, hogy továbbra is alapvetően a fejlett országoknak kell megoldaniuk ezt a problémát, mert eddig elsősorban miattuk növekedett meg az üvegházhatású gázok légköri mennyisége. Egyúttal a fejlődő államok fő célja még hosszú ideig a társadalmi-gazdasági fejlődésük előmozdítása, továbbá mind a gazdasági mutatók, mind például az egy főre számított kibocsátások tekintetében általában még mindig messze elmaradnak a „nyugati világtól”.

A rendkívül sok kompromisszum árán megszületett új nemzetközi jogi eszköz tehát végre jogi értelemben véve kibocsátás-csökkentési kötelezettséget tartalmazott. A kompromisszumok azonban egyértelművé tették, hogy a világ nem készült még fel e probléma kezelésére:

- Sokan továbbra sem tartják kellő mértékűnek a globális éghajlatváltozás, illetve okának és hatásának tudományos igazolását, e bizonytalanságok miatt viszont számukra nem látszik ésszerűnek költséges ellenintézkedéseket tenni.

- A világ gazdasága olyan mértékben a fosszilis energiahordozókra épül, s az adott energiaárak mellett olyan költségesnek lát-

szik a „karbon-szegény” társadalmi-gazdasági fejlődés irányába való elmozdulás (azaz pl. megújuló energiahordozókra való áttérés), hogy a legtöbb állam, érintett gazdasági érdekcsoport számára ez rövid- és középtávon elképzelhetetlennek látszik.

Az viszont ezúttal is egyértelmű volt, hogy a globális kibocsátás továbbra is növekedni fog és a globális környezetváltozás veszélye tovább fog erősödni: az elfogadott kibocsátás-csökkentési cél ugyanis csak a fejlettebb államokra vonatkozik és egy határidőig szól, valamint a fejlődő országok egyelőre – a megkülönböztetett felelősség és a méltányosság igénye alapján – távlati kibocsátás-mérséklési célt sem vállalnak. Az egyezményhez hasonlóan tehát ezúttal is legalább arról megállapodás született, hogy majd a hatálybalépést követően meg kell vizsgálni, mit kell tenni az egyezmény, illetve a jegyzőkönyv célkitűzése érdekében.

### A „HEZITÁLÁS” IDŐSZAKA: 1998–2006

A rákövetkező években a Kiotói Jegyzőkönyv jelentőségéről, további sorsáról sokan és sokféleképpen vélekedtek. Az alapvető probléma megoldatlan maradt: a jegyzőkönyv keretében vállaltaknál sokkal nagyobb mértékű globális kibocsátás-csökkentésre volna szükség rövid időn belül. A kibocsátások csökkentésén túlmenően pedig már komoly figyelmet szükséges fordítani az alkalmazkodásra való felkészülésre is, hiszen már elkerülhetetlennek látszik bizonyos mértékű változás a globális éghajlati és az azzal összefüggő környezeti feltételekben.

Ehhez képest a jegyzőkönyv hatálybalépésével is gond volt. 1997-ben az *USA* alelnöke, *Al Gore* személyesen vett részt a tárgyalások legkritikusabb részén, majd 1998-ban a Szenátus döntése ellenére, az Egyesült Államok elnöke képviselőjében aláírta a jegyzőkönyvet. A választásokat követően az Egyesült Államok új vezetése elutasította ezt a nemzetközi megállapodást, mert indoklása

szerint az káros nemzetgazdaságukra és elfogadhatatlan, hogy a gyors gazdasági növekedésű államok (mint pl. Kína) semmilyen kibocsátás-csökkentést sem vállaltak. A jegyzőkönyv viszont részben egyfajta amerikai-orosz „tandemre” épül: miközben az Egyesült Államok hét százalékos kibocsátás-csökkentést vállalt, az *Orosz Föderáció* csak szinten tartást („nem-növekedést”), annak ellenére, hogy a korábbi jelentős gazdasági visszaesés, majd az alapjaiban átalakuló gazdasági szerkezet miatt a kibocsátások óriási mértékben visszaestek az 1990-es szinthez viszonyítva. Nyilvánvaló volt, hogy az Egyesült Államok kezdeményezésére a jegyzőkönyvbe bevett „nemzetközi emiszió-kereskedelem” lett volna az a kapocs, ami ebben a vonatkozásban összekötötte volna a két nagyhatalmat: az Egyesült Államok viszonylag olcsón megvásárolhatta volna a nagy mennyiségű orosz kibocsátási jogot. Az Egyesült Államok nélkül viszont nem látszott elegendő kereslet erre – a tárgyalási szlengben „forró levegőnek” nevezett – kibocsátási jogra. Hosszú éveken át, alkalmanként a legmagasabb szinten folytak az egyeztetések az EU és az orosz vezetés között a jegyzőkönyvhöz való orosz csatlakozásról. Nem hivatalosan két feltétel merült fel: az említett kibocsátási jogokból mekkora mennyiségre és milyen árra adható valamilyen garancia, valamint a jegyzőkönyvhöz való orosz csatlakozásért cserébe az EU elősegítené-e az Orosz Föderáció tagságát a *Világkereskedelmi Szervezetben*.

Emellett szinte eltörpült az a probléma, hogy a Kiotói Jegyzőkönyv rendelkezéseinek megfelelő értelmezéséhez és végrehajthatóságához hiányoztak a konkrét eljárási szabályok. Az említett nemzetközi emiszió-kereskedelemtől például csupán egyetlen általános tartalmú bekezdés szólt a jegyzőkönyvben. Ezekről a részletes szabályokról több mint három évig tartó – néha drámaian feszült – tárgyalások után 2001-ben született megállapodás. A fokozódó érdeklődés jellemzésére: a 2000. évi hágai ülészakon mintegy tízezer ember vett részt a kormá-

nyok, nemzetközi szervezetek, nem-kormányzati szervezetek (köztük nagy számban a civilek és az üzleti világ), a sajtó képviselőiben.

Pedig 2001 őszén jelent meg az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület harmadik értékelő jelentése, ami még nagyobb bizonyossággal állította, hogy a földi éghajlat melegszik, az eddig megfigyelt változások nagyrészt emberi tevékenységnek tudhatók be (tehát nem egyszerűen természeti eredetű és esetleg csak átmeneti változásról van szó), s az évszázad végéig becsülhetően nagyfokú változások történhetnek a földi környezet állapotában.

A hatálybalépés azonban késett. Végül 2004 végén döntött az orosz vezetés a csatlakozásról, ami a jegyzőkönyv egy sajátos rendelkezése miatt elengedhetetlen volt a hatálybalépéshez. Ez az „elhfresült” nemzetközi jogi eszköz 2005 februárjától hatályos lett, szinte az utolsó pillanatban ahhoz, hogy a 2008–2012 közötti „kötelezettségvállalási időszakra” valóban fel lehessen készülni. Az EU vezetők viszont olyannyira bíztak ebben, hogy erre az időre már előkészítették a közösségi „belső” emiszió-kereskedelmi rendszert és ez kötelezővé vált újonnan csatlakozott tagállamokra is.

Napjainkra már több mint 160 állam részese a Kiotói Jegyzőkönyvnek, és a végrehajtásával összefüggő sokrétű feladatok mellett megkezdődtek az egyeztetések a jövőről, azaz arról, hogy mit kellene tenni 2012 után. Az újabb tudományos eredmények figyelembevételével az Európai Unió vezetők már 2005-ben állást foglaltak, amely szerint el kell kerülni, hogy a földfelszíni átlagos hőmérséklet emelkedése a 2 °C-ot meghaladja a „preindusztriális” időszak hőmérsékletéhez képest. Ez pedig csak úgy érhető el, ha a globális kibocsátások csökkenni kezdenek néhány évtizeden belül, aminek az az egyik feltétele, hogy a fejlett államok a következő évtized végére már 15–30%-kal csökkentik kibocsátásukat (2. ábra). 2005 végén *Montrealban* került sor az ENSZ-egyezményben és a Kiotói Jegyzőkönyvben részes felek

találkozájára. A legnagyobb vita már arról folyt, hogy milyen módon kezdődjenek meg és egyáltalán mely országokra vonatkoznak a tárgyalások a 2012 utáni teendőkről. Megállapodást ismét csak legmagasabb szintű beavatkozással sikerült elérni: a montreali tárgyalások utolsó éjszakáján előbb *London és Washington* között volt „forró drót”, majd *Ottawa és Moszkva* között.

Az akkori megállapodások szerint azóta is több szálon párhuzamosan folynak a nemzetközi tárgyalások – az egyezmény és a jegyzőkönyv égisze alatt is –, mindenekelőtt arról a két kérdéstről, hogy milyen további (kibocsátás-szabályozási) vállalást tudnak elfogadni a fejlett államok a következő évtizedre, milyen átfogó megállapodás alakítható ki a globális kibocsátások csökkentésére, azaz amelyekben – ha eltérő módon és mértékben is – minden állam részt vesz.

Sok ország és az üzleti világ képviselői is fontosnak tartották annak egyértelmű politikai jelzését, hogy a szén-dioxid-kibocsátásokkal kapcsolatban kialakult „kvótapiac” a jövőben is működni fog, e kibocsátások egy-egyének a jövőben is – a kibocsátások csökkentésére vonatkozó újabb vállalások függvényében – megfelelő piaci ára lesz és ezáltal hosszabb távon lesz ezen a területen környezetbarát beruházási, technológiafejlesztési érdek.

A további teendőket foglalkozó sokirányú tárgyalások ellenére – a rendkívül eltérő álláspontok miatt – továbbra sem látható előre, hogy azok milyen eredménnyel zárulhatnak. Pedig annak érdekében, hogy 2012 után az eddigieknél határozottabb kibocsátás-csökkentési lépésekre kerülhessen sor, néhány éven belül megállapodásra kell jutni.

## 2007 – A FORDULAT ÉVE?

2006 végén látott napvilágot a brit kormány által rendelt, a *Világbank* volt vezető közgazdásza (*Stern*, 2006) által vezetett szakértői csoport által készített jelentés, amely közgazdasági eszközökkel értékelte a

globális éghajlatváltozás kérdését: a változást mérséklő jelenlegi beavatkozások költségeit egybevetve az éghajlatváltozás hatásainak költségeivel. A jelentés fő következtetése, hogy tisztán közgazdasági megfontolásból sokkal nagyobb a költséghatékonysága annak, ha a globális változás mérséklésére költünk, semmint később a hatásaihoz való alkalmazkodásra, illetve a káros hatások kezelésére.

2007: az *Éghajlatváltozási Kormányközi Testület* immáron negyedik átfogó értékelésének éve. A Testület első munkacsoportja február elején fogadta el és tette közzé azt a részjelentést (*IPCC*, 2007), amelyik a földi éghajlat eddigi változásának „azonosításával”, valamint az évszázad végéig várható változások becslésével foglalkozik. Az első jelentésrész szerint:

- Az eddigieknél is gyorsabban növekedett tovább a szén-dioxid, valamint az ugyancsak üvegházhatású metán és dinitrogén-oxid légköri koncentrációja, jelentős részben emberi tevékenységnek tulajdoníthatóan. A szén-dioxid mennyisége az elmúlt mintegy kétszáz évben 36 százalékkal lett több. E gáz természetes légköri szintje lényegesen alacsonyabb volt az elmúlt 650 ezer évben.

- A fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből eredően 1990-ben 23,5 gigatonna (Gt) szén-dioxid került a légkörbe, míg 2000 és 2005 között átlagosan 26,4 Gt. Ehhez hozzáadódik a földhasználat-változtatással – például az erdővel borított területek felégetésével – kibocsátott mennyiség, amely a fenti értékek egynegyedének felel meg (1990-ben 5,9 Gt volt).

- Nagy bizonyossággal állítható, hogy a légkör üvegházhatásának erősödését, és ezáltal a globális felmelegedést emberi tevékenység idézi elő. A megfigyelések alapján egyértelmű, hogy ez a világméretű változás folyamatban van. Sokat mondó adat, hogy az elmúlt százéves időszakban a globális felszíni átlaghőmérséklet 0,74 °C-kal emelkedett, az 1850 utáni legmelegebb tizenkét esztendő közül tizenegy 1995 és 2006 közé

esett (3. ábra). Nagyon valószínű tehát, hogy a melegedés legnagyobb részben az üvegházhatású gázok koncentrációjának az emberi tevékenység által okozott növekedése miatt következett be.

- A világoceán hőmérséklete is emelkedik, olvadnak a gleccserek, egyre zsugorodnak a hóval és jéggel borított területek, fogyatkozik a jég tömege is. A hőtágulás és a jégtakaró elolvadása miatt emelkedik a világtengerek szintje. Ez a folyamat nagy bizonyossággal felgyorsult a XX. században.

A legfrissebb jelentésből még nagyobb figyelmet válthatnak ki a jövőre vonatkozó becslések, amelyek a korábbinál több elemzésre és modell-eredményre támaszkodnak:

- A száz éven belül várható melegedésre vonatkozóan – az üvegházhatású gázok további kibocsátásától függően – a globális középhőmérséklet 1,1–6,4 °C-kal növekedhet az 1990-es átlaghoz képest. Ebből adódóan a világtengerek szintje gyorsan emelkedhet: a jelenlegi évtizedenként 2 centiméteres átlagos emelkedés az évszázad végére megháromszorozódhat.

- A földi átlaghoz viszonyítva sokkal nagyobb lesz a melegedés a szárazföldi területeken, ugyanakkor az egyes régiókra vonatkozó számszerű hőmérsékleti és más becslések bizonytalansága sokkal nagyobb, mint a globális értékek esetében.

- A világméretű változások következmé-

nyeként bizonyos térségekben várhatóan nőni fog a szélsőséges időjárási események – trópusi ciklonok, hőhullámok, nagy csapadékok – gyakorisága és erőssége.

A nemzetközi politikai tárgyalások szempontjából azonban kiemelkedő jelentőségű, hogy az Európai Unió vezetői 2007 márciusában rendkívülien egyértelmű döntést hoztak nemcsak a kibocsátásokra, hanem azok legjelentősebb forrását jelentő energiaágazatra vonatkozóan (4. ábra) is:

- Sürgősen olyan nemzetközi megállapodásra van szükség, amelynek keretében a fejlett államok 30%-os kibocsátás-csökkentést vállalnak 2020-ra és bizonyos kibocsátás-mérséklő vállalatokat tesznek a gyorsan fejlődő államok is (pl. gazdasági fejlődésük „karbon-intenzitásának” csökkentésére).

- Addig is, ameddig egy ilyen globális és átfogó megállapodás nem jön létre, az *Európai Unió* egyoldalúan vállalja a kibocsátások 20%-os csökkentését 2020-ra, s ennek érdekében is addigra 20%-ra növeli a megújuló energiahordozók arányát, 20%-kal csökkenti az energiaszennyezettséget és 10%-ra növeli a bioüzemanyagok arányát.

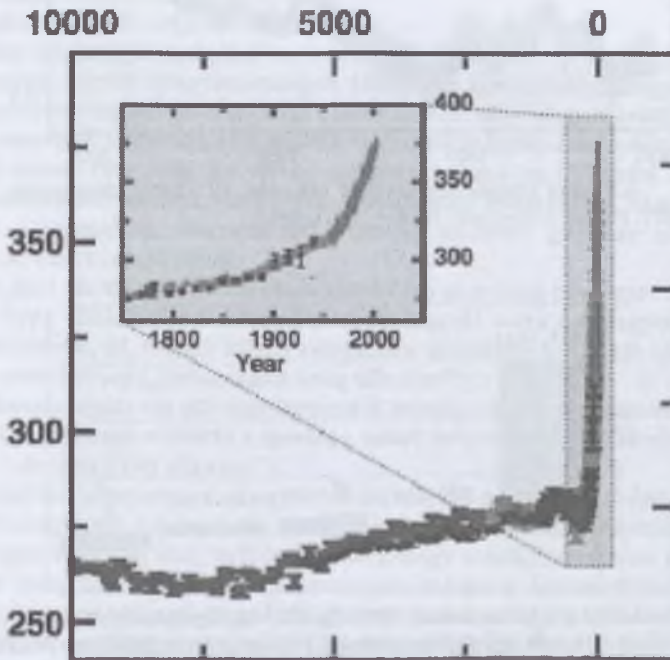
A magas szintű nemzetközi tárgyalások 2007 végén folytatódtak, s ilyen előzmények után talán valamivel nagyobb annak esélye, hogy megerősödik a közös politikai akarat a megállapodásra.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) ARRHENIUS, S. (1896): On the Influence of Carbonic Acid in the Air Upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine*, 41, 237–275. pp. (2) BRUNDTLAND, G. H. ET AL. (1987): Our common future. The World Commission on Environment and Development. Oxford University Press; UNGA resolution A/42/427 (4 Aug 1987). (Közös jövőnk, a Környezet és Fejlesztés Világbizottság jelentése. Mezőgazdasági Kiadó, 1988) (3) BULLA M. – FARAGÓ T. – NATHON I. (szerk.) (1992): Az Egyesült Nemzetek Szervezetének Környezet és Fejlesztés Konferenciája: tények és adatok. ENSZ Konferencia Magyar Nemzeti Bizottság, Budapest, 64 p. (4) FARAGÓ T. (szerk.) (1998): Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése: Kiotói Jegyzőkönyv az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményéhez és a hazai feladatok. Fenntartható Fejlesztés Bizottság, Budapest, 96 p. (5) FARAGÓ T. (2007): Új jelentés az éghajlatváltozásról: nincs idő a késlekedésre. *TermészetBúvár*, 2. sz., 9. p. (6) FARAGÓ T. – KERÉNYI A. (szerk.), 2003: Nemzetközi együttműködés az éghajlatváltozás veszélyének, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére. KvVM és Debreceni Egyetem, 70 o. (7) FARAGÓ T. – PÁLVÖLGYI T. (szerk.) (1992): Az ENSZ keretegyezménye az éghajlatváltozásról. Az ENSZ Környezet

és Fejlődés Konferenciájának Magyar Nemzeti Bizottsága, Budapest, 60 p. (8) FARAGÓ T. – SOMOGYI Z. (2001): „Lázás a Föld – ki gyógyítja meg?” – Mérlegen a bonni megállapodás. TermészetBÚVÁR, 5. sz. (9) FOURIER J. (1827): Mémoire sur la température du globe terrestre et des espaces planétaires Mémoires de l'Académie des sciences. T. 7, 569–604. pp. (10) IPCC (2001): Third Assessment Report. Geneva (www.ipcc.ch) (11) IPCC (2007): Fourth Assessment Report. WG1, WG2, Geneva (www.ipcc.ch) (12) LRTAP (1984): „Convention on Long-range Transboundary Air Pollution” 1984/8 sz. nemzetközi szerződés az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal elnökétől: a nagy távolságra jutó, országhatárokon áterjedő levegőszennyezésre vonatkozó, Genfben, 1979. évi november hó 13. napján aláírt nemzetközi egyezmény. Magyar Közlöny, 22. szám, 1984. június 8. (közzététel az OKTH elnökétől) (13) STERN N. (2006): The economics of climate change. [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm) (14) TAKÁCS-S. A. (szerk.) (2005): Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon. Aliena – Védjegyet, 172 p. (15) UN (1972): Declaration of the UN Conference on Human Environment. Stockholm, 16 June 1972 (16) UN (1983): „Process of preparation of the Environmental Perspective to the Year 2000 and Beyond.” „ General Assembly Resolution A/RES/38/161 (17) UN (1987): „Report of the World Commission on Environment and Development.” General Assembly Resolution A/RES/42/187 (18) UN (1988): “Protection of global climate for present and future generations of mankind”. General Assembly Resolution A/RES/43/53 (19) UN (1990): “Protection of global climate for present and future generations of mankind”. General Assembly Resolution A/RES/45/212 (20) UNCHE (1972): Report of the United Nations Conference on the Human Environment (www.unep.org) (21) UNFCCC (1992): UN Framework Convention on Climate Change. 1995. évi LXXXII. törvény az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény kihirdetéséről

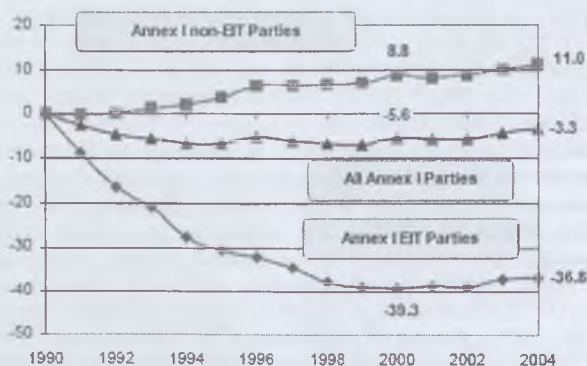
1. ábra



A légköri szén-dioxid-koncentrációja (ppm) a 2005-ig tartó tízezer éves időszakban

Forrás: IPCC, 2007: Fourth Assessment Report, WG1-SPM

2. ábra

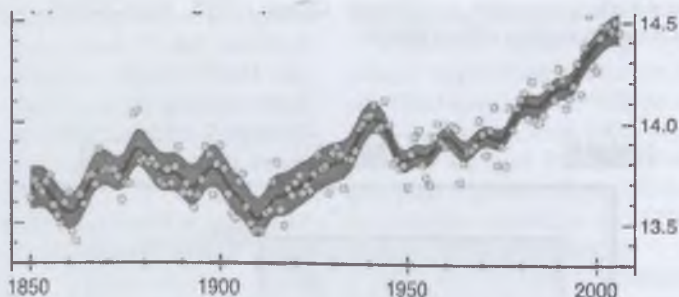


Üvegházhatású gázok kibocsátása 1990-2004 között:

az Egyezmény első mellékletében felsorolt fejlett államok összesített kibocsátásai 11,0%-kal növekedtek; az átmeneti gazdaságú államoké 36,8%-kal csökkentek

Forrás: ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény honlapja

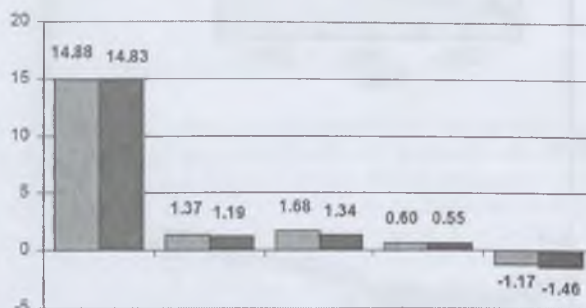
3. ábra



A felszíni átlagos hőmérséklet változása (°C) 1850-2005 között

Forrás: IPCC, 2007: Fourth Assessment Report, WG1-SPM

4. ábra



Üvegházhatású gázok kibocsátásai (1000 Tg CO<sub>2</sub>-eq) ágazonként az Egyezmény első mellékletében felsorolt fejlett államokban 1990-ben, illetve 2004-ben (balról jobbra): energiagazdálkodás (beleértve a közlekedési eredetű kibocsátásokat is), ipari/technológiai folyamatok, mezőgazdaság, hulladékgazdálkodás, földhasználat-erdőgazdálkodás (mint „nyelő”)

Forrás: ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény honlapja

## A TALAJ SZEREPE A CSAPADÉK-SZÉLSŐSÉGEK KEDVEZŐTLEN HATÁSAINAK MÉRSÉKLÉSÉBEN

VÁRALLYAY GYÖRGY

**Kulcsszavak:** csapadék-szélsőségek, talaj vízraktározó képessége,  
hasznosított vízkészlet, belvízveszély, aszályérzékenység.

### ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A klímaváltozás előrejelzések szerint a szélsőséges hidrológiai és talajnedvesség-forgalmi helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés, ill. aszály, gyakran ugyanabban az esztendőben, ugyanazon a területen) valószínűsége, gyakorisága, tartama és intenzitása a jövőben növekszik az alábbi okok következtében.

- a légköri csapadék nagy (és növekvő) tér- és időbeni variabilitása nehezen előrejelezhető szeszélyes rendszertelensége;
- intenzív esők gyakorisága;
- változó eső/hó arány és gyors hóolvadás;
- makro-, mezo- és mikrorelief;
- változó művelési ág és vetésszerkezet;
- kedvezőtlen talajtulajdonságok.

Ilyen viszonyok között Magyarországon (amely a hidrológiaiailag gyakorlatilag zárt Kárpát-medence legmélyebb fekvésű része) fontos tény, hogy a talaj a legnagyobb potenciális természetes víztározó és a lehulló csapadék jelentős hányadának tározására képes a 0–100 cm-es rétegben. Ez természetesen kedvező az időjárási és hidrológiai szélsőségek kedvezőtlen környezeti következményeinek megelőzése vagy csökkentése érdekében. Ez a potenciális vízraktározó képesség azonban gyakran nem hasznosul eredményesen az alábbi okok miatt:

– a felszínre jutó víz talajba szivárgását akadályozza a talaj pórussterének vízzel telítettsége („tele üveg effektus”); a felszíni rétegek fagyott volta („befagyott üveg effektus”); a talaj felszínén, ill. felszín közeli rétegeiben kialakuló közel víz át nem eresztő, igen lassú víznyelésű réteg („ledugaszolt üveg effektus”);

– a talajba beszivárgott víz ott nem tározódik növény számára hasznosítható formában, hanem a talaj gyenge víztartó képessége miatt mélybe, vagy a felszín közeli talajvízbe szivárog („lyukas üveg effektus”).

A gyenge víznyelő képesség miatt egyaránt növekszik a felszíni lefolyás, a párolgási, ill. szivárgási veszteségek, s fokozódik a szélsőséges vízháztartási helyzetek kockázata. Következésképpen mindent meg kell tenni azért, hogy a talaj felszínére jutó víz beszivárogjon és a talajban hasznosan (a növények számára hasznosítható formában) tározódjon. Ezek a beavatkozások nélkülözhetetlen elemei egy hatékony talaj- és vízgazdálkodásnak, valamint egy eredményes környezetvédelemnek.

## BEVEZETÉS

A globális klímaváltozások prognózisai számos kérdésben lényegesen eltérnek: trend vagy hosszú távú ingadozás? szárazodás vagy nedvesedés? tér- és időbeni megoszlás? stb. Egy pontban azonban a vélemények megegyeznek: „A szélsőséges időjárási helyzetek valószínűsége, gyakorisága, mértéke, tartama egyaránt növekedni fog.” (Láng et al., 2007; Nováky, 2007). S természetesen fokozódnak kedvezőtlen, káros, bizonyos esetekben katasztrofális gazdasági, környezeti, ökológiai és szociális következményei is. A talaj, mint hatalmas potenciális természetes víztározó, képes ezeket a hatásokat tompítani, mérsékelni, de ugyanúgy képes a szélsőséges helyzetek felnagyítására, súlyosbítására is. Ezért van, s lesz megkülönböztetett, a mainál is jóval nagyobb jelentősége a talaj vízgazdálkodásának, anyagforgalmának, ill. ezek szabályozásának.

A víz eloszlása bolygónkon nagyon egyenetlen: 97,5% sós vizű óceánokban és tengerekben van; a 2,5%-nyi édesvízkészlet 90–95%-a pedig szilárd halmazállapotú jégtakaró, hó, vagy fagyott talajvíz. A folyékony halmazállapotú édesvízkészlet mintegy fele felszín alatti mélységi víz, talajvíz és talajnedvesség, s csak másik felét képezik álló és folyóvizek, ill. az ökoszisztémák biomasszájában felhalmozott „zöld víz”. Érthető tehát, hogy a világ édesvízkészletei egyre inkább keresett hiánycikké, *stratégiai jelentőségű* tényezővé válnak (Somlyódy, 2002; Várallyay, 2001).

Különösen érvényes ez, ha figyelembe vesszük, hogy az emberiség létét biztosító biomassza-termelést akadályozó tényezők jelentős része is a vízháztartással kapcsolatos, annak oka vagy következménye. Erről mutatunk be egy összeállítást – a FAO adatai alapján – az 1. ábrán.

Magyarország természeti adottságai között is nagy biztonsággal előrejelezhető, hogy az időjárási és vízgazdálkodási szélsőségek kockázatának fokozódásával az élet-

minőség javítását célzó társadalmi fejlődésnek, a mezőgazdaság-fejlesztésnek és a környezetvédelemnek egyaránt a víz lesz egyik meghatározó tényezője, a vízfelhasználás hatékonyságának növelése, ennek érdekében pedig a talaj vízháztartás-szabályozása megkülönböztetett jelentőségű kulcsfeladata (Pálfi, 2005; Somlyódy, 2002; Várallyay, 2003, 2005a,b).

## A KORLÁTOZOTT VÍZKÉSZLETEK

*Vízkészleteink korlátozottak. A lehulló csapadék a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb), mint jelenleg (Láng et al., 2007; Somlyódy, 2002; OMSZ, 2005), s nem fog csökkenni annak szeszélyes tér- és időbeni variabilitása, nehezen kiszámítható szélsőségesége sem.*

Nem lehet számítani a 85–90%-ban szomszédos országokból érkező *felszíni vizeink* mennyiségének növekedésére sem, különösen nem a kritikus „kiszvízi” időszakokban.

*Felszín alatti vízkészleteink* ugyancsak nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezeti következmények nélkül, mint erre az utóbbi években a már-már katasztrofális következményekkel járó és „sivatagosodási tüneteket” okozó Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedés hívta fel a figyelmet (Pálfi, 2005; Somlyódy, 2002). Ráadásul a Magyar Alföld alatti talajvizek jelentős hányada kedvezőtlen minőségű; nagy sótartalmú és kedvezőtlen sóösszetételű, ami felhasználási lehetőségeiket gyakran korlátozza, sőt kizárja (Csete – Várallyay, 2004; Várallyay, 2001).

A korlátozott készletekből először a lakossági és ipari vízigényeket kell kielégíteni, beleértve az üdülés és a természetvédelem vízigényeit is. Mivel ezek mindegyike gyorsan és nagymértékben növekszik, a fokozott mértékű felhasználással óhatatlanul romló vízminőség pedig újabb és újabb vízkészleteket zár ki a növénytermesztési vízfelhasz-

nálásból, egyértelműen levonható az a következtetés, hogy a biztonságos biomassza-termelés növekvő vízigényét a jövőben Magyarországon (is) *csökkenő vízkészletekből* kell kielégíteni.

## A SZÉLSŐSÉGES ÉS SZESZÉLYES IDŐJÁRÁSI HELYZETEK

Magyarország időjárását – három fő éghajlati hatás (atlanti, mediterrán, kontinentális) „ütközési” zónájában – a nagy tér- és időbeni variabilitás, változékonyság, a nehezen kiszámítható, s még nehezebben előrejelezhető szeszélyesség jellemzi. Egyaránt érvényes ez minden klímaelemre (hőmérséklet, csapadékviszonyok, napsugárzás, páratartalom), amelyek közül jelen munkánkban a csapadékviszonyok hatását emeljük ki (OMSZ, 2005).

Az ország – hosszú idősoros megfigyeléseken alapuló – átlagos évi csapadékmennyisége jelentős térbeli változatosságot tükröz, az Alföld középső részének 500 mm/év értékeitől kezdve az Alpokalja 850 mm/év feletti értékeiig: (2. ábra).

A sokéves országos átlag azonban nem sokat mond. Sem a mikro-regionális eloszlásról, sem az időszakos dinamikáról, sem a lehulló csapadék formájáról, intenzitásáról. Jól mutatja ezt a Varga-Haszonits (2003, 2006) adataiból bemutatott 3. ábra az utóbbi 100 év évi átlagos csapadékmennyiségéről. A trendvonal kétségtelenül mutat bizonyos szárazodást, de a közvetlenül érezhető gazdasági, környezeti és társadalmi hatásokat az igen nagymértékű *ingadozás* jelenti. Jól mutatja ezt az éves csapadékmennyiségek átlagtól való eltéréseit bemutató 4. ábra is. S az évi csapadékmennyiség még mindig sok mindent „eltakar”. A rövidebb időszakokra (évszakokra, vegetációs periódusra, hónapokra; ezeken belül hetekre, sőt napokra, órákra) megszerkesztett ábrák hasonló „osz-cilláló” változásokat tükröznek.

A szeszélyes változatosság a közelmúlt éveiben csak fokozódott: több helyen és

több esetben kéthavi csapadékmennyiség lehullott intenzív felhőszakadás formájában egyetlen nap (sőt néhány óra) alatt, majd ezt kéthavi „csapadékszünnet” követte. Az intenzív (>50 mm) csapadékú napok számának területi alakulását mutatja az 5. ábra. A téli, s a – szintén egyre gyakoribb, hirtelen tavaszi felmelegedés során gyorsan elolvadó hó (ha volt egyáltalán) természetesen nem „helyettesítheti” a hiányzó „arany-értékű” májusi esőt, csak az éves csapadékmennyiséget „szépíti”!

Hazánkban – elsősorban a Magyar Alföldön – éppen ennek a szélsőségekre hajlamos, nagy és nehezen kiszámítható/előrejelezhető tér- és időbeni variabilitásnak van megkülönböztetett jelentősége. A lehulló csapadéknak emiatt ugyanis gyakran jelentős hányada vész kárba felszíni lefolyás formájában, s okoz káros szedimentációt, belvizeket, fokozza az árvízveszélyt. Sokszor csupán szerény hányada jut el a növényig, s adódik így zavar a növények vízellátásában, van, vagy lenne szükség a hiányzó víz pótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására – esetleg ugyanabban az évben, ugyanazon a területen.

Hasonlóan nagy változatosságot mutatnak a potenciális párolgás adatai is (Varga-Haszonits et al., 2006).

A csapadék-párolgás összevetésekből levonható az a következtetés, hogy a Kárpát-medence alföldjeinek vízmérlege negatív (csapadék < potenciális párolgás), a vízmérleget a medenceperemek felől a mélyebb részek felé irányuló felszíni lefolyás, szivárgás és talajvízáramlás tartja egyensúlyban. Ez viszont a talaj anyagforgalmában a felhalmozódási folyamatoknak kedvez, hisz az oldalirányból érkező „víz” bizonyos koncentrációjú és ion-összetételű oldat, míg az elpárolgó (E, ET) „víz” ténylegesen H<sub>2</sub>O. Ez a vízgyűjtőterület – vizek által szállított – oldható mállástermékeinek fokozatos felhalmozódásához vezet: pl. karbonát-felhalmozódás, szikesedés (Várallyay, 1985, 2001, 2003, 2004a).

A kárpát-medencei alföldek egyaránt jellemző *belvív-veszélyeztetettségét és aszály-*

érzékenységét a szeszélyes csapadékviszonyok mellett két további tényező súlyosbítja:

- a makrodomborzat tekintetében sík Alföld heterogén mikrodomborzata (padkával, hátakkal, erekkel, laposokkal, semlyékekkel); és

- a térség talajviszonyainak igen nagy változatossága, helyenként mozaikos tarkasága, valamint a talajok jelentős hányadának kedvezőtlen fizikai-vízgazdálkodási tulajdonságai (Láng et al., 1983; Pálfi, 2005; Ligetvári, 2006; Várallyay, 1988, 2004b, 2005a; Várallyay et al., 1980b).

## A TALAJ VÍZGAZDÁLKODÁSÁNAK JELENTŐSÉGE

A talaj vízháztartása meghatározza a talaj levegő- és hőgazdálkodását, biológiai tevékenységét és – ezeken keresztül – tápanyag-gazdálkodását is. Hat a talaj technológiai tulajdonságaira, meghatározva ezzel egyes agrotechnikai műveletek szükségességét, optimális időpontját, ill. lehetséges időtartamát, gépigényét, energiaszükségletét. Végül meghatározza, hogy a talaj, az ökoszisztéma, vagy a terület a környezet „stresszhatásait” milyen mértékig képes pufferni, s melyek a tűrési határt meghaladó „terhelés” esetén a talajban vagy a talajjal érintkező felszíni vagy felszín alatti vízkészletekben várhatóan bekövetkező károsodások rövid vagy hosszú távon, az adott területen vagy annak környezetében (Várallyay, 1988). Ezen összefüggéseket mutatjuk be a 6. ábrán.

Az ország agroökológiai potenciálját meghatározó tényezők, valamint a talaj termékenységét korlátozó talajdegradációs folyamatok (víz vagy szél okozta erózió; savanyodás; szikesedés; talajszerkezet leromlása, tömörödés; nedvességforgalom szélsőségessé válása; növényi tápanyagok és szennyező anyagok biogeochemiai körforgalmának kedvezőtlen irányú megváltozása; pufferekapacitás csökkenése; biodiverzitás és talajélet csökkenése) közvetlenül vagy köz-

vetve ugyancsak a talaj vízháztartásával kapcsolatosak, annak okai vagy következményei (Várallyay, 2003, 2004a,b).

A talaj multifunkcionalitásának hatékonyságát, a talaj környezeti érzékenységét, a talajdegradációs folyamatok megelőzésének, kivédésének, mérséklésének lehetőségeit ezért számos esetben a talaj vízháztartása szabja meg, szükségességé téve annak hatékony szabályozását. Érvényes ez annál is inkább, mert a talaj eredményesen mérsékelheti a fokozódó csapadék szélsőségek kedvezőtlen hatásait.

## MAGYARORSZÁG TALAJAINAK VÍZGAZDÁLKODÁSI TULAJDONSÁGAI

Részletes felmérések alapján megállapítottuk, hogy Magyarország talajainak 43%-a kedvezőtlen, 26%-a közepes és 31%-a jó vízgazdálkodású. A kedvezőtlen vízgazdálkodás okai a szélsőségesen nagy homoktartalom (a terület 10,5%-án), a nagy agyagtartalom (11%), a szikesedés (10%), a láposodás (3%), vagy a sekély termőréteg (8,5%). A közepes vízgazdálkodás okai a könnyű mechanikai összetétel (11%), az agyagfelhalmozódás a talajszelvényben (12%), vagy szikesedés a talaj mélyebb rétegeiben (3%) (7. ábra) (Várallyay, 2001, 2003, 2004a,b).

Kidolgoztunk egy korszerű felvételezési – vizsgálati – térképezési – monitoring rendszert dolgoztunk ki a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak, vízháztartásának és anyagforgalmának jellemzésére, azok hatékony szabályozása érdekében (Várallyay, 2004b, 2005a,c; Várallyay et al., 1979, 1980a,b).

A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszerében a talaj fizikai félesége; szabadföldi vízkapacitása ( $VK_{sz}$ ), holtvíztartalma (HV) és hasznosítható vízkészlete (DV); a víznyelés sebessége (IR) és a talaj hidraulikus vezetőképessége (K) voltak a csoportképző paraméterek, míg az alcsoportokat a talajszelvény rétegezettsége, illetve a talaj speciális vízháztartását okozó tulajdon-

ságok alapján definiáltuk (Várallyay et al., 1980b; Várallyay, 2004b, 2005a). A 9 fő kategória határérték-matrixát mutatjuk be az 1. táblázatban, feltüntetve azok %-os elterjedését is hazánk területén. Mivel a talaj teljes vízkapacitása (VKt), összporozitása elsősorban a talaj tömörödöttségétől függ (ez pedig egy antropogén hatásoktól érzékenyen függő és nagyon gyorsan változó (tatható) talajjellemző), annak értékét egyszerűen 45 térfogatszázalékkal számoltuk.

A rendelkezésre álló gazdag talajtani adatbázis alapján megszerkesztettük Magyarország talajainak vízgazdálkodási kategória térképét 1:100 000 méretarányban (Láng et al., 1983; Magyarország Nemzeti Atlasza, 1989; Várallyay, 1985, 2004; Várallyay et al., 1980b). A térkép egyszerűsített vázlatát mutatjuk be a 8. ábrán.

A térkép részletes területi adatai (elhatárolt foltonkénti, talajtípusonkénti, középtájkénti és megyei bontásban) az MTA TAKI számítógépes AGROTOPO adatbázisában kerültek tárolásra.

A térkép és az adatanyag alapján a megfelelő szelvényvariáns kiválasztásával és az a–b–c (a talajszelvényben nincs lényeges textúrdifferenciálódás) vagy A–B–C (a talajszelvényben jelentős textúrdifferenciálódás van) szintek tényleges vastagságuknak megfelelően való helyettesítésével Magyarország bármely talajtípusára, ill. bármely szelvényének bármely vastagságú rétegére megadható a talajban tározható víz mennyisége, sőt ennek „holtvíz”, ill. a növény számára hozzáférhető hányada is (VK<sub>sz</sub>, HV, DV). Ezek az adatok közvetlenül térképre vihetők, számítógépes adatbázisban digitálisan (is) tárolhatók, s kvantitatív alapját jelenthetik egy-egy talajfélése, egy-egy táj, körzet, üzem, esetleg egyéb természeti, adminisztratív vagy térképezési egység korszerű vízgazdálkodási jellemzésének; az optimálist minél inkább megközelítő mezőgazdasági vízgazdálkodás kialakításának, valamint az ezt célzó racionális beavatkozások, intézkedések, eljárások, módszerek kidolgozásának (Várallyay, 2003, 2005b,c; Várallyay et al., 1979, 1980a,b).

## A TALAJ, MINT HAZÁNK LEGNAGYOBB POTENCIÁLIS TERMÉSZETES VÍZTÁROZÓJA

A szeszélyes csapadékviszonyok, a gyakran előforduló szélsőséges vízháztartási helyzetek és a változatos domborzat miatt biomassa-termelési, mezőgazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt megkülönböztetett jelentősége van a talaj vízraktározó képességének.

Adataink alapján tényszerűen bizonyítható, hogy a talaj hazánk legnagyobb kapacitású – potenciális – természetes vízraktározója (Várallyay, 2001, 2004b, 2005b, 2007a,b,c). Jól mutatják ezt az alábbi – becült és jelentős mértékben ingadozó – szám adatok:

– a hazánkba lépő felszíni vízfolyások hozama: 110–120 km<sup>3</sup>/év;

– a Balaton víztömege: 1,5–2 km<sup>3</sup>;

– a hazánk területére hulló (átlagosan 550–600 mm-nyi) évi csapadék mennyisége: 50–55 km<sup>3</sup>;

– a talaj felső egy méteres rétege potenciálisan mintegy 45 km<sup>3</sup> víz befogadására és 25–35 km<sup>3</sup> víz raktározására képes. Ennek mintegy 55–60%-a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, 40–45%-a pedig „hasznosítható víz”, amelyre vonatkozóan pontos területi adatok állnak rendelkezésünkre.

Mindez azt jelenti, hogy a lehulló csapadék közel kétharmada (!) egyszerre „beleferne” a talajba, ha beszivárgását nem akadályozná

– a talaj tározóterének kisebb–nagyobb mértékű vízzel telítettsége (mint pl. 2000 tavaszán, a csapadékos 1999. évi őszt követően): „tele üveg effektus”;

– a felszíni rétegek fagyott volta (mint pl. 2005-ben): „befagyott üveg effektus”;

– a talaj felszínén, ill. felszín közeli rétegekben kialakuló közel vízátmeresztő, igen lassú víznyelésű réteg, ami megakadályozza vagy lassítja a víz talajba szivárgását, a talaj nedvességtározó terének feltöltését: „ledugaszolt üveg effektus”.

Ez utóbbi főbb eseteit mutatjuk be vázlatosan a 9. ábrán.

Az ábrán bemutatott esetek nagyon gyakoriak a Magyar Alföld hatalmas kiterjedésű, nehéz mechanikai összetételű, nagy agyag- és duzzadó agyagásvány-tartalmú, valamint szikes talajain. Ezek a talajok gyakran még rövidebb-hosszabb ideig tartó hóolvadás, sok vagy nagy intenzitású csapadék miatti felszíni vízborítás alatt sem áznak be mélyen és egyenletesen, s nem „használják ki” felső egy méteres rétegük potenciális vízraktározó képességét. Ennek egyenes következménye azután, hogy – nagy területeken – a belvizek természetes „eltűnése” (elfolyás, párolgás) vagy mesterséges – gyakran meg gondolatlanul, s csak a felszíni vízborítás gyors elvezetését szem előtt tartó – „eltüntetésé” után a csapadékszegény (sőt esetleg gyakorlatilag csapadékmentes) nyári időszakban a talaj viszonylag vékony rétegében tározott csekély vízmennyiség csak rövid ideig képes a növényzet vízigényét kielégíteni, s a tavasszal belvizes vagy túl nedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek. Ez a „vízháztartási szélsőség” sajnos nem kivételes eset, hanem egyik jellemzője a Magyar Alföldnek, ami a prognosztizált klímaváltozások esetén csak súlyosbodni fog (Várallyay, 1988, 2003, 2005c, 2007b).

A légköri aszály káros környezeti/ökológiai/gazdasági következményeinek súlyosságához, a talaj aszályérzékenységéhez – jelentős területeken – egy másik talajtani tényező is hozzájárul. Könnyű mechanikai összetételű, laza homoktalajokon ugyanis be tud ugyan szivárogni a felszínre jutó víz a talajba, de a víz csak „átszalad” a talajszelvényen, s a talajban visszatartott kis hasznosítható vízkészlet teszi a talajt aszályérzékenyebbé: „lyukas edény effektus” (Pálfai, 2005; Ligetvári, 2006; Várallyay, 2004b, 2007b,c).

A talaj vízháztartását befolyásoló (gyakran meghatározó) „effektusok” vázlatos térképét mutatjuk be a 10. ábrán. A „ledugaszolt üveg effektus” a 6., 7. és 9. vízgazdál-

kodási kategória talajaira, a „lyukas üveg effektus” az 1. és 2. kategóriák talajaira jellemző elsősorban (Várallyay, 2007c).

A szélsőséges időjárás helyzetek káros környezeti/ökológiai hatásait jelentősen tompíthatja a talajvízből történő kapilláris vízutánpótlás amely eredményesen járulhat hozzá a talaj víz raktározására alkalmas pórusterének feltöltéséhez, s így a növény vízellátásához. Ennek azonban három feltétele van:

- nem nagy mélységben elhelyezkedő talajvízszint;
- a talajvízszint feletti talaj réteg-összetétel kedvező kapilláris vezetőképessége;
- a talajvíz kedvező minősége (kis sótartalom, kedvező ionösszetétel).

A három feltétel együtt csak meglehetősen kis területen adott, pl. a Kisalföldön. A hegy- és dombvidékek, valamint a löszhátak jó minőségű talajvíze általában mélyen helyezkedik el, ahonnan a gyökérszónába irányuló kapilláris transzport többnyire jelentéktelen, ha van egyáltalán. Az Alföld hidromorf talajai alatt elhelyezkedő talajvizek ugyanakkor az esetek jelentős részében nagy sótartalmúak és kedvezőtlen ionösszetételűek. Az ezekből származó kapilláris oldattranszport ezért kedvezőtlen, hisz a vízzel együtt sókat is szállít a gyökérszónába, sófelhalmozódást, másodlagos szikesedési folyamatokat eredményezve.

Egy – hetvenes évekből származó – akadémiai felmérés megállapítása szerint: a jó minőségű talajvízből kapillárisan a talajvízszint feletti talajrétegekbe jutó víz mennyisége Magyarország teljes öntözési kapacitásának két-háromszorosa.

A talajvízből a talajvízszint feletti rétegezett talajszelvénybe jutó víz (a vele szállított oldható komponensek) mennyiségének meghatározására négylépcsős számítógépes modellt dolgoztunk ki és alkalmaztunk eredményesen a növények jó minőségű talajvízből történő csapadék-kiegészítő vízellátását biztosító „optimális talajvízszint”, ill. „optimális talajvíz-dinamika”, valamint a gyenge minőségű (nagy sótartalmú és kedvezőtlen

ionösszetételű) talajvízből történő másodlagos só-felhalmozódást és szikeseledést megelőző „kritikus talajvízszint”, ill. „kritikus talajvíz-dinamika” számítására. Előbbit a Bős-Nagymaros Vízlépcső, utóbbit a Kiskörei Vízlépcső és Öntözőrendszer környezeti hatástanulmányainak elkészítésénél használtuk eredményesen. A prognosztizált klímaváltozások környezeti hatásának elemzésénél a Kárpát-medence legmélyebb (hidrológiailag gyakorlatilag zárt) részét képező Magyarországon ezeket a hatásokat is figyelembe kell venni – „kívánatos” és „nem kívánatos” következményeik sokoldalú mérlegelésével.

Fentiek alapján az viszont egyértelműen megállapítható, hogy természeti viszonyaink között megkülönböztetett fontossága van annak, hogy a talaj potenciális vízraktározó képessége miképp hasznosabb. Egyaránt kulcskérdése ez a belvív- és árvízvédelemnek, illetve az aszály(károk) elleni küzdelemnek.

Nem véletlen, hogy a szélsőséges időjárási viszonyok, egy-egy pusztító árvíz, belvív vagy aszály esetén a talaj (vízraktározó képességének) szerepe mindig felértékelődik, s a társadalmi érdeklődés és aggodás homlokterébe kerül, míg optimális vízellátás esetén gyakran elfelejtődik vagy háttérbe szorul. A történelem szemléletesen igazolta, hogy a talajtani tudomány fejlődésének mindig egy-egy ilyen időjárási katasztrófa adott lökést. Kezdetről fogva (*Dokucsájev* munkássága Oroszország csernozjom övezetét sújtó katasztrófális szárazság és éhínség); az egymást követő száraz vagy nedves évek halmozódó hatására reagálva; mind a mai napig; sőt a globális klímaváltozás prognosztizált jövőbeni időjárási szélsőségeiig.

De ugyanezt fejezi ki a növénytermesztésben tapasztalt enyhébb vagy súlyosabb „évjárat-hatás” is. Az azonos mértékű „éghajlati aszály” merőben más ökológiai következményekkel jár gyenge vízbefogadó vagy víztartó képességű (a talaj potenciális víztározó terét csak részben hasznosító) talajokon, mint jó vízbefogadó és víztartó

képességű talajokon: állománypusztulás, illetve kisebb mértékű terméseszkökenés. S ha a talaj fizikai féleségén nem is tudunk változtatni, de szerkezeti állapotán, tömödöttségén, vízbefogadó- és víztartó képességén igen! Nem lehet tehát elégszer hangsúlyozni, hogy a fenntartható és biztonságos (!) biomassa-termelés kulcskérdése a talaj vízháztartásának hatékony szabályozása.

### A TALAJVÍZHÁZTARTÁS SZABÁLYOZÁSA, MINT KÖRNYEZETVÉDELMI BEAVATKOZÁS

A talaj vízháztartása nemcsak a növény vízellátásának lehetőségeit szabja meg, hanem befolyásolja a talaj anyag- és energiaforgalmának, ökológiai tulajdonságainak (levegőforgalom, biológiai tevékenység, tápanyag- és szennyezőanyag-forgalom) egyéb elemeit is (6. ábra). A talaj nedvességforgalmának szélsőségei tehát ezekben is szélsőségeket, zavarokat okozhatnak. A víz, mint stratégiai hiánycikk nemcsak szomjúságot, hanem éhínséget és kellemetlen környezetet is jelent! Ezért a prognosztizált klímaváltozások vízforgalmi hatásai és azok „kérdése” joggal érdemelnek kiemelt prioritást a fenntartható fejlődés megoldandó feladatai között.

A talaj zavartalan funkcióit biztosító vízháztartás-szabályozási beavatkozások egyaránt azt célozzák, hogy

- a felszínre jutó víz minél nagyobb hányada jusson a talajba (felszíni lefolyás és párolgás csökkentése);

- a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tározódjon a talajban (vízraktározó képesség növelése, „szivárgási veszteségek” csökkentése);

- a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljon a természetett növények által hasznosíthatóvá.

Ezek legfontosabb lehetőségeit foglaltuk össze – nagyon leegyszerűsítve – a 2. táblázatban, bemutatva, hogy a talaj vízháztartási

beavatkozások túlnyomó része egyben hatékony környezetvédelmi intézkedés is (Birkás – Gyuricza, 2004; Farkas et al., 2004; Jolánkai et al., 2003; Csete – Várallyay, 2004; Várallyay, 2001, 2004b, 2007a).

## VÉGKÖVETKEZTETÉS

A felszínre jutó víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos tározásának elősegítése eredményesen járul(hat) hozzá az időjárási szélsőségek káros hatásainak

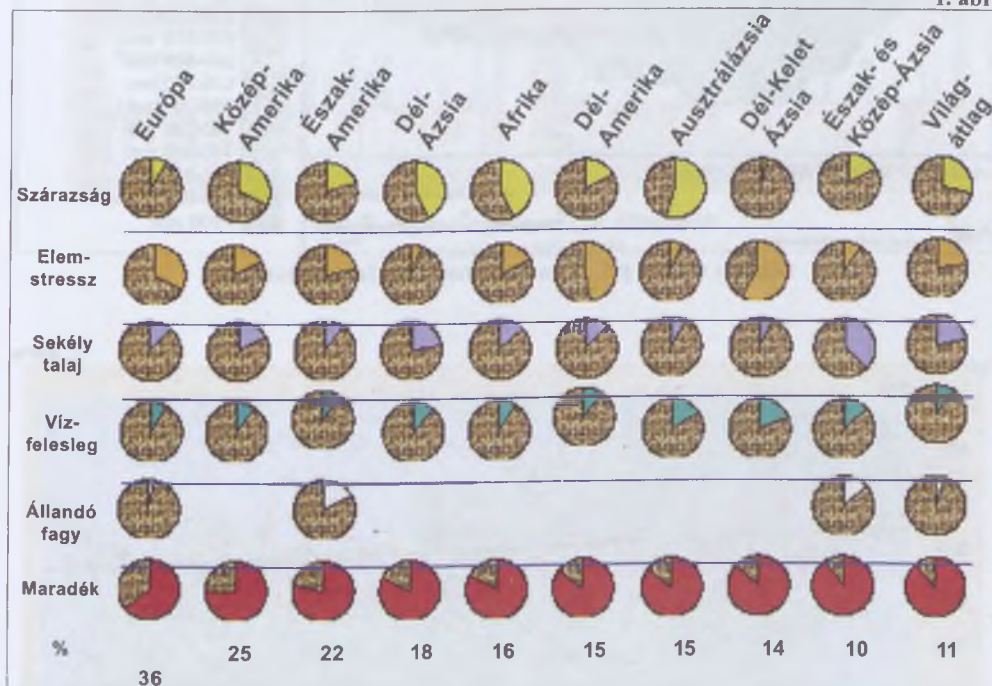
tompításához, a szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés – aszály) kockázatának (valószínűségének, gyakoriságának, tartamának, mértékének) csökkentéséhez, kedvezőtlen gazdasági, környezeti, ökológiai és társadalmi következményeinek elhárításához, megelőzéséhez. A talaj vízgazdálkodásának tudományosan megalapozott szabályozását ezért sem egy környezetvédelmi, sem egy vízgazdálkodási, sem egy agroökológiai, sem egy mezőgazdaság-fejlesztési, sem egy agrár-környezetvédelmi program nem nélkülözheti.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BIRKÁS M. – GYURICZA Cs. (szerk.) (2004): Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. SZIE MKK. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. Gödöllő. (2) CSETE L. – VÁRALLYAY Gy. (szerk.) (2004): Agroökológia (Agroökoszisztémák környezeti összefüggései és szabályozásának lehetőségei). „AGRO-21” Füzetek. 37. (3) FARKAS Cs. (2004): A művelés és a talajállapot hatása a talaj nedvességforgalmára. In: Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség. (Szerk.: Birkás M. – Gyuricza Cs.). 61–81. SZIE MKK. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft. Gödöllő. (4) JOLÁNKAI M. – SZENTPÉTERY Zs. – SZÖLLŐSI G. (2003): Az évjárat hatása a búza termésére és minőségére. „AGRO-21” Füzetek. 31. 74–82. (5) LÁNG I. – CSETE L. – HARNOS Zs. (1983): A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. (6) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (szerk.) (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. (7) LIGETVÁRI F. (szerk.) (2006): Felmelegedés és vizeink (válogatott írások). Környezetgazdák Kiskönyvtára. Agroinform Kiadó, Budapest. 238 old. (8) Magyarország Nemzeti Atlasza (1989): Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. (9) NOVÁKY B. (2007): Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének jelentése az éghajlatváltozás várható következményeiről. „KLÍMA-21” Füzetek. 50. 6–11. (10) OMSZ (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. (11) PÁLFAI I. (2005): Belvizek és aszályok Magyarországon (Hidrológiai tanulmányok). Közlekedési Dokum. Kft. Budapest. (12) PÁLFAI I. (2007): Éghajlatváltozás és aszály. „KLÍMA-21” Füzetek. 49. 59–65. (13) SOMLYÓDY L. (2002): A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest. (14) VÁRALLYAY Gy. (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. Agrokémia és Talajtan, 34. 267–298. (15) VÁRALLYAY Gy. (1988): Talaj, mint a biomaszatermelés aszályérzékenységeinek tényezője. Vízügyi Közlemények. 70. (3) 46–68. (16) VÁRALLYAY Gy. (2001): A talaj vízgazdálkodása és a környezet. Magyar Tudomány. 46. (7) 799–815. (17) VÁRALLYAY Gy. (2003): A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály. Budapest–Gödöllő. (18) VÁRALLYAY Gy. (2004a): Talaj az agro-ökoszisztémák alap-eleme. „AGRO-21” Füzetek 2004; 37. szám: 33–49. (19) VÁRALLYAY Gy. (2004b): A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. „AGRO-21” Füzetek. 37. 50–70. (20) VÁRALLYAY, Gy. (2005a): Soil physical/hydrophysical characteristics and extreme moisture events in Hungary. In: Review of Current Problems in Agrophysics. (Eds.: Jozefaciuk, G., Slavinski, C., Walczak, R. T.) 323–329. Institute of Agrophysics. P.A.N. Lublin. (21) VÁRALLYAY Gy. (2005b): Magyarország talajainak vízraktározó képessége. Agrokémia és Talajtan. 54. 5–24. (22) VÁRALLYAY, Gy. (2005c): Klímaváltozások lehetséges talajtani hatásai a Kisalföldön. AGRO-21 Füzetek. 43. 11–23. (23) VÁRALLYAY Gy. (2007a): A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. In: Orsz. Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás, Balatonfüred, 2007. okt. 15–17. Tanulmánykötet. 125–135. MTESZ, Székesfehérvár.

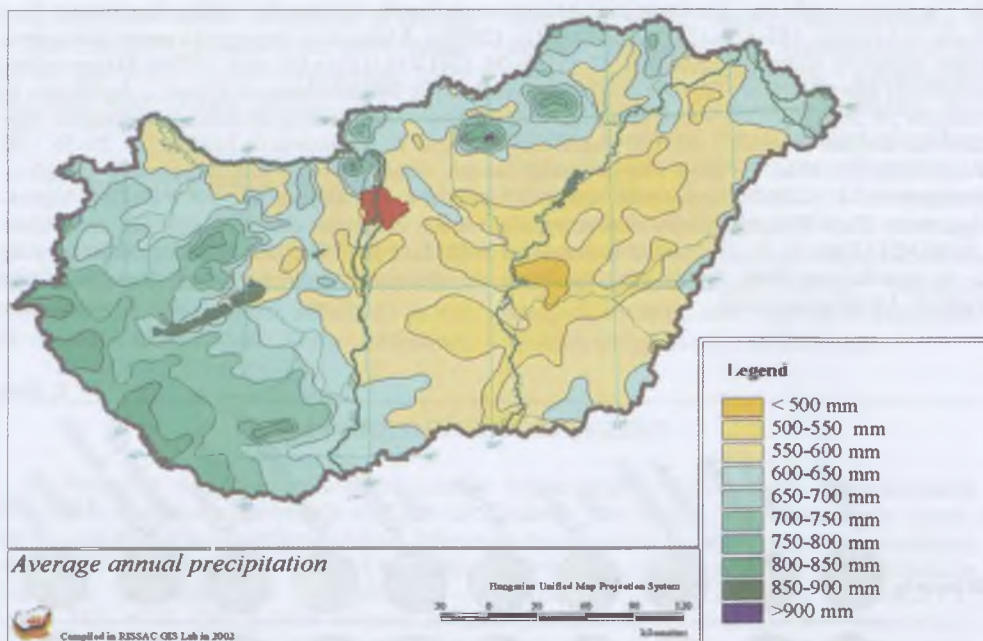
(24) VÁRALLYAY, Gy. (2007b): Risk of extreme soil moisture regime and possibilities of its control in the Carpathian Basin. In: „Environmental Management. Trends and Results”. (Eds.: Koprivanac, N. – Kusic, H.) Zagreb, 153–168. (25) VÁRALLYAY Gy. (2007c): A talaj, mint legnagyobb potenciális természetes víztározó. Hidrológiai Közöny. 87. (5) 33–36. (26) VÁRALLYAY Gy. et al. (1979): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. I. Agrokémia és Talajtan. 28. 363–384. (27) VÁRALLYAY Gy. et al. (1980a): Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe. II. Agrokémia és Talajtan. 29. 35–76. (28) VÁRALLYAY Gy. et al. (1980b): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategória-rendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. Agrokémia és Talajtan, 29. 77–112. (29) VARGA-HASZONITS Z. (2003): Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scénáriók. „AGRO-21” Füzetek. 31. 9–28. (30) VARGA-HASZONITS Z. et al. (2006): Az éghajlati változékonyság és az agroökoszisztémák. NyME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Matematika–Fizika Tanszék, Mosonmagyaróvár.

1. ábra



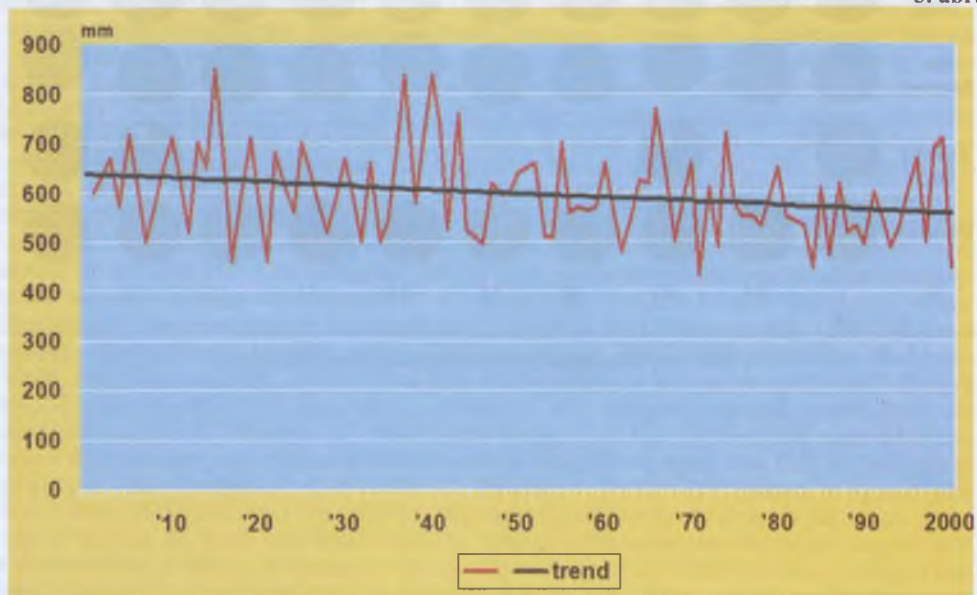
A Föld agroökológiai potenciálját korlátozó tényezők

2. ábra



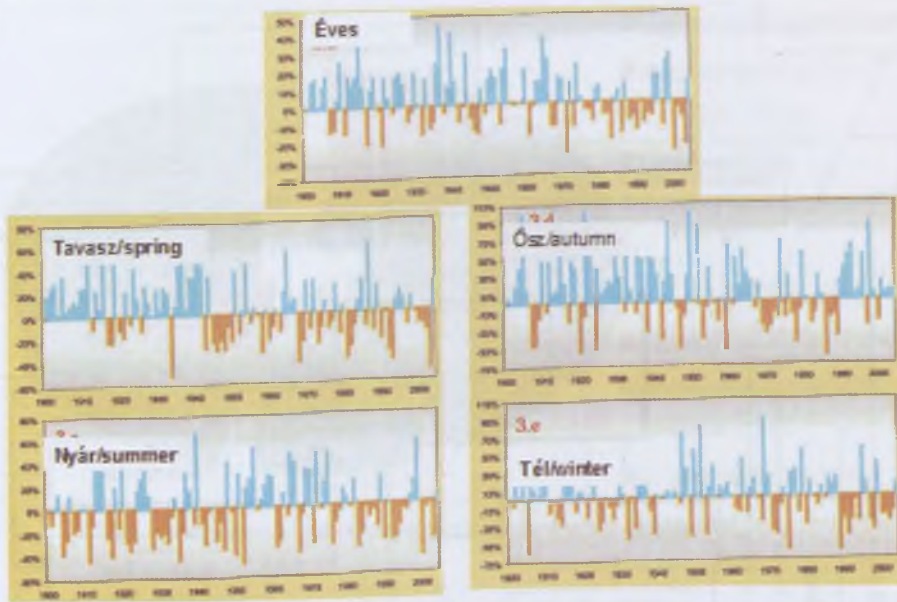
Sokéves átlagos évi csapadékmennyiség Magyarországon

3. ábra



Éves csapadékösszegek változása (1901–2000)

4. ábra



A csapadékösszegek országos átlagainak Anomáliái, 1901–2004

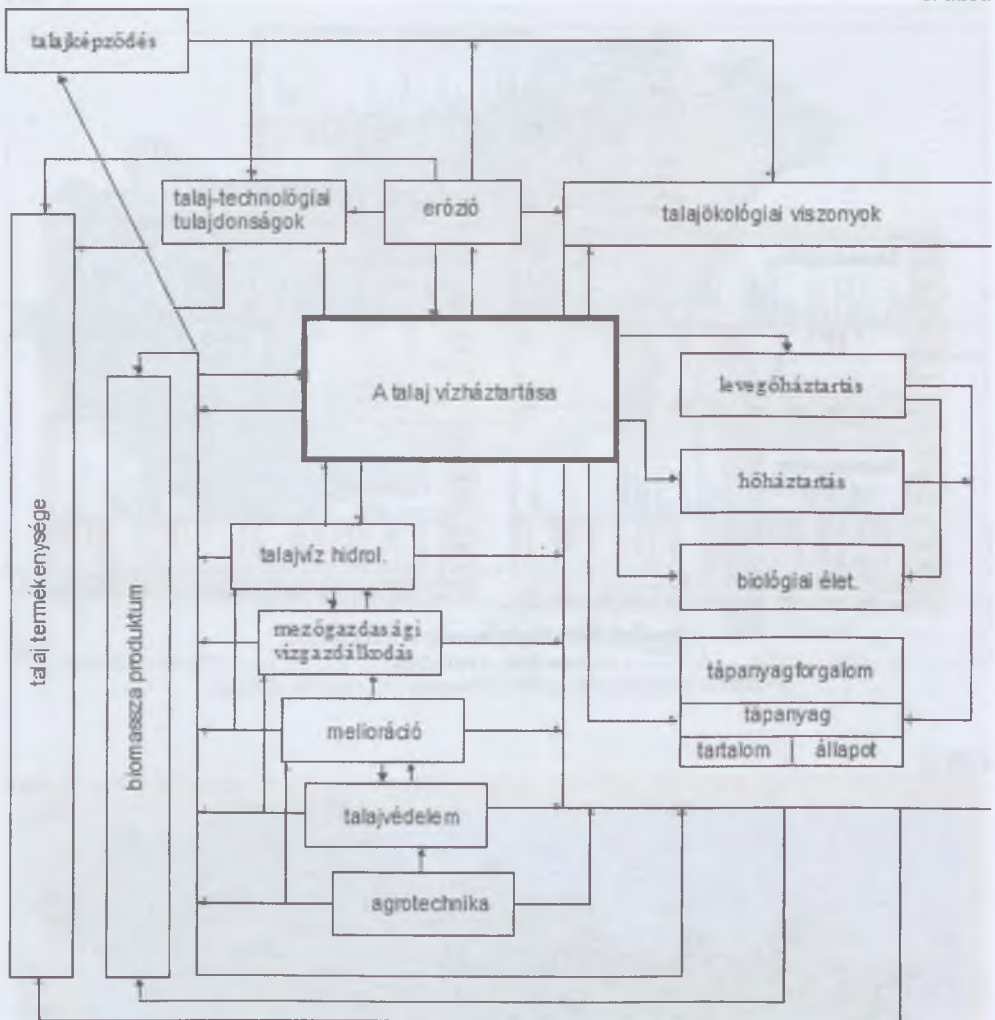
5. ábra



Forrás: OMSZ

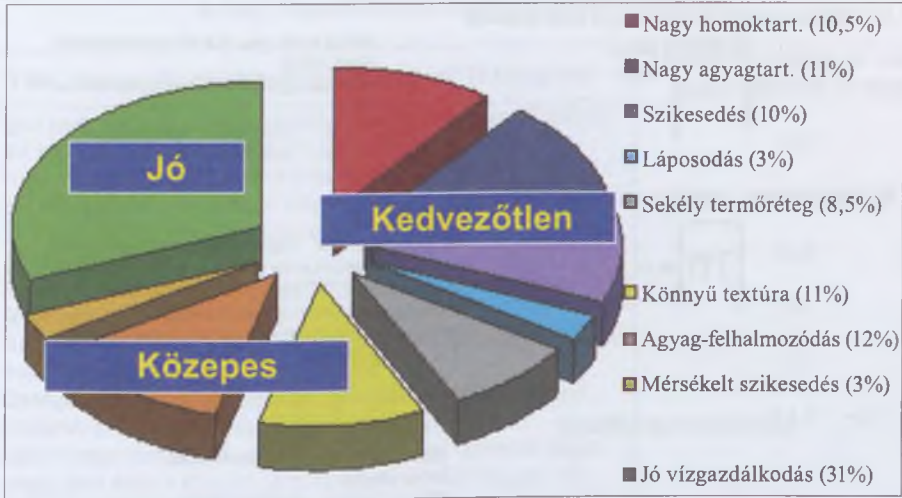
50 mm-nél nagyobb napi csapadékösszegek esetszámai 1980. január – 2005. május között.  
A területi eloszlás fontos vidékfejlesztési következtetések levonását teszi lehetővé

6. ábra



A talaj vízháztartásának talajtani és környezeti összefüggései és befolyásolásának lehetőségei

7. ábra



Magyarország talajainak vízgazdálkodása és annak okai

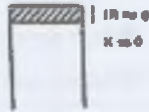
8. ábra



Magyarország talajainak egyszerűsített vízgazdálkodási kategória térképe

9. ábra

A) Vízmemeresztő réteg (kéreg) a talaj felszínén



1. sókial össze cementált kéreg (nátriumsók, gipsz, mész)
2. helytelen a geotechnikával összetömörített réteg
  - a. túlművelés, nehéz erőgépek
  - b. helytelen öntözés

B) Sekély beázási réteg (kis vízraktározó képesség)



- a) szilárd közet
- b) tömör „padok” (vaskőfok), orstein mészkőfok, összecementált kavics stb.)
- c) kicserélhető  $\text{Na}^+$ , agyag,  $\text{CaCO}_3$  vagy más anyagok által összecementált réteg
- d) helytelen művelés következtében kialakuló réteg („ketalp-réteg”)

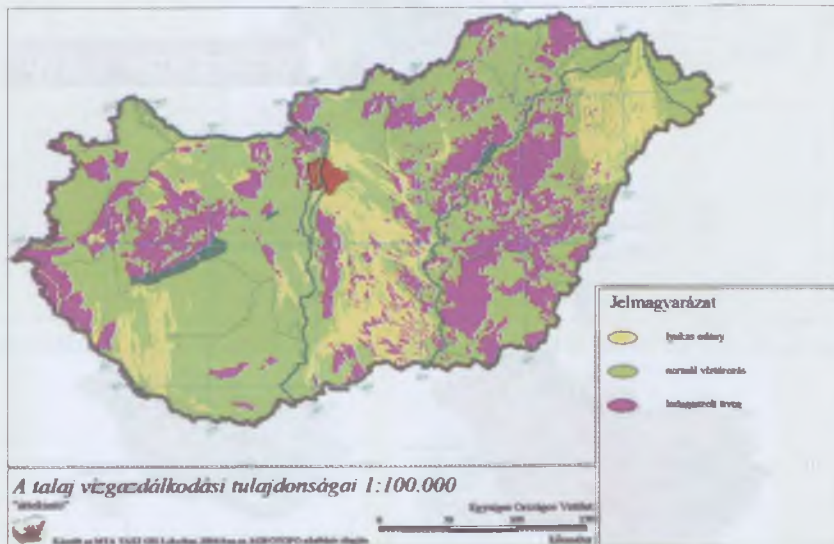


Szársóság vizgazdálkodás

[túlnedvesedés, aerációs problémák  
belvízvesztély  
[felszíni lefolyás, vizeróziós károk  
aszály- (szárazsági) érzékenység

A víz talajba szivárgását korlátozó tényezők és következményeik

10. ábra



A talaj potenciális vízraktározó képességének korlátjai

1. táblázat

## A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriái

Talaj vízgazdálkodási tulajdonságok szerinti fő kategóriái	Területi kiterjedés az ország összterületének %-ában
1. Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talajok	10,5
2. Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, közepes vízraktározó képességű, gyengén víztartó talajok	11,1
3. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	24,9
4. Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talajok	19,1
5. Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talajok	6,2
6. Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok	14,9
7. Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, szélsőséges vízgazdálkodású talajok	3,6
8. Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó képességű talajok	1,3
9. Sekély termőrétegtűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok	8,4

Kategória kódja	Fizikai talajféleség			VK <sub>sz</sub>	HV	DV	IR	K
	jele	K <sub>A</sub>	hy <sub>1</sub>					
1.	h	< 25	< 1,0	< 15	< 5	5–10	> 500	> 1000
2.	hv	25–35	1,0–2,0	15–25	5–10	10–15	150–500	100–1000
3.	v	35–42	2,0–3,5	25–35	10–20	15–22	100–150	10–100
4.	av	42–50	3,5–5,0	35–42	20–27	12–17	70–100	1–10
5.	a	50	5,0	42–50	27–35	10–15	50–70	0,1–1,0
6*							10–50	0,01–0,1
7**							< 10	< 0,01
8***	tőzeg, kotu			> 50	> 35			
9.	Sekély termőrétegtűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talajok							

K<sub>A</sub>: Arany-féle kötöttségi szám; hy<sub>1</sub>: higroszkóposági értékszám; Fizikai talajféleség: h: homok; hv: homokos vályog; v: vályog; av: agyagos vályog; VK<sub>sz</sub>: szabadföldi vízkapacitás; HV: holtvíztartalom; DV: hasznosítható vízkészlet; IR: víznyelés sebessége; K: hidraulikus vezetőképesség. \*Enyhe szikesedés vagy pszeudoglej-képződés miatt kedvezőtlen vízgazdálkodású talajok; \*\* Erős szikesedés miatt extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talajok; \*\*\*Láptalajok

2. táblázat

## A talajvízháztartás szabályozásának lehetőségei, módszerei és környezeti hatásai

Lehetőségek		Módszerek	Környezeti hatások
Felszíni lefolyás	megakadályozása vagy mérséklése	talajvédő gazdálkodás: beszivárgás időtartamának növelése (lejtőszög mérséklése; állandó, zárt növénytakaró megtelepítése; talajművelés); beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás)	1,1a 5a, 8
Felszíni párolgás		beszivárgás gyorsítása (talajművelés mélylazítás); felszíni vizek összefolyásának megakadályozása	2,4
Talajon keresztüli talajvíz-táplálás		talaj víztartó képességének növelése; repedezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése	5b, 7
Talajvízszint-emelkedés		szivárgási veszteségek mérséklése; talajvízszint-szabályozás, szivattyúzás, drénezés)	2,3 5b,5c
Talajba szivárgás	elősegítése	felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)	1,4,5a, 7
Talajban történő hasznos tározás		talaj vízraktározó-képességének növelése (beszivárgás elősegítése, talaj víztartó-képességének növelése); megfelelő művelési ág és vetésszerkezet (növény megválasztás); talajjavítás; talajkondicionálás	4,5b,7
Hiányzó víz pótlása (öntözés)		öntözés	4,7,9,10
Felesleges és káros vizek felszíni elvezetése		felszíni vízrendezés (drénezés)	1,2,3,5c,6,7, 11
felszín alatti		felszín alatti	

Kedvező környezeti hatások	Kedvezőtlen környezeti hatások
<p>Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Víz okozta talajerózió; talajfolyás</li> <li>2. Másodlagos szikesedés</li> <li>3. Láposodás, vizenyősödés, belvízveszély</li> <li>4. Aszályérzékenység, repedezés</li> <li>5. Kijuttatott tápanyagok               <ol style="list-style-type: none"> <li>5a. bemosódása (→ felszíni vizek eutrofizáció)</li> <li>5b. kilúgzódása (→ felszín alatti vizek)</li> <li>5c. immobilizációja</li> </ol> </li> <li>6. Fitotoxikus anyagok képződése</li> <li>7. Biológiai degradáció</li> <li>8. Árvízveszély a vízgyűjtőterületen</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Túlnedvesedés (belvíz-érzékenység; elvizenyősödés, láposodás-mocsarasodás)</li> <li>10. Tápanyag-kilúgzódás</li> <li>11. Szárazság-érzékenység</li> </ol>

# FORRÓ NYÁRI IDŐSZAKOK KAPCSOLATA A MAKROCIRKULÁCIÓS TÍPUSOKKAL

PAP ZSÓFIA – LAKATOS MÓNIKA

**Kulcsszavak:** hőmérsékleti anomália, hőhullám,  
hőségriasztás, makrocirkulációs típus.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A globális tendenciákkal összhangban a melegedés egyértelműen jelentkezik Budapest hőmérsékleti adatsorában a múlt század elejétől kezdődően, a múlt század utolsó negyedében pedig intenzívnak mondható. Növekvő trend mutatható ki a májusszeptember időszak hőmérsékleti anomáliáiban, a nyári, hőség- és forró napok, valamint az emberi szervezetet jelentősen megterhelő hőhullámokból származó napok számában egyaránt. A tartósan fennmaradó magas pozitív anomáliák gyakorisága megnőtt, ennek hátterében a makrocirkulációs jellemzők megváltozása keresendő. A Péczy-féle időjárási típusok közül a 4-es, 5-ös, 9-es, 10-es és 12-es típusoknál lépnek fel nagy valószínűséggel extrém magas pozitív anomáliák az átlagtól vett eltérések feltételes eloszlásfüggvénye szerint. Eredményeink azt mutatják, hogy a májusszeptember időszakban a magas pozitív anomáliák fellépéséhez vezető típusok mind-egyikében hazánk anticiklonális hatás alatt áll, ezek közül is a 4-es típus emelhető ki, mint magas pozitív anomáliákkal járó időjárási helyzet. A Péczy-típusok idősorát tekintve megállapíthatjuk, hogy gyakoribbá váltak az extrém meleg helyzetek kialakulását eredményező anticiklonális típusokba sorolható napok.

Budapest megfigyelési sorában 2007 nyara a 2003-as nyár után a második legmelegebb az idősorban. Az elmúlt nyáron több, hosszán tartó hőségperiódussal kellett megküzdeni. Ezek hátterében a tartósan fennmaradó anticiklonális helyzet állt. Az idősor-elemzések eredménye szerint az anticiklonális időjárási típusok gyakoribbá válása megnöveli az extrém meleg situációk fellépésének valószínűségét Budapesten.

## BEVEZETÉS

Klíma-modell-szimulációk eredményei szerint a 2003-ban tapasztalt nyár a viszonylag hűvös nyarak közé sorolható majd 2060-ra Európában. Az antropogén hatások következtében megkétszereződik a 2003-as hőhullámhoz hasonló extrém meleg periódusok kialakulásának valószínűsége (Stott *et al.*, 2004).

Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testülete (IPCC) legújabb, 2007-es Ne-

gyedik Értékelő Jelentésében egyértelműnek minősíti a hőhullámok növekedését, hozzátéve, hogy a 21. századi tendencia megbízhatósága magas. A meleg napok és meleg éjszakák számában is további növekedést jelez előre a 21. századra, magas megbízhatósággal (IPCC, 2007).

A megfigyelési sorokon végzett idősor-elemzések eredményei szerint a múlt század utolsó évtizedétől kezdődően szinte egyöntetűen meleg, sőt rendkívül meleg nyarakat tapasztaltunk országos átlagban is. A forró

nyári időszakok elemzésének fontosságát az is indokolja, hogy a melegedés mértéke nyáron a legnagyobb a négy évszak közül, lineáris közelítéssel élve mintegy 1 °C-ot tesz ki a múlt század elejétől (*Szalai et al., 2005*).

A klímaváltozás hatásai érzékenyen érintik az emberi szervezetet a szélsőséges időjárási jelenségek gyakoriságának növekedése következtében, mert a szélsőségek, különösen a hőség, érzékeny, majd sérülékeny állapotot idéznek elő (*Páldy et al., 2006*). Így nem csak a krónikus betegeket, az időseket, hanem az egészséges személyeket is veszélyezteti.

Magas pozitív hőmérsékleti anomáliák gyakran az egész Kárpát-medencében együttesen lépnek fel. Az eltérések néha a napi szórás többszörösét is tartósan meghaladják, az ilyen időszakok gyakran visszatérnek, ezért is fontos az extrém meleg helyzetek makrocirkulációs hátterének elemzése.

## 1. BUDAPEST HŐMÉRSÉKLETI ADATSORÁNAK ELEMZÉSE

Munkánkban Budapest-belterület állomás ( $\varphi = 47^{\circ}30'40''$ ,  $\lambda = 19^{\circ}01'41''$ ) 1901 és 2005 közötti adatsorát dolgoztuk fel, ezen belül is a napi átlag- és napi maximumhő mérsékleteket használtuk fel számításainkhoz. A forró nyári időszakok elemzése volt a célunk, ezért feldolgozásaink a május 1-jétől szeptember 30-ig tartó időszakokra korlátozódtak. Megjegyezzük, hogy a budapesti adatsorban megfigyelhető növekvő trendhez hozzájárul a városi hősziget jelensége, azaz a városban több fokkal magasabb a hőmérséklet, mint a peremterületeken.

Az idősorban megjelenő átlagosnál melegebb nyári időszakok meghatározását és jellemzését tűztük ki célul. Ehhez először előállítottuk a május-szeptember hónapok minden napjára az 1971–2000-es harmincéves időszakra vonatkozó napi középhőmérsékleteket. Ezek ismeretében kiszámítottuk az általunk vizsgált teljes 1901–2005-ös

intervallum minden napjára az ettől való eltérést. Az így kapott napi értékeket átlagoltuk a május-szeptember időszakra, ezeket az átlagos anomáliákat mutatja az 1. ábra. Megfigyelhető, hogy negatív anomália, különösen a múlt század elején, többször fordult elő, mint pozitív, de az utóbbi három évtizedben a pozitív anomália vált gyakoribbá, az 1990-es évektől kezdődően uralkodóvá, ekkor már kétszer annyi esetben fordult elő, mint negatív.

A hőmérsékletnek nem csak a normálidőszak átlagos középhőmérsékleteitől vett eltérését, hanem bizonyos küszöbértékek felett való tartózkodását is vizsgáltuk. Fix küszöbök alkalmazásával bevezethetők különböző hőmérsékleti extrémindexek a meleg szélsőségek kijelölésére, ilyenek például a nyári, hőség- és forró napok. Nyári napról beszélünk, ha a napi maximum hőmérséklet eléri vagy meghaladja a 25 °C-ot, hőségnapról, ha a 30 °C-ot, és forró napról, ha a 35 °C-ot (*Péczely, 1979; Bartholy et al., 2005*).

Megvizsgáltuk a szóban forgó extrém klímaindexek viselkedését a legutóbbi intenzív felmelegedés kezdetétől, a hetvenes évek közepétől kezdődően. A 2. ábrán mind a nyári, a hőség- és forró napok számának alakulásában növekvő trendet figyelhetünk meg. A kapott trendértékeket hipotézisvizsgálatnak vetettük alá. A t-próba szerint a trendmeredekségek mindhárom esetben 80%-os megbízhatósági szinten szignifikánsak. Megjegyezzük, hogy a homogenizált adatokon végzett szignifikancia vizsgálat szerint ezek növekedése 95%-os megbízhatósági szinten elfogadható (*Lakatos et al., 2006*).

A Magyarországon már gyakorlatban lévő hőségriasztási rendszer is a napi középhőmérséklet fix küszöbök fölött való tartózkodása alapján ad ki figyelmeztető jelzést. A hőségriasztás egyes fokozatai a következők (*Páldy et al., 2006*):

1. fok: figyelmeztető jelzés belső használatra: ha a napi középhőmérséklet várhatóan legalább egy napra eléri a 25 °C-ot.

2. fok: készültségjelzés – riasztás a lakosság számára: ha a napi középhőmérséklet várhatóan legalább három egymást követő napon eléri a 25 °C-ot, illetve legalább egy napra eléri a 27 °C-ot.

3. fok: riadójelzés: ha a napi középhőmérséklet várhatóan legalább három egymást követő napra eléri a 27 °C-ot. Ez a kánikulahelyzet már rendkívüli időjárási helyzetnek minősül.

Az 1. táblázatban láthatók az 1901–2005-ös időszakban előfordult olyan, legalább három napig tartó időszakok, amelyek esetében a napi középhőmérséklet elérte a 27 °C-ot, azaz megfelelnek a harmadfokú hőségriasztási fokozat kritériumának. A táblázat tartalmazza a 2006-os és a 2007-es év igen meleg periódusait is, hogy teljes képet kapjunk az 1901 óta fellépett hőhullámos helyzetekről. Mivel sem májusban, sem szeptemberben nem volt megfigyelhető hőhullám, ezért ezeket a hónapokat nem ábrázoltuk. A táblázatból leolvasható, hogy az 1901-től 1990-ig terjedő 90 év során összesen kevesebb 27 °C-os hőhullám fordult elő, mint az azóta eltelt 17 év alatt; ebből is látszik, hogy nyaraink általában melegebbek az 1990-es évek kezdete óta. Megfigyelhető még, hogy több olyan év is volt, amelynek nyarán nem csak egy ilyen meleg periódus lépett fel, hanem több is; azonban míg az 1990-es évek előtt mindössze egy évben, 1950-ben fordult ez elő, addig 1990 óta majdnem minden hőhullámos nyáron ez volt a jellemző.

Kigyűjtöttük az 1901–2005 időszakban előfordult 25, illetve 27 °C-os hőhullámból származó napokat, az eredmények a 3. ábrán láthatók. Megállapítható, hogy a hőhullámok gyakoribbá váltak: míg a 20. század első évtizedeiben nem is minden évben, illetve többször éveken át nem fordult elő a kritériumoknak megfelelő nap, addig az 1970-es évek kezdete óta csak öt évben nem figyelhető meg hőhullámból származó nap. A 27 °C-os hőhullámból származó napok esetében az is leolvasható az ábráról, hogy az utolsó 15 év során

majdnem annyiszor fordult elő ilyen nap, mint az azt megelőző 90 évben! Azt, hogy egyre gyakoribbak a hőhullámok, a trendvizsgálat is megerősíti: az adatsorra lineáris trendet illesztve mind a 25, mind a 27 °C-os hőhullámból származó napok növekvő trendje 95%-os megbízhatósági szinten fogadható el szignifikánsnak.

## 2. KAPCSOLAT A HŐMÉRSÉKLETI ANOMÁLIÁK ÉS A MAKROCIRKULÁCIÓS TÍPUSOK KÖZÖTT

Láttuk, hogy növekvő trend figyelhető meg a különböző, extrém meleg helyzeteket leíró klímaindexek és a hőhullámból származó napok számának alakulásában egyaránt. A következőkben rátérünk a magas pozitív anomáliájú napok és a hozzájuk tartozó makrocirkulációs időjárási típusok kapcsolatának feltárására. Először röviden ismertetjük a makrocirkulációs típusokat.

### A Péczely-féle makrocirkulációs típusok

A makrocirkulációs vagy más néven makroszinoptikus típusok egy nagyobb térség adott időpontban fennálló időjárási helyzetét írják le. A típusokat a térség cirkulációs viszonyainak legfontosabb jellemzői, például a ciklonok, anticiklonok földrajzi elhelyezkedése, a frontálzónák iránya alapján határozzák meg.

A Péczely-féle makrocirkulációs típusokat Péczely György alkotta meg 1957-ben. A Magyarország térségére jellemző makroszinoptikus helyzeteket a mérsékelt öv cirkulációs alaphelyzeteiből vezette le, melyek a következők: meridionális, zonális nyugati és zonális keleti áramlás. A 2. táblázatban látható a Péczely-típusok kódja és rövid leírása (Péczely, 1983). Ahol nincs külön jelölve, ott a cirkulációs viszonyok Magyarország térségére vonatkoznak.

Megvizsgáltuk a május-szeptember időszak minden hónapjára, hogy hogyan változott az egyes Péczy-típusok előfordulásának gyakorisága az 1901–2005 időszakban. A 3. táblázatban ábrázoltuk a változások irányát az egyes hónapokban, valamint kiemeltük azokat az eseteket, amelyeknél a változás megbízhatósága legalább 95%-os. Látható, hogy minden hónapban nőtt a 2-es, 6-os és a 13-as típusok gyakorisága, a 13-as típus esetében minden hónapban szignifikánsan. Jellemzően növekvő trend mutatkozik az 1-es, 3-as és 5-ös, csökkenő a 9-es és 11-es típusnál. Minden hónap esetében csökkent a 4-es és a 7-es típus előfordulásának gyakorisága, szinte minden hónapban 90% fölötti szignifikanciával.

#### Az alkalmazott módszer

A makroszinoptikus helyzet és a napi középhőmérsékleti anomáliák kapcsolatának vizsgálatához előállítottuk az anomáliák típusok szerinti feltételes eloszlásfüggvényét. A feltételes eloszlás-, illetve a feltételes sűrűségfüggvény ismeretében már megadható a napi középhőmérsékleti anomáliák valószínűsége az egyes makroszinoptikus típusok, mint feltétel esetében.

A vizsgálatok során feltételeztük, hogy a napi hőmérsékleti anomáliák az általunk vizsgált május-szeptember időszak minden hónapjában normális eloszlást követnek. Ekkor a sűrűségfüggvény alakja a következő:

$$f(x) = f(x; m, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

ahol  $m$  a várható érték,  $\sigma > 0$  pedig a szórás.

Ahhoz, hogy meghatározhassuk a feltételes eloszlás- és sűrűségfüggvényeket, először becsülnünk kell a rendelkezésünkre álló mintából a feltételes várható értéket és a szórást. A becslést momentummódszerrel végeztük el (*Matyasovszky, 2002*). A mo-

mentumok módszerét alkalmazva a normális eloszlás várható értékének becslésére az átlag, a szórás becslésére pedig az empirikus szórás adódik.

#### Az eredmények

Elvégeztük a becsléseket a mintánkból, azaz Budapest napi középhőmérsékleti adatsorából és a makrocirkulációs típusok adatsoraiból. Minden hónapra kiszámítottuk a hőmérsékleti anomáliák rögzített makrocirkulációs típus melletti feltételes sűrűségfüggvényét jellemző két paraméter, a várható érték és a szórás becslését. Ezután hónapoként előállítottuk a feltételes eloszlásfüggvényeket, amelyekkel meghatároztuk az adott nagyságú anomáliák előfordulási valószínűségét.

A május-szeptember időszak egyes hónapjaira kiszámított valószínűségek a 4.a, b, c, d és e táblázatokban láthatók. Tagjaiból kitűnik, hogy a 4-es, 5-ös, 9-es, 10-es és 12-es típusok esetén van a legnagyobb valószínűsége pozitív hőmérsékleti anomália fellépésének. Ezen belül is az 5-ös típushoz tartoznak a legnagyobb valószínűségek, majd általában a 9-es típus következik. A feltételes sűrűségfüggvények arról is szolgálnak információval, hogy az egyes típusok esetén melyik hónapban várható a legnagyobb pozitív anomália: a típusok többségénél júniusban és júliusban, a 4-es típust kivéve, amikor májusban és júliusban számíthatunk a legnagyobb pozitív anomália fellépésére.

A következőkben röviden jellemezzük a legnagyobb pozitív hőmérsékleti anomáliával járó típusokat, azaz a 4-es, 5-ös, 9-es, 10-es és 12-es típusokat. Az 5-ös típus esetében anticiklon helyezkedik el Magyarországtól keletre, középpontjával Ukrajna fölött. Ez a helyzet nyáron meleg, száraz, derült időjárást okoz (*Péczy, 1983*), amivel számításaink összhangban vannak. A 4-es típus fennállása esetén hazánk egy ciklon előoldali áramlási rendszerében, azaz egy

anticiklon hátoldali áramrendszerében található; területe a ciklon melegfrontjának hatása alatt áll, vagy annak melegszektorába esik. A 9-es és 10-es makrocirkulációs típusok esetében anticiklon helyezkedik el Magyarországtól délre, illetve északra. A 12-es típus esetén az anticiklon maga a Kárpát-medence fölött helyezkedik el; e helyzet tartós fennállása zavartalan sugárzási időjárást biztosít, nyáron nagy melegekkel (Péczely, 1983). Várakozásainkkal összhangban megállapíthatjuk tehát, hogy mindegyik magas pozitív hőmérsékleti anomáliát eredményező helyzetben hazánk időjárását anticiklon alakítja, vagy legalábbis befolyásolja (4-es típus).

### 3. A 2007-ES ÉV FORRÓ IDŐSZAKAINAK JELLEMZÉSE

A 2007-es év nyarán több hosszán tartó hőségerővel kellett megküzdeni. Megvizsgáltuk ezen év május-szeptember időszakát, az előzőekhez hasonlóan Budapestre. A 4. ábrán ábrázoltuk az 1971–2000-es átlagos napi középhőmérsékleteket és a 2007-es év május-szeptember időszakának napi középhőmérsékleteit, valamint feltüntettük a hőségszél fokozatainak megfelelő 25 és 27 °C-os küszöbértékeket. Látható, hogy a pozitív anomália gyakoribb volt, mint a negatív: az időszak kétharmadában ez volt a jellemző, ezen kívül megállapítható, hogy a meleg periódusok általában hosszabbak voltak, mint a hűvösek. A leghosszabb, az átlagnál alacsonyabb hőmérsékletű időszak augusztus végétől vette kezdetét, és szinte egész szeptemberben jellemző volt. A legalacsonyabb napi középhőmérséklet és a legnagyobb negatív anomália (–8,3 °C) szeptember 5-én, a legmagasabb napi középhőmérséklet és a legnagyobb pozitív anomália (11,6 °C) pedig július 20-án volt megfigyelhető.

A 2007-es év május-szeptember időszakában 95 nyári nap, 50 hőségnap és 8 forró nap fordult elő. Hőségnapból csak két év-

ben, 1947-ben és 2003-ban volt megfigyelhető ennél több 1901 óta.

Ezen a nyáron is tapasztalhattunk hőhullámokat. Legalább 25 °C-os középhőmérsékletű, legalább három napig tartó hőhullámból öt fordult elő: június 18–21., július 14–24., augusztus 6–9., 15–17. és 22–26. között, ezek összesen 27 napot tettek ki. A júliusi meleg periódus nagy része egyben 27 °C-os hőhullámnak is bizonyult: július 15-e és 22-e között a napi középhőmérséklet mind a nyolc napon meghaladta a 27 °C-ot!

A már említett hőségszélrendszer szerint az *Országos Meteorológiai Szolgálat* előrejelzései alapján az országos tisztifőorvos rendel el hőségszélriadót. Erre 2007 nyarán többször is sor került: június 18-án másodfokú hőségszélriadót rendelt el a június 19. és 23. közötti öt napra; július 13-án másodfokú hőségszélriadót jelentett be 15-ére, a 16-ától 19-éig terjedő időszakra pedig harmadfokú figyelmeztető jelzést helyezett érvénybe, amelyet később, 19-én, július 24-éig meghosszabbított.

A júliusi forró periódusban hazánk időjárását anticiklonális hatások alakították. Július 14-én a hazánktól délre elhelyezkedő anticiklon (9-es makroszinoptikus típus) hatására a napi középhőmérséklet meghaladta a 25 °C-ot. 15-ére az anticiklon már a Kárpát-medence térségébe húzódott (12-es típus), ekkor a napi középhőmérséklet már a 27 °C-ot is elérte. Másnapra e magas nyomású képződmény hazánktól keletre helyeződött át (5-ös típus). 17-én a Kárpát-medence időjárását egy nyugatról benyúló anticiklon (8-as típus) határozta meg. Az ezt követő napokban a 4-es makrocirkulációs típus vált uralkodóvá, vagyis hazánk egy ciklon előoldali áramrendszerébe került. 23-án a napi középhőmérséklet már nem haladta meg a 27 °C-ot, de csak két nappal később, 25-én csökkent 25 °C alá. A legnagyobb pozitív anomáliák a 4-es típus fennállásához köthetők.

Össességében elmondható, hogy a júliusi 27 °C-os hőhullámban előfordult makrocirkulációs típusok mindegyike azok közé a

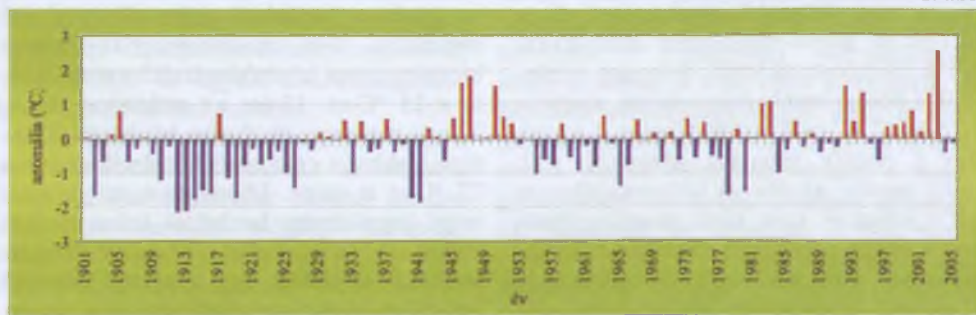
típusok közé tartozik, amelyekről az anomáliák feltételes eloszlásfüggvényeinek becsléséből az előzőekben megállapítottuk, hogy fennállásuk esetén nagy valószínűséggel ala-

kul ki pozitív anomália. A 2007. júliusi rendkívül magas pozitív anomáliák azonban még ezen típusok esetén is csak kis valószínűséggel lépnek fel.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

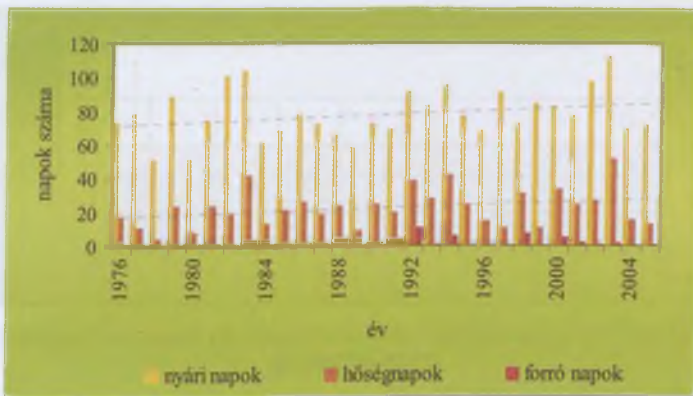
(1) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2005): Néhány extrém éghajlati paraméter globális és a Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. „AGRO-21” Füzetek, 40. sz., 70–93. pp. (2) DÉVÉNYI D. – GULYÁS O. (1988): Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában. Tankönyvkiadó, Budapest (3) IPCC, 2007: Climate Change 2007. Assessment Report 4 Synthesis Report (4) LAKATOS M. – SZALAI S. (2006): Szélsőségesen meleg periódusok gyakoriságának alakulása a XX. század elejétől, extrém magas átlaghőmérsékletű napok visszatérési periódus becslése. VAHAVA zárókonferencia poszterkiállítás, Budapest (5) LAKATOS, M. – SZENTIMREY, T. – BIRSZKI, B. – KÖVÉR, Zs. – BIHARI, Z. – SZALAI, S. (2006): Climate indices calculations on homogenized daily data series, Sixth European Conference on Applied Climatology, Ljubljana, Slovenia, CD ROM (6) MATYASOVSKY I. (2002): Statisztikus klimatológia. Idősorok elemzése. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest (7) PÁLDY A. – KISHONTI K. – MOLNÁR K. – VAMOS A. – SZEDRESI I. – GRAMANTI P. – CSABA K. – GOROVE L. – BURÁNSZKYNÉ SALLAI M. (2006): Hőségriasztás hazai tapasztalatai. (8) PÉCZELY Gy. (1979): Éghajlatlan. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (9) PÉCZELY Gy. (1983): Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek katalógusa (1881–1983). Országos Meteorológiai Szolgálat kisebb kiadványai 53. kötet, Budapest (10) STOTT et al. (2004): Human Contribution to the European heat wave of 2003. Nature, 432, 610–613. pp. (11) SZALAI S. – KONKOLYNÉ BIHARI Z. – LAKATOS M. – SZENTIMREY T. (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest

1. ábra



A május-szeptemberi átlagos anomáliák alakulása 1901-től 2005-ig

2. ábra



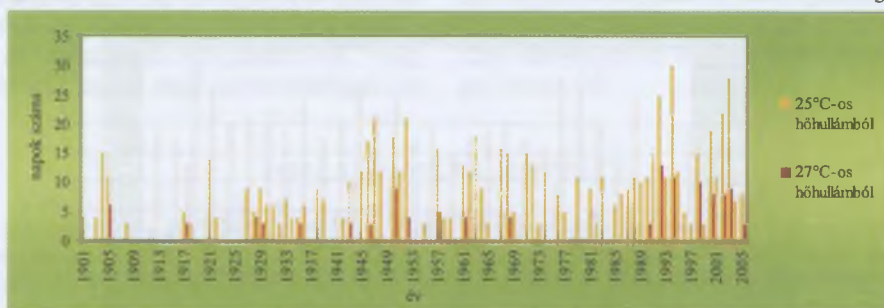
A nyári, hőség- és forró napok számának alakulása 1976 és 2005 között

1. táblázat

27 °C-os hőhullámok időpontja és hossza az 1901-2007 időszakban

Június	Július	Augusztus
	1905. július 31. – augusztus 5.	
	1917. július 31. – augusztus 2.	
	1928. július 14–17.	
	1929. július 23–25.	
1935. június 26–28.		1943. augusztus 21–23.
		1946. augusztus 10–12.
	1950. június 30. – július 5.	1950. augusztus 26–28.
		1952. augusztus 13–16.
	1957. július 5–9.	
	1968. július 6–9.	1961. augusztus 9–12.
	1990. július 30. – augusztus 1.	
	1992. augusztus 6–10., 19–21., 26–30.	
	1994. július 29. – augusztus 8.	
	1998. július 20–25.	1998. augusztus 1–4.
2000. június 12–14.		2000. augusztus 17–21.
2002. június 20–24.	2002. július 9–11.	
2003. június 8–13.		2003. augusztus 3–5.
2006. június 26–28.	2005. július 28–30.	
	2006. július 20–23., 26–28.	
	2007. július 15–22.	

3. ábra



A 25 és 27 °C-os hőhullámból származó napok évi összegének alakulása 1901-től 2005-ig

2. táblázat

### A Péczy-féle makroszinoptikus típusok

A Péczy-féle makroszinoptikus típusok		
számkód	betűkód	a típus leírása
1	mCc	ciklon hátoldali áramlási rendszere
2	AB	anticiklon a Brit-szigetek térségében
3	CMc	mediterrán ciklon hátoldali áramlási rendszere
4	mCw	ciklon előoldali áramlási rendszere
5	Ae	anticiklon Magyarországtól keletre
6	CMw	mediterrán ciklon előoldali áramlási rendszere
7	zC	zonális ciklonális
8	Aw	nyugatról benyúló anticiklon
9	As	anticiklon Magyarországtól délre
10	An	anticiklon Magyarországtól északra
11	AF	anticiklon Fennskandinávia térségében
12	A	anticiklon a Kárpát-medence térségében
13	C	cikloncentrum a Kárpát-medence fölött

3. táblázat

### Az egyes Péczy-típusok gyakoriságának változása május-szeptember hónapokban az 1901-2005 időszak során

hónap/típus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
május	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	+	+
június	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	+
július	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+
augusztus	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+
szeptember	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+

4.a, b, c, d, e táblázat

A hőmérsékleti anomáliák valószínűsége adott Péczy-típus esetén  
a május-szeptember időszak egyes hónapjaiban

4.a táblázat, május

anomália (°C)/típus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0,297	0,216	0,178	<b>0,613</b>	<b>0,750</b>	0,368	0,356	0,306	<b>0,677</b>	<b>0,566</b>	0,373	<b>0,588</b>	0,306
1	0,203	0,132	0,109	<b>0,488</b>	<b>0,640</b>	0,257	0,249	0,206	<b>0,557</b>	<b>0,437</b>	0,271	<b>0,473</b>	0,208
2	0,130	0,074	0,062	0,364	<b>0,517</b>	0,166	0,162	0,129	<b>0,432</b>	0,314	0,185	0,359	0,131
3	0,077	0,038	0,033	0,253	0,392	0,100	0,097	0,074	0,313	0,209	0,119	0,257	0,077
4	0,042	0,018	0,016	0,163	0,278	0,055	0,054	0,040	0,211	0,128	0,071	0,172	0,041
5	0,022	0,007	0,007	0,097	0,183	0,028	0,028	0,019	0,131	0,072	0,040	0,108	0,021
6	0,010	0,003	0,003	0,053	0,111	0,013	0,013	0,009	0,076	0,037	0,021	0,063	0,009

4.b táblázat, június

anomália (°C)/típus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0,239	0,319	0,234	<b>0,531</b>	<b>0,837</b>	0,303	<b>0,449</b>	0,377	<b>0,776</b>	<b>0,655</b>	<b>0,532</b>	<b>0,754</b>	0,250
1	0,147	0,217	0,154	0,394	<b>0,735</b>	0,202	0,328	0,256	<b>0,649</b>	<b>0,530</b>	0,392	<b>0,629</b>	0,165
2	0,083	0,137	0,095	0,269	<b>0,608</b>	0,125	0,223	0,160	<b>0,501</b>	<b>0,401</b>	0,266	<b>0,489</b>	0,101
3	0,042	0,079	0,054	0,167	<b>0,469</b>	0,071	0,140	0,090	0,354	0,283	0,164	0,350	0,057
4	0,020	0,043	0,029	0,095	0,333	0,037	0,081	0,047	0,225	0,184	0,091	0,228	0,030
5	0,008	0,021	0,014	0,049	0,216	0,018	0,043	0,022	0,129	0,110	0,046	0,135	0,015
6	0,003	0,009	0,007	0,022	0,127	0,008	0,021	0,009	0,065	0,061	0,021	0,072	0,007

4.c táblázat, július

anomália (°C)/típus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0,200	0,387	0,203	<b>0,633</b>	<b>0,898</b>	0,242	<b>0,423</b>	0,334	<b>0,781</b>	<b>0,700</b>	<b>0,556</b>	<b>0,750</b>	0,150
1	0,116	0,275	0,130	<b>0,502</b>	<b>0,804</b>	0,151	0,292	0,215	<b>0,659</b>	<b>0,557</b>	<b>0,405</b>	<b>0,612</b>	0,082
2	0,060	0,181	0,078	0,370	<b>0,671</b>	0,087	0,184	0,125	<b>0,517</b>	<b>0,406</b>	0,268	<b>0,459</b>	0,040
3	0,028	0,110	0,043	0,252	<b>0,512</b>	0,045	0,105	0,065	0,372	0,268	0,159	0,311	0,018
4	0,012	0,062	0,022	0,158	0,350	0,022	0,054	0,030	0,244	0,158	0,084	0,189	0,007
5	0,004	0,032	0,010	0,090	0,212	0,009	0,025	0,013	0,144	0,083	0,039	0,102	0,002
6	0,001	0,015	0,005	0,047	0,112	0,004	0,010	0,005	0,077	0,039	0,016	0,048	0,001

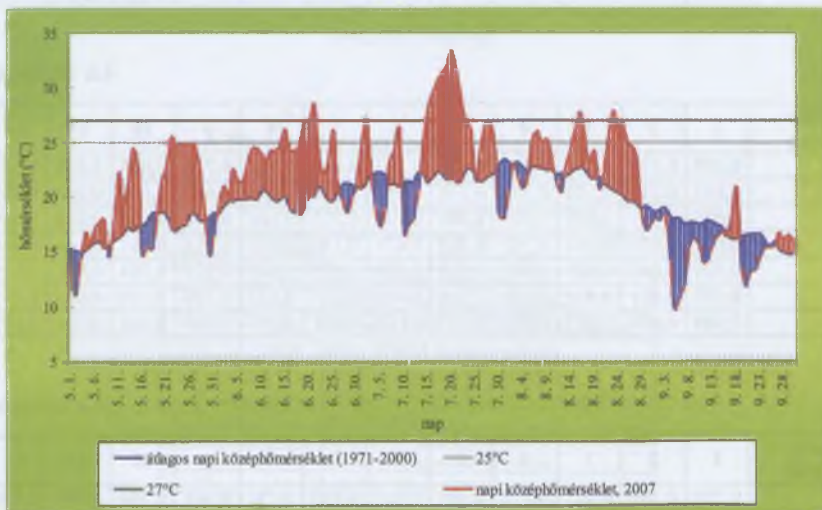
4.d táblázat, augusztus

anomália (°C)/típus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0,186	0,239	0,076	<b>0,543</b>	<b>0,846</b>	0,298	0,330	0,285	<b>0,605</b>	<b>0,547</b>	<b>0,448</b>	<b>0,614</b>	0,231
1	0,111	0,147	0,037	<b>0,409</b>	<b>0,734</b>	0,200	0,221	0,177	<b>0,468</b>	0,391	0,302	<b>0,467</b>	0,140
2	0,061	0,082	0,016	0,285	<b>0,592</b>	0,125	0,136	0,098	0,335	0,251	0,183	0,323	0,077
3	0,030	0,042	0,006	0,182	<b>0,437</b>	0,072	0,077	0,049	0,219	0,143	0,098	0,202	0,039
4	0,014	0,019	0,002	0,107	0,290	0,038	0,040	0,022	0,131	0,072	0,047	0,113	0,017
5	0,006	0,008	0,001	0,057	0,172	0,019	0,019	0,009	0,071	0,032	0,019	0,057	0,007
6	0,002	0,003	0,000	0,027	0,091	0,008	0,008	0,003	0,035	0,012	0,007	0,025	0,003

4.e táblázat, szeptember

anomália (°C)/ típus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0	0,281	0,191	0,119	<b>0,607</b>	<b>0,744</b>	0,342	<b>0,468</b>	0,356	<b>0,702</b>	<b>0,511</b>	0,341	<b>0,566</b>	0,226
1	0,179	0,105	0,058	<b>0,479</b>	<b>0,605</b>	0,228	0,330	0,224	<b>0,572</b>	0,375	0,228	<b>0,443</b>	0,131
2	0,105	0,052	0,024	0,353	<b>0,452</b>	0,139	0,211	0,125	<b>0,435</b>	0,254	0,140	0,324	0,068
3	0,055	0,022	0,009	0,242	0,305	0,077	0,123	0,062	0,304	0,157	0,079	0,221	0,031
4	0,027	0,009	0,003	0,153	0,185	0,039	0,064	0,027	0,195	0,088	0,040	0,140	0,013
5	0,012	0,003	0,001	0,089	0,099	0,018	0,030	0,010	0,114	0,045	0,019	0,082	0,005
6	0,005	0,001	0,000	0,047	0,047	0,007	0,012	0,003	0,060	0,021	0,008	0,044	0,001

4. ábra



2007 nyári időszakának napi középhőmérsékletei és az 1971-2000-es időszak napi átlagai a 25 és 27 °C-os küszöbökkel

## MAGYARORSZÁG BIOSZFÉRIKUS SZÉN-DIOXID MÉRLEGÉNEK BECSLÉSE

BARCZA ZOLTÁN – HASZPRA LÁSZLÓ – HIDY DÓRA –  
GALINA CHURKINA – HORVÁTH LÁSZLÓ

**Kulcsszavak:** bioszféra, ökológiai modell, felszínformák, CO<sub>2</sub> kibocsátás.

### ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Jelen munkánk célja, hogy bemutassuk az első kísérletet Magyarország teljes bioszférikus szén-dioxid-mérlegének meghatározására. A munka alapját a magyarországi közvetlen bioszféra-légkör szén-dioxid-kicszerélődés mérések képezik. A vizsgálatokhoz a hazai viszonyokhoz adaptált BIOME-BGC folyamatorientált ökológiai modellt használtuk. A modell kalibrálása után a BIOME-BGC-t a 2002–2006-os időszakra futtattuk úgy, hogy az ország területét négy, eltérő fiziológiai tulajdonságú felszínformára bontottuk fel (mezőgazdasági területek, gyepek, lombhullató erdők, tűlevelű erdők). Az eredmények szerint a hazai ökológiai rendszerek összessége a vizsgált időszakban nettó szén-dioxid-kibocsátó volt, amit alapvetően a mezőgazdasági területek okoznak. A kibocsátás évi átlagban kb. 8 Mt CO<sub>2</sub>, de igen nagy az évek közötti változékonyság: a legnagyobb kibocsátás 2003-ban (21,6 Mt CO<sub>2</sub>), míg a legkisebb 2006-ban (1,2 Mt CO<sub>2</sub>) fordult elő. A modelleredmények rámutatnak a bioszférikus szén-dioxid-forgalom és az időjárás szoros kapcsolatára. Eredményeink összhangban állnak a Magyarország területére vonatkoztatható nemzetközi becslésekkel.

### BEVEZETÉS

A szén biogeokémiai körforgalmát, azon belül a szárazföldi bioszféra szénháztartását még ma sem ismerjük kielégítő pontossággal. A globális szénkörforgalom a szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) és a metán (CH<sub>4</sub>) üvegházhatása révén befolyásolja bolygónk éghajlatát<sup>1</sup>. Ugyanakkor az éghajlat – főleg a bioszféra viselkedésén keresztül – visszahat a szénforgalomra, ezen belül elsősorban a szén-dioxid-forgalomra. A szénkörforgalom alakulásának,

<sup>1</sup> A metán és a troposzférikus ózon légköri mennyiségének befolyásolása révén a szén-monoxid, szerves aeroszol részecskékké alakulva pedig az illékony szerves anyagok egy része is valamelyest befolyásolja a Föld éghajlatát.

továbbá a visszacsatolásoknak és a kölcsönhatásoknak a megértése kulcsfontosságú az éghajlat jövőbeli alakulásának előrejelzéséhez (Cox et al., 2000; Friedlingstein et al., 2006; Denman et al., 2007).

Nagyjából a múlt század utolsó negyedéig a szárazföldi bioszféra – hosszabb időszak átlagában – közelítőleg egyensúlyban volt a légkörrel, mert körülbelül ugyanannyi szenet vett fel a légkörből a fotoszintézis révén, mint amennyit a bomlási és respirációs folyamatokkal leadott. Az 1980-as évektől kezdve azonban a szárazföldi növényzet egyre inkább nettó szén-dioxid-feltevővé vált. Ez a folyamat részben ellensúlyozta a növekvő emberi eredetű CO<sub>2</sub> kibocsátást (Cao et al., 2002). Jelenleg az emberiség által elsősorban a fosszilis tüzelőanyag el-

égetésével, kisebb mértékben egyes ipari folyamatok során (pl. cementgyártás), illetve erdőirtások révén kibocsátott CO<sub>2</sub> mennyiségnek valamivel kevesebb mint fele marad a légkörben, ezzel növelve az üvegházhatást. A kibocsátás 50–60%-át a Föld óceánjai, illetve a szárazföldi bioszféra köti meg (Denman et al., 2007). Kevésbé ismert azonban, hogy mely földrajzi régiókban és miért nőtt meg a bioszféra szén-dioxid-felvétele. Így arra az éghajlatváltozás-előrejelzési szempontból alapvető kérdésre sem tudunk megnyugtató biztonsággal válaszolni, hogy hogyan alakul a bioszféra viselkedése a jövőben.

A szárazföldi bioszféra működésének megértésére világszerte intenzív kutatások folynak. Az európai erőfeszítéseket jelenleg az EU 6. K+F Keretprogramja által támogatott *CarboEurope Integrált Projekt* fogja össze (<http://www.carboeurope.org>). Ennek elsődleges célja, hogy a rendelkezésre álló mérési adatok és modell-eredmények alapján megbecsülje, illetve pontosítsa Európa szén-dioxid-mérlegét. A CarboEurope-IP munkájában jelen sorok szerzői mellett más hazai intézmények kutatói is részt vesznek.

A CarboEurope-IP keretén belül használt modellek viszonylag durva térbeli felbontásúak és ezzel összefüggésben csak általános paraméterezést használnak (Janssens et al., 2003, 2005; Vetter et al., 2007; Gervois et al., 2008). Pontosabb eredmények eléréséhez szükség van a kisebb régiók helyi sajátosságainak figyelembevételére is.

Jelen munka az *első* kísérlet a hazai teljes bioszférikus szén-dioxid-mérleg meghatározására, amelyhez a hazai viszonyokhoz adaptált BIOME-BGC folyamatorientált ökológiai modellt használtuk. Bár a *Kiotói Jegyzőkönyv* csak korlátozottan teszi lehetővé a bioszférikus szén-dioxid-felvétel figyelembevételét a nemzeti üvegházgáz-mérlegben, éghajlat-kutatási szempontból a teljes szén-dioxid-mérleg a meghatározó. Eredményeinket összevetjük a Magyarország területére vonatkozatható CarboEurope-IP modell-eredményekkel és a hazai fosszilis CO<sub>2</sub> kibocsátás mennyiségével.

## A BIOME-BGC MODELL

A BIOME-BGC modellt különböző ökológiai rendszerek és a légkör közötti szén-dioxid, víz, továbbá nitrogén kicserélődés leírására fejlesztették ki (Running – Coughlan, 1988; Running – Gower, 1991; Running – Hunt, 1993; White et al., 2000; Churkina et al., 2003; Hidy et al., 2007). A különböző ökológiai rendszerek más és más paraméterezést igényelnek, így a modellt mindig a vizsgálni kívánt ökológiai rendszerhez szükséges illeszteni. Értelemszerűen a modell bemenő paraméterként igényli a vizsgált terület talajtani és meteorológiai adatait is. A magyarországi bioszférikus szén-dioxid-mérleg elkészítéséhez az országot 1/6×1/6 földrajzi fokok felbontású rácscsal fedtük le, és az egyes ráccsellákon (összesen 466 darab) belül vizsgáltuk a jellegzetes ökológiai rendszerek előfordulási arányát, illetve a területre jellemző talajtani és meteorológiai viszonyokat.

A művelési ágak meghatározása és szükség szerinti összevonása a CORINE CLC50 adatbázisa alapján történt ([http://www.fomi.hu/corine/clc50\\_index.html](http://www.fomi.hu/corine/clc50_index.html); ©FÖMI, 2005). A CLC50 adatbázis 78 különböző művelési ágot különböztet meg. A BIOME-BGC modellben, és a hasonló modellekben általában meglévő, alapvetően ismereteink hiányosságaiából fakadó egyszerűsítések, elnagyolások miatt a modellek a különböző ökológiai rendszerek közötti kisebb különbségeket ma még nem tudják figyelembe venni. Ezért a 78 művelési ágot 4 fő, egymástól jelentősen különböző művelési/felszín-borítottsági kategóriába vontuk össze: gyepek, vegyes mezőgazdasági területek, lombhullató és tűlevelű erdők.

Nem érdektelen megjegyezni, hogy a modell az emberi beavatkozás (pl. fakitermelés és telepítés, öntözés, aratás, legeltetés, eltérő művelési technológiák stb.) szén-dioxid-folyamra gyakorolt hatását csak korlátozottan képes leírni. A BIOME-BGC és más folyamatorientált biogeokémiai modellek az ökológiai rendszer és a légkör kö-

zötti nettó szén-dioxid-cserét tudják meghatározni. Bármilyen „horizontális” szénszállítás (a termés közvetlen vagy közvetett elszállítása a termőterületről) módosítja a szén-dioxid-mérleg modellek által számított földrajzi eloszlását, amit – igény esetén – további számításokkal lehet figyelembe venni. Az itt bemutatott eredmények kizárólag az ökológiai rendszerek helyszínén lezajló, biogeokémiai folyamatokon keresztül (fotoszintézis, respiráció) megvalósuló szén-dioxid-cserét adják meg. Ahhoz, hogy teljes szén-dioxid-mérleget készítsünk egy régióról vagy az egész országról, az emberi beavatkozás hatását az antropogén üvegházgáz-kibocsátásnál indokolt figyelembe venni (ide tartozik pl. a kitermelt faanyag elégetéséből származó kibocsátás, az emberi, illetve állati fogyasztásból származó kibocsátás, a termények exportja/importja stb.).

A felszínborítottság- és talajadatokat az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet bocsátotta a rendelkezésünkre. Az egyes felszín-borítottsági kategóriákat a fentiek szerint négy gyűjtőkategóriába vontuk össze. A négy nagy kategóriába tartozó felszín-típus együttesen Magyarország területének 81,83%-át fedi le (szántók: 52,95%, gyepek: 10,42%, túlelvű erdők: 1,74%, lombhullató erdők: 16,72%). Az egyéb kategória mesterseges felszín-típusokat tartalmaz, amelyek nem vesznek részt a bioszférikus szén-dioxid-mérleg alakításában. A csoportosítás elvégzése után az országot borító minden ráccsellára meghatároztuk a négy felszín-borítottsági kategória területarányát és a jellemző fizikai talajfeleléseket.

Részben bizonyos adatok hiánya, részben a természetes mintavételi-mérési hibák, a korlátozott területi reprezentativitás miatt általában nem áll rendelkezésre a modell által igényelt konzisztens talajtani, biogeokémiai, illetve hidrológiai paraméterkészlet. Az inkonzisztencia miatt a modellben tranziens jelenségek lépnek fel, amelyeknek nincsen közülük a valóságos folyamatokhoz. Így a modell hamis eredményeket szolgáltat. Ennek a jelenségnek a kiküszöbölését szol-

gálja az úgynevezett *spin-up* futtatás („fel-pörgetés”), amelynek egyetlen célja a konzisztens, a valósághoz közel álló kváziegyensúlyi paraméterkészlet előállítása.

A *spin-up* során olyan hosszú (általában sok évtizedes) időszak folyamatait modellezzük, amelynek során a talaj az azt borító vegetációval egyensúlyba kerül. Ez egyben azt is jelenti, hogy frissen és lényegesen megbolygatott területekre a modellek nem tudnak pontos szén-dioxid-forgalmi eredményeket adni.

A *spin-up* modellfuttatáshoz az 1901–2000 közötti időszakot használtuk, amelyre az archív meteorológiai adatokat a CRU (*Climatic Research Unit, University of East Anglia*) CRU TS 1.2 adatbázisából (*New et al., 2002*) vettük. Az adatbázis havi átlagos hőmérsékleti és csapadékösszeg-adatokat tartalmaz az általunk használt rács felbontásának megfelelően. A hiányzó meteorológiai paramétereket a MTCLIM időjárás szimulátorral becsültük (*Thornton et al., 2000*). A modellfuttatáshoz szükséges napi felbontású meteorológiai adatok szimulálásához statisztikai időjárás-generátort alkalmaztunk.

A szén-dioxid-mérleg tényleges modellezéséhez a magyarországi meteorológiai állomások mérési adatai alapján, a ráccsellákra interpolált adatokat használtuk fel, amelyeket az *Országos Meteorológiai Szolgálat* állított elő. Az interpoláció az OMSZ által kifejlesztett MISH módszer segítségével (<http://www.cosis.net/abstracts/EGU05/07310/EGU05-J-07310.pdf>) történt.

A BIOME-BGC modell alapbeállításaival hozzávetőleg jól írja le az egyes ökológiai rendszerek szén-dioxid-forgalmát. Lényegesen jobb eredményeket kapunk azonban, ha a modell paramétereit a vizsgált ökológiai rendszerek tényleges viszonyaihoz, a magyarországi feltételekhez igazítjuk, azaz a modellt „kalibráljuk”. A kalibráció gyepek és vegyes mezőgazdasági területek esetén tényleges hazai mérési adatok alapján történt, míg lombhullató és örökzöld erdőkre – hazai mérések híján – szakirodalomból kiválasztott modellparamétereket használtunk.

Gyepes esetében a BIOME-BGC modell kalibrálásához három hazai mérőhely adatait használtuk fel (Hegyhátsál, Bugac és Szurdokpüspöki). Mindhárom mérőhelyen közvetlen, eddy-kovariancia elven alapuló bioszféra/légkör szén-dioxid-kicserélődés mérések zajlanak (Barcza et al., 2003; Haszpra et al., 2005; Nagy et al., 2007). A kalibrációs módszer leírása megtalálható Hidy és munkatársai (2007) tanulmányában.

A hegyhátsáli regionális léptékű, nettó szén-dioxid-kicserélődés mérés az egyetlen olyan projekt Magyarországon, amelynek keretén belül egy vegyes mezőgazdasági terület szén-dioxid-háztartását mérjük (Haszpra et al., 2001, 2005). A Hegyhátsálon 82 m magasságban üzemelő eddy-kovariancia mérőrendszer 1997 óta nyújt információt a térség szén-dioxid-háztartásáról. Mivel a Hegyhátsál körüli kisparcellás, vegyes veteményű mezőgazdasági művelés az ország nagy részére jellemző, ezért az itt nyert adatok alkalmasak a BIOME-BGC modell hazai viszonyokhoz történő kalibrálására.

Lombhullató erdők szénháztartására nem állnak rendelkezésre hazai mérési adatok, így a fent leírtakhoz hasonló modellkalibráció nem végezhető el. Ehelyett a Pietsch és munkatársai (2005) által publikált közép-európai, Magyarországhoz hasonló éghajlatú területen elhelyezkedő lombhullató erdőkre, konkrétan a BIOME-BGC modell részére kidolgozott paraméterek közül a tölgyerdőre (*Quercus robur/pet-raea*) vonatkozó paramétereket használtuk fel. A tölgyerdőre vonatkozó paraméterek Csehország és Ausztria alacsonyan fekvő, Magyarországhoz közeli területein végzett mérésekből származnak, így elfogadható alapot jelentenek a magyarországi számításokhoz. Bár a tölgy a hazai erdők egyik domináns faja, jelentős területeket borítanak akácok és más fafajok is. Túlzott egyszerűsítésnek tűnhet, hogy a teljes hazai erdőállomány szén-dioxid-háztartását tölgyre vonatkozó paraméterekkel írjuk le, felhasználható hazai vagy régióbeli mérési adatok hiányában

azonban egyelőre a paraméterezés tovább nem pontosítható.

Hazai mérési adatok hiányában a túlevelű erdők szén-dioxid-háztartásának modellezéséhez a fentiekhez hasonlóan Pietsch et al. (2005) tanulmányából vettük az adatokat. Az erdei fenyőre (*Pinus sylvestris*) vonatkozó paraméterértékek Magyarországhoz közeli területeken végzett méréseken alapulnak.

Hazai erdészeti adatok segítségével a valószínűsítéshez közelebb álló paraméterezést lehetne megvalósítani (lásd pl. Somogyi, 2007), ennek a módszertana azonban még kidolgozásra vár.

## EREDMÉNYEK

A BIOME-BGC modell segítségével, a bemutatott bemenő adatok és belső modellparaméterek alapján, ötéves időszakra (2002–2006) becsültük meg Magyarország teljes területére a növényzet és a légkör közötti nettó szén-dioxid-áramot. Az időjárás a bioszféra aktivitását, és így szén-dioxid-forgalmát is lényegesen befolyásolja. Nem csak arra voltunk kíváncsiak, mennyi az átlagos magyarországi nettó bioszférikus szén-dioxid-forgalom, hanem arról is szeretnénk volna hozzáférhető képet kapni, hogy milyen tartományban ingadozik. Erre a vizsgálatra a kiválasztott ötéves időszak szintén lehetőséget nyújtott, mivel 2003-ban – egy szélsőségesen meleg és száraz évvel – egy hosszán tartó, fokozatosan melegedő és szárazuló periódus ért véget, amelyet hűvösebb és nedvesebb esztendők követtek.

Az 1. és 2. ábrán a négy felszínborított-ság-kategóriához tartozó éves nettó szén-dioxid-kicserélődés mértékét ábrázoltuk 2003-ra és 2004-re. A légköri szemléletű vizsgálatokban, így jelen tanulmányban is, a bioszféra nettó szén-dioxid-felvételét negatív előjel jelzi, hiszen ez az anyagmennyiség a légkör szempontjából veszteség. Az adatokat szén-egyenértékben<sup>2</sup> adjuk meg.

<sup>2</sup> 1 g C = 3,67 g CO<sub>2</sub>, illetve 1 g CO<sub>2</sub> = 0,27 g C.

A mezőgazdasági területek mind 2003-ban, mind 2004-ben jellemzően nettó szén-dioxid-kibocsátók voltak. A gyepes területek ugyancsak nettó források voltak 2003-ban, de a kedvezőbbé váló időjárás hatására 2004-ben már nettó szén-dioxid-feltevőként viselkedtek.

A nagy szervesanyag-tartalmú erdők látványosan érzékenyebben reagáltak a jelentős időjárásbeli eltérésre, mint a mezőgazdasági és gyepes területek (1. és 2. ábra). 2003-ban, az Északi-középhegység magasabban fekvő, hűvösebb és csapadékosabb területeitől eltekintve, mind a lombhullató, mind a tűlevelű erdők nettó szén-dioxid-kibocsátók voltak. A veszteség nagy területeken meghaladta a  $300 \text{ gC/m}^2/\text{év}$  értéket. A 2003-nál lényegesen hűvösebb és csapadékosabb 2004. évben viszont nettó szén-dioxid-forgalmuk az előző évihez hasonló nagyságú, de ellentétes előjelű volt (szén-dioxid-felvétel).

A modell szerint tehát az időjárás drámai mértékben képes befolyásolni a bioszféra szén-dioxid-forgalmát, szénmegkötését. Ezt igazolják a Hegyhátsálon végzett mérések is, ahol a mérőrendszer által reprezentált egyes mezőgazdasági terület nettó szén-dioxid-forgalma 2003-ról 2004-re igen jelentős mértékben,  $+69 \text{ gC/m}^2/\text{év}$ -ről (forrás)  $-107 \text{ gC/m}^2/\text{év}$ -re (nyelő) változott (Haszpra et al., 2005).

Az 1. táblázat a teljes modellezett időszakra vonatkozó adatokat tartalmazza művelési áganként, éves bontásban, az egész ország területére összegezve (lásd még a 3. ábrát). Az országos bioszférikus szén-dioxid-mérlegben a legnagyobb szerepet a mezőgazdasági és az erdővel borított területek játsszák (ellentétes előjellel), de a gyepek hozzájárulása sem elhanyagolható. Feltehető, hogy a vizsgált időszakban a mezőgazdasági területek nettó szén-dioxid-kibocsátása éppen abban az évben, 2003-ban volt a legalacsonyabb, amikor az extrém időjárás miatt valamennyi ökológiai rendszer jelentős mennyiségű szerves anyagot veszített. A jelenség magyarázata még további vizsgálatokat igényel.

A 4. ábrán az országra vonatkozó bioszférikus szén-dioxid-mérleget mutatjuk be a saját modellszámításaink, illetve Janssens és munkatársai (2005) munkája alapján. Bár a Janssens et al. (2005) tanulmány teljesen más módszertant használ, és egyetlen, időszaktól független átlagos mennyiséget közöl, a kapott eredmények nagyon közel esnek egymáshoz. A 2003-as év, szélsőséges időjárása miatt, nem nevezhető tipikusnak, ezért a 2003-as modelleredmények átlagba való beszámítása, vagy abból történő kihagyása jelentősen befolyásolja az eredményeket. A mezőgazdasági területek tekintélyes vesztesége mindkét vizsgálat esetén szembevetendő. A mezőgazdasági területek jelentős részesedése miatt a nemzetközi kutatásokba ágyazott hazai vizsgálatok egyik lényeges eleme lehet a mezőgazdasági területek szén-dioxid-mérlegének tanulmányozása.

Az 1. táblázatban közölt adatok alapján Magyarország bioszférikus szén-dioxid-mérlege összességében pozitív, azaz a talaj-növény rendszer országos szinten nettó szén-dioxid-kibocsátó. Ennek oka a mezőgazdasági területek jelentős részesedése. A mezőgazdasági művelés alá vont, illetve erdős területek arányának jövőbeni bármilyen változása az országos bioszférikus szén-dioxid-mérleget is módosítaná. Bár az erdős területek jelentős mennyiségű szén-tömeget kötnek meg a légkörből, nettó szén-dioxid-felvételük – a 2003-as év tanúsága szerint – a melegedő éghajlat hatására mérséklődhet, illetve megszűnhet.

Az erdők és a gyepek általában nettó szén-dioxid-feltevők. A nettó szén-dioxid-felvétel ugyanakkor nem feltétlenül jelent hosszú távú szénmegkötést. A mezőgazdasági vagy gyepes területeken felvett szén-dioxid nagy része a termés emberi vagy állati elfogyasztása után gyorsan visszakerül a légkörbe. Ugyancsak nem kötődik meg véglegesen az erdőkben az összes felvett szén-dioxid, hiszen az erdőgazdálkodás során faanyag (megkötött szén) kerül ki az erdőkből, amelynek széntartalma rövidebb (pl. tűzifa) vagy hosszabb (pl. bútor, épületfa

stb.) idő után szintén visszajut a légkörbe. Az erdő- és bozóttüzek ugyancsak a légkörből megkötött szén juttatják vissza a levegőbe.

Összehasonlításképpen érdemes megemlíteni, hogy Magyarország teljes antropogén CO<sub>2</sub> emissziója 60 millió tonna (16,4 Mt C) volt 2004-ben (UNFCCC, 2006). A bemutatott modellszámítások szerint a hazai bioszféra átlagosan mintegy 8 millió tonna szén-dioxiddal járul ehhez hozzá évente.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A hegyhátsági mérőhely használatának lehetőségét az Antenna Hungária Rt. természetbeni támogatásként nyújtja. Az évek során a mérések anyagi támogatást kaptak a Magyar–Amerikai Tét Alaptól (J. F. no. 162 és 504), a magyar–japán együttműködés keretében az Országos Műszaki Fejlesztési

Bizottságtól és a japán Agency of Industrial Science and Technology-tól, az Országos Tudományos Kutatási Alaptól (T7282, T23811, N31783 és T42941), a Gazdasági és Közlekedési Minisztériumtól (GVOP-3.2.1.-2004-04-0107/3.0, GVOP-AKF-3.1.1.-2004-05-0358/3.0), az Interreg IIIB CADSES programtól (CARBON-PRO, Project No. 5D038), továbbá az Európai Unió 5. és 6. K+F Keretprogramjától (EVK2-CT-1999-00013, EVK2-CT-2002-00163, GOCE-CT-2003-505572, GOCE-037005). Külön köszönet illeti a következő személyeket: Szentimrei Tamás, Hodossyné Rétfalvi Rita, Birszki Bálint (Országos Meteorológiai Szolgálat), Szabó József, Pásztor László (Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet), Kristina Trusilova, Enrico Tomelleri (Max Planck Institute for Biogeochemistry), Nagy Zoltán, Pintér Krisztina, Tuba Zoltán (Szent István Egyetem), Kern Anikó (Magyar Tudományos Akadémia).

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

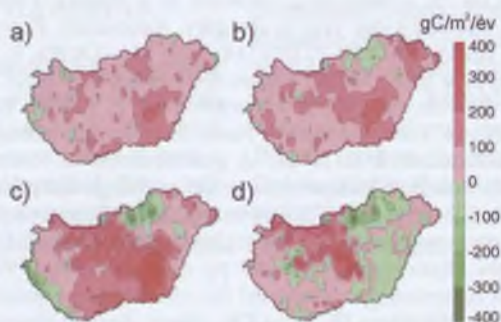
- (1) BARCZA, Z. – HASZPRA, L. – KONDO, H. – SAIGUSA, N. – YAMAMOTO, S. – BARTHOLY, J. (2003): Carbon exchange of grass in Hungary. *Tellus* 55B, 187–196. pp. (2) CAO, M. – PRINCE, S. D. – SHUGART, H. H. (2002): Increasing terrestrial carbon uptake from the 1980s to the 1990s with changes in climate and atmospheric CO<sub>2</sub>. *Global Biogeochemical Cycles* 16, 1069, doi: 10.1029/2001GB001553. (3) CHURKINA, G. – TENHUNEN, J. – THORNTON, P. – FALGE, E. M. – ELBERS, J. A. – ERHARD, M. – GRUNWALD, T. – KOWALSKI, A. S. – SPRINZ, D. (2003): Analyzing the ecosystem carbon dynamics of four European coniferous forests using a biogeochemistry model. *Ecosystems* 6, 168–184. pp. (4) COX, P. M. – BETTS, R. A. – JONES, C. D. – SPALL, S. A. – TOTTERDELL, I. J. (2000): Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 408, 184–187. pp. (5) DENMAN, K. L. – BRASSEUR, G. – CHIDTHAISONG, A. – CIAIS, P. – COX, P. M. – DICKINSON, R. E. – HAUGLUSTAINE, D. – HEINZE, C. – HOLLAND, E. – JACOB, D. – LOHMANN, U. – RAMACHANDRAN, S. – DA SILVA DIAS, P. L. – WOFSY, S. C. – ZHANG, X. (2007): Couplings between changes in the Climate System and Biogeochemistry. 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* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (6) FRIEDLINGSTEIN, P. – COX, P. – BETTS, R. – BOPP, L. – VON BLOH, W. – BROVKIN, V. – CADULE, P. – DONEY, S. – EBY, M. – FUNG, I. – BALA, G. – JOHN, J. – JONES, C. – JOOS, F. – KATO, T. – KAWAMIYA, M. – KNORR, W. – LINDSAY, K. – MATTHEWS, H. D. – RADDATZ, T. – RAYNER, P. – REICK, C. – ROECKNER, E. – SCHNITZLER, K.-G. – SCHNUR, R. – STRASSMANN, K. – WEAVER, A. J. – YOSHIKAWA, C. – ZENG, N. (2006): Climate-carbon cycle feedback analysis: results from the C4MIP model intercomparison. *Journal of Climate* 19, 3337–3353. pp. (7) GERVOIS, S. – CIAIS, P. – DE NOBLET-DUCOUDRÉ, N. – BRISSON, N. – VUICHARD, N. – VIOVY, N. (2008): The carbon and water balance of European croplands throughout the 20th Century. *Global Biogeochemical Cycles* (benyújtva). (8) HASZPRA, L. – BARCZA,

- Z. – BAKWIN, P. S. – BERGER, B. W. – DAVIS, K. J. – WEIDINGER, T. (2001): Measuring system for the long-term monitoring of biosphere/atmosphere exchange of carbon dioxide. *Journal of Geophysical Research* 106D, 3057–3070. pp. (9) HASZPRA, L. – BARCZA, Z. – DAVIS, K. J. – TARCZAY, K. (2005): Long-term tall tower carbon dioxide flux monitoring over an area of mixed vegetation. *Agricultural and Forest Meteorology* 132, 58–77. pp. (10) HIDY, D. – BARCZA, Z. – HASZPRA, L. – CHURKINA, G. – TRUSILOVA, K. (2007): Parameter estimation for grassland carbon cycle using nonlinear inversion of Biome-BGC. *Cereal Research Communications* 2, 453–456. pp. (11) JANSSENS, I. A. – FREIBAUER, A. – CIAIS, P. – SMITH, P. – NABUURS, G.-J. – FOLBERTH, G. – SCHLAMADINGER, B. – HUTJES, R. W. A. – CEULEMANS, R. – SCHULZE, E.-D. – VALENTINI, R. – DOLMAN, A. J. (2003): Europe's terrestrial biosphere absorbs 7 to 12% of European Anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions. *Science* 300, 1538–1542. pp. (12) JANSSENS, I. A. – FREIBAUER, A. – SCHLAMADINGER, B. – CEULEMANS, R. – CIAIS, P. – DOLMAN, A. J. – HEIMANN, M. – NABUURS, G.-J. – SMITH, P. – VALENTINI, R. – SCHULZE, E.-D. (2005): The carbon budget of terrestrial ecosystems at country-scale – a European case study. *Biogeosciences* 2, 15–26. pp. (13) NAGY, Z. – PINTÉR, K. – CZÓBEL, SZ. – BALOGH, J. – HORVÁTH, L. – FÓTI, SZ. – BARCZA, Z. – WEIDINGER, T. – CSINTALAN, ZS. – DINH, N. Q. – GROSZ, B. – TUBA, Z. (2007): The carbon budget of semi-arid grassland in a wet and a dry year in Hungary. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 121, 21–29. pp., doi: 10.1016/j.agee.2006.12.003 (14) NEW, M. – LISTER, D. – HULME, M. – MAKIN, I. (2002): A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research* 21, 1–25. pp. (15) PIETSCH, S. A. – HASENAUER, H. – THORNTON, P. E. (2005): BGC-model parameters for tree species growing in central European forests. *Forest Ecology and Management* 211, 264–295. pp. (16) RUNNING, S. W. – COUGHLAN, J. C. (1988): A general model of forest ecosystem processes for regional applications I. Hydrological balance, canopy gas exchange and primary production processes. *Ecological Modelling* 42, 125–154. pp. (17) RUNNING, S. W. – GOWER, S. T. (1991): Forest-BGC, A general model of forest ecosystem processes for regional applications II. Dynamic carbon allocation and nitrogen budgets. *Tree Physiology* 9, 147–160. pp. (18) RUNNING, S. W. – HUNT, E. R. J. (1993): Generalization of a forest ecosystem process model for other biomes, Biome-BGC, and an application for global-scale models. In: Ehleringer JR, Field CB, editors. *Scaling physiological processes: leaf to globe*. San Diego (CA): Academic Press. 141–158. pp. (19) SOMOGYI, Z. (2007): A Kyotoi Jegyzőkönyv és az erdők. *Erdészeti Lapok* 142, 152–154. pp. (20) THORNTON, P. E. – HASENAUER, H. – WHITE, M. A. (2000): Simultaneous estimation of daily solar radiation and humidity from observed temperature and precipitation: an application over complex terrain in Austria. *Agricultural and Forest Meteorology* 104, 255–271. pp. (21) UNFCCC (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE) (2006): National greenhouse gas inventory data for the period 1990–2004 and status of reporting. Report on national greenhouse gas inventory data from Parties included in Annex I to the Convention for the period 1990–2004. FCCC/SBI/2006/26. [http://unfccc.int/documentation/documents/advanced\\_search/items/3594.php?rec=j&preref=600004015#beg](http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/3594.php?rec=j&preref=600004015#beg) (22) VETTER, M. – CHURKINA, G. – JUNG, M. – REICHSTEIN, M. – ZAEHLE, S. – BONDEAU, A. – CHEN, Y. – CIAIS, P. – FESER, F. – FREIBAUER, A. – GEYER, R. – JONES, C. – PAPALE, D. – TENHUNEN, J. – TOMELLERI, E. – TRUSILOVA, K. – VIOVY, N. – HEIMANN, M. (2007): Analyzing the causes and spatial pattern of the European 2003 carbon flux anomaly in Europe using seven models. *Biogeosciences Discussions* 4, 1201–1240. pp. (23) WHITE, M. A. – THORNTON, P. E. – RUNNING, S. W. – NEMANI, R. R. (2000): Parameterization and sensitivity analysis of the Biome-BGC terrestrial ecosystem model: net primary production controls. *Earth Interactions* 4, 1–85. pp.

1. táblázat  
Magyarország növényzettel borított területeinek nettó szén-dioxid-cseréje a 2002–2006-os időszakban (Mt C/év). A negatív előjel szén-dioxid-felvételt, a pozitív előjel szén-dioxid kibocsátást jelent a légkör felé

	2002	2003	2004	2005	2006
Mezőgazdasági területek	5,12	4,06	4,92	5,55	4,85
Gyepek	-0,08	0,80	-0,60	-0,55	-0,94
Lombhullató erdők	-2,05	0,96	-3,09	-3,49	-3,40
Tűlevelű erdők	-0,18	0,08	-0,32	-0,25	-0,18
Összesen	2,81	5,90	0,91	1,26	0,33

1. ábra



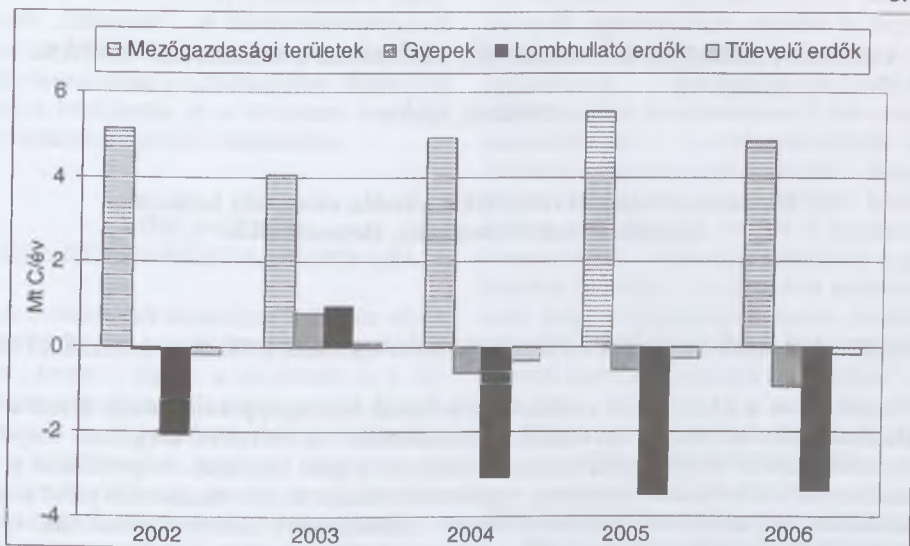
Különböző felszín-borítottságú területek éves szén-dioxid-cseréje 2003-ban, gC/m<sup>2</sup>/év mérték-egységben kifejezve. A pozitív előjel (piros árnyalatok) nettó szén-dioxid-kibocsátást jelöl, míg a negatív előjel (zöld árnyalatok) nettó szén-dioxid-felvételt jelent. a) mezőgazdasági területek; b) gyepek; c) lombhullató erdők; d) tűlevelű erdők. Bár a szinkódolt ábrázolás folytonos, az eredmények csak ott értelmezhetők, ahol jelen van az adott növényzet

2. ábra



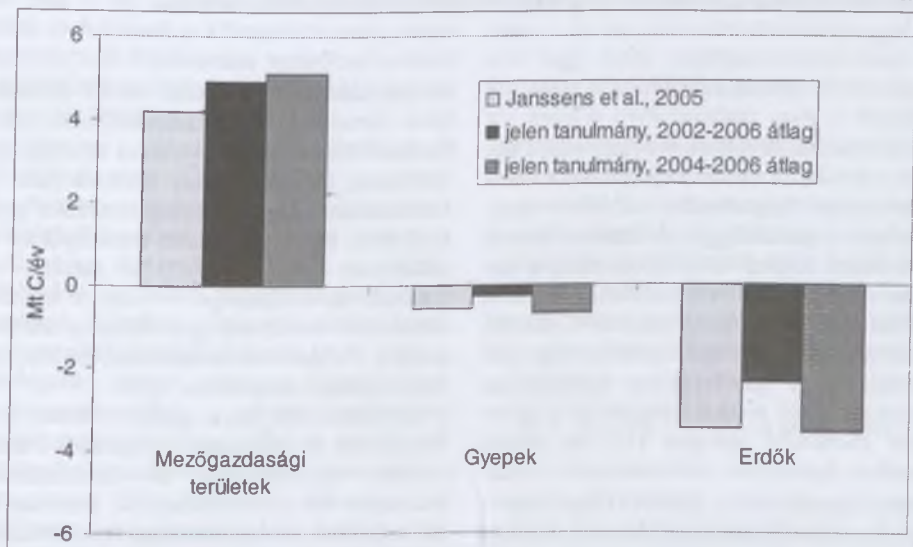
Különböző felszín-borítottságú területek éves szén-dioxid-cseréje 2004-ben, gC/m<sup>2</sup>/év mérték-egységben kifejezve. A pozitív előjel (piros árnyalatok) nettó szén-dioxid-kibocsátást jelöl, míg a negatív előjel (zöld árnyalatok) nettó szén-dioxid-felvételt jelent. a) mezőgazdasági területek; b) gyepek; c) lombhullató erdők; d) tűlevelű erdők. Bár a szinkódolt ábrázolás folytonos, az eredmények csak ott vannak értelmezve, ahol jelen van az adott növénytípus

3. ábra



Az egyes felszín-borítottsági kategóriák becsült nettó szén-dioxid-cseréje Magyarország teljes területére vonatkozóan, 2002 és 2006 között, Mt C/év mértékegységben kifejezve. A negatív előjel szén-dioxid-felvételt, míg a pozitív előjel szén-dioxid-kibocsátást jelent a légkör felé

4. ábra



Magyarország bioszférikus szén-dioxid-mérlege a hazai viszonyokhoz adaptált BIOME-BGC modell, illetve Janssens és munkatársai (2005) tanulmánya alapján. A negatív előjel szén-dioxid-felvételt, míg a pozitív előjel szén-dioxid-kibocsátást jelent a légkör felé

# A KÖZÚTI SZEMÉLYKÖZLEKEDÉS KLÍMÁRA GYAKOROLT HATÁSA

TÖRÖK ADÁM

**Kulcsszavak:** közúti személyközlekedés, externális hatások, társadalmi szintű megítélés, életmódváltás.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Napjainkban a közlekedési eszközök belsőégésű hőerőgéppel hajtottak. Ezek a berendezések működésükkel károsítják környezetüket. A növekvő forgalom nagyobb környezetterhelést eredményez, melynek környezeti jelei lokálisan és globálisan is tapasztalhatók. A környezetterheléshez legjelentősebben a közúti közlekedés járul hozzá. A közúti közlekedés környezetkárosításának csökkentésére irányuló társadalmi igény kielégítésének egyik hatékony eszköze lehet – egyebek mellett – a közúti forgalom olyan szabályozása, amely figyelembe veszi a mobilitással együtt járó teljes, azaz az externális hatásokat is tükröző társadalmi költséget. A külső költségek meghatározása és monetarizálása a közlekedés társadalmi hasznosságának helyes megítélését szolgálja. A környezetszennyezés csökkentése érdekében szükséges a társadalom, illetve a közlekedő emberek szemléletmódváltása is, mert közös érdek – a következő generációk életének megőrzése érdekében – a környezettudatos életmód kialakítása.

## BEVEZETÉS

A környezet változása – beleértve az éghajlatot is – és az ezeket befolyásoló emberi tevékenységek kapcsolatban állnak a társadalommal, a gazdasággal. A közlekedésre, a járművekkel történő helyváltoztatásra a természeti, a gazdasági és társadalmi környezet által definiált térben kerül sor, ezért a közlekedési rendszert úgy kell kialakítani és működtetni, hogy gazdaságilag hatékonyan, környezetkímélő módon elégítse ki a társadalom mobilitási igényeit (1). Az elmúlt században lejátszódó robbanásszerű – tudományos és technikai – fejlődés olyan eszközöket és technológiai megoldásokat adott az emberiség kezébe, amelyek hatványozottan növelték a környezetbe való beavatkozás hatását. „A növekvő fogyasztói igények kielégítése óhatatlanul károsítja a környeze-

tet, ugyanakkor a túlélés elemi feltételei közé tartozik a környezetszennyezés csökkentése” (2). Ennek megoldása műszaki fejlesztésen, anyagtakarékos technológiák alkalmazásán, megújuló energiaforrások hasznosításán, környezetkímélő közlekedésen és szállításon alapszik. „Földünk méretei – a rendszer tehetetlensége – miatt a múltban kibocsátott káros anyagok akkor is módosítanák a jövőbeli környezetünket, ha kibocsátásuk azonnal megszűnne” (3).

A társadalom jogos igénye a közúti közlekedésből és a közúti közlekedési infrastruktúra fejlesztéséből és fenntartásából származó környezetterhelések, károsanyag-kibocsátások minimalizálása. A közlekedési környezetszennyezés hatására a Föld klímája megváltozik; ez hatással van a társadalom és a gazdaság állapotára. A környezetszennyezés jelentős része közlekedési eredetű. A

szektoron belül a közúti közlekedés a legnagyobb „károkozó”. A környezetszennyezés által okozott változások, környezeti anomáliák visszahatnak a közlekedésre. Jelen cikk célja a közlekedés és a környezet komplex kapcsolatrendszerének bemutatása.

## KÖZLEKEDÉS ÉS A KÖRNYEZET KAPCSOLATA

A motorizáció dinamikus fejlődése olyan jelentős levegő-, talaj- és vízszennyeződést okoz, amely a légkör, a talajfelszín és a vízkészlet gigantikus méreteihez képest is számottevő. A „fenntartható fejlődés” fogalma olyan fejlődést takar, amelynek lényege, hogy a műszaki fejlesztés ütemét és a növekvő fogyasztási igények kielégítését, valamint a Föld nyersanyagkészleteinek és erőforrásainak felhasználását oly módon szükséges egyensúlyban tartani, hogy az emberiség következő generációinak lehetőségei, élet-színvonala és életkörülményei ne legyenek rosszabbak a jelenleginél. Ugyan a CO<sub>2</sub> mellett más – az emberek által kibocsátott – gázok is felelősek a klímaváltozásért, mégis részaránya és közlekedési vonatkozása miatt a továbbiakban csak a szén-dioxiddal foglalkozom (1. ábra).

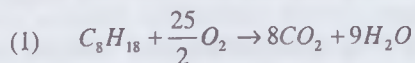
„Jelenleg a világon használt gépjárművek működésük során károsítják környezetüket” (4). A ma használatos közúti gépjárművek belsőégésű hőerőgéppel hajtottak, melyek a tüzelőanyag fűtőértékét alakítják át „hulladék” hővé, valamint „hasznos” mechanikai munkává. Általában a témakörrel foglalkozó forrásmunkák megfelelnek arról, hogy a belsőégésű motor alacsony hatásfokának következményeként a bevitt tüzelőanyag energiatartalmának max. 40%-át alakítja át mechanikai munkává, a többi veszteség, a környezetet fűtő „hulladék” hőenergia. A tüzelőanyag energiatartalmának felszabadításához szükséges égésfolyamat végeredménye adja a kipufogógázt. Mivel a műszaki gyakorlatban tökéletes égést megvalósítani ez idáig nem sikerült, így ezen járművek használata-

kor végbemenő tökéletlen égésből származó anyagok, égéstermékek növelik a légnemű káros anyagok mennyiségét. Ezért indokolt a gépjárművek károsanyag-kibocsátásának minimalizálása és ellenőrzése. A káros anyag minimalizálása a motorkonstruktőrök és a gépjármű-üzembentartók közös feladata, hiszen aki gépjárműjével a közúti közlekedésben részt vesz, az köteles a közútnak és környezetének védelmére vonatkozó jogszabályokat betartani. „Az üzemben tartott felelős azért, hogy a forgalomban tartott járműve a műszaki, közlekedésbiztonsági és környezetvédelmi követelményeknek megfeleljen” (5).

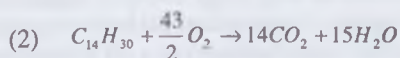
## A SZEMÉLYGÉPJÁRMŰ- KÖZLEKEDÉS SZÉN-DIOXID-KIBOCSÁTÁSÁNAK BECSLÉSE A TÜZELŐANYAG- FOGYASZTÁS ALAPJÁN

Az elmúlt években a közúti járműállományon belül a dízelüzemű gépjárműmotorok részaránya egyre nagyobb – ami főképpen a tüzelőanyag alacsonyabb árával magyarázható –, és az alternatív tüzelőanyaggal hajtott vagy ilyen hajtásmechanizmussal működtetett gépjárművek száma elhanyagolható, ezért a továbbiakban csak a benzín és gázolaj elégetéséből származó szén-dioxid-kibocsátással foglalkozunk (2. ábra).

A becslési eljárás lényege, hogy feltételezzük a tüzelőanyag tökéletes elégését, a valóságban a tökéletlen égés miatt ennél csak kevesebb szén-dioxid keletkezhet. Modellünkben a benzínre jellemző szén és hidrogén arány miatt oktánt használtunk:



Gázolajnál szintén a rá jellemző egyszerűsített szén és hidrogén arányokat reprezentáló szénhidrogént vettük alapul:



Tehát 1 mol, azaz 114 g benzinből 8 mol, azaz 352 g szén-dioxid keletkezik, 1 mol, azaz 198 g gázolajból 14 mol, azaz 616 g szén-dioxid keletkezik. Figyelembe véve a benzin és a gázolaj sűrűségét, a tüzelőanyagok elégetése során keletkező maximális CO<sub>2</sub> mennyiséget az alábbiak tartalmazzák:

	Tüzelőanyag (liter)	Elégetése során felszabaduló CO <sub>2</sub> (kg)
Benzin	1	2,161
Gázolaj	1	2,489

A 3. ábrán a normál szénhidrogének – a belsőégésű hőerőgépek tüzelőanyaga szempontjából – releváns komponenseinek tulajdonságai láthatóak. Az ábrán megfigyelhető a sztoichiometrikus összetétel alapján számított oxigénszükséglet és szén-dioxid-kibocsátás tökéletes égést feltételezve, valamint a szénláncokra jellemző szén–hidrogén arány, ami a hidrogén nagyobb fűtőértéke miatt érdekes.

A modell helyes működését támasztja alá a *Központi Közlekedési Felügyelet 2004-ben kiadott: „Személygépkocsik tüzelőanyag fogyasztási és szén-dioxid kibocsátási adatai”* című jelentése, mely a hazánkban forgalomban lévő 10 leggyakoribb típusú benzin- és 10 leggyakoribb típusú dízelüzemű személygépjármű adatait tartalmazza (4. ábra). Az adatokat elemezve arra a következtetésre jutottam, hogy a tüzelőanyag elégetése során felszabaduló CO<sub>2</sub> mennyiségének becslése helytállóan bizonyult, hiszen az elméleti számításokból adódó egyenes (kék) és a mért eredményekre illesztett egyenes (piros) közötti eltérés nem szignifikáns.

A Föld éghajlata komplex rendszer. Az emberiség két módon avatkozhat be a komplex rendszer jövőjének alakulásába: alkalmazkodhatunk a változásokhoz vagy csökkenthetjük az emisszióinkat. Tudományosan alátámasztott tény, hogy a kétféle magatartás csak együtt, a szinergikus hatás érvényesülése mellett vezet hatékonyan a cél eléréséhez.

## A KÖZLEKEDÉS KLÍMAVÁLTOZÁST BEFOLYÁSOLÓ KÁROS HATÁSAINAK MÉRSÉKLÉSÉVEL KAPCSOLATOS FELADATOK

Az első lehetőség az éghajlatváltozást kiváltó okok mérséklése, a környezeti terhelés globális csökkentése, ami – a bevezetőben leírtak miatt – csak hosszabb idő elteltével vezet eredményre. A gépjárművekben foszforos tüzelőanyagot égetünk el. Ha létezne tökéletes égés, akkor csak CO<sub>2</sub> és víz keletkezne. A CO<sub>2</sub> üvegházhatást élénkítő gáz; mérséklése csak az elégett tüzelőanyag csökkentésével, illetve az elnyelők erősítésével valósítható meg. Megoldási lehetőséget csak az nyújtana, ha nem széntartalmú tüzelőanyagot égetnének el (kisebb széntartalmú anyagok elégetése viszont – metanol, hidrogén – azért nem célszerű, mert ezzel csupán a káros anyag kibocsátásának a helye változna meg; a jármű működtetése helyett a tüzelőanyag-gyártás során keletkezne többlet környezetszennyezés) vagy csökkentenék az elégett tüzelőanyag mennyiségét, ennek ösztönzésére rendelkezésre állnak a közlekedésmenedzsment – járműtulajdonlás, járműhasználat, közlekedési szokások szabályozásának, befolyásolásának – eszközei (7). Sajnálatos módon a globális károsanyag-kibocsátás csökkentése csak globálisan, társadalmi összefogás eredményeként születhet meg. Ilyen léptékű döntéseknél nehézkese a felelősök meghatározása és cselekvésre kényszerítése (8). Itt célszerű megemlíteni, hogy nem csak a hatékonyságjavító stratégiák preferálását (kisebb fogyasztású gépjárművek előnyben részesítését), hanem az elegendőségi stratégiák erősítését (egyéni közúti járműhasználat csökkentése) is a célok között szükséges szerepeltetni (9).

A második lehetőség a lokális alkalmazkodás. A közlekedésben a klímaváltozás hatására – az előrejelzések szerint hazánkban enyhébb, csapadékosabb telek és száraz, melegebb nyarak várhatóak (3) – a téli hidegből eredő fagykárak csökkenése, a nyári forróságból adódó problémák növekedése

várható. Az időjárási szélsőségek valószínűsége, gyakorisága, tartalma, mértéke nő, a kedvezőtlen gazdasági, környezeti, ökológiai hatások súlyosbodnak. A környezeti és gazdasági károk társadalmi problémákat okoznak (6). A klímaváltozás hatására kialakuló éghajlati szélsőségek által okozott károk, pl. a hazánkra eddig nem jellemző viharok előfordulásának előrejelzése, bár nehéz feladat, mégis a védekezés és a károk megelőzése szempontjából szükség van ilyen szolgáltatásra. A viharok károsíthatják a járművek pályáit (közúti és vasúti pálya), a járművek működtetéséhez szükséges berendezéseket (felső vezetékek, transzformátorházak). A csapások súlyosan érintik a közlekedést és ezzel a hazai lakosság egy jelentős részét. Elkerülésük nehézkes, ezért ajánlatos törekedni az okozott kár mértékének csökkentésére is. A múlt tapasztalatai alapján szükséges olyan állandóan frissített akciótervek kidolgozása, amelyek az érintett társadalmi csoportok összefogását igénylik.

A klímaváltozás hazai hatásai feltehetően nem változtatják meg lényegesen a ma is létező regionális gazdasági és társadalmi egyenlőtlenségeket, de a jövőben számolni lehet a migráció további erősödésével, ami a kedvezőtlen változásokat felerősítheti. Ezek az esetenként szinergikusan érvényesülő hatások viszont már felgyorsíthatják a regionális, illetve a társadalmi szegregációs folyamatokat. A néhány évszakaiban tartósan is kedvezőtlen belvárosi klíma és az állandósuló közúti közlekedési torlódások együttes érvényesülése miatt felgyorsulhat a szuburbanizációs folyamat (3).

A kedvezőtlen jövőbeli folyamatok kialakulását elkerülendő, eltérő feladatok hárulnak az egyes emberekre és az államra, mint a közösségi érdekeket megtestesítő döntési grémiumra. A társadalom, illetve a közlekedő emberek szemléletmódváltása szükséges. Közös érdek a következő generációk élette-

rének megőrzése érdekében a környezettudatos életmód kialakítása. Ebben az állam szerepe az oktatásban, képzésben (ismeretterjesztés, népszerűsítés) közvetlenül is meghatározó. Az alkalmazkodás mellett egyre nagyobb szerep hárul a társadalom klímaérzékenységének feltárására, a lakosság informáltságának növelésére. A lakosság klímaérzékenységét növeli a növekvő átlagéletkor, illetve a városlakók számának növekedése.

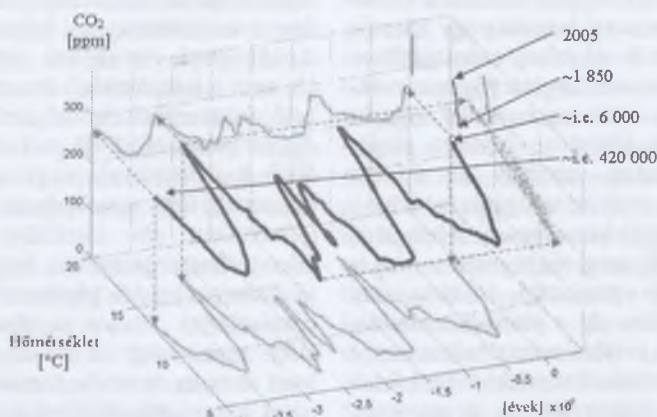
*Az államnak más eszközei is számításba vehetők a közúti közlekedésből származó környezetterhelés mérsékléséhez. A nemzetközi tapasztalatok azt mutatják, hogy különböző díjak bevezetésével a közúti közlekedés attraktivitása, a forgalom nagysága csökkenthető. Az egyéni gépkocsihasználat (és nem a tulajdonlás!) ésszerűen mérsékelhető úthasználati, zónahasználati, belépési díj, parkolási díj, P+R parkolók, K+R megállók kialakításával, vagy a gépjárművek kihasználtsága növelésének ösztönzésével (elkülönített sáv kijelölése a magasabb kihasználtságú járművek forgalmának lebonyolítására, egyéni gépjárműhasználat megosztása stb.). Fontos azonban azt is szem előtt tartani, hogy az úthasználati díjat nem lehet csupán bevételi forrásképzésre használni, hanem azt elsődlegesen a forgalombefolyásolás hatékonyságát növelő eszközként célszerű alkalmazni.*

Ismeretes, hogy az alkalmazkodási és a környezetterhelés csökkentését célzó stratégiai elemek egymással helyettesíthetők, de a cselekvési idősíkok eltolódása miatt hatásaik mégsem összevethetőek. A mitigációs stratégiai eszközök a környezetterhelést közjószágként tekintik, ezért az optimálisnál kisebb mértékű csökkentést eredményezhetnek. Különös figyelemmel indokolt vizsgálni a közlekedési szektor klímaérzékenységét és piaci viszonyait a megfelelő eszközök megválasztásához.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

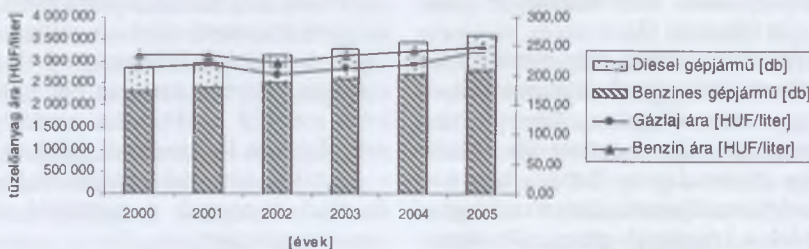
(1) 1988. évi I. törvény: „A közúti közlekedésről” (2) „AGRO-21” Füzetek Változás-Hatások-Válaszok 2005. 44. sz. (3) Az MTA Elnökségi Környezettudományi Bizottság Felkészülés a Klímaváltozásra Albizottságának kibővített ülése (2007. nov. 12.) – prof. Várallyay György (4) Flamisch O. (1983): Gépjármű motorok gazdaságos üzeme. Műszaki könyvkiadó, Budapest (5) GION J. – SZILVÁSI B. (1979): Korszerű Gépjárműszerkezetek. Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium Autóközlekedési Főosztálya, Budapest (6) OROSZ Cs.: Az utazási mód megválasztásának befolyásolási lehetőségei Budapesten. Városi közlekedés Vol. 34. No. 2. 88–97. pp. (7) OROSZ Cs. (2007): Lehet-e, vagy legyen-e útdíj Budapesten? A Városi Közlekedési Tagozat Települési Közlekedéstervezési Szakosztálya és a Városi Forgalmuszervezési Szakosztály rendezésében előadás és vita (2007. nov. 20.) (8) TAKÁCS-SÁNTA A. (2007): Klímabarát települések itthon és más országokban. Magyar Szociológiai Társaság: A klímaváltozás társadalmi összefüggései c. konferenciája (2007. nov. 23.) (9) TÁNCZOS L.-NÉ (1994): Közlekedésgazdaságtan I. egyetemi jegyzet BME Közlekedésgazdasági Tanszék, Budapest

1. ábra



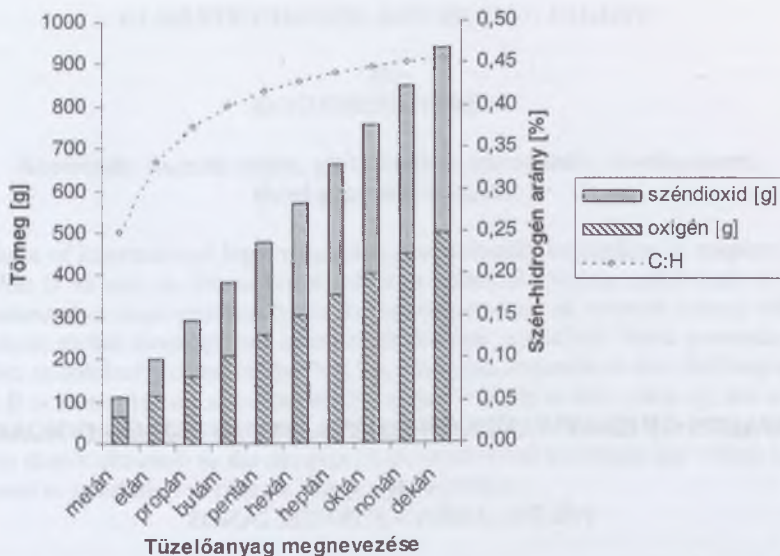
A földi átlaghőmérséklet (°C) és az átlagos légköri szén-dioxid-koncentráció (ppm) alakulása az emberi beavatkozás előtt (jel) és az emberi beavatkozás hatására (jel)

2. ábra



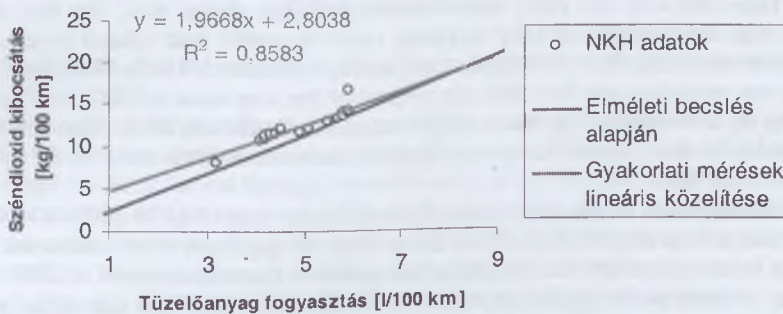
A tüzelőanyag (HUF/liter) árának és a személygépjármű állomány összetételének összehasonlítása

3. ábra



A benzin, mint keverék oxigénszükséglete, szén-dioxid-kibocsátása és szén-hidrogén aránya

4. ábra



Magyarország 20 leggyakoribb típusú személygépjárművének fogyasztási és szén-dioxid-kibocsátási adatainak összehasonlítása

## IMPACTS OF HEATWAVES ON MORTALITY IN 2007 IN HUNGARY

By  
PÁLDY, ANNA – BOBVOS, JÁNOS

**Keywords:** heat alarm, health impact, forecast system, excess mortality.

The summer of 2007 was the most extreme season ever recorded, three heat waves affected the country. During the first and third heat wave excess mortality was less than 5%. Between 16th-24th July the daily mean temperature was above 30°C for five days. The impact of high temperature on daily mortality could be stated, heat related excess mortality was higher in hospitals than elsewhere. Concerning the second, 10-day long heat wave the rate of excess mortality was less than the impact of the heat wave of 2003 in France, however during the five hottest days the average excess death rate was 57%. Based on the association stated for the Central Hungarian Region, excess mortality cases could be assumed between 600 and 800.

Using the estimates of the time series analysis of the data of 1970-2000, a lower excess mortality could be predicted over 30 °C daily mean temperature, while under this temperature higher excess mortality was forecasted compared to the rates detected in 2007.

In order to compare the excess mortality of the previous years with that of the year 2007, some assumptions were set up, therefore the results must be handled with care. Similarly there is a lot of uncertainty concerning the extrapolation of the results for the whole country. Further evaluation of the validated mortality data are necessary to qualify the association.

We could state that the measures applied so far during the heat alarm can reduce the impact of heat wave with a mean temperature of 25-29 °C, on the other hand excess mortality significantly increased on extreme hot days. It is necessary to consider what measures can reduce excess mortality effectively and efficiently during extremely hot days.

Real time mortality data collection proved to be a good tool to monitor the impact of heat waves. In the future the legal basis and technical options of electronic collection of real time mortality and other types of health data (like emergency ambulance calls) should be considered and elaborated.

## CLIMATE CHANGE AND HUMAN RIGHTS

By  
KONDOROSI, FERENC

**Keywords: human rights, globalisation, sustainable development, third generation rights.**

The sphere of international legal regulation is continually expanding in response to globalisation that is to say, in international relations states are acting collaboratively on ever more questions that were previously the exclusive province of internal affairs. Many consider the most recent development in international law, so-called “third generation rights” (also known as solidarity rights) to be “the human rights response to the challenges of globalisation”. It is currently still not clear which “rights” belong in this category, nor what these rights consist of exactly. The right to a healthy environment, for example, may be included here, which draws attention to the dangers of environmental pollution and which is increasingly referred to in relation to climate change management.

## ECONOMIC QUESTIONS RELATED TO CLIMATE STRATEGY

By  
SZLÁVIK, JÁNOS

**Keywords: climate strategy, mitigation, adaptation, society, economy.**

In Hungary as in most countries, realisation of the goals of climate strategy presents an opportunity for the introduction of measures with zero social cost. Sensible handling of climate change can be achieved through a combination of prevention, adaptation and awareness-raising measures and interventions. The strategies need to fulfil two conditions: on the one hand the economic risks of precipitate measures need to be faced, on the other, the unfavourable effects of delaying must be taken into account. Prevention is related to the dismantling of obstacles to technology transmission, the mobilisation of financial tools, and support for the country’s capacity development, as well as all those opportunities, which promote behavioural change and the exploitation of technological possibilities. The choice of prevention strategy at the national level combined with cost efficiency can highlight other viewpoints, such as budgetary interests. The choice of measures may be related to governments’ environmental protection efforts, such as reducing other (non-greenhouse) emissions, increasing afforestation, and managing the impact on individual territories and communities.

Moderation of greenhouse gas emissions can be accomplished from both technological and economic standpoints. Significant emission decreases can be achieved in connection with new investments following the technological obsolescence of energy producing and supplying systems, primarily in the remote-heating sector and in the field of coupled heat and electrical energy production.

The demands of increased energy efficiency and decreasing greenhouse gas emissions necessitate the development of the service chain from energy production to utilisation. Improving energy efficiency, continuous and significant research support, and the development

and dissemination of alternative energy supply technologies are particularly critical from an effective emission reduction viewpoint. It would make sense to lay the initial foundations for the competitiveness and market access of a number of technologies currently under development, through grants.

The protection and strengthening of carbon absorbers comprises a significant and generally cost effective element of prevention strategies. Although the cost of binding carbon dioxide – with the help of photosynthesising forest biomass – may vary within a wide range, in comparison with other prevention measures it could be a competitive possibility. The direct and indirect uses of afforestation may balance out the costs.

One of the most effective tools in the prevention of climate change is the improvement of energy efficiency (both in terms of production and utilisation). The losses are significant, therefore, serious savings can be achieved in a cost effective manner via increased efficiency of energy usage. “Win-win” solutions based on commercial costs are rarely realised, because the income situation of the affected population is such that they are unable to invest start-up capital even in the personally most advantageous solution. (In this case divided bank loans financed by state guarantees and other capital advances are recommended.)

A 10–30% improvement in energy efficiency can be realised in the next two to three decade with minimal social cost. The potential for energy efficiency may be even higher in the longer term. A number of opportunities for cost effective moderation of energy usage present themselves in Hungary, however, their realisation depends largely on the direction of the political economy and technical developments, as well as on the influx of working capital required for these developments. If a carbon or energy/carbon-tax was introduced as a political tool for emission reduction, there could be a significant increase in the state’s tax revenue, the redistribution of which fundamentally determines the costs of prevention.

An increasing ratio of renewable energy sources can only be a socially economic solution if combined with increases in cost efficiency.

If the preceding issues are realised (and our calculations prove that they can also be achieved economically), we can serve global sustainability through reducing greenhouse gas emissions in a manner conducive to also increasing the welfare potential of the “current generation”.

## CLIMATE CHANGE AND INTERNATIONAL COOPERATION

By  
FARAGÓ, TIBOR

**Keywords: climate change, historical examples, collaborative phases, decisive year.**

Successful international agreements on the utilisation of natural resources can be found as far back as the early years of the 1900’s. Recognition of the dangers of climate change and political awareness however, were slow to emerge and appear in international cooperation. The initial phase – which took place in 1987–1992 – was followed by further phases, then in 2007 we witnessed a definitive turning point in international cooperation. It is important that future cooperation focuses on the tasks beyond 2012 and furthermore, that the rise in the earth’s surface temperature does not exceed 2 °C.

## THE SIGNIFICANCE OF SOIL IN THE MODERATION OF UNFAVOURABLE CONSEQUENCES OF PRECIPITATION EXTREMES

By  
VÁRALLYAY GYÖRGY

**Keywords:** temperature anomaly, heat wave, heat alarm, macrocirculation type.

According to forecasts the probability, frequency, duration and intensity of extreme hydrological events and soil moisture situations (flood, waterlogging, overmoistening versus droughts sometimes at the same time, in the same place) will be increasing in the future due to:

- high (and increasing) spatial and time variability, hardly predictable irregularity of atmospheric precipitation, frequency of heavy (intensive) rainfalls;
- changing rain:snow ratio and quick snowmelt;
- macro-, meso- and microrelief;
- changing land use and cropping pattern;
- soil characteristics.

Under such conditions, as in Hungary, situated in the deepest part of the hydrogeologically practically closed Carpathian Basin – it is an important fact that soil is the largest potential natural water reservoir and a great part of the atmospheric precipitation can be stored in the 0–100 cm layer of the soil. This water storage may prevent or reduce the risk of unfavourable environmental consequences of extreme climatic and hydrological situations. This potential water storage capacity, however, cannot be used efficiently in many cases, because of the following reasons:

- infiltration is prevented or limited by full water saturation (as a consequence of a previous water supply) („filled bottle effect”); frozen topsoil („frozen bottle effect”); a compact, hardly permeable soil layer on or near to the soil surface („closed bottle effect”);
- the infiltrated water is not stored within the soil in plant available form because of low water retention („leaking bottle effect”).

The consequences of these cases are increasing surface runoff, evaporation and deep-filtration losses, and increasing hazard of extreme water events. Consequently, all efforts have to be made to help infiltration and store the infiltrated water within the soil in plant available form. These operations are an unavoidable part of efficient soil and water management as well as of successful environment protection.

## ANALYSIS OF SUMMER HEAT WAVES IN CONNECTION WITH LARGE SCALE CIRCULATION – SUMMARY

By  
PAP, ZSÓFIA – LAKATOS, MÓNKA

**Keywords:** temperature anomaly, heat wave, heat alarm, macrocirculation type.

In accordance with global tendencies, warming is indicated in the daily average temperature series of Budapest for the whole of the last century and specifically in the last quarter of the 20th century. An increasing trend can be detected in the May-September anomalies, in

the number of summer days, hot days, very hot days and heat waves that may have harmful effects on human health. Extremely high positive anomalies occur more frequently through the change of macrocirculation conditions. According to the estimation of the conditional probability distribution function, the highest anomalies are most probable at type 4, 5, 9, 10 and 12 of the Péczy classification. Our results show that in the May–September period, in all instances of types leading to high anomaly, Hungary was under an anticyclone effect. Extremely high temperatures can be related to type 4. Analysing the time series of Péczy types an increasing trend can be found in the number of days which were under anticyclonic weather conditions.

In the summer of 2007 we had to fight heat waves several times. The 2007 May to September period in Budapest is analysed as a case study.

### ESTIMATION OF THE BIOSPHERIC CARBON DIOXIDE BUDGET OF HUNGARY USING THE BIOME-BGC MODEL

By

BARCZA, ZOLTÁN – HASZPRA, LÁSZLÓ – HIDY, DÓRA –  
CHURKINA, GALINA – HORVÁTH, LÁSZLÓ

**Keywords:** biosphere, ecological model, surface forms, CO<sub>2</sub> emission.

We present the first effort at an estimation of the overall biospheric carbon dioxide budget of Hungary. The basis of the modelling work is the direct biospheric-atmospheric carbon dioxide exchange measurements carried out in Hungary. For the study the BIOME-BGC process-based ecosystem model was used, adapted to Hungarian conditions. After the calibration of the model, BIOME-BGC was run for the 2002–2006 period, for the four main land cover types occurring in Hungary (agricultural areas, grasslands, deciduous and coniferous forests, representing four different plant function types). According to the results, during 2002–2006 the ecosystems of Hungary as a whole acted as a net source of carbon dioxide on an annual time scale mainly caused by the dominance of agricultural areas. The mean annual net release was about 8 Mt CO<sub>2</sub> with significant inter-annual variation: the highest net release was calculated for 2003 (21.6 Mt CO<sub>2</sub>), while the lowest one for 2006 (1.2 Mt CO<sub>2</sub>). The results highlight the close relation between the biospheric carbon dioxide budget and the actual meteorological conditions. Our results are in accordance with those provided by international projects for the region of Hungary.

## THE IMPACT OF PUBLIC HIGHWAY PASSENGER TRANSPORT ON CLIMATE

By  
TÖRÖK, ÁDÁM

**Keywords: public highway passenger transport, external impacts,  
societal judgement, life-style change.**

Our current means of transport are driven by the internal combustion engine. These appliances, by their operation damage our environment. Increasing traffic results in greater environmental pressure the environmental signs of which can be felt at both local and global levels. Public highway transport is the most significant contributor to this environmental pressure. One effective tool *inter alia* for meeting society's demand for a reduction in the environmental damage caused by public highway transport, is its regulation in a manner that takes into account the total social costs of mobility, including those that reflect external impacts. Defining and placing a financial value on these external costs serves to enable correct judgement of the social utility of transport. In the interests of reducing environmental damage it is also necessary to change the attitudes of society and of the individuals using transport, because the development of an environmentally aware life-style is a common goal in the interests of preserving the next generation's living space.

## CONTENTS

## STUDY

<i>Páldy, Anna – Bobvos, János</i> : Health impacts of the heat waves of 2007 in Hungary – background and experiences .....	3
<i>Kondorosi, Ferenc</i> : Climate change and human rights .....	16
<i>Szlávik, János</i> : Economic questions related to climate strategy .....	34
<i>Faragó, Tibor</i> : Climate change and international cooperation .....	45
<i>Várallyay György</i> : The Significance of soil in the Moderation of Unfavourable Consequences of Precipitation Extremes .....	57
<i>Pap, Zsófia – Lakatos, Mónika</i> : Analysis of summer heat waves in connection with large scale circulation – summary .....	73
<i>Barcza, Zoltán – Haszpra, László – Hidy, Dóra – Churkina, Galina – Horváth, László</i> : Estimation of the biospheric carbon dioxide budget of Hungary using the BIOME-BGC model .....	83

## REVIEW

<i>Török, Ádám</i> : The impact of public highway passenger transport on climate .....	92
Summary .....	98



## SZÁMUNK SZERZŐI

- Barcza Zoltán**, az ELTE Természettudományi Kar Meteorológiai Tanszék adjunktusa (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A, Tel.: 209-0555/6603 mellék, Fax: 372-2904, E-mail: bzoli@elte.hu)
- Bobvos János**, az Országos Környezetegészségügyi Intézet csoportvezetője (1097 Budapest, Gyáli út 2-6., Tel./Fax: 476-1215, E-mail: bobvos.janos@oki.antsz.hu)
- Faragó Tibor**, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium főosztályvezetője (1011 Budapest, Fő u. 44-50., Tel.: 457-3554, Fax: 201-1355, E-mail: tiber\_farago@t-online.hu)
- Galina Churkina**, a Max Planck Institute for Biogeochemistry munkatársa (D-07745 Jena, Hans-Knöll-Str. 10., Németország, Tel.: +49 (3641) 57-6355, Fax: +49 (3641) 57-7300, E-mail: churkina@bgc-jena.mpg.de)
- Haszpra László**, az Országos Meteorológiai Szolgálat vezető főtanácsosa (1181 Budapest, Gillice tér 39., Tel.: 346-4816, Fax: 346-4809, E-mail: haszpra.l@met.hu)
- Hidy Dóra**, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növényteni és Ökofiziológiai Intézet PhD hallgatója (2100 Gödöllő, Péter Károly u. 1., Tel.: 06-28-420-200, Fax: 06-28-410-804, E-mail: dori.hidy@gmail.com)
- Horváth László**, az Országos Meteorológiai Szolgálat vezető főtanácsosa (1181 Budapest, Gillice tér 39., Tel.: 346-4817, Fax: 346-4809, E-mail: horvath.l@met.hu)
- Kondorosi Ferenc**, az „Új rend és szabadság” program kormánybiztosa (1055 Budapest, Kossuth L. tér 4., Tel.: 441-3310, Fax: 441-3962, E-mail: kondorosi.ferenc@meh.hu)
- Lakatos Mónika**, az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztálya munkatársa (1024 Budapest, Kitaibel Pál u. 1., Tel.: 346-4725, Fax: 346-4687, E-mail: lakatos.m@met.hu)
- Páldy Anna**, az Országos Környezetegészségügyi Intézet főigazgató-helyettes főorvosa (1097 Budapest, Gyáli út 2-6., Tel./Fax: 476-1215, E-mail: paldy.anna@oki.antsz.hu)
- Pap Zsófia**, a BCE Kertészettudományi Kar Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék tanszéki mérnöke (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6468, Fax: 482-6336, E-mail: zsofia.pap@uni-corvinus.hu)
- Szlávik János**, a BME Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar Környezetgazdaságtan Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (1111 Budapest, Sztoczek József u. 2., Tel.: 463-1941, Fax: 463-1149, E-mail: szlavikj@eik.bme.hu)
- Török Ádám**, a BME Közlekedésmérnöki Kar Közlekedésgazdasági Tanszék PhD hallgatója (1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 2., Tel.: 1/463-1037, Fax: 1/463-3268, E-mail: atorok@kgazd.bme.hu)
- Várallyay György**, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet kutatóprofesszora (1022 Budapest, Hermann Ottó u. 15., Tel./Fax: 356-4682, E-mail: g.varallyay@vissac.hu)