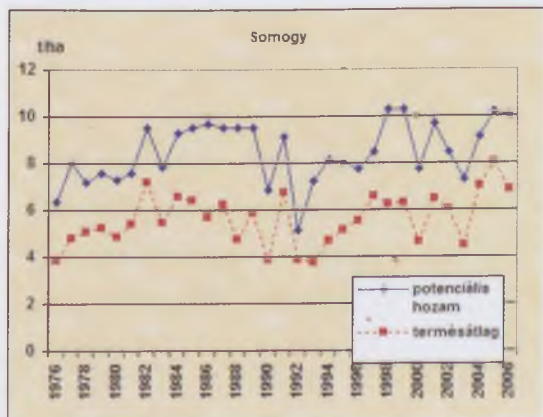
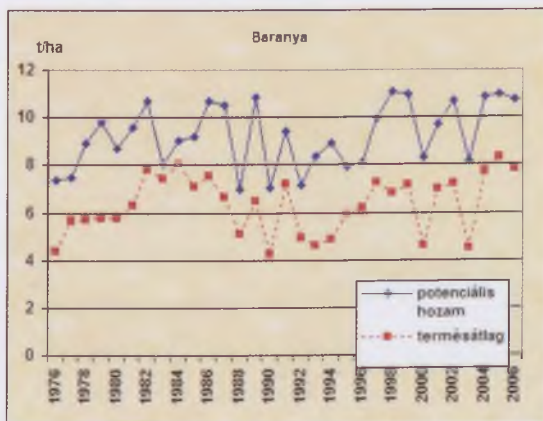


# "KLIMA-21" Füzetek

## KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

### A TARTALOMBÓL

#### Potenciális hozam és termésátlag alakulása Baranya és Somogy megyében



Forrás: Péter – Bella – Mika tanulmánya

A Füzetek 50. száma elé

Az IPCC Negyedik Értékelő  
Jelentése

A klímaváltozás káros  
egészségi hatásai  
Magyarországon

Kukorica- és búzatermelés  
kockázatainak elemzése

Új minősítő rendszer  
agroklimatológiai  
mérőszámok alapján

Földrajzi analógia  
alkalmazásának lehetőségei

Földrajzi analógia  
az európai lepkefaunára

Levegőtisztosítás  
és növénytermelés

Energiaönállóság

2007. 50. 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 1218-5329

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

## TARTALOM

<i>Csete László</i> : Előszó a Füzetek 50. számának megjelenéséhez .....	3
--	---

### TANULMÁNY

<i>Nováky Béla</i> : Az ENSZ Éghajlat-változási Kormányközi Testületének jelentése az éghajlatváltozás várható következményeiről .....	6
<i>Kishonti Krisztina – Páldy Anna – Bobvos János</i> : A hőhullámok egészségre gyakorolt káros hatásainak ismerete Magyarországon a városi lakosság körében .....	12
<i>Ladányi Márta</i> : Módszerek és alkalmazások a kukorica- és búzatermelés kockázatainak elemzésében .....	28
<i>Péter Béla – Bella Szabolcs – Mika János</i> : A növényi produkció térbeli és időbeli változékonyságának új minősítő rendszere agroklimatológiai mérőszámok alapján ..	44
<i>Horváth Levente</i> : Földrajzi analógia meghatározásának néhány módszere és alkalmazási lehetősége .....	54
<i>Petrányi Gergely – Hufnagel Levente – Horváth Levente</i> : A klímaváltozás és a biodiverzitás kapcsolata – földrajzi analógiai esettanulmány az európai lepkefaunára ..	62
<i>Láposi Réka – Mészáros Ilona – Fodor László – Szabó Lajos – Máthé Péter</i> : A levegőszennyezés és a növénytermelés .....	70
<i>Bíró Dávid</i> : Energiaönállóság .....	81
Summary .....	87
Contents .....	91



## ELŐSZÓ A FÜZETEK 50. SZÁMÁNAK MEGJELENÉSÉHEZ

CSETE LÁSZLÓ

Több tárcaközi, a szakemberek széles körű összefogásában zajló kutatási programot követően a periodika megjelentetésének fontosságát és szükségességét *Láng István* ismerte fel, és kezdeményezte kiadását. Az első szám 1994-ben látott napvilágot jövőt szolgáló szándékkal, amit a 21. századra utaló elnevezés is jelez. Az „AGRO-21” tárcaközi kutatási program – több más program után – a szakemberek, oktatók, kutatók széles körű összefogásában indult, s a 21. századba vezető utat kívánta feltárni, megvilágítani. Az elnevezés választása a folytatást illetően nem volt valami szerencsés, mert a tárcaközi összefogásban művelt programok nem korlátozódtak az agrárgazdaságra, de ennek ellenére a gyorsan népszerűvé vált kiadvány neve megmaradt a következő csaknem tizenöt évben.

1. Már az első szám is a jövőkép többoldalú megközelítését tükrözte. *Antal Emánuel* és *Szesztay Károly* másokat messze megelőzve – a VAHAVA projekt is csak 2003-ban kezdődött – a klímaváltozásról és annak környezeti hatásairól írt. *Starosotszky Ödön* a klímaváltozás hidrológiai összefüggéseivel, *Cselőtei László–Szász Gábor–Kovács Géza* az időjárás és növénytermelés összefüggéseivel, *Fülek György* a talajvédelem és a tápanyag-gazdálkodás kérdéseivel foglalkozott. Megjegyzem, a tágan értelmezett természeti környezet valamennyi tanulmányban hangsúlyosan szerepelt! A 2. számban a tulajdon- és birtokviszonyok, az

agrártársadalom, a fejlődés térségi differenciálódása, a magyarországi élelmiszeripar jövőképe kapott helyet. A 3. számban a szerzői gárda a hazai állattenyésztés holnapjával, a növénytermelés minőségi, környezeti és piaci követelményeivel, az integrált vízgazdálkodással, a növényvédelem fejlődési irányjaival és a térségi fejlesztéssel foglalkozott. A 4. számban tovább színesedett a jövőképpel foglalkozó tanulmányok palettája: a magyarországi faluhálózattal, az üzemi viszonyokkal, a gazdálkodási rendszerekkel és a gyepgazdálkodással. Ezt a kört bővítették az 5. szám biológiai alapokról, a biotechnológiáról szóló tanulmányai, majd a 6. szám energiatermelésről, infrastruktúráról és a gépesítésről írott dolgozatai, valamint a 7. szám írásai az erdőről és vadgazdálkodásról, a környezetbarát gazdálkodásról, az élelmiszerfogyasztás változási irányairól.

Új színfolt az informatikai és döntéstámogató rendszerek, adatbankok és módszertani kérdések megjelenése a „Füzetek” hasábjain (lásd: 1995. 8. szám 1–138. oldalak), melyek *Harnos Zsolt* összefogásában készültek.

A parttalannak tűnő és zömében érzelmi, indulati elemekkel tarkítva zajló agrárvitákhoz kívánt hozzájárulni *Csete László* az agrárgazdaság fejlesztési stratégiája tudományos megalapozásának gondolatairól írott tanulmánya. (Lásd: 1995. 9. sz. 1–138. o.)

Az 1995. évi 10. szám egyrészt áttekinti és összegzi a jövőképről folyó kutatási prog-

ramot, a megjelent tanulmányok lényegét, másrészt megjelentek a fenntartható fejlődéssel foglalkozó összefoglaló megállapítások, következtetések és javaslatok ötven pontba tömörítve.

A jövőkép elmélyült kutatásait tükrözik az 1995. 11. számban megjelent írások: a növénytermelés és időjárás modellezéséről, az éghajlati változékonyságról, a növénytermelési modellekről, a növénytermelési rendszerekről, a gabonatermelés fenntarthatóságáról, a biológiai alapok tájtermelésbeni szerepéről, a táj kutatásról, a szőlő aszálykárairól, az állattenyésztés kitérés pontjairól, valamint az üzemtani problémákról.

A fenntartható agrárfejlődéssel foglalkozó szerzői közösség kerekén 120 oldalban összegzi a témakört az 1995. 12. számban. (A fenntarthatósági témakört a földművelési miniszter kérésére tűzték napirendre a projekt szervezői, ami azért is kézenfekvő volt, mert *Láng István* volt az egyetlen, aki „szocialista” országból meghívott tagként, részt vett a Brundtland Bizottság munkájában.) A fenntarthatóság témakörének napirendre tűzése szerepet játszott abban, hogy a szakmai körök érdeklődése a fenntarthatóság irányába fordult, s divattá vált, annak előnyével és hátrányával. Igaz, a szakmai közvélemény nem érzékelte, hogy valami gyökeresen újról van szó, sokan úgy gondolták – erről tanúskodnak az írások is –, hogy tulajdonképpen a régi folytatásáról van szó, csak egy kicsit másképpen. S talán mind a mai napig nem gyökeresedett meg, hogy a fenntarthatóság mindent átfogó tartalmi dimenzióban, szintjeiben a múlttal való szakítást és egy teljesen új jövőképet vetít a gyakorlat elé.

Végeredményben a „Füzetek” első tizenkét száma az agrárgazdaság, a természeti erőforrások és a szemlélet-gyakorlatváltás kérdéseit felölelően 46 tanulmánnyal és 2 összefoglaló anyaggal *egyengette a 21. századi jövőkép felismerését és megvalósításának előkészítését.*

2. Az előzőek szerves folytatása volt „a minőség” napirendre tűzése. A minőség

dimenzióival foglalkozó kutatási projekt első közleményei az 1997. 13. számban jelentek meg, s az összegzés az 1999. 30. számban került közlésre. Két év alatt 18 számban 134 tanulmány látott napvilágot. A tanulmányok a program céljának megfelelően az agrártársadalmat a minőség mindent eldöntő fontosságára, a minőség fenntarthatóságot, versenyképességet dinamizáló szerepére irányították a figyelmet, abban a reményben, hogy a minőség arra is alkalmas, hogy az agrárvilágban tevékenykedők közös nevezőre jussanak.

A „Füzetek” sugallták a minőség alapvető jelentőségét, s terjesztették a „minőség minden mennyiségben” szemlélet általánosságát. A tanulmányok nem ragadtak le a termék minőségénél, hanem behatóan foglalkoztak a termékpályák minőségi problematikájával, a környezet-társadalom-gazdaság minőséget formáló kölcsönhatásaival, a mezőgazdasági és élelmiszeripari vállalkozások feladataival, illeszkedési lehetőségeivel, az eltérő feltételek, erőviszonyok, esélyek ellentmondásainak feloldási lehetőségeivel, a minőségellenőrzés és minőségbiztosítás rendszereivel.

3. Rövidebb szünetet követően a klímaváltozással foglalkozó KvVM–MTA közös kutatási projekt 2003–2007 közötti publikációi ugyancsak a „Füzetekben” jelentek meg. A „Füzetek” 17 számában 173 tanulmány, s több kisebb írás, hozzászólás jelent meg. A különféle vitafórumokra, konferenciákra a helyszínen átadott „Füzetek” kedvező fogadtatásra találtak a megjelentek körében.

A „Füzetekkel” párhuzamosan különféle színű összegző füzetek is megjelentek, tükrözve a projekt haladását, az elért eredményeket, alakítva s felkeltve a társadalmi és szakmai közvélemény figyelmét a klímaváltozás tényére, a légkörvédelem és az alkalmazkodás feladataira, lépéseire, feltételeire.

4. A „Füzetek” 37. száma a *Várallyay György* vezette konzorcium kutatási tevékenységéről adott számot 15 tanulmány

keretében. A kutatások az agroökológia, az agroökoszisztémák környezeti összefüggéseire és szabályozásának lehetőségeire irányultak, mintegy korszerű folytatásaként az 1978–1982 közötti agroökológiai potenciál feltárására irányuló programnak. Középpontban ugyan a talaj, mint az agroökoszisztémák alapeleme állt, de a szántóföldi, erdei rendszerek stb. is helyet kaptak, sőt megjelent a regionalitás is.

5. Ismeretes, hogy a „VAHAVA” projekt néven ismertté vált kutatások folytatásaként jelent meg a „KLÍMA-21” Füzetek 49. száma, amelyben a *Harnos Zsolt* vezette program indító írásai kaptak helyet, s máris eljutottunk az 50. számhoz, melynek beköszöntőjeként állítottuk össze írásunkat.

6. A „Füzetek” iránti érdeklődést – amit a könyvtárakból, a kutató-oktatóhelyek polcairól eltűnő példányok is jeleznek – több minden magyarázza: mindenekelőtt a szerzők, az adott terület kiválóságainak új kutatási eredményeket tartalmazó írásai, melyek aktualitását nemzetközi hasonló kezdeményezések is alátámasztanak.

De ha valaki figyelmesen lapozgatja a „Füzeteket”, vagy figyelemmel kíséri az egyes projekteket, úgy észre vehető, hogy a különféle projektek, programok mindig valamilyen aktuálisan várható problémakör feltárására irányultak, ami a *felismerés* fontosságát, a tudományos igényű kezdeményezés első lépését jelenti. Ebben a nemzetközi folyamatok figyelemmel kísérése alapvető fontosságú. A szemlélődő azt is könnyen észre veheti, hogy a különféle említett programok, projektek sajátja, hogy elsősorban *a meglevő ismeretekből építkeznek*, ezek szintézisből alkotnak újat, s a kutatások kiegészítő szerepet játszanak. Valamennyi projekt jellegetesen *interdiszciplináris és intersektorális* – még akkor is, ha nevében agrárközelítést jelez. Talán az sem kerüli el az érdeklődő figyelmét, hogy a publikációk *rendszerre* alapozódnak s végül *rendszerbe ötvöződnek*. A tanulságok még folytathatók, de talán ennyi elegendő ahhoz, hogy az 50. számban megemlékezzünk az eddigiekről, jelezve, hogy a „KLÍMA-21” Füzetek gazdag előzményekre alapozva folytathatja útját.

# AZ ENSZ ÉGHAJLAT-VÁLTOZÁSI KORMÁNYKÖZI TESTÜLETÉNEK JELENTÉSE AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS VÁRHATÓ KÖVETKEZMÉNYEIRŐL

NOVÁKY BÉLA

**Kulcsszavak:** IPPC, Negyedik Értékelő Jelentés, éghajlatváltozás következményei, alkalmazkodás.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az ENSZ Éghajlat-változási Kormányközi Testülete (IPCC) négy napos vita után 2007. április 6-án Brüsszelben elfogadta II. munkacsoportjának (WGII) a politikai döntéshozók számára készített jelentését az éghajlatváltozás várható hatásairól, az alkalmazkodás lehetőségeiről és az éghajlati sérülékenységről. A négy napos vita azt szolgálta, hogy a kormányok képviselőinek helyszínen tett javaslatai és észrevételei alapján olyan véglegesített jelentés szülessen, amely és amelynek minden részlete a képviselt kormányok mindegyike által elfogadható. Az elfogadás csak valamennyi kormányzati képviselő együttes egyetértésével, kivétel nélküli konszenzussal volt lehetséges.

Az IPCC I. munkacsoportjának (WGI) jelentését az éghajlatváltozás tudományos alapjairól és az éghajlatváltozásról február elején fogadták el és hozták nyilvánosságra, a III. munkacsoportnak az éghajlatváltozás megelőzéséről készített jelentését pedig májusban vitatták meg. Ez utóbbival vált teljessé a Kormányközi Testület legújabb, *Negyedik Értékelő Jelentése*. A politikai döntéshozók számára készült WGII jelentés (Summary for Policymakers) közvetlen összeállításában és brüsszeli megvitatásában 63 tudós vett részt a világ számos országából.

A politikai döntéshozók számára összeállított 23 oldalas jelentés arra a 800 oldalas tanulmányra épül, amelyet a világ különböző országaiból felkért kutatók közel három évi munkával állítottak össze az IPCC Harmadik Értékelő Jelentését követően a témában megjelent cikkek, tanulmányok, kutatási jelentések feltárásával és értékelő elemzésével.

A tanulmány 20 fejezetből áll. *Nyolc fejezet* az egyes régiókat (Afrika, Ausztrália és

Új-Zéland, Ázsia, Európa, Latin-Amerika, Észak-Amerika, sarkvidéki területek, kis szigetek), *hat fejezet* az éghajlatváltozással érintett szektorokat (édesvíz, ökoszisztémák, élelmiszer és erdő, tengerparti térségek, ipar és település, egészségügy) tekinti át. *Hat fejezet* átfogó kérdésekről (az éghajlatváltozást alátámasztó észlelések, a hatásvizsgálatok módszertani kérdései, alkalmazkodás a változó éghajlathoz, az alkalmazkodás és a megelőzés kapcsolata, a leginkább sérülékeny területek és ágazatok, éghajlatváltozás és a fenntartható fejlődés) szól.

A munkacsoport munkáját *Martin Parry* (Hadley Centre, UK) és *Oswaldo Canziani* (Fundacion Ecologica Universal, Argentina) irányították a Hadley Centre-ben létrehozott, *Jean Palutikof* vezette TSU (Technical Support Unit) Iroda hathatós közreműködésével.\* A tanulmány véglegesített változata

\* A WGII magyar résztvevője *Nováky Béla* volt (Cs. L.)



négy szakaszban készült el, a felkért szakértők, majd a jelentés előrehaladásával a kormányzati képviselők nagyszámú észrevételei alapján pontosítva, kiegészítve, egyes részleteiben akár nagyobb mélységben is átdolgozva a korábbi változatokat. Példaképpen említhető, hogy a mintegy 40 oldalas terjedelmű *Európa fejezet* összeállításához feltárt és elemzett irodalom 550 tételt tesz ki, köztük számos olyat, amelyik nem sokkal a fejezet lezárását megelőzően látott napvilágot; a fejezet egyes szakaszaiban elkészült változatához 2300 észrevétel, megjegyzés, kiegészítő javaslat érkezett.

A teljes tanulmány végleges változatában közel 1300 vezető kutató, szakmai és kormányzati bíráló szakértő vett részt a világ 74 országából; a tanulmány valóban tükrözi mindazon legújabb és legteljesebb tudományos ismereteket, amelyekkel ma a világ tudósai rendelkeznek az éghajlatváltozás hatásai terén.

A politikai döntéshozók számára készített jelentés lényegi megállapításait minden esetben az *állítás háromfokozatú megbízhatósági szintje* (igen nagy, nagy, közepes) egészíti ki, valamint utalás történik arra, hogy az adott állítás a Harmadik Értékelő Jelentésben megfogalmazotthoz képest új, vagy a korábbi megállapítás megerősítése. A jelentés valamennyi lényegi megállapításhoz megjelöli a háttér tanulmányban visszakereshető forráshelyet, a háttér tanulmány egyértelműen megadja a megállapítást megalapozó tudományos cikket, tanulmányt mint hiteles, tudományos forrást. A tudományos cikkek és tanulmányok, a háttér tanulmány és a politikai döntéshozók számára készült jelentés tehát egy koherens, hierarchikusan összefüggő, ellenőrizhető egységet alkot.

A Brüsszelben elfogadott jelentés három érdemi részből áll

- az éghajlatváltozás természetes és human környezetre gyakorolt, megfigyelt hatásai;

- a jövőben várható hatások;
- a hatásokra adható válaszok.

A jelentésnek az éghajlatváltozás hatásairól megfogalmazott következtetéseit, megállapításait a három fejezetrésznek megfelelően ismertetjük a következőkben.

## 1. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉSZLELT HATÁSAI

Az IPCC Negyedik Értékelő Jelentése megállapította, hogy a 2001-ben megjelent Harmadik Értékelő Jelentést követő időszakban növekvő mértékben észleltek olyan hatásokat a különféle fizikai és biológiai rendszerekben, amelyek nagy megbízhatósággal a regionális hőmérséklet változásához köthetők. A hőmérséklet emelkedését támasztják alá az olvadó gleccserek által táplált tavak számának és területi kiterjedésének növekedése, a gleccserek és a hótakaró olvadásából táplálkozó vízfolyások hozamának és tavaszi nagyvízi hozamának növekedése, az örökfagy (permafrost) térségében a talajstabilitás csökkenése, a sarkvidéki ökoszisztémák biomasszájában és táplálékláncában beállt változások, a tavak és folyók vizének melegedése. A hőmérséklet emelkedését támasztja alá a növények korábban jelentkező rügyfakadása, a vándormadarak korábbi vonulása és fészkelése, számos növény- és állatfaj életterének a sarkvidék, illetve a nagyobb tengerszint feletti magasságok irányába történt eltolódása. A meleget támasztják alá a tengeri és édesvízi ökoszisztémák alga-, plankton- és halközösségeiben megfigyelt változások, életterüknek a magasabb szélességi körök irányába történt eltolódása, az alga és zooplankton közösségek növekedése a magasabb szélességi körökön és nagyobb tengerszinti magasságban fekvő tavakban, a folyóvízi halak korábbi vándorlása és migrációs területük változása. A Harmadik Értékelő Jelentés óta eltelt időszakban 29 000 megfigyelt adatsor támasztja alá a hőmérséklet emelkedéséhez köthető változásokat, a megfigyelések 90%-a konzisztens a melegedés esetén okozatilag várható változással, illetve a változás várha-

tó tendenciájával. Mivel a változások tendenciája a Föld valamennyi térségében azonosan alakult, igen csekély annak a valószínűsége, hogy a megfigyelt változások kizárólag a természetes változékonyság következményei.

Növekvő számban mutatható ki a melegedés hatása a humán környezetben is, jóllehet ebben az esetben az éghajlat következményei nehezebben ismerhetők fel az alkalmazkodás miatt, valamint a nem-éghajlati tényezők egyidejű jelentkezése miatt. Az ebből fakadó bizonytalanságok ellenére is közepes megbízhatósággal állítható, hogy a melegedés következményeként az északi félteke magasabb szélességi körein korábbra tolódott egyes mezőgazdasági növények vetési ideje, növekedtek a növényi kártevők okozta károk, az erdőtüzek gyakorisága, Európában nőtt a hőhullámokkal összefüggő halálozások száma, a fertőző betegségeket terjesztő vektorok száma, az alacsonyabban fekvő alpesi területeken csökkent a téli sportolás lehetősége.

## 2. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS FŐBB KÖVETKEZMÉNYEI

A Negyedik Értékelő Jelentés megfogalmazta az éghajlatváltozásnak a világ különböző térségeiben és a különböző szektorokban várható hatásait, feltételezve, hogy semmilyen alkalmazkodás nem történik. A várható hatásokat a főbb szektorok szerinti csoportosításban adjuk közre.

A globális melegedés a sarkvidéki jégtakaró és a gleccserek vastagságának és kiterjedésének további jelentős csökkenéséhez vezet. A gleccserekben és a hótakaróban tárolt víz idővel fogyatkozik, ami csökkenti a vízkészletet azokban a térségekben, amelyek folyóit ma jórészt a nagy hegységrendszerek olvadékvizei táplálják, és ahol jelenleg a világ népességének több mint egyhatoda él. *Ázsiában* a Himalája gleccsereinek folyamatos visszahúzódását követően Közép-, Dél-, Kelet- és Délkelet-Ázsia nagy

kiterjedésű vízgyűjtőiben a vízkészlet csökkenése 2050-ig közel 1 milliárd ember vízellátását érinti hátrányosan. *Latin-Amerikában* a gleccserek fokozatos eltűnése a csapadék csökkenésével együtt a hasznosítható vízkészlet fogyatkozását okozza. *Észak-Amerikában* a nyugati hegységrendszer hótakarójának fogyása következtében abban a térségben csökken a nyári időszak vízkészlete, ahol a hasznosítható vízért ma is nagy a versengés.

A csapadék globális eloszlásában várható változások következtében a 21. század közepére az átlagos évi lefolyás a magasabb szélességi körökön és egyes nedves trópusi területeken 10–40%-kal növekszik, a közepes szélességi körökön és a száraz trópusi térségben 10–30%-kal csökken. A szárazsággal érintett térség növekszik, az ilyen térségekben nő a vízhiánnyal sújtott lakosság száma, *Afrikában* 2020-ig 75–250 millió fővel. Csökken a vízellátottság biztonsága *Kelet-Ausztráliában*, *Új-Zélandon*, *Európában* az északi területek kivételével szinte mindenütt, a csendes-óceáni és a karibi térség számos kis szigetén. *Közép- és Kelet-Európában* a nyári időszak csapadékának csökkenése számottevő vízhiányt idézhet elő. *Latin-Amerikában* és *Európa* déli részén csökken a vízerőkiészlet.

Az éghajlatváltozás és a tengerszint emelkedése miatt több helyen növekszik az alacsonyan fekvő tengerparti területek használatának kockázata. Nő a viharok száma, a vihar keltette tengeráradások kockázata *Európa* és *Ausztrália* tengerparti térségeiben, a trópusi viharok gyakorisága és intenzitása *Észak-Amerikában*, a tengerszint emelkedése miatt gyakoribbá válnak az áradások és nő az erózió *Ausztrália* és *Új-Zéland* egyes térségeiben. A tengerszint emelkedése 2080-ig több millió embert érint olyan sűrűn lakott, alacsonyan fekvő parti területeken, ahol az alkalmazkodási készség viszonylag alacsony, így *Ázsia* és *Afrika* nagy kiterjedésű deltavidékein. Igen sérülékenyek a *kis óceáni szigetek*, különösen a trópusi és magasabb szélességi körökön,

ahol a strandolásra alkalmas partszakaszok (beachek) adottságai várhatóan romlanak. A tengerszint emelkedése miatt *Afrika* partjainál veszélybe kerülnek a wetlandek és a mangroveterületek.

Az éghajlatváltozás következtében nő a különféle szélsőséges események gyakorisága és intenzitása. A nagyintenzitású csapadékok gyakoriságának növekedése növeli a hirtelen keletkező heves árvizek (flash flood) kockázatát *Európában*, a téli csapadék növekedése a téli árvizekét *Észak-Európában* és *Észak-Amerikában*. *Ázsiában* a Himalája gleccsereinek folyamatos olvadása növeli az áradások és a hegycsuszamlások kockázatát. Az alacsonyabban fekvő tengerparti területeken növekszik a tengerszint emelkedéséből eredő áradások és erózió veszélye. *Észak-Amerikában* a növényi kártevők és kórokozók, valamint az erdőtüzek megjelenési gyakoriságának és kiterjedési területének növekedése hátrányosan érinti az erdőgazdálkodást. *Dél-Európában* az erdőtüzek, *Kelet-Európában* a tűzegtüzek kockázata növekszik.

Az éghajlatváltozással együtt járó szélsőségek (árvíz, aszály, erdőtűz, kártevők, az óceán savasodása) gyakoriságának növekedése a nem éghajlati hatásokkal (földhasználat változásai, szennyeződések, a természeti erőforrások túlzott igénybevétele) együttesen számos ökoszisztéma fennmaradását, illetve alkalmazkodóképességét veszélyezteti. A szárazföldi ökoszisztémák a 21. században egyre csökkenő mértékben lesznek képesek megkötni a szenet, később szénkibocsátókká válnak, ezzel is fokozva a légkör melegedését. 1,5–2,5 °C-os globális melegedésnél valószínűen növekszik annak a kockázata, hogy a ma létező növény- és állatfajok 20–30%-a kipusztul, 1,5–2,5 °C-ot meghaladó melegedésnél további nagy változások lehetnek az ökoszisztémákban, a különféle fajok földrajzi elterjedésében, a biológiai sokféleségben. *Ausztráliában* a biodiverzitás jelentős csökkenése várható 2030-ig egyes fajokban gazdag térségekben (Nagy Korallzátonyok, Queensland nedves

tropusai területei), erősen veszélyeztetett a Kakadu Nemzeti Park, Délnyugat Ausztrália, a szubarktikus szigetek, az alpesi jellegű területek biológiai sokszínűsége. *Európa* alpesi vidékén, magas emissziós forgatókönyvvel számolva, a fajok 60%-a kipusztulhat. *Latin-Amerikában* a hőmérséklet emelkedése és a talajnedvesség csökkenése miatt a félsivatagi növényzetet sivatagi váltja fel, növekszik a kockázata annak, hogy a trópusi térségek számos faja eltűnik, az Amazonas keleti vidékén az évszázad közepére a trópusi erdőt mindinkább szavanná váltják fel. Az *óceáni kisebb szigetek* bennszülött fajait a jövevény (invazív) fajok veszélyeztetik. A *sarkvidékeken* az éghajlatváltozás hátrányosan érinti számos állatfaj (vándormadarak, emlősök, magasabb rendű ragadozók) létfeltételeit. A tengervíz hőmérsékletének emelkedése a növekvő savasodással együtt pusztulással fenyegeti a koralltelepeket *Afrikában*, *Latin-Amerikában*, *Ausztráliában* (Nagy-korallzátony), az *óceáni kis szigetek* térségében. A vízhőmérséklet emelkedése *Latin-Amerika* csendes-óceáni térségében a halállomány mai élettekének eltolódásához vezet, tovább fokozza az észak-amerikai tengerparti élőhelyek szennyezés miatti amúgy is növekvő veszélyeztetettségét.

A globális melegedés 1–3 °C-os értékénél a közepes és magasabb szélességi körökön növekszik a növények termőképessége, míg az alacsonyabb szélességi körökön, és különösen a szezonálisan száraz és trópusi térségekben csökken a növekvő aszályok miatt. A terméshozam növekedése várható *Kelet- és Délkelet-Ázsiában*, jelentős területi eltérésekkel *Észak-Amerikában*, *Új-Zélandon* a tenyészidőszak hosszának növekedése, a növekvő csapadék és a kisebb fagyveszély miatt. *Latin-Amerika* mérsékelt éghajlatú térségeiben, a közelebbi évtizedek kisebb éghajlatváltozása esetén, növekedhet a szójabab terméshozama. Ugyanakkor a terméshozam várhatóan csökken *Afrikában*, különösen a ma is száraz és félszáraz éghajlatú térségek marginális területein, *Dél- és Kö-*

*zép-Ázsiában* (30%-kal), több fontosabb növényi kultúra esetében *Latin-Amerika* száraz éghajlatú területein, valamint *Dél-Európában*. *Afrikában* a művelhető terület is csökkenhet, *Latin-Amerika* ma is száraz vidékein várható a művelhető területek szikesedése és sivatagosodása. *Latin-Amerikában* csökkennek az állati hozamok. A világ több helyén romlik az élelmiszerellátás biztonsága, és tekintettel a gyorsan növekvő népességre, nő az éhínség által sújtott térség. A melegedés több térségben az akvakultúrára és halászatra is negatív hatással lesz. *Afrikában* a vízhőmérséklet növekedése miatt a nagy tavak halhozama csökkenhet. Rövid és közepes távon a globális melegedés következtében növekszik az erdőhozadék, igen jelentős területi eltérésekkel. *Új-Zélandon* az erdők hozadéka, a vegetációs időszak hosszának növekedése a növekvő csapadék és csökkenő fagyveszély miatt nőhet, *Közép- és Kelet-Európában* csökkenhet.

Az éghajlatváltozás valószínűleg negatívan hat több millió, alacsony alkalmazkodóképességgel bíró ember egészségi állapotára. Növekszik a hasmenési fertőzés, az ózonkoncentráció növekedése miatt a szív- és érrendszeri megbetegedések gyakorisága. *Afrika* egyes térségeiben növekszik, ugyanitt máshol csökken a maláriával érintett terület. Az emelkedő hőmérséklet miatt a világ egészében várható a halálozás növekedése, amit nem ellensúlyoz a szélsőséges hidegekkel összefüggő halálozások csökkenése a mérsékelt éghajlatú területeken. A hőhullámok gyakorisági növekedése következtében növekszik a halálozások száma *Észak-Amerikában*, *Közép-*, *Kelet- és főként Dél-Európában*.

Az éghajlatváltozás számottevően hatással lesz a *sarkvidéki területek* öslakosságának hagyományos életformájára, ugyanitt kedvező a fűtési igény csökkenése és a hajózási viszonyok javulása szempontjából. Az *óceáni kis szigeteken* a tengerszint emelkedése miatt romlanak a turizmus lehetőségei. *Dél-Európában* a romló éghajlati feltételek

(növekvő hőmérséklet és szárazság) miatt csökkenhet a nyári turizmus. *Európa* hegyvidékein rosszabbodnak a téli turizmus feltételei.

### 3. AZ ALKALMAZKODÁS LEHETŐSÉGEI

A Harmadik Értékelő Jelentést követően mind több olyan meghozott intézkedésről van ismeretünk, amelyek már most az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást szolgálják. A tengerszint várható emelkedését is figyelembe veszik a parti területek védelmének tervezésénél *Maldív-szigeteken*, *Hollandiában*, vagy egyes létesítmények tervezésénél *Kanadában* (Confederation-híd). Intézkedéseket dolgoztak ki a gleccserek olvadásából eredő árvizek megelőzésére *Nepálban*, *Ausztráliában* a vízgazdálkodásban, a hőhullámok elleni védekezésre *Európa* több országában.

A jelentés megállapítja, hogy számos intézkedést abban az esetben is szükséges megtenni, amennyiben az üvegházgáz kibocsátása megmaradna a 2000. évi szinten, ebből következően a melegedés 0,6 °C-on; amennyiben pedig az éghajlati sérülékenységet csökkenteni kívánjuk a jövőben, úgy a jelenleginél fokozottabb intézkedések szükségesek. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásnak számos formája ismert, de hiányosak az ismereteink abban a tekintetben, hogy a különféle alkalmazkodási eljárásoknak milyen korlátai és költségei vannak, milyen további (mellék)hatásai lehetségesek. Az alkalmazkodás formái erősen változnak földrajzi helyenként, és függenek az adott térség intézményi, politikai, finanszírozási rendszerétől, eszközei igen változatosak, kezdve a technikai jellegű alkalmazkodástól (pl. tengerszint emelkedése elleni műszaki védelem), a viselkedési formák és szokások alakításán át (pl. a táplálkozási és pihenési szokások éghajlatkövető megválasztása) a politikai szintű lépésekig (pl. tervezési szabályozások). Jóllehet az alkalmazkodási

technikák és stratégiák, fejlesztési lehetőségeik meglehetősen jól ismertek, kevés irodalmi adat van arról, hogy ezek mennyire hatékonyak az éghajlatváltozás következményeinek teljes mértékű csökkentésében, főként a melegedés magasabb fokozatában és a különösen sérülékeny területeken. Számos környezeti, gazdasági, információs, szociális, viselkedési akadály is van annak, hogy a mainál gyakrabban éljenek az alkalmazkodás lehetőségeivel. Szükség van az alkalmazkodási eljárások fejlesztésére is, különösen a fejlődő országokban, ugyanakkor nyilvánvaló, hogy egyedül az alkalmazkodás nem elegendő az éghajlatváltozás hatásainak kivédésére.

Az éghajlatváltozásból eredő fokozódó sérülékenységet más eredetű hatások (stresszek) is növelik, esetenként csökkentve az alkalmazkodási képességet is. Pl. a korallok éghajlati sérülékenysége növekedhet a szennyeződések, a tengervíz növekvő savasodása miatt is. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás hatékonyságát segíti a kedvezőtlen hatásokkal szembeni integrált védelem, pl. a vízgazdálkodásban, a tengerparti területeken, a fertőzések ellen. A Harmadik Értékelő Jelentést követően nőtt az olyan hatásvizsgálati tanulmányok száma, amelyek nemcsak az éghajlatváltozást, de a várható szociális és gazdasági változásokat is figyelembe veszik. E tanulmányok többsége a SRES forgatókönyveken alapul. (A SRES forgatókönyvek az éghajlatváltozást előidéző léghőrt szennyező kibocsátások eltérő alakulásából indulnak ki, figyelembe véve a társadalom, a gazdaság, a lakosság szám, az egy főre eső nemzeti jövedelem, az energiafogyasztás szerkezete, a földhasználat függvényében eltérő lehetséges fejlődési pályáit.) Az alternatív SRES forgatókönyvek szerint nagy különbségek lehetségesek a lakosság növekedésében, a jövedelem alakulásában, a technológiai fejlődésben, és ezek a különbségek meghatározók az éghajlatváltozásból adódó sérülékenység tekintetében is. A sérü-

lékenység pl. jóval nagyobb az A2 emissziós forgatókönyv esetében (a népesség magas növekedése, az egy főre eső GDP alacsony szintje), mint más forgatókönyveknél.

A fenntartható fejlődés csökkentheti az éghajlati sérülékenységet, és megfordítva, az éghajlatváltozás ösztönözheti a nemzeteket a fenntartható fejlődés útjának választására. Ugyanakkor ma még kevés az olyan fejlesztési terv, amely egyszerre tárgyalja a fenntartható fejlődést és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást, ezzel is segítve az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási készségek fejlesztését. Nagyon valószínű, hogy az éghajlatváltozás lassítja a fenntartható fejlődés irányába tett lépéseket az éghajlatváltozás közvetlen, és az alkalmazkodási készség elégtelenségéből adódó közvetett negatív következményei miatt.

Az éghajlatváltozás számos negatív hatása elkerülhető vagy csökkenthető megfelelő alkalmazkodási stratégiák megvalósításával, ugyanakkor egyedül az alkalmazkodás nem adhat teljes megoldást, mint ahogy nem adhatnak teljes megoldást egyedül az éghajlatváltozás megelőzésére tett intézkedések sem. A megoldást az alkalmazkodás és a megelőzés együttesen jelenthetik.

Az éghajlatváltozás költségei, mai költség szintre diszkontálva, a globális hőmérséklet emelkedésével növekednek. Különösen igaz ez az alacsonyabb szélességi körökön és sarkvidéki területeken, ahol már kisebb hőmérséklet-emelkedés is növekvő költségekkel találkozhat. Nagyon valószínű, hogy az olyan térségekben, ahol az éghajlatváltozás kezdetben előnyökkel is járhat, magasabb hőmérsékleti növekedésnél az előnyök csökkennek, sőt az éghajlatváltozásból eredő költségek növekednek. A Harmadik Értékelő Jelentés véleményét megváltoztatva a mostani jelentés leszögezi, hogy a globális hőmérséklet 4 °C-os emelkedése a globális GDP 1–5%-os csökkenésével járhat együtt, és a csökkenés különösen jelentős lehet a fejlődő országokban.

# A HŐHULLÁMOK EGÉSZSÉGRE GYAKOROLT KÁROS HATÁSAINAK ISMERETE MAGYARORSZÁGON A VÁROSI LAKOSSÁG KÖRÉBEN

KISHONTI KRISZTINA – BOBVOS JÁNOS – PÁLDY ANNA

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

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Telefonos megkérdezésem alapuló 2500 fős felmérést végeztek Magyarország öt legnépesebb városában (Budapest, Pécs, Szeged, Miskolc, Debrecen) a 18 éven felüli, telefonnal rendelkező háztartásban élő lakosok körében. A kérdőív 10 kérdésből állt és négy területre terjedt ki: a hőséggel, védekezéssel, az egészségi hatások hirdetéseivel, a hőségriasztással kapcsolatos ismeretekre. Elemző statisztikai módszerekkel vizsgálták azt, hogy az egyes kérdésekre adott válaszokat vajon befolyásolta-e a válaszadók neme, iskolai végzettsége, lakóhelye, foglalkozása?

A vizsgálat alapján elmondható, hogy a lakosság nincsen tisztában a hőség okozta káros egészségi hatásokkal és a megelőzési lehetőségekkel. A felmérés tanulságait levonva módosítani szükséges a kommunikációs stratégiát, törekedve arra, hogy minden célcsoporthoz eljusson a megfelelő információ, ezáltal hatékonyabban lehet elősegíteni a hőség hullámokhoz való alkalmazkodást.

Részletes hőségterv kialakítása szükséges, amelyben nagy hangsúlyt helyeznek a tájékoztatásra, amely a lakosság célcsoportjaira (kisgyermekes anyukák, fiatalok, idősek és krónikus betegek [„Buddy System” – Szociális Segítő Hálózat]) és az egészségügyi ellátó rendszerekre irányul. A tájékoztatást szezon előtt és alatt is célszerű végezni: a szezon előtti oktatás elsősorban intézményi keretek között képzelhető el hatékonyan, míg a szezon alatt a TV-ben és a rádióban elhangzó reklámfilmek, interjúk lennének fontosak, mivel a fiatalok a különböző rádiócsatornákon, az idősek pedig a televízió keresztlátásán keresztül tájékozódnak a felmérés szerint.

## BEVEZETÉS

A klímaváltozás hatásai érzékenyen érintik az emberi szervezetet, nemcsak a krónikus betegeket, időseket, hanem az egészségeseket is. Hazánkban a kutatások a hőhullámok egészségkárosító hatásaira, az allergén pollentermelő növények pollinációjának sajátosságaira, a kullancsok által terjesztett encephalitis és Lyme-kór, valamint az UVB sugárzás okozta melanoma morbiditásra irányultak (8).

Legfontosabb kihívásnak a hőhullámok tekinthetők, amit a hazai és nemzetközi tapasztalatok egyaránt bizonyítanak. Az extrém meleg időjárási események okozta káros egészségi hatások 2003-ban nagyon sok ember halálát okozták Európában. Franciaországban a 2003. évi hőhullám idején (2003. augusztus 4–12.) a meteorológiai állomások kétharmada 35 °C-ot, néhol 40 °C hőmérsékletet mért a francia városok 15%-ában. Párizsban 14 802 halálesetet követelt a hőség hullám 2003. augusztus 1. és augusztus

tus 20. között (3). *Olaszországban is 3134 fő volt a többlethalálozás* 2003. június 1. és augusztus 15. között (4).

Nemzetközi tapasztalatok alapján (4, 5, 6, 7) a „*hőségriasztás*” jelentős szerepet játszik a klímaváltozás egészségre gyakorolt hatásainak megelőzésében.

Hazánkban a klímaváltozás egészségkárosító hatásainak vizsgálata 2000-ben kezdődött. Elsőként a *Nemzeti Környezetegészségügyi Akcióprogram (NEKAP)* keretében kerültek feldolgozásra Budapest 31 éves (1970–2000) meteorológiai és halálzási adatai, amelynek során meghatározták a hőhullám fogalmát, majd a PHEWE\* program keretében dolgozták ki az *időjárás-egészségi hatás előrejelző rendszert*.

A rendszer felállításával párhuzamosan az *Országos Környezetegészségügyi Intézet (OKI)* lakossági felvilágosító kampányba kezdett 2004 és 2005 nyarán, júniustól augusztusig.

A kánikula egészségkárosító következményeinek csökkentésére felvilágosító plakátokat készítettünk 3 célcsoport (*fiatal anyukák és kisgyermekek, idősek, fiatalok*) részére, mely a következőket tartalmazta: *hasznos tanácsok a kánikula idejére a hőguta megelőzése és kezelése érdekében*, valamint oktató, figyelemfelkeltő videóklipet készítettünk, amely 2005. augusztus 8–21-ig a *National Geographic* csatornán került bemutatásra. Emellett orvosi rendelőkben, gyógyszertárakban, közintézményekben, a *Fővárosi Önkormányzat* felügyelete alá tartozó szociális ellátó intézményekben 5000 db, fent említett felvilágosító plakátot osztottunk szét. A hőség-hullámok idején számos

televízió- és rádióinterjú adtunk. A kommunikáció hatékonyságát 2005 novemberében kvantitatív felmérés keretében értékeltük.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

2005 novemberének utolsó hetében telefonos megkeresésen alapuló, 2500 fős (1. táblázat) felmérést végeztünk az öt legnépesebb magyar városban (2001. évi népszámlálás adatai alapján: Budapest, Pécs, Szeged, Miskolc, Debrecen) a 18 éven felüli, vezetékes telefontal rendelkező háztartásban élő lakosok körében. A kutatást egy piackutató céggel\*\* együttműködve végeztük el, melynek során minden városban 500–500 főt kérdeztünk meg. A kérdőív 10 kérdésből állt és négy területre terjedt ki: hőséggel kapcsolatos ismeretek, védekezés a hőség ellen, hőség egészségi hatásaival kapcsolatos hírdetések, hőségriasztással kapcsolatos ismeretek. A kérdőívek statisztikai feldolgozását SPSS statisztikai programcsomaggal végeztük.

A *statisztikai vizsgálat* során a kérdések és a válaszok közötti alapösszefüggéseket először Chi-négyzet próbával (95% CI mellett) határoztuk meg rétegenként. Majd azokat a tényezőket, amelyeknek a hatása az említett próbával szignifikánsnak bizonyult, logisztikus regressziós modellben vizsgáltuk, azzal a céllal, hogy az egyes kérdésekre adott válaszokat befolyásolta-e a válaszadók neme, életkora, iskolai végzettsége, foglalkozása és településenként van-e különbség?

## EREDMÉNYEK

Az eredményeket azon kérdések szerint elemezzük, amelyek esetében lehetett vizsgálni az életkor, nem, iskolai végzettség, lakóhely, foglalkozás befolyásoló szerepét.

\*\* Marketing Centrum Országos Piackutató Intézet, Budapest, 1055, Szent István krt. 17.

\* PHEWE: Assessment and prevention of acute health effects of weather conditions in Europe. A projekt célkitűzése a meleg időjárás, a „hőhullámok” hatásának vizsgálata a napi halálzásra (cardiovasculáris, cerebrovasculáris, respiratórikus) és kórházi sürgősségi betegfelvételre, valamint időjárás-előrejelző rendszert kíván kidolgozni az időjárás-változásokhoz való humán adaptáció elősegítésére.

*1. kérdés: Az „idei” nyár is különlegesen meleg volt. Tudja-e Ön, hogy a melegnek milyen káros egészségi hatásai vannak?*

A meleg káros egészségi hatásai közül az erős izzadást a nők (EH: 0,693, CI: 0,53-0,906) szignifikánsan kisebb arányban említették, mint a férfiak. A felsőfokú végzettséggel (EH: 2,804, CI: 1,657-4,742) rendelkezők az alacsonyabb végzettséggel rendelkezőkhöz képest, illetve a 45–59 évesek (EH: 1,984, CI: 1,134-3,471) és 60 év (EH: 1,83, CI: 1,055-3,175) felettiiek – a fiatalabbakhoz képest – szignifikánsan gyakrabban említették az erős izzadást.

A fáradékonyt a szakközépiskolai/gimnáziumi (EH: 1,688, CI: 1,048-2,718) és felsőfokú végzettséggel (EH: 2,109, CI: 1,306-3,405) rendelkezők az alacsonyabb végzettséggel rendelkezőkhöz képest szignifikánsan gyakrabban említették.

A napszúrást a GYES, GYED-en (EH: 2,063, CI: 1,216-3,499) lévők a többi kereső tevékenységet folytatókhöz képest szignifikánsan gyakrabban említették.

A hőségutát a szakközépiskolai/gimnáziumi (EH: 1,61, CI: 1,008-2,574) és felsőfokú végzettséggel (EH: 2,4, CI: 1,488-3,87) rendelkezők – az alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkezőkhöz képest –, a GYES-en, GYED-en (EH: 2,091, CI: 1,226-3,564) lévők a többi kereső tevékenységet folytatókhöz képest szignifikánsan gyakrabban említették.

A vérnyomáspanaszokat pedig a szakmunkásképző (EH: 1,594, CI: 1,1-2,311), szakközépiskolai/gimnáziumi (EH: 2,28, CI: 1,67-3,1) és felsőfokú végzettséggel (EH: 3,178, CI: 2,3-4,37) rendelkezők az alacsonyabb iskolai végzettségűekhez képest, a GYES, GYED-en (EH: 1,957, CI: 1,229-3,117) lévők a többi kereső tevékenységet folytatókhöz képest említették szignifikánsan gyakrabban. Ezt a panaszt a férfiak (EH: 1,263, CI: 1,062-1,503) említették gyakrabban a nőkhöz képest.

*2. kérdés: Szokott-e Ön védekezni a nagy meleg káros egészségi hatásai ellen?*

A meleg káros egészségi hatásai ellen a nők (EH: 0,626, CI: 0,504-0,777) – a férfiakhoz képest – szignifikánsan kisebb arányban válaszoltak igennel. A szakközépiskolai/gimnáziumi (EH: 0,624, CI: 0,451-0,864) és felsőfokú végzettséggel (EH: 0,568, CI: 0,403-0,799) rendelkezők az alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkezőkhöz képest szignifikánsan gyakrabban válaszolták azt, hogy védekeznek a káros hatások ellen.

*3. kérdés: Általában hogyan szokott Ön védekezni a meleg káros egészségi hatásai ellen? (maximum 3 választ rögzítettünk)*

A több folyadék fogyasztását a szakközépiskolai/gimnáziumi (EH: 1,552, CI: 1,151-2,093) és felsőfokú végzettséggel (EH: 1,716, CI: 1,258-2,342) rendelkezők – az alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkezőkhöz képest –, az „egyéb inaktív, de 60 év alattiak” (EH: 0,349, CI: 0,174-0,699) és a nyugdíjasok (EH: 0,719, CI: 0,544-0,950) – a többi kereső tevékenységet folytatókhöz képest –, illetve a 30–44 (EH: 2,196, CI: 1,441-3,346) és 45–59 évesek (EH: 2,048, CI: 1,369-3,064) a fiatalabb és idősebbekhez képest szignifikánsan gyakrabban említették.

A sapkaviselést a felsőfokú végzettséggel (EH: 1,684, CI: 1,078-2,629) rendelkezők az alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkezőkhöz képest, a GYES, GYED-en (EH: 1,936, CI: 1,097-3,418) lévők, a tanulók (EH: 2,447, CI: 1,208-4,958) és a nyugdíjasok (EH: 0,554, CI: 0,357-0,859) a többi kereső tevékenységet folytatókhöz képest, illetve Debrecen (EH: 1,536, CI: 1,011-2,333) és Miskolc (EH: 1,857, CI: 1,233-2,795) város lakói a többi város lakóihoz képest szignifikánsan gyakrabban említették.

A napszemüveg viselését a GYES, GYED-en lévők (EH: 3,088, CI: 1,64-5,81), a munkanélküliek (EH: 2,353, CI: 1,067-5,187) és a nyugdíjasok (EH: 0,284, CI: 0,169-0,474) a többi kereső tevékenységet folytatókhöz képest szignifikánsan gyakrabban említették.



A *naptej használatát* a nyugdíjasok (EH: 0,498, CI: 0,328-0,756) a többi kereső tevékenységet folytatókhoz képest, a 45–59 évesek (EH: 0,557, CI: 0,358-0,869) és a 60 év (EH: 0,406, CI: 0,230-0,715) felettiek a fiatalabbakhoz képest szignifikánsan gyakrabban említették.

6. kérdés: *Milyen médiumon keresztül találkozott a felmelegedés káros egészségi hatásaival kapcsolatos hirdetésekkel?*

A 30–44 (EH: 2,868, CI: 1,267-6,492), a 45–59 (EH: 4,563, CI: 2,074-10,041) és 60 év (EH: 3,429, CI: 1,493-7,877) felettiek – a fiatalabbakhoz képest –, a tanulók (EH: 3,221, CI: 1,287-8,065) a többi kereső tevékenységet folytatókhoz képest szignifikánsan gyakrabban válaszolták azt, hogy a *televízió*n keresztül találkoztak a hirdetésekkel.

A *rádiót* a 30–44 (EH: 3,349, CI: 1,127-9,949), 45–59 (EH: 4,648, CI: 1,665-12,971) és 60 év (EH: 3,461, CI: 1,243-9,638) felettiek a fiatalabbakhoz képest szignifikánsan gyakrabban említették.

Az *országos lapokat* a 45–59 (EH: 3,310, CI: 1,405-7,796) és 60 év (EH: 2,645, CI: 1,127-6,211) felettiek a fiatalabbakhoz képest szignifikánsan gyakrabban említették.

A *regionális lapokat* a 45–59 évesek (EH: 2,667, CI: 1,035-6,87) szignifikánsan gyakrabban említették, mint a többi korosztály.

Az *utcai plakátokat* a 45–59 évesek (EH: 2,689, CI: 1,205-5,999) szignifikánsan gyakrabban említették, mint a többi korosztály.

A szórólapok és az Internet esetében nem találtunk szignifikáns kapcsolatot.

7. kérdés: *2005 júliusában az országos tisztifőorvos hőségriasztást rendelt el országszerte. Hallott Ön erről?*

A szakmunkásképző (EH: 0,649, CI: 0,466-0,903), a szakközépiskolai/gimnáziumi (EH: 0,526, CI: 0,400-0,693) és felsőfokú végzettséggel (EH: 0,479, CI: 0,360-0,637) rendelkezők az alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkezőkhöz képest szigni-

fikánsan gyakrabban említették, hogy hallottak arról, hogy az országos tisztifőorvos hőségriasztást rendelt el.

8. kérdés: *Mennyire ért azzal egyet, hogy a hőséggel kapcsolatos tájékoztatás informatív, megjelenésében tetszetős volt, segített a hőség elleni védekezésben?*

A 30–44 (EH: 1,66, CI: 1,068-2,579), a 45–59 (EH: 1,89, CI: 1,266-2,822) és 60 év (EH: 1,486, CI: 1,001-2,205) felettiek – a fiatalabb korosztályhoz képest – találták *informatívnak* a tájékoztatást.

A felsőfokú végzettséggel (EH: 0,542, CI: 0,309-0,952) rendelkezők az alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkezőkhöz képest szignifikánsan gyakrabban válaszolták azt, hogy a tájékoztatás *megjelenésében szép* volt.

A 45–59 évesek (EH: 1,845, CI: 1,123-3,031) – a többi korcsoporthoz képest – szignifikánsan nagyobb arányban válaszolták, hogy a tájékoztatás *segített a hőség elleni védekezésben*.

A nyugdíjasok (EH: 1,436, CI: 1,025-2,013) a többi kereső tevékenységet folytatókhoz képest szignifikánsan gyakrabban válaszolták azt, hogy a tájékoztatás *összeségében megfelelő* volt.

A nyugdíjasok (EH: 0,450, CI: 0,223-0,909) a többi kereső tevékenységet folytatókhoz képest szignifikánsan gyakrabban említették, hogy a hőséggel kapcsolatos tájékoztatást egyáltalán *nem találták informatívnak*.

A nők (EH: 0,581, CI: 0,372-0,906) a férfiakhoz képest szignifikánsan kisebb arányban említették, hogy *nem segített a hőség elleni védekezésben*.

A szakközépiskolai/gimnáziumi (EH: 4,141, CI: 1,27-13,506) és felsőfokú végzettséggel (EH: 4,316, CI: 1,313-14,187) rendelkezők az alacsonyabb iskolai végzettséggel rendelkezőkhöz képest szignifikánsan gyakrabban említették, hogy a tájékoztatás *nem segített a hőség elleni védekezésben*.

Arra a kérdésre, hogy mennyire értenek egyet azzal, hogy a hőséggel kapcsolatos tájékoztatás *nem volt szép és nem volt megfelelő*, nem találtunk szignifikáns kapcsolatot.

9. kérdés: A „hőségriasztás” azt jelenti, hogy legalább három napra előre jelzett magas hőmérséklet esetén az országos tisztifőorvos „riasztja” a lakosságot. Ennek keretében felhívja a lakosság figyelmét a hőség kockázataira, a legfontosabb tünetekre és a megelőzés lehetséges módjaira. Szeretne-e többet tudni a hősegről, a hőhullámok okozta káros egészségi hatásokról?

A 30–44 (EH: 1,454, CI: 1,047-2,021), a 45–59 (EH: 1,352, CI: 1,008-1,813) és a 60 év (EH: 1,665, CI: 1,252-2,215) felettiiek – a fiatalabbakhoz képest –, a miskolciak (EH: 0,706, CI: 0,540-0,922) a többi város lakóihoz képest szignifikánsan gyakrabban említették, hogy a hőhullám okozta káros egészségi hatásokról a jövőben többet szeretnének hallani. A nők (EH: 0,69, CI: 0,582-0,818) a férfiakhoz képest viszont szignifikánsan kisebb arányban válaszoltak.

## DISZKUSSZIÓ

A hőhullám okozta káros egészségi hatások megelőzésére és kommunikációjára Európa számos országában és az USA-ban időt és energiát fordítanak a népegészségügyi szakemberek. Az Amerikai Egyesült Államok, Olaszország, Franciaország, Spanyolország, Anglia, Portugália és Németország rendelkezik kettő, három vagy négyfokozatú hőségriasztó rendszerrel, s emellett a nyári időszakban – Magyarországhoz hasonlóan – megelőzés és tájékoztatás véggett felhívják a lakosság figyelmét a hőség káros hatásaira.

Magyarországon a klímaváltozás egészségkárosító hatásainak vizsgálata 2000-ben kezdődött. A NEKAP (1997–2002) keretében került sor a klímaváltozás következté-

ben gyakoribbá és intenzívebbé váló hőhullámok egészségkárosító hatásainak felmérésére Budapest halálzási és meteorológiai adatainak összevetésével az 1970–2000. évek közötti időszakra vonatkozóan (10).

Hazánkban a „hőségriasztó” rendszer működtetésével párhuzamosan az OKI felvilágosító tevékenységbe kezdett. A kommunikáció hatékonyságát 2005 novemberében egy 2500 fős kvantitatív kutatás keretében mérték le.

A megkérdezettek a meleg káros egészségi hatásai közül átlagosan egy hatást tudtak említeni; az iskolázottabb és a 30–59 év közötti válaszadók átlagosan több káros hatást soroltak fel. A legtöbben a vérnyomáspanaszokat és a napszúrást említették, és többségük – a 18–29 éves korcsoportú válaszadók 63%-a – szerint hőség hullám idején elsősorban az idősek, majd a gyermekek szorulnak segítségre (9).

A megkérdezettek mintegy negyede nyilatkozott úgy, hogy látott hirdetést, plakátot nyáron a felmelegedés káros hatásairól. Tekintettel a hirdetés ideje és az adatfelvétel között eltelt közel fél esztendőre feltételezhető, hogy a hirdetéseket valamivel többen látták valójában (9).

A megkérdezettek valamivel több mint fele hallott arról, hogy júliusban az országos tisztifőorvos hőségriasztást rendelt el az országszerte; a tájékoztatás tartalmi elemeit a magasabb iskolai végzettséggel rendelkezők értékelték inkább, míg a külsínt inkább az alacsonyabb iskolai végzettségűek (9).

A válaszadást befolyásoló tényezők hatásának statisztikai értékelése során megállapítottuk, hogy a meleg káros egészségi hatásait illetően a középkorúak, a közép- és felsőfokú végzettséggel rendelkezők, illetve a férfiak – ellentétben azzal, hogy egy család „védelmi” funkcióját inkább a nő látja el, és több ismeretük kellene, hogy legyen – vannak inkább tisztában.

A meleg káros egészségi hatásai ellen inkább a férfiak – ismét ellentétben a nőekkel – és a közép- és felsőfokú végzettségűek védekeznek. Mindez feltételezhetően annak

tudható be, hogy a magasabb iskolai végzettségűek tájékozottabbak, több információval rendelkeznek a káros hatásokat illetően.

Az országban 2004 óta működik a hőségriasztó rendszer. Erről a rendszerről információval leginkább szintén a közép- és felsőfokú végzettségűek rendelkeznek, akik feltételezhetően nyomon követik az országban zajló mindennapi eseményeket.

A középkorúak, a közép- és felsőfokú végzettséggel rendelkezők és a nyugdíjasok leggyakrabban több folyadék fogyasztásával, sapka, napszemüveg viselésével és naptej használatával védekeznek az egészségkárosító hatások ellen.

Mindezek alapján feltételezhető, hogy az alacsonyabb végzettségűek és a fiatalok nem rendelkeznek kellő tárgyyszerű információval, tehát a jövőben a kommunikációs-felvilágosító tevékenységet ezen lakosság-csoportok irányában kell módosítani, fejleszteni.

Az ismereteiket a középkorúak és az idősek a TV-ből, a rádióból, továbbá az országos lapokból merítik. Az eredmények jól mutatják, hogy míg az idősebbek többnyire otthon tartózkodnak és a világban zajló eseményekről a televízión keresztül értesülnek, addig a fiatalabb korosztály igen ritkán nyeri ismereteit, információit a televízióból vagy az Internetről. A jövőben szükséges tovább folytatni a televízió (reklámspot, hírek, interjúk) keresztül a tájékoztatást, illetve elérni a fiatalokat akár kortársoktatás vagy országos rendezvények segítségével.

A középkorúak szerint az intézet kommunikációs kampánya informatív volt, azonban a közép- és felsőfokú végzettséggel

rendelkezők szerint nem segített a hőség elleni védekezésben.

A jövőbeni kommunikációs kampány során több figyelmet kell szentelni a konkrét – megelőzést segítő – információk közreadására.

Az elemzésből kiderült, hogy a klímaváltozás okozta káros egészségi hatásokkal kapcsolatos információhiány oka több dologra vezethető vissza: egyrészt a lakosság nincs tisztában a probléma súlyosságával, másrészt – bár a tudományos élet nem új eredményekkel találja szembe magát (4, 5, 6, 7) – a lakosságnak mégis eddig elő nem fordult helyzetekkel, új feladatokkal kell szembenéznie. Nehézséget jelenthet a lakosság számára az alkalmazkodás, a védekezéshez szükséges információk beszerzése, a hiteles információs források kiválasztása.

A szakmai szervezeteket tekintve pedig nélkülözhetetlenné válik egy átfogó, központosított, a népegészségügyi rendszer részeként működő klíma prevenciók stratégia alkalmazása.

2006-ban a következő *napilapokban, illetve rádió- és televízió-műsorokban* tájékoztattuk a lakosságot a klímaváltozás káros egészségi hatásairól:

*Május:* weborvos.hu.

*Június:* Népszabadság, Stop.hu, Színes Bulvár Lap, weborvos.hu, Népszava, Magyar Nemzet.

*Július:* Új Néplap, Magyar Nemzet, Népszava, Békés Megyei Hírlap, Blikk, Magyar Hírlap, Napi Ász, függetlenhir.hu, mti.hu, origo.hu, napionline.hu, Tolnai Népújság, Danubius Rádió, mtv – híradó, Info Rádió – hírek, RTL Klub – híradó, Hír Tv – híradó, M1 – híradó, Hálózat tv – hírháló.

### Kérdőív a hőhullám okozta káros egészségi hatásokról

Jó napot kívánok. XY vagyok, a Marketing Centrum munkatársa és egy rövid közvélemény-kutatáshoz szeretném a segítségét kérni. A kutatás célja a hőséggel, hőhullámokkal kapcsolatos ismeretek feltárása.

**1. Az idei nyár is különlegesen meleg volt. Tudja-e Ön, hogy a melegnek milyen káros egészségi hatásai vannak?**

\_\_\_\_\_ (nyitott kérdés zárt kódolással)

1. erős izzadás

2. fáradékonyság, kimerültség

3. napszúrás

4. hőguta

5. vérnyomáspanaszok

6. egyéb, éspedig: \_\_\_\_\_

0 – nem tudja, X – nem válaszol

**2. Szokott-e Ön védekezni a nagy meleg káros egészségi hatásai ellen?**

1. Igen

2. Nem – UGRÁS A 4-ES KÉRDÉSRE

0 – nem tudja, X – nem válaszol

**3. Ha igen: Általában hogyan szokott Ön védekezni a meleg káros egészségi hatásai ellen? (max. 3 válasz)**

1. \_\_\_\_\_ (nyitott kérdés zárt kódolással)

2. \_\_\_\_\_ (nyitott kérdés zárt kódolással)

3. \_\_\_\_\_ (nyitott kérdés zárt kódolással)

1. több folyadékot fogyasztok

2. sapkát viselek

3. napszemüveget viselek

4. naptejet használok vízparton

5. légkondicionált helységben tartózkodok a lehetőséghez mérten

6. egyéb, éspedig: \_\_\_\_\_

0 – nem tudja, X – nem válaszol

**4. Ön szerint hőség idején kik szorulnak a leginkább segítségre?**

1. idősek

2. betegek

3. gyerekek

4. egyéb, éspedig: \_\_\_\_\_

0 – nem tudja, X – nem válaszol

**5. Látott-e Ön idén nyáron reklámot, plakátot a felmelegedés káros egészségi hatásaival kapcsolatban?**

1. Igen

2. Nem – UGRÁS A 7-ES KÉRDÉSRE

0 – nem tudja, X – nem válaszol

**6a. Ha igen: Milyen médiumon keresztül találkozott a felmelegedés káros egészségi hatásaival kapcsolatos hirdetésekkel? Az említett médium esetében jelöld meg az „1”-es választ.**

**6b. Milyen médiumon keresztül találkozott a felmelegedés káros egészségi hatásaival kapcsolatos hirdetésekkel? Sorold fel azokat a médiumokat, amelyeket önmagától nem említett a válaszadó! Ha valamelyiken keresztül hallott a riasztásról, jelöld a „2” választ! Ha az adott médiumon keresztül nem hallott a hőségriasztásról, akkor a „3” választ! 0 – nem tudja, x – nem válaszol**

	6a. spontán említés	6b. 2-hallotta/látta a hirdetést 3-nem hallotta/látta 0-nt, X-nv
1. Televízió	1	2-3-0-X
2. Rádió	1	2-3-0-X
3. Országos lapok	1	2-3-0-X
4. Regionális lapok	1	2-3-0-X
5. Internet	1	2-3-0-X
6. Utcai plakátok	1	2-3-0-X
7. Szórolapok	1	2-3-0-X
8. Egyéb, éspedig:	1	2-3-0-X

**7. Idén nyáron júliusban az országos tisztifőorvos hőségriasztást rendelt el ország-szerte. Hallott Ön erről?**

1. Igen
  2. Nem – UGRÁS A 9-ES KÉRDÉSRE
- 0 – nem tudja, X – nem válaszol

**8. Mennyire ért azzal egyet, hogy a hőséggel kapcsolatos tájékoztatás...**

- 1 – teljesen egyetért, 2 – inkább igen, 3 – inkább nem, 4 – egyáltalán nem
- 0 – nem tudja, X – nem válaszol

1. informatív volt
2. megjelenésében szép volt
3. segített a hőség ellen védekezni
4. összességében megfelelő volt

**9. A „hőségriasztás” azt jelenti, hogy legalább három napra előre jelzett magas hőmérséklet esetén az országos tisztifőorvos „hőségriasztást” jelent be a lakosság számára. Ennek keretében felhívja a lakosság figyelmét a hőség kockázataira, a legfontosabb tünetekre és a megelőzés lehetséges módjaira. Szeretne-e többet tudni a hőségről, a hőhullámok okozta káros egészségi hatásokról?**

1. Igen
  2. Nem – UGRÁS A 11-ES KÉRDÉSRE
- 0 – nem tudja, X – nem válaszol

**10. Milyen csatornán keresztül szeretne a továbbiakban információt kapni a hőség káros egészségi hatásairól?**

	1-igen, 2-nem, 0-nt, X-nv
1. Televízió	1-2-0-X
2. Rádió	1-2-0-X
3. Országos lapok	1-2-0-X
4. Regionális lapok	1-2-0-X
5. Internet	1-2-0-X
6. Utcai plakátok	1-2-0-X
7. Szórólapok	1-2-0-X
8. Egyéb, éspedig: _____	1-2-0-X

**11. Az Ön neme:**

- 1 – Férfi  
2 – Nő

**12. Melyik évben született Ön?** \_\_\_\_\_

**13. Mi az Ön legmagasabb befejezett iskolai végzettsége?**

1. Legfeljebb 8 általános  
2. Szakmunkásképző  
3. Szakközépiskola/Gimnázium  
4. Főiskola/Egyetem  
*0 – nem tudja, X – nem válaszol*

**14. Ön dolgozik, folytat valamilyen kereső tevékenységet?**

- 1 – igen  
*NEM 2 – GYES-en, GYED-en van*  
3 – tanuló  
4 – munkanélküli  
5 – háztartásbeli  
6 – egyéb inaktív (de 60 évnél fiatalabb)  
7 – nyugdíjas  
*X – nincs válasz*

Köszönöm a segítségét!

1. táblázat

**Telefonos megkeresésen alapuló 2500 fős felmérés mintaösszetétele az öt legnépesebb magyar városban (Budapest, Pécs, Szeged, Miskolc, Debrecen) a 18 éven felüli, telefontal rendelkező háztartásban élő lakosok körében, 2005. november**

<b>NEM</b>	<b>%</b>
Férfi	48
Nő	52
<b>KOR</b>	
18–29 éves	10
30–44 éves	15
45–59 éves	29
60 év felett	46
<b>ISKOLAI VEGZETTSEG</b>	
Legfeljebb 8 általános	13
Szaktanácsképző	13
Szakközépiskola/Gimnázium	41
Főiskola/Egyetem	33
<b>TEVEKENYSÉG</b>	
Dolgozik	40
GYES, GYED	3
Tanuló	5
Munkanélküli	3
Háztartásbeli	1
Egyéb inaktív	2
Nyugdíjas	46

*Forrás:* Marketing Centrum

2.1. táblázat

## Kockázati tényezők összefüggése logisztikus regressziós analízis alapján

Kockázati tényezők	Eszélyhányados (EH) és Konfidencia Intervallum (CI 95%)				
	1. kérdés Erős izzadás	1. kérdés Fáradékonyság	1. kérdés Napszúrás	1. kérdés Hőguta	1. kérdés Vérnyomás- panaszok
Nem – Férfiak	–	–	–	–	–
Nem – Nők	EH: 0,693, CI: 0,53-0,906	–	–	–	EH: 1,263, CI: 1,062-1,503
<b>Kor</b>					
18–29	–	–	–	–	–
30–44	–	–	–	–	–
45–59	EH: 1,984, CI: 1,134-3,471	–	–	–	–
60–	EH: 1,83, CI: 1,055-3,175	–	–	–	–
<b>ISKOLAI VÉGZETTSÉG</b>					
Legfeljebb 8 általános	–	–	–	–	–
Szakk munkásképző	–	–	–	–	EH: 1,594, CI: 1,1-2,311
Szakközépiskola/ Gimnázium	–	EH: 1,688, CI: 1,048-2,718	–	EH: 1,61, CI: 1,008-2,574	EH: 2,28, CI: 1,67-3,1
Főiskola/egyetem	EH: 2,804, CI: 1,657-4,472	EH: 2,109, CI: 1,306-3,405	–	EH: 2,4, CI: 1,488-3,87	EH: 3,178, CI: 2,3-4,37
<b>KERESŐ TEVÉKENYSÉG</b>					
Aktív dolgozó	–	–	–	–	–
GYES/GYED	–	–	EH: 2,603, CI: 1,216-3,499	EH: 2,091, CI: 1,226-3,564	EH: 1,957, CI: 1,229-3,117
Tanuló	–	–	–	–	–
Munkanélküli	–	–	–	–	–
Háztartásbeli	–	–	–	–	–
Egyéb inaktív	–	–	–	–	–
Nyugdíjas	–	–	–	–	–
<b>TELEPÜLÉS</b>					
Budapest	–	–	–	–	–
Miskolc	–	–	–	–	–
Pécs	–	–	–	–	–
Szeged	–	–	–	–	–
Debrecen	–	–	–	–	–



2.2. táblázat

Kockázati tényezők	Esélyhányados (EH) és Konfidencia Intervallum (CI 95%)		
	2. kérdés	7. kérdés	9. kérdés
Nem – Férfiak	–	–	–
Nem – Nők	EH: 0,626, CI: 0,504-0,777	–	EH: 0,69, CI: 0,582-0,818
Kor	–	–	–
18–29	–	–	–
30–44	–	–	EH: 1,454, CI: 1,047-2,021
45–59	–	–	EH: 1,352, CI: 1,008-1,813
60–	–	–	EH: 1,665, CI: 1,252-2,215
<b>ISKOLAI VÉGZETTSÉG</b>			
Legfeljebb 8 általános	–	–	–
Szakk munkásképző	–	EH: 0,649, CI: 0,466-0,903	–
Szakközépiskola/ gimnázium	EH: 0,624, CI: 0,451-0,864	EH: 0,526, CI: 0,400-0,693	–
Főiskola/egyetem	EH: 0,568, CI: 0,403-0,799	EH: 0,479, CI: 0,360-0,637	–
<b>KERESŐ TEVÉKENYSÉG</b>			
Aktív dolgozó	–	–	–
GYES/GYED	–	–	–
Tanuló	–	–	–
Munkanélküli	–	–	–
Háztartásbeli	–	–	–
Egyéb inaktív	–	–	–
Nyugdíjas	–	–	–
<b>TELEPÜLÉS</b>			
Budapest	–	–	–
Miskolc	–	–	EH: 0,706, CI: 0,540-0,922
Pécs	–	–	–
Szeged	–	–	–
Debrecen	–	–	–

2.3. táblázat

Kockázati tényezők	Esélyhányados (EH) és Konfidencia Intervallum (CI 95%)				
	3. kérdés Több folyadék- fogyasztás	3. kérdés Sapkaviselés	3. kérdés Napszemüveg- viselés	3. kérdés Naptej-használat	3. kérdés Légkondicionált helységben tartózkodik
Nem – Férfiak	–	–	–	–	–
Nem – Nők	–	–	–	–	–
<b>Kor</b>					
18–29	–	–	–	–	–
30–44	EH: 2,196, CI: 1,441-3,346	–	–	–	–
45–59	EH: 2,048, CI: 1,369-3,064	–	–	EH: 0,557, CI: 0,358-0,869	–
60–	–	–	–	EH: 0,406, CI: 0,230-0,715	EH: 1,652, CI: 1,196-2,28
<b>ISKOLAI VÉGZETTSÉG</b>					
Legfeljebb 8 általá- nos	–	–	–	–	–
Szakkunaképző	–	–	–	–	–
Szakközépiskola/ gimnázium	EH: 1,552, CI: 1,151-2,093	–	–	–	EH: 1,404, CI: 1,04-1,89
Főiskola/egyetem	EH: 1,716, CI: 1,258-2,342	EH: 1,684, CI: 1,078-2,629	–	–	EH: 1,426, CI: 1,048-1,941
<b>KERESO TEVÉKENYSÉG</b>					
Aktív dolgozó	–	–	–	–	–
GYES/GYED	–	EH: 1,936, CI: 1,097-3,418	EH: 3,088, CI: 1,64-5,81	–	–
Tanuló	–	EH: 2,447, CI: 1,208-4,958	–	–	–
Munkanélküli	–	–	EH: 2,353, CI: 1,067-5,187	–	–
Háztartásbeli	–	–	–	–	–
Egyéb inaktív	EH: 0,349, CI: 0,174-0,699	–	–	–	–
Nyugdíjas	EH: 0,719, CI: 0,544-0,950	EH: 0,554, CI: 0,357-0,859	EH: 0,284, CI: 0,169-0,474	EH: 0,498, CI: 0,328-0,756	–
<b>TELEPÜLES</b>					
Budapest	–	–	–	–	–
Debrecen	–	EH: 1,536, CI: 1,011-2,333	–	–	–
Miskolc	–	EH: 1,857, CI: 1,233-2,795	–	–	–
Szeged	–	–	–	–	EH: 1,572, CI: 1,188-2,079
Pécs	–	–	–	–	–

2.4. táblázat

Kereső tevékenység	Esélyhányados (EH) és Konfidencia Intervallum (CI 95%)				
	6. kérdés Televízió	6. kérdés Rádió	6. kérdés Országos lapok	6. kérdés Regionális lapok	6. kérdés Utcai plakátok
Nem – Férfiak	–	–	–	–	–
Nem – Nők	–	–	–	–	–
<b>Kor</b>					
18–29	–	–	–	–	–
30–44	EH: 2,868, CI: 1,264-6,492	EH: 3,349, CI: 1,127-9,949	–	–	–
45–59	EH: 4,563, CI: 2,074- 10,041	EH: 4,648, CI: 1,665- 12,971	EH: 3,310, CI: 1,405-7,796	EH: 2,667, CI: 1,035-6,87	EH: 2,689, CI: 1,205-5,999
60–	EH: 3,429, CI: 1,493-7,877	EH: 3,461, CI: 1,243-9,638	EH: 2,645, CI: 1,127-6,211	–	–
<b>ISKOLAI VÉGZETTSÉG</b>					
Legfeljebb 8 általános	–	–	–	–	–
Szakk munkásképző	–	–	–	–	–
Szakközépiskola/ gimnázium	–	–	–	–	–
Főiskola/egyetem	–	–	–	–	–
<b>KERESŐ TEVÉKENYSÉG</b>					
Aktív dolgozó	–	–	–	–	–
GYES/GYED	–	–	–	–	–
Tanuló	EH: 3,221, CI: 1,287-8,065	–	–	–	–
Munkanélküli	–	–	–	–	–
Háztartásbeli	–	–	–	–	–
Egyéb inaktív	–	–	–	–	–
Nyugdíjas	–	–	–	–	–
<b>TELEPÜLES</b>					
Budapest	–	–	–	–	–
Miskolc	–	–	–	–	–
Pécs	–	–	–	–	–
Szeged	–	–	–	–	–
Debrecen	–	–	–	–	–

2.5. táblázat

Kockázati tényezők	Esélyhányados (EH) és Konfidencia Intervallum (CI 95%)							
	8. kérdés Informatív		8. kérdés Megjelenésében szép volt		8. kérdés Segített a hőség elleni védekezésben		8. kérdés Összességében megfelelő volt	
	Teljesen egyetért	Nem ért egyet	Teljesen egyetért	Nem ért egyet	Teljesen egyetért	Nem ért egyet	Teljesen egyetért	Nem ért egyet
Nem – Férfiak	–	–	–	–	–	–	–	–
Nem – Nők	–	–	–	–	–	EH: 0,581, CI: 0,372-0,906	–	–
Kor	–	–	–	–	–	–	–	–
18–29	–	–	–	–	–	–	–	–
30–44	EH: 1,66 CI: 1,068-2,579	–	–	–	–	–	–	–
45–59	EH: 1,89, CI: 1,266-2,822	–	–	–	EH: 1,845, CI: 1,123-3,031	–	–	–
60–	EH: 1,486 CI: 1,001-2,205	–	–	–	–	–	–	–
<b>ISKOLAI VÉGZETTSÉG</b>								
Legfejlebb 8 általános	–	–	–	–	–	–	–	–
Szakmunkás-képző	–	–	–	–	–	–	–	–
Szakközépiskola/gimnázium	–	–	–	–	–	EH: 4,141, CI: 1,27-13,506	–	–
Főiskola/egyetem	–	–	EH: 0,542, CI: 0,309-0,952	–	–	EH: 4,316, CI: 1,313-14,187	–	–
<b>KERESŐ TEVÉKENYSÉG</b>								
Aktív dolgozó	–	–	–	–	–	–	–	–
GYES/GYED	–	–	–	–	–	–	–	–
Tanuló	–	–	–	–	–	–	–	–
Munkanélküli	–	–	–	–	–	–	–	–
Háztartásbeli	–	–	–	–	–	–	–	–
Egyéb inaktív	–	–	–	–	–	–	–	–
Nyugdíjas	–	EH: 0,450, CI: 0,223-0,909	–	–	–	–	EH: 1,436, CI: 1,025-2,013	–
Egyéb inaktív	–	–	–	–	–	–	–	–
<b>TELEPÜLÉS</b>								
Budapest	–	–	–	–	–	–	–	–
Miskolc	–	–	–	–	–	–	–	–
Pécs	–	–	–	–	–	–	–	–
Szeged	–	–	–	–	–	–	–	–
Debrecen	–	–	–	–	–	–	–	–

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M. (2007): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 66–76. pp. (2) HÉMON, D. – JOUGLA, E. (2003): Surmortalité liée à la canicule d'août, Rapport d'étape (1/3). Estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques. Paris: Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM) (3) Centro Nazionale de Epidemiologia, Sorveglianza e Promozione della Salute. Ufficio di Statistica. Indagine Epidemiologica sulla Mortalità Estiva. Presentazione dei dati finali. Rome: Istituto Superiore di Sanità; 2003. (<http://www.epicentro.iss.it/mortalita/presentazione%20>

mortality%20estiva2.pdf) (4) TAN, J. – KALKSTEIN, L. – HUANG, J. (2004): An operational heat/health warning system in Shanghai. *International Journal of Biometeorology*, (48) 157–162. pp. (5) PASCAL, M. – LAADI, K. – LEDRANS, M (2006): France's heat health watch warning system. *International Journal of Biometeorology* (50) 144–153. pp. (6) EBI, K. L. – TEISBERG, T. J. – KALKSTEIN, L (2004): Heat watch warning systems save lives. Estimated Costs and Benefits for Philadelphia 1995–98, *American Meteorological Society* (85) 1067–1073. pp. (7) SMOYER-TOMIC, K. – RAINHAM, D. (2001): Beating the heat: development and evaluation of a canadian hot weather health response plan. *Environmental Health Perspectives*, (109)1241–1247. pp. (8) PÁLDY A. – ERDEI E. – BOBVOS J. (2003): A klímaváltozás egészségi hatásai. „AGRO-21” Füzetek, 32. sz. 62–77. pp. (9) KISHONTI K. – PÁLDY A. – BOBVOS J. (2006): Hőhullám okozta káros egészségi hatások kommunikációjának értékelése Magyarországon, 2005. *Egészségtudomány*, L. évf., 185–260, 232–243. pp. (10) PÁLDY A. – ERDEI E. – BOBVOS J. (2004): A klímaváltozás egészségi hatásai. *Egészségtudomány*, 48. sz. 220–236. pp.

# MÓDSZEREK ÉS ALKALMAZÁSOK A KUKORICA- ÉS BÚZATERMELÉS KOCKÁZATÁNAK ELEMZÉSÉBEN

LADÁNYI MÁRTA

**Kulcsszavak:** kockázat, adatkezelés, sztochasztikus dominancia, kockázati averzió, búza- és kukoricatermelés.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Jelen dolgozatunkban röviden áttekintjük a kockázatelemzésben használt adatfeldolgozási, illetve kockázatszámítási módszereket, különös tekintettel a legújabb eredményekre. E módszerek alkalmazásaként bemutatunk egy esettanulmányt, melyben a magyarországi búza- és kukoricatermelés kockázatának múltbeli változását elemezzük. A bemutatott módszerek és eredmények további tervezett kutatások előhírnökei.

Megállapítható, hogy a búza és kukorica speciális időjárásigényeinek, illetve érzékenységének figyelembevételével, időjárásindikátorváltozók bevezetésével és azok elemzésével a kockázat múltbeli változásának időjárásaspektusai felmérhetőek.

A legáltalánosabban elfogadott klímaszenáriók alapján az időjárásindikátorváltozók várható alakulása vázolható, és ezek segítségével – a dolgozatban bemutatott módszertani alapokon – megállapítható a kockázat jövőbeli alakulása.

Adaptációs stratégia kidolgozása szükséges a kockázat csökkentésének érdekében, amihez a kockázat változásának nem időjárással kapcsolatos aspektusai is szükségesek a beavatkozás lehetőségeinek vizsgálata érdekében.

## BEVEZETÉS

Az agrárgazdaságban, ezen belül a szántóföldi növénytermelésben számos olyan döntési feladattal szembesülünk, melyek során a gazdaságosság és fenntarthatóság mellett évről évre egyre nagyobb szerepet kap a döntéssel járó kockázat mértéke (Ladányi, 1995). Az agrárgazdaság kockázatának legalapvetőbb típusai (termés, pénzügyi, piaci, személyi, politikai) közül munkánkban elsősorban a termés kockázatával foglalkozunk (Hardaker et al., 2004), hiszen a kockázatok között hazánkban kiemelkedő jelentőséggel bír a termés mennyiségének és minőségének kockázata (Drimba – Nagy, 1997, 1998, 2000; Drimba, 1997, 1998), mely az elmúlt évtizedek tapasztalata alap-

ján figyelemre méltó mértékben növekedett. Az okokat keresve különös hangsúlyt kap a klímaváltozás következtében megnövekedett kockázat is.

A klímaváltozás okozta kockázat alappillérei: az érzékenység, az alkalmazkodóképesség és a sérülékenység. Az IPCC (*International Panel on Climate Change*) szokásos éves beszámolójában már 2001-ben kiemelten foglalkozott e három fogalommal. Az érzékenység a vizsgált rendszernek a változásokra adott válaszaiban tükröződik. Az alkalmazkodóképesség azt fejezi ki, hogy a rendszer megfelelő válaszok eredményeképpen milyen mértékben igazítható a változáshoz (akár spontán, akár szándékos módon). A sérülékenység pedig a már elkezdődött károk mértékét foglalja magában.

Éz utóbbi természetesen nagymértékben függ az érzékenységtől és az alkalmazkodóképességtől is. Az érzékenység, az alkalmazkodóképesség és sérülékenység a jövőbeli események, feltételek bizonytalanságával alkotja a rendszer kockázatának alapjait, tehát a kockázat vizsgálatakor mindig e három fogalom együttes hatását kell figyelembe venni.

Egy adott területen végzett kockázatelemzés tehát a múltbeli változások vizsgálatával kezdődik. Ezután érdemes a kockázat mértékében és minőségében bekövetkezett változások okait feltárni. Az időjárással, illetve annak változékonyságával (a klímaváltozással) közvetve vagy közvetlenül magyarázható kockázati aspektusokat célszerű külön is vizsgálni, illetve körvonalazni, hogy a klímaszcenáriókban rejlő információk birtokában milyen megállapításokat tehetünk a jövőre vonatkozóan.

Cikkünkben vázoljuk a kockázatelemzés módszertani elemeit, és bemutatunk néhány friss eredmény alkalmazásával nyert konkrét eredményt is.

## MÓDSZERTANI ALAPOK

Az agrárgazdaságban a kockázatelemzéssel kapcsolatos feladatok különösen is összetettek. Vegyük sorra a legfontosabb nehézségeket:

- A kockázat teljes körű felméréséhez, illetve a döntéshez nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű és minőségű adat. Ennek megfelelően a helyes adatgyűjtés (monitorozás) és -tárolás, valamint az adatok hozzáférhetővé tétele alapvetően szükséges az eredményes munkához.

- A probléma leírásához nagyszámú, egymástól nem független változó szükséges, tehát a probléma megfelelő egyszerűsítése, redukálása elengedhetetlen.

- A döntést rendszerint nem egy személy végzi, ezért a különböző személyek esetleg egymásnak ellentmondó célkitűzéseit igen nehéz maradék nélkül figyelembe venni. Ezt

a probléma minél egyszerűbb, világosabb és egzaktabb matematikai megfogalmazásával és értékelésével lehet csökkenteni.

- Rendszerint nem egyetlen döntést, hanem nagyszámú, egymáshoz szorosan kapcsolódó döntést kell hozni. A döntések egy része súlyos, illetve irreverzibilis következményekkel járhat, melyek a későbbi döntéseket is nagymértékben befolyásolhatják. A helyes kockázatelemzés nem egyetlen döntést, hanem egy megfelelően megválasztott döntéscsomagot, egy komplex stratégiai tervet készít elő.

- A környezet, amelyben a döntés születik, igen változékony. A döntés környezetének matematikai modellezése, illetve szimulációja ezen a ponton szorosan kapcsolódik a kockázatelemzéshez, azt nagymértékben támogatja.

- Az időjárás hatása a termésre – az időjárási adatok akár pozitív, akár negatív irányban térnek is ki jelentősen az optimálistól – legfőképpen negatív, mivel pl. a túl meleg, túl hideg, túl száraz, illetve túl csapadékos stb. időjárás egyaránt csökkenti a várható termés mennyiségét és minőségét is. Az „optimális időjárás” azt jelenti, hogy a növény számára minden szempontból optimális, azaz az időjárási adatok minden változója egy-egy adott értékhez közeli értéket vesz fel. Ennek valószínűsége azonban – annak ellenére, hogy az „adott” érték többnyire a várható érték közelében van – igen alacsony, hiszen a termés nagy mennyiségű véletlen, egymással nemlineáris kölcsönhatásban álló időjárási tényező hatására alakul ki. A termésvesztés valószínűsége tehát sokkal magasabb, mint a legvalószínűbb értéknél magasabb (mennyiségű és/vagy minőségű) terméseredményé. Ekkor a veszteségnek, vagyis annak a valószínűsége, hogy a kimenetel a várt „legvalószínűbb érték” (módusz) alatt lesz, nagyobb, mint annak a valószínűsége, hogy felette (a vártnál magasabb, illetve jobb minőségű termés), azaz negatív irányban ferde eloszlással van dolgunk. Ezt nevezzük árnyékkockázatnak. A kockázatelemzés egyik legfontosabb

feladata, hogy minden értékelésnél figyelembe vegye a fenti módon jellemzett ún. árnyékkockázatot, ezzel csökkentve a gazdasági döntés abszolút kockázatát.

### A kockázatelemzéshez használt adatkezelés módszerei

Az agrártudomány területén való kutatásban az egyik legégetőbb probléma az információ és/vagy az adatok hiánya. Ennek részben objektív okai vannak: az adatvétele, illetve -tárolás nem tekint vissza elegendő hosszúságú múltra, s a legtöbbször a rendelkezésre álló adatok sem megfelelőek (az adatvétele műszerezettség korábban nem volt elegendően magas színvonalú, az adatvétele helye nem optimális, sűrűsége nem kielégítő, a minták reprezentativitása csorbát szenved, az adatok információtartalma kevés stb.).

Ha a kockázatelemzéshez nem áll rendelkezésünkre megfelelő mennyiségű és/vagy minőségű releváns adat, akkor egyéb módon kell a szükséges információmennyiséghez hozzájutni. Kevés rendelkezésre álló adat esetén az egyik legkézenfekvőbb módszer, ha az adatokat valamely módon „feldúsítjuk”, például a Bayes- vagy a számos Monte-Carlo-módszerek valamelyikével (*Hardaker et al., 2004*). Ilyen esetben különösen jól alkalmazhatók a szimulációs módszerek is, melyek segítségével a vizsgálat elvégzéséhez szükséges mennyiségben és minőségben adatot generálhatunk (*Semenov – Barrow, 1997; Semenov et al., 1998*). Egy másik nyilvánvaló lépés, hogy a vizsgálatba be kell vonni azokat a szakértői véleményeket, melyek számunkra elérhetőek. Ha például rendelkezésünkre áll valamennyi történelmi adat, ám ezek aktualitása mára erősen vitatható, akkor jól alkalmazható a *Phillips (1971)* által kidolgozott egyszerű módszer az adatkorrekcióra vonatkozóan. A módszer segítségével az adatokat úgy aktualizáljuk, hogy azokból a lehető legtöbb – mind történelmi, mind pedig szakértői – információhoz jussunk.

A mai informatikai háttérrel a jelenleg rendelkezésre álló adatok és ismeretek nagymértékben bővíthetőek, ha nagyszámú szakértői véleményt veszünk figyelembe. Nem mindegy azonban, hogy ezeket a véleményeket egymástól függetlenül alkalmazzuk, vagy magukat a szakértőket egy csoportos megbeszélés keretében mintegy konfrontációra hívjuk a világháló segítségével. A *Linstone és Turoff (2002)* által kidolgozott ún. *Delphi-módszer* lényegében a csoportos szakértői döntés (*Group Decision*) (on-line) alapelveit fekteti le. Eszerint akkor működik helyesen a konzultáció, ha a döntést segítő csoport anonim szakértőkből áll, rendszeres visszajelzésre van lehetőség, egy adott szakember, illetve szakemberek egy kis csoportja az álláspontokat rendszeresen összefoglalja, hogy a vita valóban egy lehetséges döntéshozatal felé haladjon, illetve végül egy olyan összegzés szülessen, melyet minden résztvevő el tud fogadni. A csoportos döntéstárgogatás ma már egyre inkább ezek szerint az alapelvek szerint halad.

A bizonytalanság mérésére két fő irányzat terjedt el. Az egyik irányzat követői az események valószínűségének becslésére a relatív gyakoriságot használják. A másik irányzat szerint a relatív gyakoriság használata – legalábbis az agrártudomány területén való alkalmazásoknál – rendszerint nem helyénvaló. Ez egyszerűen azzal indokolható, hogy a rendelkezésre álló adatok a legtöbb esetben nem elegendő mennyiségűek, tehát ez esetben a relatív gyakoriság nagyon pontatlan becslés.

Az utóbbi irányzat követői bevezetik az ún. *szubjektív valószínűség* fogalmát (*Wright – Ayton, 1994*). Egy esemény szubjektív valószínűsége az a becsült érték, amelyet a rendelkezésre álló (történelmi) adatok birtokában lévő, a jelenséget ismerő szakember tapasztalatai alapján a legpontosabbnak gondol. Tehát a szubjektív valószínűség meghatározásánál a szakember a relatív gyakoriságot mint becslést szubjektív módon, hosszú távú tapasztalatok birtokában, ámde egzaktul le nem írhatóan módosítja.



Első hallásra bizonytalannak tűnik a hosszú évszázadok gyakorlatát (a relatív gyakoriság alkalmazását) egy szubjektív, a szakember személyétől, ismereteitől és tapasztalataitól nagymértékben függő becslésre (a szubjektív valószínűségekre) cserélni, az utóbbi évtizedek gyakorlata azonban számos alkalommal bizonyította e lépés létjogosultságát.

A szubjektív valószínűségeknek, illetve az azokból számított eloszlásfüggvények különféle módszerrel való meghatározásának és simításának ma már mély és kiterjedt szakirodalma van (pl. *Raiffa, 1968; Anderson – Dillon – Hardaker, 1977; Lindley, 1985; Clemen, 1996*).

### A kockázatelemzés legfontosabb fogalmai

#### A bizonyossági ellenérték

Adott döntéshez tartozó bizonyossági ellenérték (az angol szakirodalomban *certainty equivalent*, jelölése *CE*) alatt azt a legalacsonyabb értéket értjük, amennyiért a gazdálkodó hajlandó „eladni” egy jövedelmezőnek ígérkező döntését, azaz ennyi biztos jövedelem fejében a döntésből származó (esetleges) jövedelméről lemond, illetve azt a legmagasabb értéket, amennyit hajlandó fizetni, ha a döntésből származó (esetleges) veszteséget nem kell vállalnia. Röviden, ha a gazdálkodónak a bizonyossági ellenértéket kínálnánk fel, ő közömbös lenne, hogy elfogadja-e a kínált összeget, vagy vállalja-e a döntéssel járó kockázatot.

A bizonyossági ellenérték nyilvánvalóan szubjektív, tehát a gazdálkodó személyétől is függ. Az is világos, hogy nemcsak a személyétől, hanem bizonyos jövőbeli események (végső soron azok következményeinek) valószínűségétől is, illetve – ahogy ez gyakorta lenni szokott – ha ezek a valószínűségek nem ismertek, akkor attól a valószínűségi értéktől, amely a döntést hozó személy számára ezekre a valószínűségekre a legjobb becslésnek tűnik, azaz a szubjektív valószínűségétől.

A legoptimálisabb a gazdálkodó számára, hogy ha a különböző döntési alternatívákhoz tartozó *CE* bizonyossági ellenértékek maximuma létezik, akkor ő ehhez a maximális *CE* értékhez tartozó döntést hozza.

#### A hasznossági függvény

Kockázatelemzéskor hamar szembesülünk azzal a problémával, hogy a „kockázat” maga nem mérhető függetlenül a kockázatot vállaló személy(ek)től, illetve azoktól, akik a döntéseket hozzák. *Hardaker et al. (2004)* szerint a kockázatot, illetve annak növekedését/csökkenését célszerű a korábbi hagyományokkal ellentétben olyan függvény-nyel kifejezni, mely változóként magában foglalja a döntéshozónak a kockázathoz fűződő viszonyát is.

A hasznossági függvény (*U*) lényegében azt fejezi ki, hogy a döntéshozó számára az adott döntés milyen előnyökkel/hátrányokkal jár. Alapvető kérdés azonban, hogy mi módon írható le ez a személyes (szubjektív) kapcsolat egy egzakt (objektív) függvény formájában. Mindamellet, hogy még a döntéshozókkal folytatott személyes konzultáció során is – ha ilyenre egyáltalán lehetőség adódik – számos interjúhibát elkövethetünk, sok esetben a történelmi adatok kellő hitelességében vagy relevanciájában sem bízhatunk. A szakértői becslések pedig nemegyszer merőben ellentmondanak a történelmi adatokból nyert információknak. A hasznossági függvény definíciójához tehát ésszerű előbb rögzíteni azokat a tulajdonságokat, melyek a függvénytől elvárhatóak, és ezek alapján meghatározni a megfelelő függvényalakot. Lássuk tehát ezek közül a tulajdonságok közül a legfontosabbakat:

1. A hasznossági függvény a pozitív lineáris transzformációra legyen invariáns. Ez a tulajdonság biztosítja, hogy a hasznossági függvényt bármely intervallumon értelmezhetjük, a mértékegység választása nem befolyásolja a függvényértékek közti relációt; tehát pl. különféle valutaárfolyamon számolt hasznossági függvény ugyanazt a legésszerűbb döntést indítványozza.

2. A hasznossági függvény alakja sokat elárul a döntéshozó kockázatvállaláshoz fűződő személyes viszonyáról. Általánosan elmondható, hogy konvex hasznossági függvény esetén a döntéshozó szívesen vállal kockázatot, konkáv hasznossági függvény esetén annál nagyobb a kockázattól való visszahúzódás mértéke egy adott  $t$  hozam esetén, minél nagyobb az  $U$  függvény második deriváltjának abszolút értéke,  $|U^{(2)}(t)|$ . A gyakorlatban többnyire a hasznossági függvény konkavítását követeljük meg.

3. A kockázathoz fűződő viszony mértéke igen fontos a döntéshozatal szempontjából, ezért ennek kifejezésére az  $U$  hasznossági függvény segítségével bevezetjük egy adott  $t$  hozamhoz tartozó *abszolút* ( $r_a(t)$ ) és a ( $t$  hozam nagyságrendjétől is függő) *relatív kockázati averzió* ( $r_r(t)$ )-függvény fogalmát:

$$r_a : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R} \quad t \mapsto -\frac{U^{(2)}(t)}{U^{(1)}(t)}$$

$$r_r : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R} \quad t \mapsto tr_a(t)$$

A relatív kockázati averzió nagysága *Anderson és Dillon (1992)* osztályozása szerint „normális”, ha 1 körül van, az ennél kisebb érték alacsony, az ennél nagyobb pedig magas kockázati averzióról tanúskodik.

A fenti tulajdonságoknak megfelelő legelterjedtebb hasznossági függvény a negatív exponenciális függvény:  $U : t \mapsto U(t) = 1 - \exp(-ct)$ , ( $c > 0$ ). Ennek legfontosabb speciális tulajdonsága, hogy konkáv, továbbá a hozzá tartozó abszolút kockázati averzió konstans, míg a relatív kockázati averzió a hozammal egyenesen arányos  $r_a(t) = c$ ,  $r_r(t) = ct$ .

### Hatásossági kritériumok

#### Az $E, V$ -hatásossági kritérium

Előljáróban szögezzük le, hogy a kockázatelemzésnél használatos hatásossági kritériumoknál figyelembe kell venni, hogy minél

szigorúbb, specifikusabb feltételeket szabunk a hasznossági függvényre, annál szűkebb körben alkalmazható a döntésanalízis.

Az  $E, V$ -hatásosság szabálya azon a már klasszikusnak mondható feltevésen alapul, hogy két döntés közül az az előnyösebb, amelyik nagyobb várható értékkel, ugyanakkor kisebb szórással rendelkezik. A szabály egyik hátránya, hogy normális eloszlású változókat vagy másodfokú hasznossági függvényt feltételez. A gyakorlatban azonban ritka a normális eloszlás, a másodfokú hasznossági függvény pedig nem túl életszerű. Mindamellett a normalitás nem teljesülésére a módszer robusztus, ezért közelítő jelleggel használatának van létjogosultsága. A másik nyilvánvaló hátrány, hogy nagyon gyakran találkozunk olyan döntéshalmazzal, melynek elemei az  $E, V$ -hatásosság elve szerint nem rendezhetőek. Nem is beszélve arról, hogy mivel a módszer figyelmen kívül hagyja a döntéshozó kockázatvállaláshoz fűződő viszonyát, ezért egy esetlegesen létező  $E, V$  szerinti rendezés nem feltétlenül azonos a döntéshozó „előnyösségi” rendezésével, ahogy az, mint „klasszikus” feltételezés, elterjedt. Az  $E, V$ -hatásosság előnye azonban más tekintetben tagadhatatlan: gyorsasága és egyszerűsége miatt igen alkalmas például nagy mennyiségű döntéshalmaz redukálására, ráadásul akkor is alkalmazható, ha a hasznossági függvény nem ismert.

#### A hasznossági függvényen alapuló kritérium

Ha negatív exponenciális hasznossági függvényt feltételezünk, akkor a *Freund-féle* (1956)  $CE = E - 0,5r_a V$  becslést felhasználva ábrázolhatjuk az  $i$ -edik döntési lehetőséghez tartozó

$$U_i : V_i \mapsto U(V_i) = E_i - 0,5r_a V_i = CE$$

lineárisan közelítő hasznossági függvényeket, illetve különböző (rögzített)  $CE$  bizonyossági ellenértékekre az

$$U_{CE} : V_i \mapsto U_{CE}(V_i) = CE + 0,5r_a V_i = E_i$$

függvényeket! (Minél nagyobb a döntéshozó  $r_a$ -val jelölt abszolút kockázati averziója, nyilván annál meredekebb a közelítő egyenes, meredeksége éppen  $0,5r_a$ .) A hasznossági függvényen alapuló kritérium azt a lehetőséget választja, amelyik a legmagasabb  $E_i$  várható értékhez tartozik, illetve a legmagasabb  $CE$ -hez tartozó hasznossági függvényen fekszik.

#### Sztochasztikus dominancia

Elsőfokú sztochasztikus dominanciáról beszélünk, ha  $A$ ,  $B$  döntési lehetőségekre fennáll, hogy

$$F_A(x) \leq F_B(x) \quad (x \in \mathbf{R}).$$

Ekkor  $A$  előnyösebb, mint  $B$ . Az elsőfokú dominanciakritériummal azonban megint az a probléma, hogy a lehetőségek között sok esetben nem áll fenn rendezés. (Az eloszlásfüggvények metszik egymást.) Ilyenkor általában van olyan részhalmaza a lehetőségeknek, melyekről bizonyosan eldönthető, hogy van náluk kedvezőbb. Ezeket elhagyva folytathatjuk a másodfokú dominanciavizsgálatot, ami szintén reményt kelt, hogy legalább tovább csökkenti a lehetőségek halmazát.

Másodfokú sztochasztikus dominanciáról beszélünk, ha konkv  $U$  hasznossági függvényt feltételezve

$$\int_{-\infty}^x F_A(t) dt \leq \int_{-\infty}^x F_B(t) dt \quad (x \in \mathbf{R}).$$

A sztochasztikus dominanciakritériumok egy egyszerű általánosítása, amikor az eloszlások olyan lineáris kombinációját keressük, amely előnyösebb valamely lehetőségnél, s ekkor ez utóbbi, kevésbé előnyös lehetőséget kiküszöbölhetjük a feladatból (Drynan, 1986).

#### Általánosított sztochasztikus dominancia

Az általánosított sztochasztikus dominanciakritérium (Goh et al., 1989) a fenti sztochasztikus dominanciakritériumnál erősebb módszer, mert a vizsgálat során figyelembe veszi a döntéshozó kockázati averzióját,

illetve hasznossági függvényét is. Először rögzítjük az abszolút kockázati averziót nagy valószínűséggel tartalmazó intervallumot ( $I_r$ ), majd az  $r_a$  nagyságrendjének felhasználásával becsljük a hasznossági függvényt. A kapott hasznossági függvényre alapozva keresünk első-, illetve másodfokú sztochasztikus dominanciarelációt a lehetőségek között.

A közelmúltban a módszert ötletesen egyszerűsítette Hardaker et al. (2004). A hasznossági függvény Bernoulli-féle alapelvei alapján az  $r_a$  kockázati averziótól (is) függő hasznossági függvény

$$U(x, r_a) = \int U(t, r_a) \cdot f(t) dt,$$

amiből  $CE(x, r_a) = U^{-1}(x, r_a)$ . Ez alapján (negatív exponenciális hasznossági függvényt feltételezve) becsljük az  $U$ -t:

$$U(x, r_a) = \sum_i (F_{i+1} - F_i) \left[ 1 - \frac{(\exp(-r_a x_i) - \exp(-r_a x_{i+1}))}{r_a (x_{i+1} - x_i)} \right] \quad (r_a \in I_r),$$

továbbá  $U$  inverzét:

$$CE = \frac{-\ln[1 - U(x, r_a)]}{r_a}.$$

A  $CE$  értékeket az abszolút kockázati averzió függvényében ábrázolva a legmagasabban fekvő görbe mutatja a legkedvezőbb lehetőséget. Amennyiben a görbék egymást keresztezik, úgy a döntést a kockázati averzió nagyságától függően, az aktuális  $r_a$ -hoz tartozó magasabb  $CE$  értékű görbeszakasz mutatja meg.

## EREDMÉNYEK

A rendelkezésünkre álló (AIIR-ből származó) megyei kukorica terméseredményadatokat nemlineáris (logisztikus) regresszióval illesztettük. Ezután a Phillips-módszerrel tettük azokat összehasonlíthatóvá. Munkánkban az általánoson elterjedt  $U : t \mapsto 1 - \exp(-ct)$ , negatív exponenciális hasznossági függvényt használtuk.

A hatásossági kritériumok közül az *E, V*-hatásossági, a hasznossági függvényen alapuló kritériumot, illetve a szubjektív eloszlásfüggvényekre épülő sztochasztikus dominanciamódszereket használtuk, de az ezekből kapott eredményekkel nem elégedtünk meg. A kockázat változását végül a kockázati averziótól is függő sztochasztikus hatásossági kritérium segítségével vizsgáltuk. Egyik célunk az volt, hogy objektív módszertani eszközök segítségével igazoljuk: a kukorica és a búza termelésének kockázata Magyarország négy megyéjében (Hajdú-Bihar, Bács-Kiskun, Fejér és Győr-Moson-Sopron megye) az 1951–90 közötti években emelkedett, egyes helyeken jelentősen, továbbá hogy a kockázatnövekedés üteme helyenként gyorsult is (Ladányi – Erdélyi, 2005). Az idősorokat összehasonlítva megállapítható, hogy a döntéshozók helyzete a kockázatvállaláshoz való viszonyuktól ( $r_a$ ) majdnem teljesen függetlenül kedvezőtlenebbé vált.

Megjegyezzük, hogy a terméskockázat növekedését ugyanezzel a módszerrel a szőlőtermelés területén is kimutattuk a 1964–88-as időszakra, Magyarország három megyéjére (Heves, Somogy, Győr-Moson-Sopron). Adatainkat az AIIR adatbázisából merítettük. A szőlőtermelésben nyilvánvaló kockázatnövekedésnek azonban az okait is vizsgáltuk, mégpedig klímaindikátorok bevezetésével. Ennek kapcsán lehetőség nyílt a kockázat további alakulásának kutatására a klímaváltozás tükrében. A klímaváltozás hatásait az IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) általánosan elfogadott alapelvei alapján vizsgáltuk egyensúlyi GCM modellek segítségével, a légköri szén-dioxid-tartalom mekkettőződésének feltételezésével.

### **A kukorica és búza terméskockázatának vizsgálata Magyarország négy megyéjére (1951–1990)**

A kukorica termelésében az ötvenes évektől kezdődően a (környezeti feltételeket sajnos legtöbbször figyelmen kívül hagyó)

termelési technológia következtében (elsősorban a trágyázásra gondoltunk itt) először lassú, később egyre gyorsuló ütemű terméskövekedés kezdődött meg. Ez a gyorsulás a hetvenes évek elején-közepén megtorpant, bár a növekedés folytatódott. Ami a kockázat szempontjából ennél fontosabb, az is megfigyelhető, hogy a magyarországi rendszerváltozás okozta termés kiesésen kívül már a 80-as évek kezdetétől nagyarányú szóródásnövekedés figyelhető meg. Különösen súlyos veszteség volt a termésben 1990-ben, ezért a vizsgálatokat kontroll céljából kétféleképpen is elvégeztük: az 1990-es esztendő is figyelembe véve, és az 1990-es esztendő adatait elhagyva, az utolsó időszakot 20 év helyett 19 éves tartamra választva.

Az 1. ábrán a Phillips-módszerrel aktualizált adatokat mutatjuk meg. (A korrigált adatokat úgy is elképzelhetjük, hogy az eredeti adatokra illesztett megfelelő (esetünkben logisztikus) regressziós függvényt – az eltérő nagyságrendű adatok összehasonlíthatóságát is biztosítva – mint egy zsinórt, vízszintesre feszítjük, és az előjeles regressziós hibatarokat az egyenes pontjaihoz adjuk.

Mivel a korrigálás/aktualizálás lényege, hogy összehasonlíthatóvá tegyük az adatokat, ezért az ezen az ábrán megfigyelt növekvő mértékű szóródás már egyértelműen a terméskockázat csökkenését, és ezzel együtt a terméskockázatának növekedését sejteti.

A 2. ábrán láthatjuk a rövidebb idősorhoz tartozó aktualizált adatokat. Ezen az ábrán megváltoztattuk az *y* tengely beosztását, hogy az eltérések (a legsúlyosabb, 1990-es évin kívül) pontosabban megfigyelhetőek legyenek. Természetesen a termésmennyiség eltérései megyéről megyére is jellemzően térnek el, a vizsgálatba bevont dunántúli megyékben kezdettől fogva egységesebb eredmények születtek, s a nyolcvanas években sem nőtt olyan mértékben az eltérés, mint a többi két megyében.

A 3. ábrán az aktualizált adatokból és szakértői becslések bevonásával készített

szubjektív eloszlásfüggvényeket ábrázoltuk a négy megyére és háromszor húsz évre, éspedig: 1951–70, 1961–80, 1971–90.

Bács-Kiskun megye ábráján látszik, hogy az idő haladtával az eloszlások várható értéke csökkent, miközben a szórása nőtt (az eloszlásfüggvény balra tolódott, és meredeksége csökkent). A többi megyénél ebből az ábrából nem derül ki egyértelműen az időben bekövetkezett változás. Azonban ha Bács-Kiskun és Fejér megye teljes adataira  $E, V$ -hatásossági vizsgálatot végzünk (4. ábra, baloldalt), akkor máris kiderül, hogy kockázat szempontjából az idővel kedvezőtlenebb helyzet alakult ki, hiszen az időszakot jelölő H7-tel jelzett pont bal felső ténnyedébe esik mind a két másik időszakot jelző pont (H5 és H6). (Ha lehetséges lenne választanunk a háromszor húsz éves idősor között, akkor a döntéselemzésnek ez az egyszerű módszere a legrégebbi idősor melletti döntést javasolná, mert azzal jár/járt a legkisebb kockázat.) A többi megyére és Fejér megyére a csonkított időssorral azonban az  $E, V$ -hatásossági vizsgálat nem létesít rendezést, azaz ha sorrendet szeretnénk felállítani közöttük, más módszer alkalmazása szükséges.

Ugyanezen az ábrán (4. ábra) tüntettük fel az  $r_a = 0,004$  abszolút kockázati averzió értékhez tartozó

$$U_{CE} : V_i \mapsto U_{CE}(V_i) = CE + 0,5r_a V_i^*$$

lineáris függvényeket három-három rögzített  $CE$  bizonyossági ellenértékre. Minden esetben azt kaptuk, hogy kockázat szempontjából az idő múlása egyre kedvezőtlenebb helyzetet teremtett. A hasznossági kritériumon alapuló módszer hátránya, hogy csak egyetlen rögzített abszolút kockázati averzió esetén árulja el a vizsgált esetek közötti rendezést. Ha ennél többet szeretnénk megtudni, akkor az általánosabb, sztochasztikus hatásossági kritériumot is meg kell vizsgálnunk.

Az 5. ábrán igen szemléletesen megfigyelhető, hogy a kukoricatermelés  $CE$  bizo-

nyossági ellenértéke mind a négy vizsgált megyében, az 1951–70 és az 1961–80-as éveket összehasonlítva, az  $r_a$  kockázati averzió nagyságától függetlenül, valamelyest csökkent (a későbbi görbe szigorúan a korábbi alatt fekszik). Ez az 1971–90-es években Győr-Moson-Sopron megye kivételével mindenütt fokozottabban érvényesült, különösen nagyobb értékű  $r_a$  kockázati averzió esetén. A bizonyossági ellenérték szigorú esése a kockázat határozott növekedését tükrözi (Hardaker et al., 2004).

Felmerülhet, hogy ezt a nagyfokú kockázatnövekedést kizárólag az 1990-es évi óriási terméskiesés okozza. Az alábbiakban megmutatjuk, hogy ez csak részben igaz. Valóban, ha elhagyjuk az 1990-es esztendő az adatsorunkból, és az utolsó időszakot csak 19 év adataival vizsgáljuk, a bizonyossági ellenérték esése kevésbé fokozott, mint az 1990-es adatokkal együtt, de így is elmondható, hogy – különösen nagyobb  $r_a$  értékekre – a  $CE$  érték határozottan csökkent.

Figyeljük meg a csonkított adatokkal készített szubjektív eloszlásfüggvényeket a 6. ábrán! Az eloszlások most Bács-Kiskun megyében sem teszik egyértelművé a relációt, ahogy azt a fentiekben a teljes adatsort használva láttuk. A csonkított adatsorra az  $E, V$ -hatásossági kritérium alkalmatlan arra, hogy megkeressük a kockázatvállalás szempontjából legkedvezőbb időszakot.

Ezekre az adatokra tehát ismét ábrázoltuk a  $CE$  értékeket az abszolút kockázati averzió függvényében (7. ábra), és azt tapasztaltuk, hogy a legmagasabban fekvő időszak a legkorábbi (1951–1970). Hajdú-Bihar és Fejér megyében a két utolsó időszak görbéi egy, az  $r_a = 0,002$ -nél kisebb értéknél metszik egymást, tehát a bizonyossági ellenérték csökkenését szigorúan csak az ennél nagyobb értékekre mondhatjuk el. Ez azonban nem csökkenti a termelők és kutatók számára egyaránt súlyos és objektív figyelmeztetés jelentőségét. A termelés kockázatának változása Bács-Kiskun megyében a legkedvezőtlenebb, Győr-Moson-Sopron megyében

kevésbé drasztikus, de a kedvezőtlen tendencia itt is egyértelmű.

A búza termelésében a kukoricához hasonlóan logisztikus görbének megfelelő változások mentek végbe, bár ez a folyamat Hajdú-Bihar megyében valamivel korábbi fázisban tart.

A terméseredmények szóródásának növekedése itt is megfigyelhető a 80-as évek kezdetétől, különösen Bács-Kiskun és Fejér megyében. A szóródásnövekedés azonban nem olyan súlyos, mint a kukorica termelésében.

Itt az 1979-es esztendő járt a legnagyobb termésvesztéssel, de ennek a kiesésnek a mértéke korántsem indokolta a vizsgálat csonkított adatokkal való megismétlését.

A 8. ábrán az aktualizált adatok láthatók. Megfigyelhető, hogy a búza termelésében a termésmennyiség változékonysága különösen Bács-Kiskun és Győr-Moson-Sopron megyében volt súlyos. Ez alapján a termés bizonytalansága tehát a búza termelésében is feltehetően növekedett.

A 9. ábrán az aktualizált adatokból és szakértői becslések bevonásával készített szubjektív eloszlásfüggvényeket ábrázoltuk a búzára, négy megyére és a háromszor hús évre.

A búza termelésénél a legegyszerűbb kockázattöbblet Hajdú-Bihar megyében figyelhető meg, itt a szubjektív eloszlás-

függvények pontonkénti relációban vannak (9. ábra). Ez az  $E, V$ -hatásossági ábrán is jól kivehető (10. ábra), de ezzel a módszerrel a többi megyében a három-három időszakasz között ismét nem létesíthető teljes rendezés.

Ugyanezen az ábrán (10. ábra) vizsgálhatjuk meg az  $r_a = 0,004$  abszolút kockázati averzió értékhez tartozó  $U_{CE} : V_i \mapsto U_{CE}(V_i) = CE + 0,5r_a V_i$  lineáris függvényeket három-három rögzített  $CE$  bizonyossági ellenértékre. A hasznossági függvényen alapuló kritérium Fejér megye kivételével minden megyében ugyanazt a sortrendet adja a háromszor húszéves idősorra, mely egyértelműen a kockázat növekedését igazolja ezekben a megyékben, bár csak erre az egy rögzített  $r_a$  értékre.

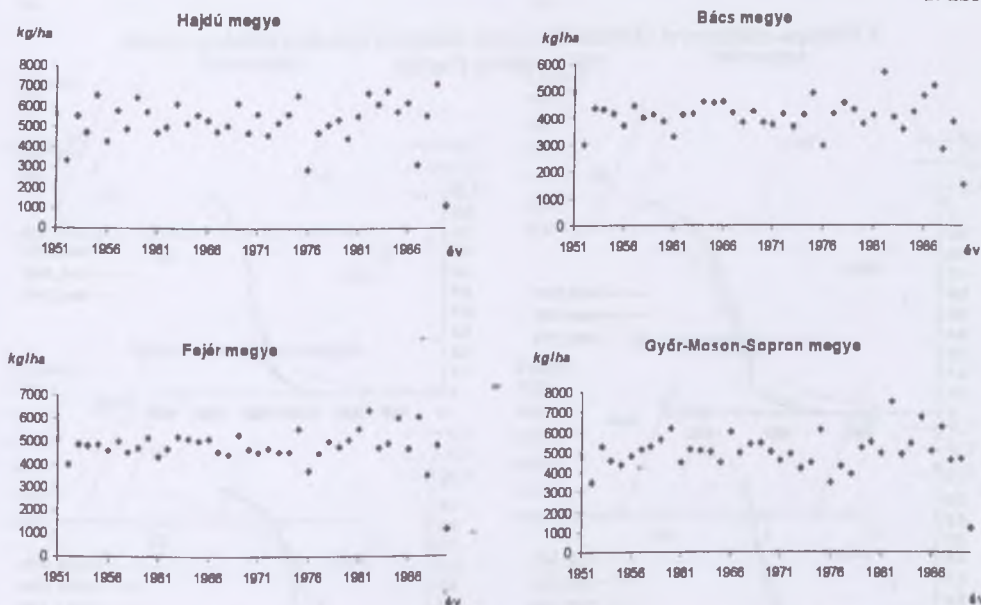
A 11. ábrán látható, hogy a búza termelésének kockázata a négy vizsgált megyéből háromban az 1951–70 és az 1961–80-as éveket összehasonlítva az  $r_a$  kockázati averzió nagyságától függetlenül növekedett. Ez a változás Fejér megyéről nem mondható el. Ott az 1951–70-ig terjedő időszaknál kockázatosabb volt az 1971–90-es, ámde a legmagasabb kockázattal e három között az 1961–80-as évek jártak. A kockázat növekedésének mértéke az 1971–90-es évekre vonatkoztatva – a kukoricánál megállapítottaktól eltérően – csak Győr-Moson-Sopron megyében fokozódott, de itt sincs eltérés a kisebb és a nagyobb  $r_a$  kockázati averziós értékekre.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ANDERSON, J. R. – DILLON, J. L. – HARDAKER, J. B. (1977): Agricultural Decision Analysis. Iowa State University Press, Ames (2) ANDERSON, J. R. – DILLON, J. L. (1992): Risk Analysis in Dryland Farming Systems. Farming Systems Management Series No. 2, FAO, Rome (3) CLEMEN, R. T. (1996): Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis, 2nd edn. Duxbury Press, Belmont, California (4) DRIMBA, P. (1997): A műtrágyázás hatásának értékelése a kukoricatermesztésben kockázatelemzéssel. Növénytermelés, 46/6. 617–629. pp. (5) DRIMBA, P. (1998): A növényszám hatásának értékelése a kukoricatermesztésben kockázatelemzéssel. Növénytermelés, 47/5. 547–558. pp. (6) DRIMBA, P. – NAGY, J. (1997): Kukoricahibridekkel végzett kockázatvizsgálat eredményei. Növénytermelés, 46/5. 487–499. pp. (7) DRIMBA, P. – NAGY, J. (1998): A talajművelés hatásának eredményei a kukoricatermesztésben a kockázat figyelembevételével. Növénytermelés, 47/1. 59–71. pp. (8) DRIMBA, P. – NAGY, J. (2000): Kukoricahibridek termesztési arányának meghatározása a hozam kockázatának csökkentése érdekében. Növénytermelés, 49/1–2. 89–94. pp. (9) DRYANAN, R. G. (1986): A Note on Optimal Rules for Stochastic Efficiency Analysis. Australian Journal of Agricultural Economics 30,

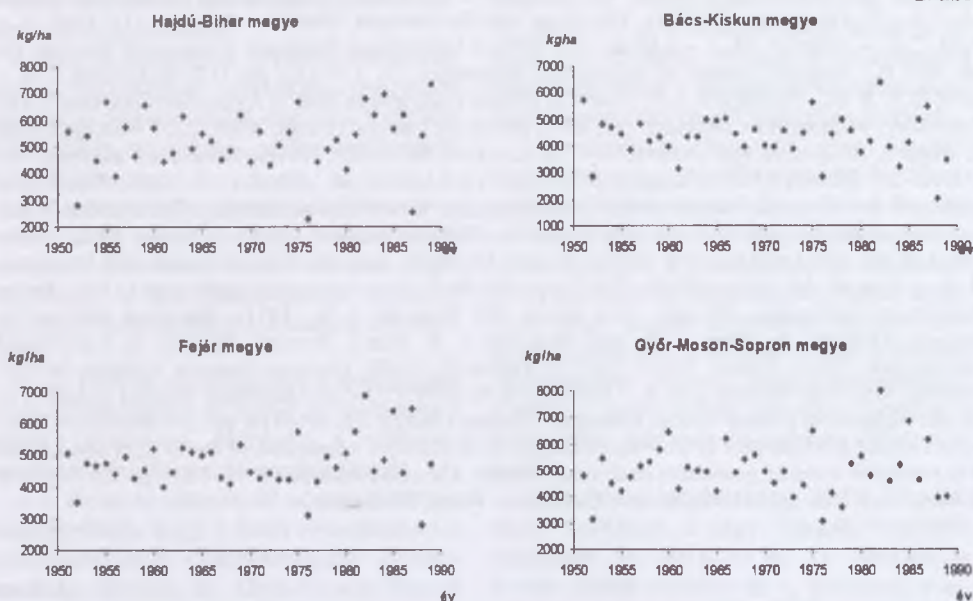
53–62. pp. (10) FREUND, R. J. (1956): The introduction of risk into a programming model. *Econometria* 24, 253–161. Gladstones J (1992): *Viticulture and Environment* Winetitles Adelaide (11) GOH, S. – SHIH, C.-C. – COHRAN, M. J. – RASKIN, R. (1989): A Generalized Stochastic Dominance Program for the IBM PC. *Southern Journal of Agricultural Economics*, 21, 175–182. pp. (12) HARDAKER, J. B. – HUIRNE, R. B. M. – ANDERSON, J. R. – LIEN, G (2004): *Coping with Risk in Agriculture*. 2nd edn. CABI Publishing, Wallingford-Cambridge (13) IPCC Report on Climate Change 2001., 2007 Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability (14) LADÁNYI, M. (1995): Növénytermesztési modellek. In: „AGRO-21” Füzetek 11. sz., Budapest, 79–96. pp. (15) LADÁNYI, M. – ERDÉLYI, É. (2005): A kukorica-termesztés kockázatának vizsgálata egy új sztochasztikus hatásossági módszerrel. (The increase of risk in maize production detected by a new stochastic efficiency method) *Agrárinformatika* 2005, Debrecen, 1–6. pp. (16) LINDLEY, D. V. (1985): *Making Decisions*, 2nd edn. Wiley, London (17) LINSTONE, H. A. – TUROFF, M. (eds.) (2002): *The Delphi Method: Techniques and Applications*. New Jersey Institute of Technology, Newark, New Jersey (18) PHILLIPS, J. B. (1971): *Statistical Methods in Systems Analysis*. In: Dent, J. B. and Anderson, j. R. (eds.): *Systems Analysis in Agricultural Management*. Wiley, Sydney, 34–52. pp. (19) RAIFFA, H. (1968): *Decision Analysis*, Addison-Wesley, Reading, Mass (20) SEMENOV, M. A. – BARROW, E. M. (1997): Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. *Climatic Change*, 35: 397–414. pp. (21) SEMENOV, M. A. – BROOKS, R. J. – BARROW, E. M. – RICHARDSON, C. W (1998): Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in diverse climates. *Climate Research* 10: 95–107. pp. (22) WRIGHT, G. – AYTON, P. (eds.) (1994): *Subjective Probability*. Wiley, Chichester

1. ábra



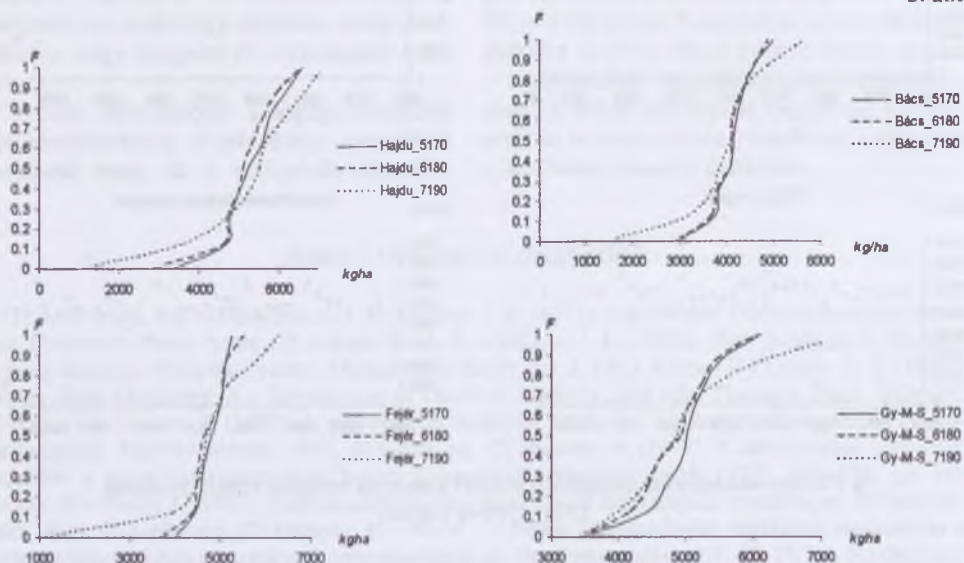
A Phillips-módszerrel aktualizált megyei kukorica terméseredmény-adatok  
1951–1990-ig (kg/ha)

2. ábra



A Phillips-módszerrel aktualizált megyei kukorica terméseredmény-adatok  
1951–1989-ig (kg/ha)

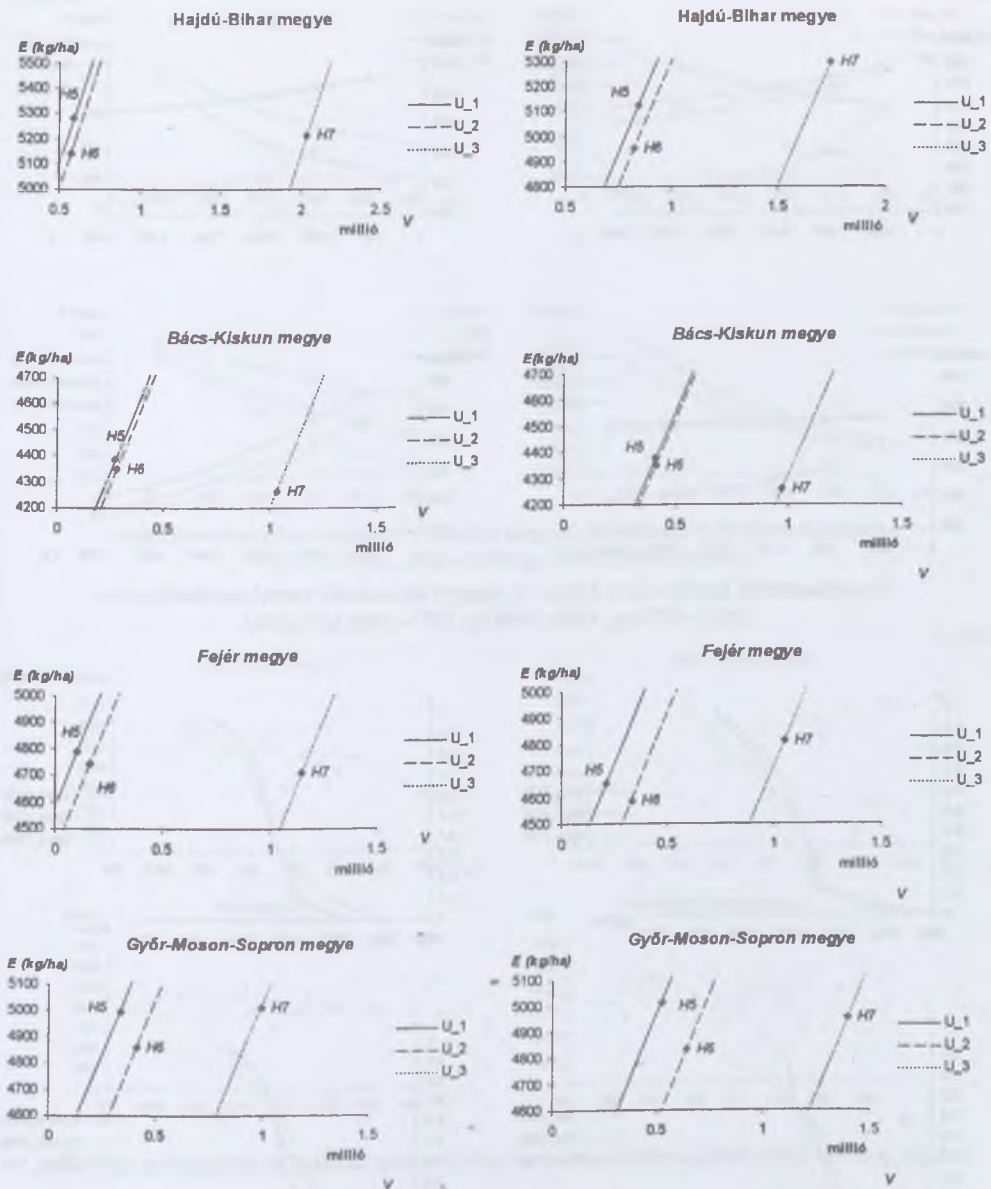
3. ábra



Szjektív eloszlásfüggvények a kukorica megyei aktualizált terméseredményeire  
1951–1970-ig, 1961–1980-ig, 1971–1990-ig (kg/ha)



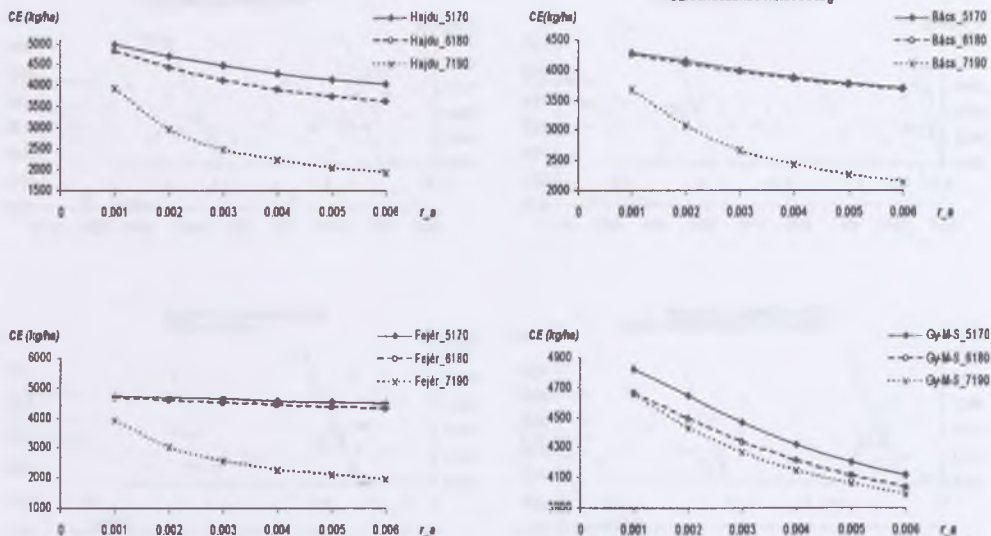
4. ábra



E, V-hatásosság és a hasznossági függvények szintgörbéi Magyarország négy megyéjében, a kukorica termésátlagára.

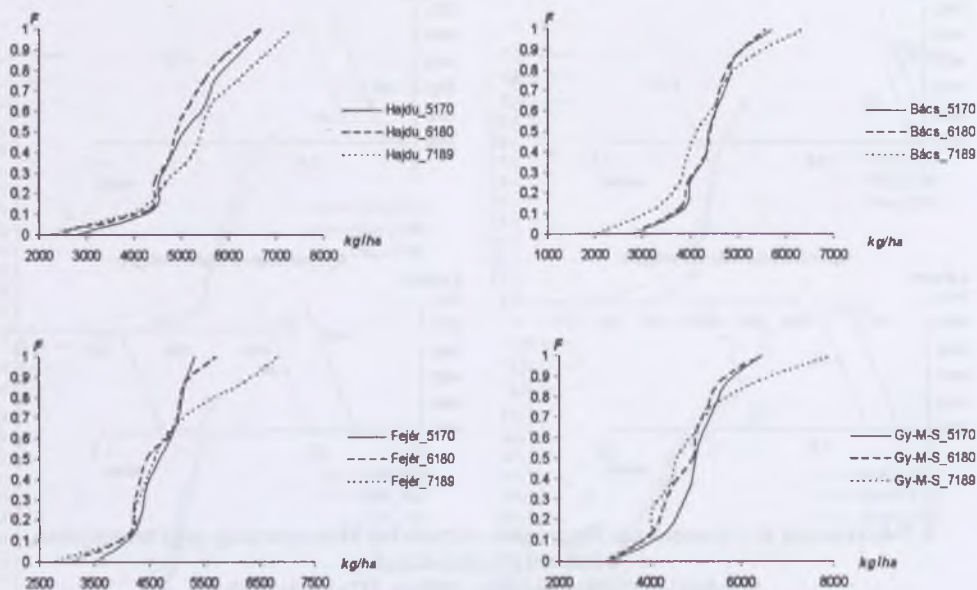
H5=1951–1970-ig, H6=1961–1980-ig, H7=1971–1990-ig

5. ábra



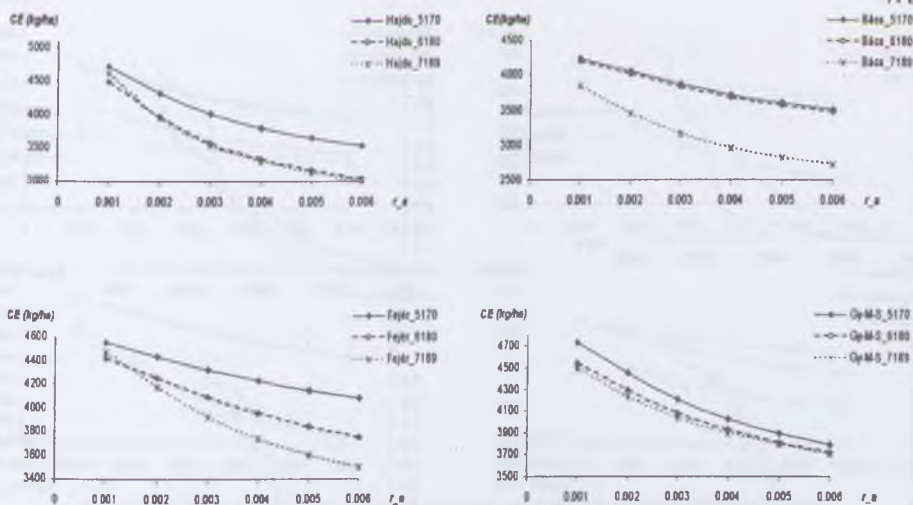
Sztochasztikus hatásosság a kukorica megyei aktualizált terméseredményeire  
1951–1970-ig, 1961–1980-ig, 1971–1990-ig (kg/ha)

6. ábra



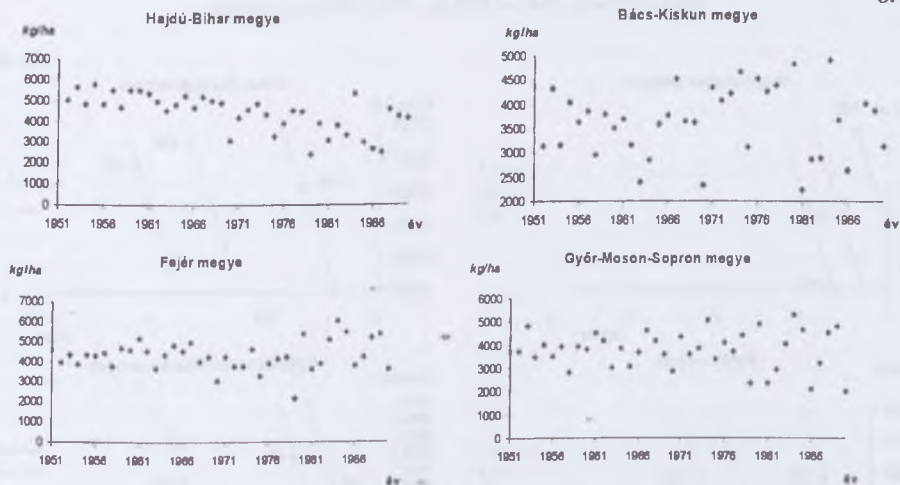
Szjektív eloszlásfüggvények a kukorica megyei aktualizált terméseredményeire  
1951–1970-ig, 1961–1980-ig, 1971–1989-ig (kg/ha)

7. ábra



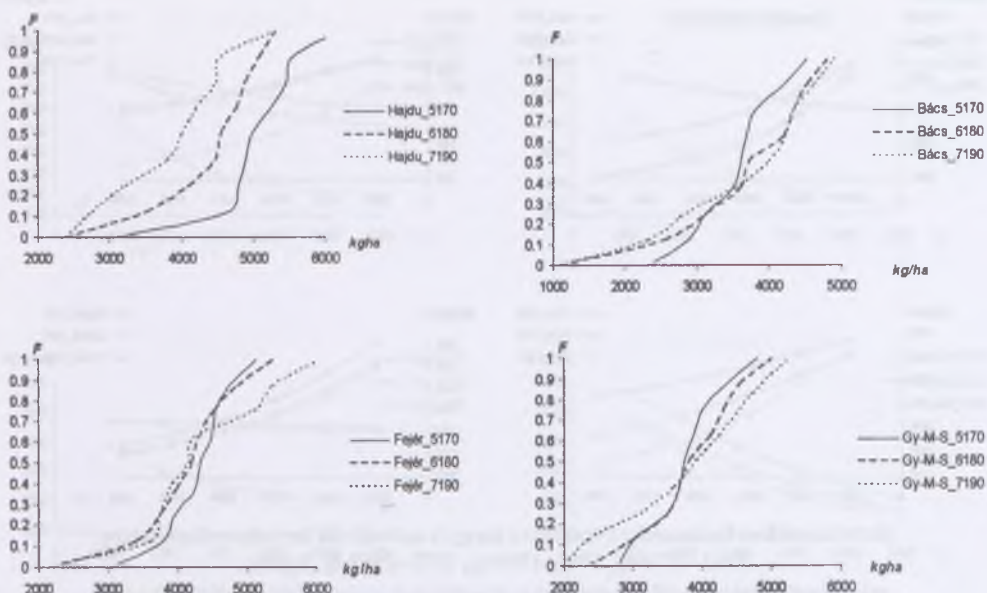
Sztochasztikus hatásosság a kukorica megyei aktualizált terméseredményeire 1951–1970-ig, 1961–1980-ig, 1971–1989-ig (kg/ha)

8. ábra



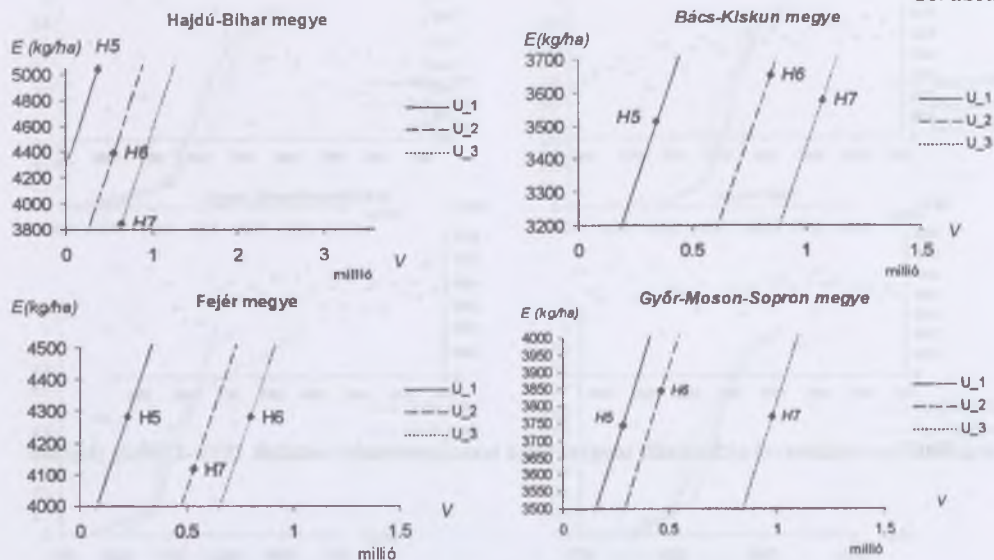
A Phillips-módszerrel aktualizált megyei búza terméseredmény-adatok 1951–1990-ig (kg/ha)

9. ábra



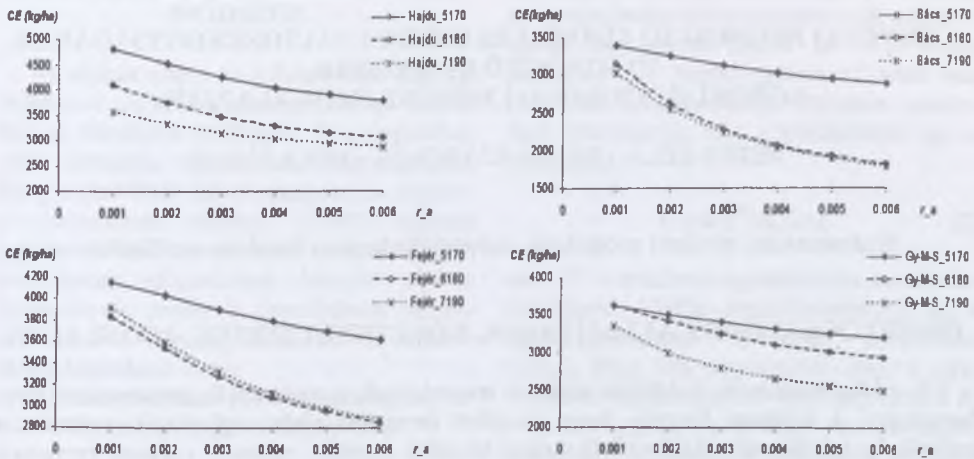
Subjektív eloszlásfüggvények a búza megyei aktualizált terméseredményeire 1951–1970-ig, 1961–1980-ig, 1971–1990-ig (kg/ha)

10. ábra



E, V-hatásosság és a hasznossági függvények szintgörbéi a búza termelésére Magyarország négy megyéjében. H<sub>5</sub>=1951–1970-ig, H<sub>6</sub>=1961–1980-ig, H<sub>7</sub>=1971–1990-ig

11. ábra



Sztochasztikus hatásosság a búza megyei aktualizált terméseredményeire 1951–1970-ig, 1961–1980-ig, 1971–1990-ig (kg/ha)

# A NÖVÉNYI PRODUKCIÓ TÉRBELI ÉS IDŐBELI VÁLTOZÉKONYSÁGÁNAK ÚJ MINŐSÍTŐ RENDSZERE AGROKLIMATOLÓGIAI MÉRŐSZÁMOK ALAPJÁN

PÉTER BÉLA – BELLA SZABOLCS – MIKA JÁNOS

**Kulcsszavak:** növényi produkció, potenciális termés becslése, verifikálás.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Új, eddig még nem publikált eljárást ismertetünk a potenciális termésmennyiség becslésére. A módszer lényege, hogy az adott termelési ciklus éghajlatát, valamint a termőhely talaját sokoldalúan jellemezve közelítő becslést adjon a várható termésre, amit a valóságban a tápanyagbevitel (elvből mérhető), illetve az agrotechnika sok más mozzanatának hatására a tényleges termés csak megközelíteni tud. A Péter Béla által évtizedek alatt kimunkált eljárást a szerzőtársak három megye kukoricatermésén verifikálták az éghajlati és a termés adatsorok 31 évi (1976–2006) idősorain. Az eljárás helyességét a 0,74–0,81 közötti korrelációs együttható, valamint a tényleges és potenciális termések hányadosának viszonylag állandó értéke igazolja. A módszer többféle alkalmazási lehetősége a konkrét évek termésbecslésétől a klímaváltozás hatásának becslésén át a termőhelyek (nemcsak talaj-, de éghajlati mutatóktól is függő) összehasonlításáig, illetve minősítéséig terjed.

## BEVEZETÉS

Magyarországon a mezőgazdasági termelés változatos klimatikus feltételek mellett, más-más tulajdonságú talajokon zajlik, amit a talajvíz- és domborzati viszonyok is jelentősen befolyásolnak.

A növények életműködéséhez alapvető fontosságúak a meteorológiai elemek, ezek közül is a hőmérséklet és a csapadék.

A különböző fajok termelése csak bizonyos hőmérsékleti határértékek között lehetséges.

A hőmérséklet változásai a növény fejlődését befolyásolják: a melegedés gyorsítja, míg a lehülés lassítja azt. Ilyen módon hat a vetéstől a betakarításig terjedő tenészedőszak hosszára is.

Ezért azon kérdésekre, hogy mely növények termelhetők az adott területen, a hő-

mérsékleti viszonyok alapján kaphatunk választ (Varga-Haszonits, 2006).

A másik fontos meteorológiai elem a csapadék mennyiségi és időbeli eloszlása.

Ugyanis hiába optimális a növények fejlődéséhez a hőmérséklet, ha növekedése, fejlődése alatt csapadékhiányban szenved.

Az időszakos csapadékhiány következtében fellépő aszály (Vermeš, 2006; Bella, 2004) a legközvetlenebbül és a legnagyobb mértékben érinti a mezőgazdaságot, a növénytermelést.

A továbbiakban egy olyan eljárást mutatunk be, amelyet Péter Béla évtizedek alatt dolgozott ki, finomított, s amely a szerzőtársak bekapcsolódásával nyerte el végső, kvantitatív formáját.

A meteorológiai és mezőgazdasági adatok együttes kezelése nyomán sikerült az eljárást verifikálni.

## A KIDOLGOZOTT TERMÉSBECSLŐ MÓDSZER

Az eljárás alapja az a Péter Béla által kifejlesztett „Eljárás a mezőgazdasági termőhelyek ökológiai értékének és a legkedvezőbb termelési eljárásának meghatározása főleg szántóföldi növénytermesztés céljára” c. szabadalom, amelyet 187993 számon jegyzett be az illetékes hatóság 1984-ben. A szabadalom időszakában létrejött eljárás (know-how), amely a szerzőtársak bekapcsolódásával némileg módosult, az alábbiakban foglalható össze:

A növényi termés ( $Y$ ) általánosságban az alábbi képlet segítségével fejezhető ki

$$Y_N = Y_N(K, T, n, a), \quad (1)$$

ahol  $N$  a különböző növényeket jelöli;

$K$  az adott termőhely éghajlata (időjárási elemeinek és eseményeinek összessége);

$T$  a termőhely talaja (annak összes fizikai, kémiai tulajdonsága);

$n$  a termőhely talajába az adott évben bejuttatott tápanyag (trágyázás);

$a$  az agrotechnika további elemei (növényvédelem, talajművelés, betakarítás stb.).

Az (1) formula jobb oldalának  $K$ ,  $T$  és  $n$  elemei valójában maguk is függvények, amelyek argumentumában az éghajlati elemek, a talaj tulajdonságai, illetve a bejuttatott tápanyagok állnak. A függvény jellege és paraméterei növényről növényre változhatnak, beleértve akár az egyes argumentumok elmaradását, más éghajlati elemre, vagy talajtulajdonságra változását. (E függvények további magyarázatát lásd a konkrét termésbecslő módszer ismertetésénél.)

A növényi termés más tényezőkkel való leírásának első lépése mindenkor a kérdéses növény megnevezése. Ezért a további leírásban az  $N$  szimbólumot (indexet) elhagyjuk, illetve a levezetést bármely növényre érvényesnek tekintjük.

A tápanyagpótlás és az agrotechnika egyéb elemeinek szétválasztását az indokolja, hogy az előbbi explicit figyelembe véte-

lére egyes esetekben lehetőség nyílik, addig az agrotechnika többi elemére csak a ténylegesen betakarított, illetve az adott évben potenciálisnak becsült termés (1,0-nél nem nagyobb) hányadosaként, közvetve nyerhetünk információt. Ezt a körülményt úgy is jelölhetjük:

$$Y = a \cdot Y^P(K, T, n), \quad (2)$$

ahol  $Y^P$  a tökéletes agrotechnika esetén betakarítható, ideális termésmennyiség, az  $n$  tápanyagbevittel *korrigált potenciális hozam*. Meg kell jegyeznünk, hogy a gyakorlatban minden olyan veszteség, amit a  $K$ ,  $T$  és  $n$  függvényeknél nem vettünk figyelembe (pl. fagyhatás, a talaj káros biológiai aktivitása, a trágya nem kívánt összetevője stb.), ebben a sémben az agrotechnika rovására írható, és az  $a$  értékét csökkenti.

Rátérve az általános megközelítésnek a jelen módszer által követett lépéseire, a továbbiakban az  $Y^P$  korrigált potenciális hozamot az argumentum-elemek szorzatszerű

$$Y^P = n \cdot y^p[(\ddot{O}P(K \cdot T))] \quad (3)$$

alakú függvényének tekintjük, ahol  $n$  tápanyag-beviteli függvény, értékkészlete 0,65 és 1 között váltakozik, vagyis a tápanyagbevittelt a módszer szintén a talaj és az éghajlat engedte potenciális termést korlátozó tényezőnek tekinti. Megjegyzések: 1. Ha az adott évben a talaj táperezét semmilyen szerves vagy műtrágyával nem pótolják, emiatt a kiesés a módszer szerint 35%. 2. Egy konkrét termőhelyen ismerhetjük a tápanyagbevittelt, így az  $n$  értéke ennek arányában becsülhető. Az eljárást igazoló, alábbi számításokban azonban megyei átlagok szerepelnek, ami csak annak megállapítására adott lehetőséget, hogy az  $n$  legkisebb értékei a műtrágya gyors hazai áremelkedésének időszakában voltak a legkisebbek, követve a hosszú éveken át 1,0 értékű, gyakorlatilag kielégítő, vagy afeletti tápanyagbevittelt időszakait.

A (3) formulában az  $y^p[(\dot{O}P(K \cdot T))]$  potenciális hozam függvény közvetlen argumentuma az  $\dot{O}P(K \cdot T)$  ökológiai pontérték, amely a klíma és a talaj tulajdonságaiból vezethető le. Az e két alapvető termésképző tényezőtől való függést azért érdemes két lépésben származtatni, mert amíg az ökológiai pontérték adott nevű növényre fajtától függetlenül ugyanúgy számítható, addig az ökológiai pontérték átszámítása potenciális termésre minden fajta esetében más-más módon történik. A továbbiakban az  $\dot{O}P(K \cdot T)$  ismertetését a talaj hatásával kezdjük és az éghajlati anomália szerepével folytatjuk.

A  $T$  talajfüggvény járulékát az ökológiai pontértékhez a módszer (ahogy jeleztük, minden növényre más konkrét paraméterekkel) az alábbi alakban közelíti:

$$T = \tau_v \cdot \tau_d \cdot T^*(t_1, \dots, t_7), \quad (4)$$

ahol  $\tau_v$  a talajvíz mélységével kapcsolatos korrekció, amelynek értéke 1–1,40 között váltokozhat 1,0 m-nél magasabban, illetve 2,75 m-nél mélyebben levő talajvíz esetén.

$\tau_d$  a termőhely domborzati- és kitétségvizonyai miatti korrekció, amely 0,48 és 1,0 között vehet fel értékeket. A legkisebb értékek a 25 fok feletti dőlésszögnél és az északi irányítottságnál, míg a legnagyobb értékek a sík felület közelében és déli irányultságnál lépnek fel.

$T^*$  a talaj termésjáruléka átlagos talajvíz-szint és sík terület esetén, amit az alábbi hét tényező befolyásol

$t_1$  a talaj típusa és altípusa (40 kategória és altípusai, pl. homok, agyagbemosódásos barna erdőtalaj, mészlepedékes csernozjom, réti talaj stb. (Izsó, 1986);

$t_2$  a talajképző kőzet (45 kategória, pl. löszös vályog, vörös vagy barna agyag, márga, szürkésfehér homok stb.);

$t_3$  a talaj kémhatása és mészállapota (5 kategória az erősen savanyú talajoktól a felszíntől karbonátos szikes talajokig);

$t_4$  a talaj fizikai félesége (7 kategória a homoktól a nem, vagy részben mállott durva vázrészig);

$t_5$  a talaj vízgazdálkodási tulajdonságai (9 reális kategória a vízvezető képesség, a vízraktározó képesség és a víztartó képesség szerint);

$t_6$  a talaj szervesanyag-készlete (6 osztály az 50 t/ha alatti készlettől a 400 t/ha feletti készletig);

$t_7$  a talaj termőrétegének vastagsága (5 kategória a 20 cm alattitól a 100 cm feletti vastagságig).

A talajfüggvény  $T^*(t_1, \dots, t_7)$  tényezője természetesen nem lineáris függvénye a fenti hét argumentum-elemnek, sőt a talajtípus, illetve a fizikai féleség szerint felvett függvényjáruléka a talaj adott vízgazdálkodási tulajdonságától is függ.

A fenti módon előálló  $T$  hatást az ökológiai pontértékre *talaj pontértéknek* nevezzük.

Külön elnevezéssel *klímaegyütthatónak* mondja a módszer a fenti,  $K$  éghajlati függvényt, amelynek leírásakor elsőként tisztázzuk, hogy a továbbiakban milyen értelemben használjuk az időjárás és az éghajlat fogalmakat. *Időjárásnak* mondjuk az adott termelési ciklusban, adott termőhelyen előfordult meteorológiai elemek időbeli egymásutánját a felszínen és annak közelében. Ezzel szemben *éghajlatnak* nevezzük ezen elemek sokévi átlagban (esetünkben 1976 és 2006 között, 31 év átlagában) ugyanazon a helyen jellemző értékeit. (E két meghatározás szűkebb a meteorológiában szokásosnál, hiszen az időjárást csak a felszínre korlátozza, a magasabb rétegek elhagyásával; az éghajlatot pedig az átlagokra szűkíti le, az e körüli szóródás és a szélsőségek statisztikai jellemzése nélkül.)

Az időjárást mint többdimenziós, napi bontású adatsorozatot a termésbecslő módszer havi átlagértékek formájában, tehát közelítő pontossággal írja le, amelynek eredményeképpen ún. *éghajlati anomáliákhoz* jutunk. Az egyszerűség érdekében akkor is ezt a kifejezést használjuk, ha konkrét értékkel – tehát nem az éghajlati átlagtól vett eltéréssel – számolunk, továbbá akkor is, ha az éghajlati átlag arányában (százalékosan) adjuk meg az eltérést.



A termésbecslő módszer az éghajlati anomáliákat minden növény esetében ugyanazzal a négy alapvető meteorológiai elemmel jellemzi, amelyek a  $K$  klímaegyüttható alakító szerepüktől függően, többféle időszakhoz kapcsolódhatnak. A módszer alapvető időszaka az ún. *termelési ciklus*, amely egy teljes év, az elővetemény betakarításától a vizsgált növény betakarításáig terjed. Szerpehez jut még a *tenyésztési időszak*, amely a növény kelésétől a betakarításig terjed, *valamint* egy-egy szintén erősen növényfüggő, *kritikus időszak*, amelynek hőmérsékleti és nedvességi viszonyai a leginkább befolyásolják a későbbi termést.

A figyelembe vett éghajlati anomáliák és ezek származtatási időszakai az alábbiak:

1. A *csapadék* ( $P$ ) *összegzett értékeit* figyelembe vesszük a termelési ciklus időszakára ( $P_c$ ), valamint a tenyészidőszakra ( $P_n$ ). E két mennyiség  $p\% = P_n/P_c$  hányadosaként megadjuk, hogy az adott tenyészidőszak csapadéka hány százaléka ugyanazon termelési ciklus csapadékösszegének. Végül megadjuk a ( $P_x$ ) csapadékösszeget is, a xerotermikus indexhez (lásd alább) szükséges kritikus időszakra.

A csapadékra vonatkozó teljes termelési ciklus az egyes növényekre a következő:

- búza: július 1-től a következő év június 30-ig
- kukorica: októbert 1. – következő év szeptember 30.
- napraforgó, lucerna: szeptember 1. – következő év augusztus 31.
- burgonya: november 1. – következő év október 31.

2. A *napsütéses órák számát* ( $S_r$ ) az alábbi termelési ciklusokra összegezzük:

- búza: augusztus – következő év július
- napraforgó: augusztus – következő év október
- kukorica, burgonya: november – következő év október

3. A *hőmérsékleti összeget* ( $T_c$ ) az egyes növények termelési ciklusán belül a három téli hónap (december, január és február) figyelmen kívül hagyásával származtatjuk, feltételezve, hogy ekkor minden növény nyugalmi fázisban van. A hőmérsékleti összeg szempontjából a termelési ciklust az alábbi határokkal vesszük figyelembe:

- búza: augusztus – következő év július
- kukorica, burgonya: november – következő év október
- napraforgó: október – következő év szeptember
- burgonya: november – következő év október

4. A *xerotermikus index* ( $X_k$ ) a vizsgált növény két kritikus hónapjának csapadékától és átlaghőmérsékletétől függő érték:  $X = P_k/2T_{ik}$ , ahol  $P_k$  a két hónap csapadékösszege,  $T_{ik}$  pedig ezen időszak átlaghőmérséklete. E kritikus hónapok egyes növényekre az alábbiak:

- búza: április – május
- korai kukorica (FAO 200-299): június–július
- kukorica: július – augusztus
- napraforgó: május – június
- korai burgonya, lucerna: május – június
- (főtermésű) burgonya: július – augusztus

A  $K$  klímaegyüttható értéke egy lépésben, de az  $X$  xerotermikus index kritikus időszakbeli értékét ismételtelen felhasználva adódik a  *$k$  korrigált klíma pontértékből*. Ez utóbbit azért nevezük korrigáltnak, mert annak értékéhez a  $k = p\% \cdot k^*$  arány szerint 0,7 és 1,0 közötti értékkel járul hozzá a fenti  $p\%$  hányados, amely kifejezi, hogy ha a termelési ciklus csapadéka előnytelenül nagy arányban a tenyészidőszakon kívül hullott le, az csökkenti a kiinduló  $k^*(P_n, S_c, T_c, X_k)$  (korrigálatlan) klíma pontértéket.

E mennyiségre a fenti négy éghajlati anomália értékei külön-külön additív módon

járulnak hozzá. Mindegyik anomália rendre hozzáadja a maga csapadék, hőösszeg, napfénytartam és xerotermikus pontértékét. Pontosabban ezek közül a hőösszeg és a napfénytartam hozzájárulása tekintettel van a termelési ciklus alatt lehullott csapadékra is. Hiszen, ha kevés a csapadék, akkor a termikus hatások sem tudnak hasznosulni.

A fentiekben fordított sorrendben ismertettük az eljárást ahhoz képest, ahogy az lépésről lépésre végrehajtja a számításokat. A tényleges sorrendet az 1. ábra mutatja be. A benne szereplő fogalmakat az 1. táblázatban ismét összefoglaltuk.

Az eljárás tehát a következő lépéseket foglalja magában: a napfény, csapadék, hőösszeg, xerotermikus index pontértékeinek összege tehát az első lépésben megadja az ún. klíma pontértékét. A napfényes órák, hőösszeg pontértéke függ a napfénytartamtól, a hőmennyiségtől és a termelési ciklus csapadékmennyiségétől. Ezt módosítjuk a csapadékellátottságtól függően minden olyan esetben, amikor a termelési ciklus csapadékösszege nem éri el a hosszú távú időszak csapadékátlagának kilencven százalékat. Figyelembe vettük még ebben a lépésben azt is, hogy a tenyészidő csapadékösszege a termelési ciklus csapadékának hány százaléka.

A korrekció elvégzése után megkaptuk a korrigált klíma pontértékét. A klímaegyüttható meghatározásához a korrigált klíma pontértékét használtuk. A klímaegyüttható az adott növényfaj klimatikus igénye (csapadékösszeg, napfényes órák száma, hőösszeg, kritikus időszak) pontértékeinek módosított összegétől függő, az adott évjárat éghajlati viszonyait kifejező jellemszám, amit az előzetesen korrigált klíma pontértékből a xerotermikus index pontértékének nagyságától ismét függővé tett jellemszám.

A klímaelemek értékeit kifejező pontszámokat, valamint a klímaegyüttható megállapítását, a csapadék-ellátottsági korrekciót és a tápanyag-ellátottsági együtthatókat a módszer átszámítási táblázatai egyértelműen tartalmazzák. E bonyolult, gyakran többvál-

tozós összefüggések az eljárás (korábban szabadalom) lényegét jelentik, amelynek részletes kibontása helyett ezen a ponton a 2. táblázatban érzékeltetjük, hogy milyen lépésekről, illetve transzformációkról van szó.

A talajvizsgálati eredményektől függő mértéke 0,6–0,9 közötti érték, amely a tápanyag-ellátottsági szint függvénye. Ezek térképezésével azt vizsgálhatjuk, hogy az adott növénynek az adott régióban a klíma feltételei mennyire (voltak) optimálisak az adott év során, abban az esetben, ha a talaj tulajdonságait is figyelembe vesszük az adott területen. Bár erre a szakirodalomban számos más módszer is létezik, a talaj pontérték kiszámítására is külön módszert dolgoztunk ki, amely az eljárás (korábban szabadalom) része. E talajminősítések lényegét a fentiekben ismertettük. A talaj pontérték és a klímaegyüttható szorzataként előáll az ún. ökológiai pontérték, ami a potenciális termés becslését megalapozó, komplex kulcsmennyiség. Ezek után a módszer minden ökológiai pontértékhez termésmagyságot (potenciális hozamot) számol ki. Végül, a fentiekben említett változók figyelembevételével, tápanyag-ellátottság ismeretének korrigálásával számítja ki a módszer a potenciális termést.

## A TERMÉSBECSLŐ MÓDSZER HELYESSÉGÉNEK IGAZOLÁSA

A vizsgált térség Dél-Dunántúl három megyéje, Baranya, Somogy és Tolna voltak. E megyék kukorica termésátlagait használtuk az eljárás igazolására. Mivel a megyei termésátlagokban a kukorica sok fajtája keveredhet, erre a részletre nem lehetünk tekintettel. Ehelyett azt feltételezzük, hogy az adott talajnak, éghajlatnak legmegfelelőbb növényfajta termelése történik. Lokális skálán (például termőhelyek összehasonlításakor, értékelésekor) természetesen ez a tényező sem hagyható figyelmen kívül.

A kukoricatermelés klímavizsgálatát négyféle klímaegyüttható csoportosításban értékeltük megyénként, s ebből Baranya

megye adatait részletesen is bemutatjuk a 3. táblázatban, és ugyanitt feltüntetjük Somogy és Tolna megyék 31 év átlagos mutatóit. A három megyét 1976–2006. évek klímaegyütthatói alapján az alábbiak szerint csoportosítottuk az előfordulási évek szerint.

A klímaegyüttható értéke 31 év átlagában: Baranya 1,29, Somogy 1,31, Tolna 1,25. Megállapítható, hogy a termésátlagok alakulásában és az évenkénti ingadozásában a klímának, azon belül különösen az évenként is változó csapadékviszonyoknak döntő a szerepe. A termelési ciklus csapadékmenyisége mm-ben kifejezve a termésátlaggal pozitív összefüggést mutat. Hasonló eredményt kapunk a pontérték és a termésátlag összehasonlításában is. Az értékelésben gondot jelent a termelési ciklus alatti napfényes órák számának, illetve a hőmennyiség 9 havi átlaga értékének figyelembe vétele. Mind a két elem sok esetben a termésátlaggal negatív korrelációban van. Újdonságnak számító, hogy a találmány szabadalmi oltalma alatt és azt követően folytatott fejlesztési munka eredményeképpen létrejött know-how ezt az ellentmondást feloldja, ha mind a hőmennyiség, mind a napfényes órák számát az adott év csapadékviszonyainak függvényében értékeljük, és a csapadékviszonyokhoz hasonlóan pontértékben fejezzük ki, a pontérték és a termésátlag pozitív összefüggést mutat. A pontérték nem mutat lineárisan összefüggést a napfény és a hőmennyiség változó értékeivel

A fentiekben leírt módszer alapján Baranya, Somogy és Tolna megyére kiszámítottuk 1976–2006-ig terjedő időszakra a klíma pontértéket, klímaegyütthatót, ökológiai pontértéket, s végezetül meghatároztuk a potenciális hozamot az adott évekre az alábbi állomások meteorológiai adatai alapján: Pécs, Siófok és Kaposvár, illetve Homokszentgyörgy. Az így kapott potenciális hozamot összevetettük a megyei átlagokkal, melynek eredményei a 2. ábrán láthatók, s így nyertük Somogyban a 0,81, illetve Baranyában a 0,74-es korrelációs értéket, míg Tolna megye esetében is meglehetősen jól

követte a becslés a termés értékeit az egyes években (korr.: 0,77).

A potenciális hozamok meghatározása mellett a területi eltérések kiértékelése is lehetséges a módszer segítségével.

A kedvező 2005. év klímáját jellemzi a 4. táblázatban látható klímaegyüttható. A kedvezőtlen 1990. évben a klímaegyüttható mintegy fele akkora nagyságú volt, mint 2005-ben.

Az 1976–2006. éveket vizsgálva megállapítottuk, hogy a három megyében a legkisebb ökológiai potenciál 1990-ben, a legnagyobb pedig 2005-ben volt. A tényleges termésátlagok a potenciális hozamokkal összhangban alakultak (5. táblázat).

A legkedvezőbb évjáratban a tényleges termésátlag és a potenciális hozam hányadosa Baranyában 0,76, Somogyban 0,79, míg Tolnában 0,80 volt.

Az 1990-es, kedvezőtlen évben ezzel szemben a hányados Baranyában 0,61, Somogyban 0,56, míg Tolnában 0,53 volt.

A három megye 31 év fontosabb klímaelemének feldolgozása egyértelműen bizonyítja, hogy a klimatikus viszonyok az ökológiai potenciál kialakításában meghatározóak, ezért is tartjuk alkalmasnak e mutatókat a klímaváltozás hatásának nyomon követésére is. A várható klímaváltozás eltérő mértékének a növényenkénti ökológiai potenciálra gyakorolt hatásának kimunkálását is lehetővé teszi.

## ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK

A kidolgozott módszer természetesen más növényi kultúrákra is alkalmazható a paraméterek megfelelő megadásával, főleg annak érdekében, hogy az ismertett új eljárás széles körű alkalmazásával (klímapont, klímaegyüttható, ökológiai pontérték és ökológiai potenciál) lehetőség legyen a terület minősítésére, a termőföld hasznosíthatóságának (potenciáljának) növényenkénti meghatározására, s nem kevésbé a klíma-

elemek értékeinek klímaváltozás hatására bekövetkező számszerű minősítésére.

A módszer alkalmazható az alábbiakra:

- A mezőgazdasági területek minősítése klíma pontértékkel, klímaegyütthatóval. Alkalmos a területi különbségek differenciálására, valamint az egyes évek minősítésére.

- A növények potenciális hozama megbecsülhető az ökológiai pontérték segítségével.

- A klímaváltozás hatásának számszerűsítésére is alkalmazható a fentiekben ismertetett új eljárás.

- Hogyan alakul a produkció abban az esetben, ha a klímaváltozás miatt az eddigittől jelentősen eltérő klímájú területen kívánjuk termelni az adott növényt?

- Az agroklimatológiai mérőszámok (klíma pontérték, klímaegyüttható, ökológiai pontérték) objektív alapot nyújthatnak a termőföld jövedelemtermelő képességének meghatározásához, mint az aranykorona érték.

- A kijuttatott tápanyag (trágya) hogyan befolyásolja a produkciót, a talaj, éghajlat, agrotechnika figyelembevétele mellett?

- A becslött ökológiai potenciál és a beta-karított termék hányadosa ismeretében értékelhető az agrotechnika, illetve a tápanyag-ellátottság hatása az egyes növényfajok hozamára.

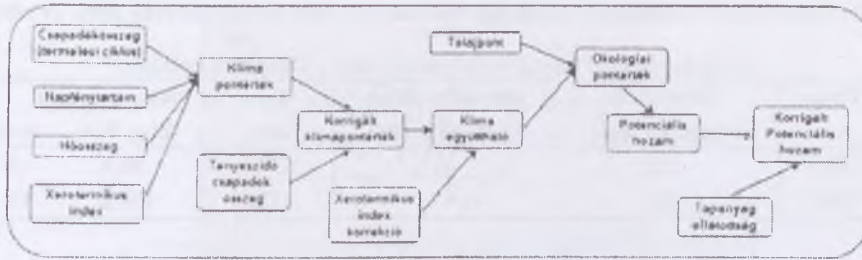
A fentiekből látható, hogy az ökológiai adottságokat kifejező pontérték számszerűsíthető összehasonlítási alapot nyújt a gazdálkodóknak és a gazdasági szervezetek tevékenységének. Az eljárás megalapozza a döntéshozók, szakértők munkáját mind a mezőgazdasági termelésben, mind a táj- és környezetgazdálkodási feltételeknek megfelelő módszerek alkalmazásában, fejlesztésében.

A módszer alkalmazásával egy tudományosan megalapozott eszköz használatára nyílik lehetőség a gazdasági tervezés, a biztosítás, a hitelek és támogatások megítéléséhez.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BELLA SZ. – SZALAI S. (2006): A Dél-Dunántúl aszályérzékenysége, érzékenységének változása. III. Magyar Földrajzi Konferencia, 2006. szeptember 6–7. ISBN 963-9545-120 (2) CSATHÓ P. (2004): A talaj-növény rendszer tápelemforgalmának agronómiai és környezetvédelmi vonatkozásai. MTA Doktori Értekezés Tézisei, Budapest, 24 o. (3) CSERHÁTI S. (1901): Általános és különleges növénytermelés I–II. Szerző kiadása, Magyaróvár (4) IZSÓ I. (szerk.) (1986): Táblázatok a termőföld értékéléséhez. Mezőgazdasági és Élelmezésügyi minisztérium, Budapest, 80 o. (5) LÁNG I. (2005): Klímaváltozás és várható hatásai. (6) NAGY J. (2007): Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest (7) VARGA-HASZONITS Z. – VARGA Z. (2006): Az éghajlat hatása a növényfejlődésre és a tenyészidőszak hosszára. A Globális Klímaváltozás hazai hatások és válaszok zárókonferenciája, Akaprint Kft, Budapest (8) VERMES L. (2006): A nemzeti aszály stratégia. A Globális Klímaváltozás hazai hatások és válaszok zárókonferenciája, Akaprint Kft, Budapest

1. ábra



A módszer folyamatábrája

1. táblázat

## Az eljárásban alkalmazott kifejezések összesítése

**Termelési ciklus:** Növényenként vesszük figyelembe az elővetemény betakarításától a vizsgált növény termésének betakarításig terjedő időszakot.

**Termelési ciklusok éghajlatának értékelése:** A klímaelemek hosszú időszakának (30–50 év) átlagai alapján történik.

**Termelési ciklus időjárásának értékelése:** A vizsgált év és növény termelési ciklusára eső klímaelemek értéke, amelyeknél a csapadék értékelésekor figyelembe vesszük, hogy a termelési ciklus csapadékmennyisége a hosszú időszak csapadékatlagának hány százaléka.

**Tenyészidő csapadékmennyisége:** A termelési cikluson belül, a növények tenyészidejére eső csapadék mennyisége. Az értékelésnél figyelembe vesszük, hogy ez a csapadékmennyiség a termelési ciklus csapadékaának hány százaléka.

**Xerotermikus index (X):** A vizsgált növénynek megfelelő két kritikus hónap csapadékától és átlaghőmérsékletétől függő érték:  $X = P_k / 2T_{ák}$ , ahol  $P_k$  a két hónap csapadékösszege,  $T_{ák}$  pedig ezen időszak átlaghőmérséklete. A két kritikus hónap kiválasztásánál figyelembe kell venni a termelt fajta tenyészidejét.

**A klíma pontérték:** Az adott növényfaj klimatikus igényének függvényében a csapadékösszeg, napfényes órák száma, hőösszeg, a növényfajra élettani szempontból kritikusnak ítélt két hónap csapadék- és hőviszonyainak pontokban kifejezett összege.

**Korrigált klíma pontérték:** A klíma pontérték korrekcióját abban az esetben végezzük el, ha a termelési ciklus csapadékösszege az éghajlati átlagnak csak egy bizonyos százalékát éri el.

**Klímaegyüttható:** A mezőgazdasági termelésben a klíma a környezeti tényezők közül meghatározó szerepet tölt be. Az adott kultúra klimatikus igényének tekintetbe vételével a korrigált klíma pontérték, valamint az adott növényfajra élettani szempontból meghatározó kritikus időszak xerotermikus index pontértéke alapján határozható meg.

**Talaj pontértéke:** A szántóföldek teljesítő képességét jórészt az adott terület talajtakarójának fizikai, kémiai, biológiai, vízgazdálkodási tulajdonságai együttesen határozzák meg. Következésképpen a talajok pontértékét a legjellemzőbb paraméterek: talajtípus, a vízgazdálkodási sajátosságok, a kémhatás, fizikai állapot, humusztartalom, termőréteg-vastagság határozzák meg.

**Ökológiai pontérték:** A talaj pontértékének és a klímaegyütthatónak a szorzata adja meg az ökológiai pontértéket.

**Ökológiai potenciál:** Növényenként meghatározott ökológiai pontérték által táblázatból leolvasható potenciális hozam.

**Talaj- és tápanyag-ellátottság:** Az ökológiai potenciált a talaj típusára jellemző optimális tápanyag-feltöltöttségi szintekre állapítjuk meg. Amennyiben az adott termőtalaj feltöltöttségi szintje jelentősen eltér az optimálistól, a potenciális termést ún. tápanyag-ellátottsági együtthatóval csökkentjük, a talajvizsgálati eredmények (Csathó, 2004) alapján.

2. táblázat

Az 1. ábrán illusztrált számítási lépések egy kedvezőtlen 2000. és egy kedvező 2005. év adatain

A három éghajlati anomália és hozzájárulása a klíma pontértékhez.

Tolna év	Tenyészdő csapadék mm	Termelési ciklus csapadék %-ban	Termelési ciklus csapadék		
			mm	átlag %-a	pont
2000	238	41	577,4	96,9	9
2005	550	67	827,4	138,8	15

Tolna év	Termelési ciklus napos		Termelési ciklus hőösszeg	
	órák	pont	°C	pont
2000	2351	6	3747	10
2005	2126	10	3382	7

A negyedik anomália hozzájárulása a klíma pontértékhez  
(ez később a klímaegyütthatóban még egyszer szerepeshet jut)

Tolna év	°C júl.	Csapadék mm aug.	Xerotermikus index		Klíma pontérték	Csapadék korrekció	Korrigált klímapont	Klíma együttható
2000	21,3	90,4	2,12	14	39	0	39	1,30
2005	19,6	330,4	8,41	20	52	0	52	1,54

A talaj pontérték és a klímaegyüttható, valamint a végső potenciális és tényleges termés kialakulása

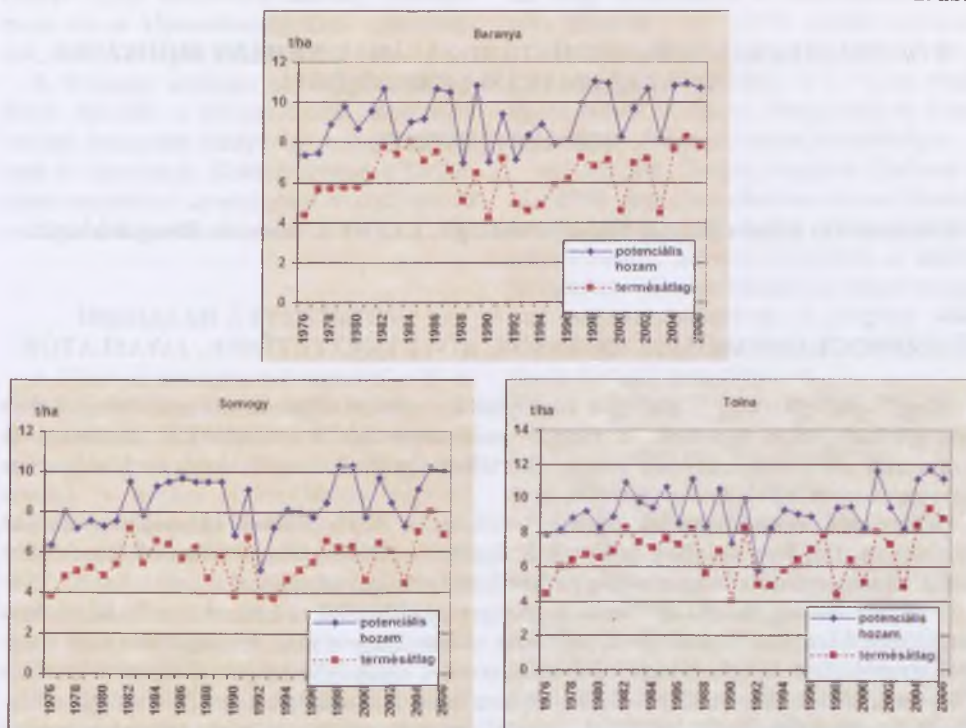
Tolna év	Talaj pontérték	Ökológiai pontérték	Potenciális hozam	Tápelem- korrekció	Korrigált potenciális hozam	Termésátlag t/ha
2000	45	58,5	10,38	0,8	8,30	5,08
2005	45	69,3	11,68	0,0	11,68	9,39

3. táblázat

A klímaegyütthatók alakulása a három megyében

Klímaegyüttható	Baranya	Somogy	Tolna	Osszesen	Százalék
Nagyon jó (1,5 felett)	7	7	5	19	20,4
Jó (1,31–1,50)	9	14	8	31	33,3
Közepes (1,11–1,30)	8	4	10	22	23,7
Kedvezőtlen (1,11 alatt)	7	6	8	21	22,0
Osszesen	31	31	31	93	100,0

2. ábra



Baranya, Somogy és Tolna megye potenciális hozam és termésátlag görbéi 1976 és 2005 között

4. táblázat

A három megye klímaegyütthatói a kukoricatermés szempontjából egy-egy igen jó (2005), illetve igen rossz (1990) évre

	Baranya	Somogy	Tolna
2005	1,56	1,56	1,54
1990	0,76	0,80	0,74

5. táblázat

A három megye potenciális, illetve tényleges kukorica terméshozamai egy-egy igen jó és igen rossz évre vonatkozóan

Kukoricatermés	Baranya		Somogy		Tolna	
	potenciális	tényleges	potenciális	tényleges	potenciális	tényleges
2005	10,94	8,30	10,18	8,02	11,68	9,39
1990	7,04	4,28	6,86	3,81	7,36	3,94

# FÖLDRAJZI ANALÓGIA MEGHATÁROZÁSÁNAK NÉHÁNY MÓDSZERE ÉS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

HORVÁTH LEVENTE

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, földrajzi analógia, CLIMEX módszer, Rang módszer.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Megállapítható, hogy a földrajzi analógiák keresésére alkalmazott módszerek koherens eredményekre vezetnek. A vizsgált módszerek közül a CLIMEX alkalmazását javaslom, a hőmérséklet- és a csapadéértékek együttes vizsgálatával, ezek súlyozása lényegesen nem befolyásolta az eredményt.

Debrecenre vonatkozóan az analóg területek a 2011–2040-es időszakban Észak-Szerbiában, Dél-Romániában és Észak-Bulgáriában találhatóak, ez 100–300 km-es eltérést jelent, ami összhangban áll a nemzetközi irodalmi adatokkal.

A kapott analóg területek fontos segítséget nyújthatnak a klímaváltozás lehetséges hatásainak komplex elemzésében, valamint abban, hogy a más országokban már meglévő stratégiákat és alkalmazkodási módszereket segítségül hívják a várható problémák megoldásában és a felkészülési folyamatban. A rendelkezésre álló analóg területekről összegyűjthető ökológiai, természetföldrajzi, mezőgazdasági, közegészségügyi, vagy éppen szociális és gazdasági adatok alapján szilárd összehasonlítási alap nyerhető további kutatómunkákhoz, valamint fontos információforrásokat nyithatnak meg a döntéshozóknak.

## BEVEZETÉS

Manapság egyre többször hangzik el a klímaváltozás szó, ami mást jelent a hétköznapi embereknek és mást a kutatóknak. Gyakrabban fordul elő, hogy nem olyan az időjárás, mint ami megszokott, gyakoribbak lettek a szélsőséges időjárási helyzetek, hőhullámok, nagy intenzitású csapadékok. A klímaváltozást matematikailag a *Globális Cirkulációs Modellekkel* és azok finomítása-ként (leskálázásával) regionális modellekkel írják le, ezek eredményeiből következtethetnek a Föld jövőbeli klímájára. A modellek eredményei a jövőnek csak egy lehetséges képét mutatják, nem tudják meghatározni, milyen lesz a Föld klímája tíz, húsz vagy

akár száz év múlva. A kutatók dolga, hogy ezen eredményeket közérthető formába öntsék. A klímaszenáriók egyik lehetséges elemzési eszköze az analógia. Három főbb analógiai módszer ismert:

- Az időbeli analógia, melyet a paleoklimatológia használ, itt a múlt adatait használják fel, az ott megfigyelt klímaingadozásokból következtetnek a jövőbeli klímára. Sajnos ezzel a módszerrel csak nagy időléptékben lehet dolgozni.

- A járulékos analógia módszerével additív módon változtatják meg a megfigyelt adatokat, s ezáltal következtethetnek a jövőbeli klímára.

- A harmadik – ezzel foglalkozom cikkemben – a földrajzi analógia. Ezzel a mód-



szerrel olyan területeket keresek, amelyek most olyan klímaadottságokkal rendelkeznek, mint a vizsgált terület a jövőben.

A földrajzi analógia segítségével érhetőbbé tehetők a klímaváltozás lehetséges hatásai, könnyebb elképzelni, mit jelentenek ezek a változások. Kutatásaimban a Debrecenre vonatkozó scenáriókat vizsgáltam az analógia módszerével.

## IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A földrajzi analógia módszerével a 80-as évek végétől kezdtek el foglalkozni, mert akkor jutott el a számítástechnika arra a szintre, hogy nagy adatbázisokat tudjanak kezelni, s azokon számításokat végezni. *Bergthórsson et al. (1988)* csupán az évi átlaghőmérsékletek alapján megállapította, hogy Izland klímája Észak-Angliáéhoz fog hasonlítani, *Parry és Carter (1988)* Finnország, Észak-Amerika és Japán területéhez talált délebbre lévő analóg területeket.

Ezenkívül több cikk foglalkozott azzal, hogy mind a termelt növények, mind a természetes növénytakaró övezetei északabbra fognak húzódni. Többek közt vizsgálták a kukorica (*Carter et al., 1991; Kenny – Harrison, 1992; Fronzek – Carter, 2007*) és a szója (*Fronzek – Carter, 2007*) európai elterjedését, a tavaszi búza termesztési feltételeinek finnországi változását (*Saarikko – Carter, 1996*), a fenyők északra húzódását (*Sykes – Prentice, 1996; Kondrashova – Kobak, 1996*). *Carter et al. (1991)* szerint az éves átlaghőmérséklet 1 °C-kal való emelkedésekor – ami a jelenlegi évek közti hőingáson belüli érték – a vegetációs övek elmozdulása 250–350 km lenne.

*Molnár és Mika (1997)* Magyarország területét vizsgálva (49 meteorológiai állomás alapján) megállapította, hogy 0,5 °C-os globális hőmérséklet-növekedés esetén már az országon belül is megfigyelhető a változás, Putnok analógja Bicsérd lett. Ezt az analógiát az évi csapadékösszeg, valamint a nyári és téli félév átlaghőmérséklete alapján határozták meg.

Kiterjesztve a vizsgálatokat Európára (*Huszár et al., 1996*), hazánk éghajlata 1 °C-os emelkedés esetén Újvidékkel és a Zsil-völgygel (Románia), 2–3 °C-os emelkedés esetén Várnával, Burgasszal és Szandanszkival (Bulgária) mutat hasonlóságot.

Az ausztrál Climex program (*Sutherst et al., 1998*, <http://www.hearme.com.au/climex/>), lehetőséget ad arra, hogy a hőmérsékletet additív módon növelve vizsgálják az analóg területeket, városok klimatikus tulajdonságainak összehasonlításával. A program *Mika* módszerétől eltérő számítási móddal, de ahhoz hasonló eredményt ad.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### Klimatikus adatok

Vizsgálataimban a nemzetközileg elfogadott klímaváltozási forgatókönyveket – A1, A2, B1, B2 – használtam, a Hadley Centre HadCM3 Globális Cirkulációs Modelljének futtatásával. Ebben a tanulmányban a hosszú távon legnagyobb változást mutató AIFI scenárió eredményeit mutatom be. A nagy felbontású modellfuttatásokat *Mitchell és munkatársai (2003, 2004, 2005)* leskálázták Európára, 10 perces térbeli felbontásra (TYN SC 1.0). A megfigyelt klimatikus adatokat a nemzetközileg használt CRU TYN CL 2.0 adatbázisból vettem, ez tartalmazza az 1961–1990 időszakra a havi átlaghőmérséklet- és havi csapadékatokat, szintén 10 perces térbeli felbontásban. A Debrecenre vonatkozó klímaadatokat az OMSZ adatbázisból vettem.

Az elemzéseket kétféle számítással, a rang és a CLIMEX módszerrel is elvégeztem. Mindkét módszerrel a TYN CL 2.0 (*New et al., 1999, 2002*) adatbázis 31 143 rácpontját jellemeztem aszerint, hogy mely ponthoz tartozó klíma hasonlít legjobban a debreceni scenárió adataihoz. A számítások mind a 12 hónap havi hőmérsékleti és csapadéértékei alapján történnek. A scenáriók vizsgálatából a 2011–40-es időszakot ismertetem.

### Rang módszer

A rang módszer esetén (*De Pauw, 2002*) a klímaváltozók euklideszi távolságát határoztam meg, és ezek rangsorolásával alakítottam ki az egyezési indexeket. Ez egy ordinális (0–100) skálán való elhelyezkedést mutat, így arról nem tudunk mondani semmit, hogy a hasonlóság pontosan milyen mértékű. A leginkább hasonlók egyezési indexe 100, a legkisebb hasonlóság értéke 0. A módszerből következően mindig van 100%-os egyezés, de a rangsorolás tulajdonsága miatt lehet, hogy ez az egyezés valójában eltérő klímájú területre mutat. A módszer másik hátránya, hogy az eredmény függ a vizsgált pontok számától és elhelyezkedésétől. A rang módszer számítási módja az 1. táblázatban látható.

### CLIMEX módszer

A CLIMEX módszer segítségével is két klimatikus adatsor hasonlóságához rendelünk egyezési számot (*Young et al., 1999*). Előnye, hogy a paraméterek beállításával a felhasználó határozhatja meg, hogy mit tekint azonos klímának, az eredmény nem függ a vizsgált pontok számától, és kevésbé számításigényes. Számítási elve a 2. táblázatban látható.

### A RANG ÉS A CLIMEX MÓDSZER VALIDÁLÁSA

Mindkét módszer eredetileg azonos mértékben veszi figyelembe a hőmérsékleti és csapadékbeli eltéréseket, ezeket célszerű külön-külön és eltérő súlyozással is vizsgálni.

Ahhoz, hogy megbizonyosodjunk a módszerek használhatóságáról, meghatároztam az analóg területeket a bázisidőszakhoz is. A módszerek akkor alkalmazhatók sikeresen, ha a vizsgált terület önmaga analógja. Szükségképpen a térképeken csak a 90%-nál

nagyobb egyezéseket jelöltem. A vizsgált terület Debrecen, a bázisidőszak 1961–1990 (1. ábra).

Mindkét módszernél látszik, hogy Debrecen klímájával analóg területek elsősorban Debrecenre és környékére esnek, így alkalmazható mindkét módszer. A rang módszer azonban olyan területeken is nagy hasonlósági értéket mutat, ahol a CLIMEX módszer nem, ennek oka a korábban említett rangsorolás, mert a vizsgált pontok 10%-a mindig 90% fölötti egyezést fog mutatni.

A különbségek a scenáriók vizsgálatánál is látszanak (2. ábra). Alapvetően ugyanazokat az analóg területeket adják vissza, de a rang módszer nagyobb régiókat jelöl hasonlóknak, illetve nagyobb fokú egyezést mutat. Ezzel valószínűleg olyan területeket is vizsziakapunk, melyek klímája kevésbé hasonlít a scenárió által mutatott klímára. Ezért a továbbiakban csak a CLIMEX módszerrel meghatározott térképi eredményeket ismertetem.

### Érzékenységvizsgálat

A CLIMEX módszernél a felhasználó állíthatja be, hogy a hőmérsékletet és a csapadékot milyen arányban vegye figyelembe. Egy újabb  $\lambda$  paraméter bevezetésével meghatározhatók ezek a súlyok:

$$I_{Tj} = e^{-\lambda k_j T_{dj}} \quad \text{illetve} \quad I_{Pj} = e^{-(1-\lambda) k_p P_{dj}}$$

Ha  $\lambda = 1$ , csak a hőmérsékleti hasonlóságot kapjuk,  $\lambda = 0$  értékre csak a csapadék szerinti (3. ábra). Külön a hőmérséklet-, illetve csapadéértékekhez más-más analóg területeket is találunk, éppen ezért célszerű mindkét változót figyelembe venni.

A további vizsgálatokban a  $\lambda = 0,2; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8$  értékeket használtam, és a bázisidőszakra, valamint a 2011–2040 időszakra jellemző analóg területeket kerestem (4. ábra). A 4. ábrán látható térképeken a különböző súlyozásokkal kapott eredményeket ismertetem.

Megállapítható, hogy ha figyelembe vesszük mindkét paramétert, akkor a  $\lambda$  értékétől függetlenül, gyakorlatilag azonos analóg területeket kapunk. Ennek oka valószínűleg az, hogy a számításban a csapadék már eleve korrigálva volt, hogy a hőmérsékleti eltérésekkel összemérhető legyen.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka az OTKA T042583, OTKA TS049875 és a NKFP 6-00079/2005 projektek támogatásával készült.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BERGTHÓRSSON, P. – BJÖRNSSON, H. – DÖRMUNDSSON, O. – GUDMUNDSSON, B. – HELGADÓTTIR, A. – JÓNUNDSSON, J. V. (1988): The effects of climatic variations on agriculture in Iceland. In: *The Impact of Climatic Variations on Agriculture: Volume 1: Assessments in Cool Temperate and Cold Regions* (Eds. Parry, M. L., Carter, T. R., Konijn, N. T.), Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, 381–509. pp. (2) CARTER, T. R. – PARRY, M. L. – PORTER, J. H. (1991): Climatic change and future agroclimatic potential in Europe. In: *Journal of Climatology* 11: 251–269. pp. (3) DE PAUW, E. (2002): An agroecological exploration of the Arabian Peninsula. *ICARDA, Aleppo, Syria*, 77. p. (4) FRONZEK, S. – CARTER, T. R. (2007): Assessing uncertainties in climate change impacts on resource potential for Europe based on projections from RCMs and GCMs. *Climatic Change* 81: 357–371. pp. (5) HUSZÁR ET AL. (1996): Simulation of possible climate change effects on soil water content. In: *Proceedings of 'Climate change in Hungary' conference, Visegrád* (6) KENNY, G. J. – HARRISON, P. A. (1992): Thermal and moisture limits of grain maize in Europe: model testing and sensitivity to climate change. *Climate Research* 2: 113–129. pp. (7) KONDRASHOVA, N. YU. – KOBAK, K. I. (1996): Possible global warming caused changes of the nature zones boundaries in the Northern Hemisphere. In: *Izrael, Yu. A. (ed.): Problems of ecological monitoring and ecosystem modeling, Vol. XVI. 90–99. Institute of Global Climate and Ecology, RAS, Sankt-Petersburg* (8) MOLNÁR K. – MIKA J. (1997): Climate as a changing component of landscape: recent evidence and projection for Hungary. *Z. Geomorph. NF Suppl.-Bd.* 110: 185–195. pp. (9) MITCHELL, T. D. – CARTER, T. R. – JONES, P. D. – HULME, M. – NEW, M. (2003): A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100). *Journal of Climate* (10) MITCHELL, T. D. – CARTER, T. R. – JONES, P. D. – HULME, M. – NEW, M. (2004): A comprehensive set of high-resolution grids of monthly climate for Europe and the globe: the observed record (1901–2000) and 16 scenarios (2001–2100). *Tyndall Centre Working Paper 55, University of East Anglia, Norwich, UK* (11) MITCHELL, T. D. – JONES, P. D. (2005): An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids. *Int. J. Climatol.* 25: 693–712. pp. (12) NEW, M. – HULME, M. – JONES, P. D. (1999): Representing twentieth century space-time climate variability. Part 1: development of a 1961–90 mean monthly terrestrial climatology. *Journal of Climate* 12, 829–856. pp. (13) 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. (14) PARRY, M. L. – CARTER, T. R. (1988): *Climate impact and adaptation assessment. Earthscan Publications Ltd., London, UK* (15) SAARIKKO, R. A. – CARTER, T. R. (1996): Estimating the development and regional thermal suitability of spring wheat in Finland under climatic warming. *Climate Research* 7: 243–252. pp. (16) SYKES, M. T. – PRENTICE, I. C. (1996): Climate change, tree species distributions and forest dynamics: a case study in the mixed conifer/northern hardwoods zone of Northern Europe. *Climate Change* 34: 161–177. pp. (17) SUTHERST, R. W. – MAYWALD, G. F. (1998). CLIMEX – A bio-geographical approach to entomology. In *Zalucki, M. P., Drew, R. A. I. & White, G. G. (Eds) Pest Management & Future Challenges. Proc. 6th Australasian Applied Entomological Research Conference. 2: 344–345. University of Queensland, Brisbane* (18) YOUNG, A. M. – BLACKSHAW, B. – MAYWALD, G. F. – SUTHERST, R. W. (1999). *CLIMEX for Windows 1.1. Tutorials. 49 pp. CSIRO Melbourne.*

1. táblázat

A rang módszer számítási módja

$$T_{rj} = \sum_{i=1}^{12} (Temp_{ji} - T_i)^2$$

$$P_{rj} = \sum_{i=1}^{12} (Prec_{ji} - P_i)^2$$

$$T_{sj} = 100 * \left[ 1 + \frac{1 - rankT_{rj}}{N - 1} \right]$$

$$P_{sj} = 100 * \left[ 1 + \frac{1 - rankP_{rj}}{N - 1} \right]$$

$$S_j = \sqrt{\frac{T_{sj}^2 + P_{sj}^2}{2}}$$

Ahol

 $j$ : a rácspont sorszáma ( $j=1-31143$ ); $i$ : hónapok száma ( $i=1-12$ ); $Temp_{ji}$ : a  $j$ -ik rácspont  $i$  havi átlaghőmérséklete; $T_i$ : a vizsgált területre vonatkozó scenárió  $i$  havi átlaghőmérséklete; $Prec_{ji}$ : a  $j$ -ik rácspont  $i$  havi csapadékösszege; $P_i$ : a vizsgált területre vonatkozó scenárió  $i$  havi csapadékösszege; $T_{rj}$ : a  $j$ -ik rácspont hőmérsékleti távolsága a scenáriótól; $P_{rj}$ : a  $j$ -ik rácspont csapadékösszeg szerinti távolsága a scenáriótól; $T_{sj}$ : a  $j$ -ik rácspont rangja a hőmérsékleti távolságot tekintve; $P_{sj}$ : a  $j$ -ik rácspont rangja a csapadékösszeg szerinti távolságot tekintve; $S_j$ :  $j$ -ik rácspont hasonlósága a scenárióhoz (0–100).

2. táblázat

A CLIMEX módszer számítási elve

$$T_{\phi j} = \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{12} |Temp_{ji} - T_i|$$

$$P_{\phi j} = \frac{1}{12} \cdot \sum_{i=1}^{12} \frac{|Prec_{ji} - P_i|}{1 + a \cdot (Prec_{ji} + P_i)}$$

$$I_{Tj} = e^{-k_T \cdot T_{\phi j}}$$

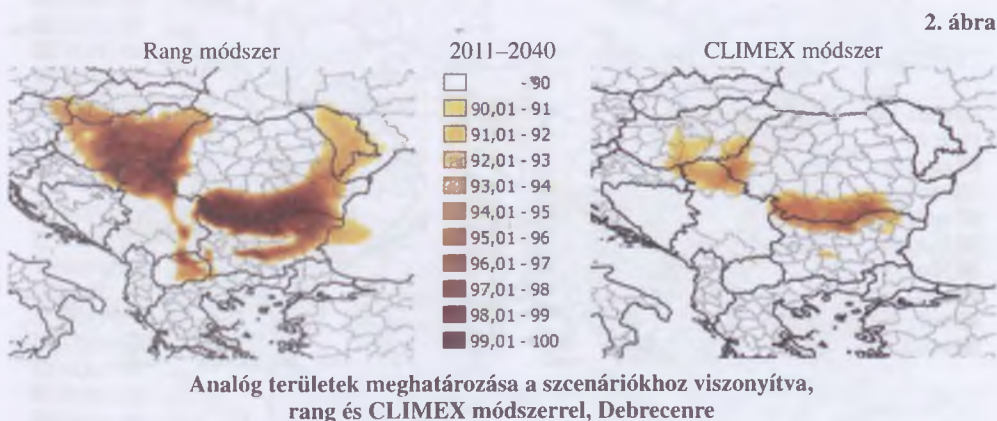
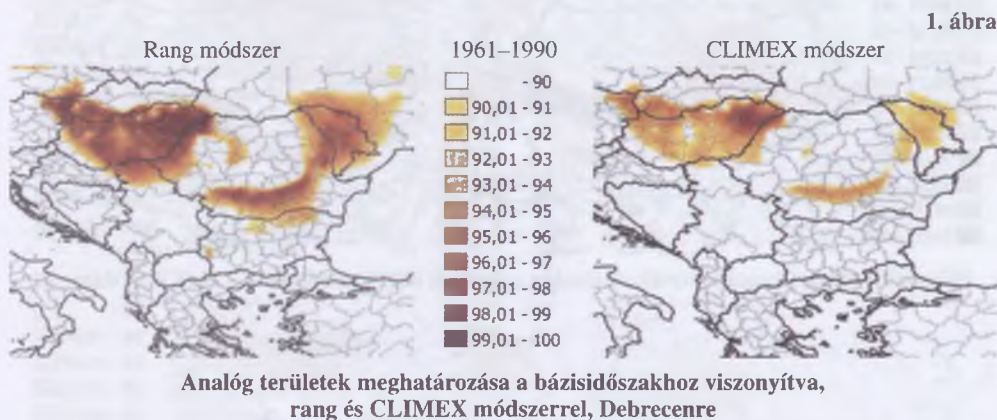
$$I_{Pj} = e^{-k_P \cdot P_{\phi j}}$$

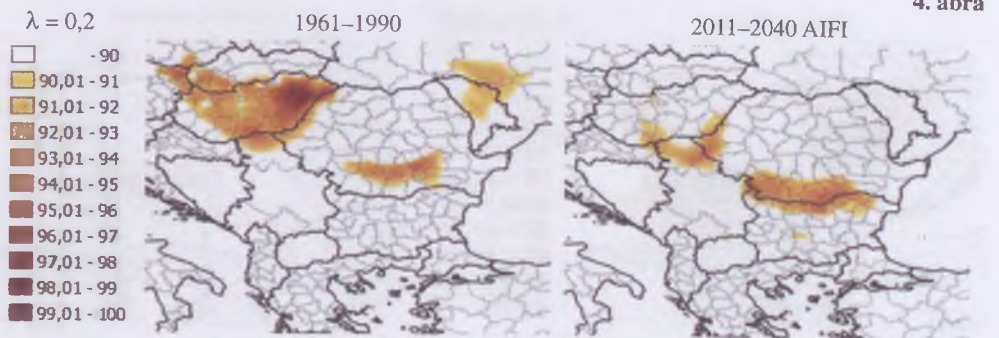
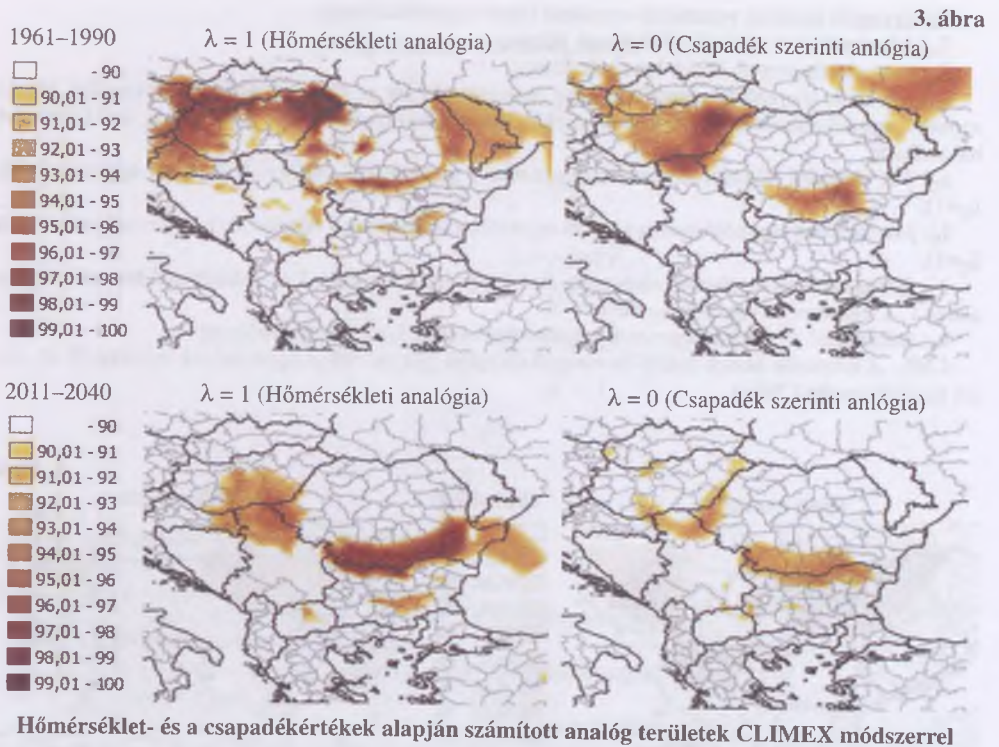
$$CMI_j = \sqrt{I_{Tj} \cdot I_{Pj}}$$

Ahol

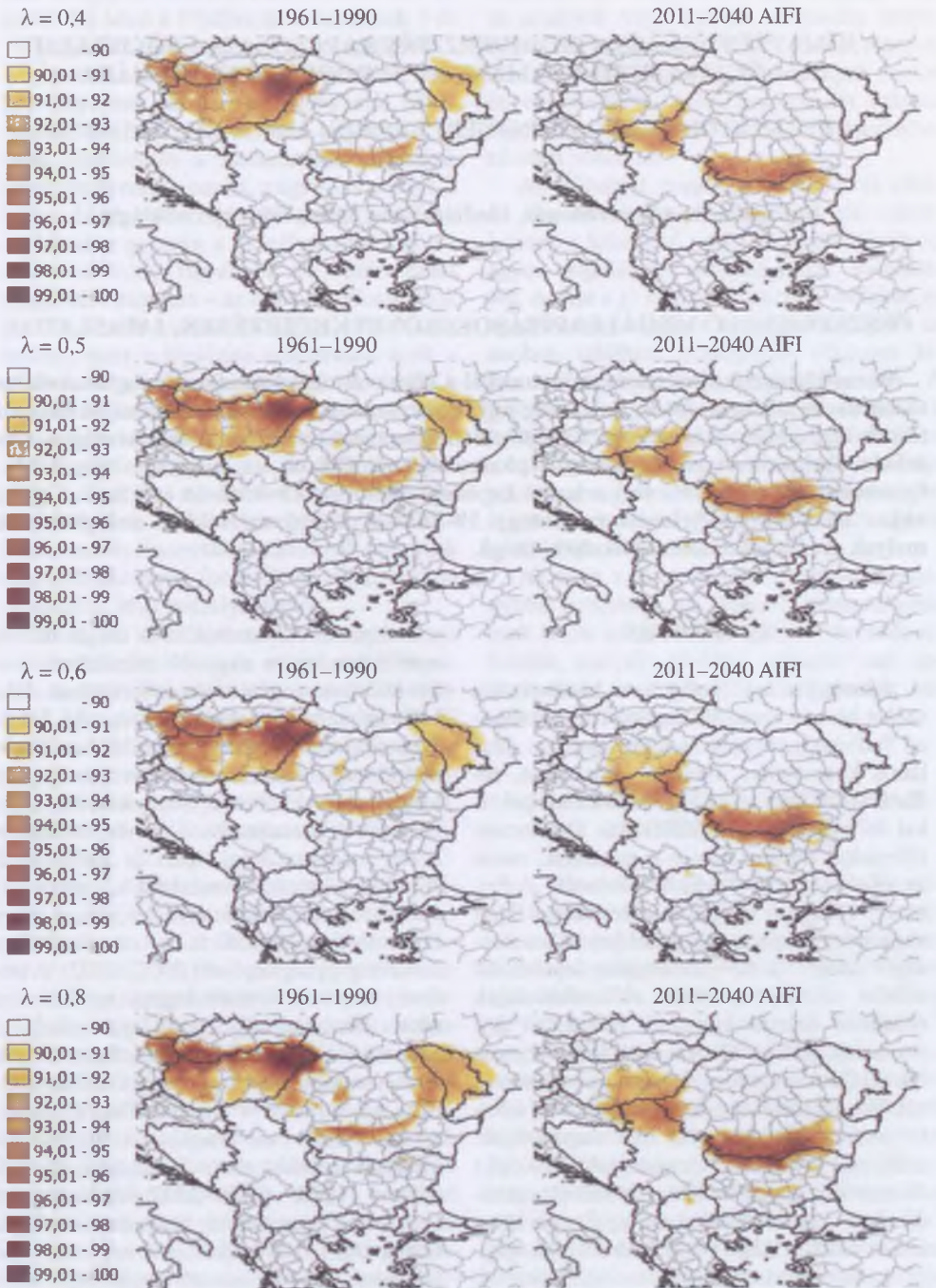
 $j$ : a rácspont sorszáma ( $j=1-31143$ ); $i$ : hónapok száma ( $i=1-12$ ); $Temp_{ji}$ : a  $j$ -ik rácspont  $i$  havi átlaghőmérséklete; $T_i$ : a vizsgált területre vonatkozó scenárió  $i$  havi átlaghőmérséklete; $Prec_{ji}$ : a  $j$ -ik rácspont  $i$  havi csapadékösszege;

- $P_i$ : a vizsgált területre vonatkozó scenárió  $i$  havi csapadékösszege;
- $T_{dj}$ : hőmérsékletek abszolút eltéréseinek átlaga;
- $P_{dj}$ : csapadékösszeg-eltérések korrigált átlaga;
- $\alpha$ : korrekciós tényező a csapadéknál, ahol nem szabad csak az abszolút eltéréseket vizsgálni, hiszen azonos csapadékeltérések jelentősebbek kisebb csapadékösszegeknél, mint magasaknál,  $\alpha=0,05$  értéket használtam;
- $I_{Tj}$ :  $j$ -ik rácspont hőmérséklet szerinti egyezése a scenárióval (értéke: 0–1, teljes egyezés esetén  $I_{Tj}=1$ );
- $I_{Pj}$ :  $j$ -ik rácspont csapadékösszeg szerinti egyezése a scenárióval (értéke: 0–1, teljes egyezés esetén  $I_{Pj}=1$ );
- $k_T$ : felhasználó által tetszőlegesen megválasztható érték, ha  $k_T=0,1$  (a számításnál használt érték), akkor 1 °C eltérésre az egyezés  $I_{Tj}=90\%$ ;
- $k_P$ : felhasználó által tetszőlegesen megválasztható érték,  $k_P=0,1$ -et használtam;
- CMI<sub>j</sub>: „Composite Match Index”, a vizsgált rácspont és a scenárió egyezésének mértéke (0–1), teljes egyezés esetén CMI=1.





4. ábra (folytatás)



Különböző súlyozással kapott analóg területek a bázisidőszakra és a szcenáriókra

# A KÍMAVÁLTOZÁS ÉS A BIODIVERZITÁS KAPCSOLATA – FÖLDRAJZI ANALÓGIAI ESETTANULMÁNY AZ EURÓPAI LEPKEFAUNÁRA

PETRÁNYI GERGELY – HUFNAGEL LEVENTE – HORVÁTH LEVENTE

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, biodiverzitás, lepke, földrajzi analógia.

## ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Rovarfaunisztikai esettanulmányunkkal a klímaváltozás lepkefaunára gyakorolt hatásait kívánjuk bemutatni, mégpedig úgy, hogy hazánk Lepidoptera faunáját hasonlíttuk össze Magyarország várható jövőbeli klímaviszonyaihoz hasonló országok (Románia, Bulgária és Görögország) lepkefaunájával. Célunk az, hogy így megadjuk a faunaváltozás mértékét, ami a hazai Lepidoptera fauna 19–45%-át érintheti. Ugyanakkor új fajok megjelenésére mintegy 19–36%-ot kitevő mértékben számíthatunk, melyek areája jellemzően délkeleti jellegű.

## BEVEZETÉS

A biológiai sokféleség, azaz biodiverzitás széles körben használt fogalom, az alkalmazó felfogásának megfelelően jelenthet általános koncepciót, mérhető entitásokat, tudományterületet vagy akár társadalmi-politikai felfogást is. A biodiverzitás általánosan elfogadott három szintje a genetikai, taxon és ökológiai diverzitás (*Standovár – Primack, 1998*). A genetikai diverzitás a fajon vagy populáción belüli genetikai változatoságot jelenti. A taxondiverzitást legegyszerűbben az adott területen előforduló fajok számával fejezik ki, de a klasszikus fajdiverzitás mellett általánosabb érvényben is használják, elfogadva, hogy az élőlények sokféleségét értelmes és szükséges a faj feletti taxonómiai egységek (pl. nemzetségek, családok) szintjén is vizsgálni. Az ökológiai diverzitás a populációk tér- és időbeli mintázataiban, kölcsönhatásaiban, az általuk létrehozott struktúrákban megjelenő sokféleség.

A biodiverzitás állandóan változik. sok milliárd év evolúciójának gyümölcse, melyet

a természetes folyamatok és az utóbbi néhány ezer évben egyre nagyobb mértékben érvényesülő antropogén hatások formálnak. Globális szinten az emberi tevékenység a biodiverzitás csökkenését okozza többek között a területhasználat és növényborítottság megváltoztatásával, élőhelyek beépítésével, talaj-, víz- és légszennyezéssel, a víz intenzíven kezelt mezőgazdasági, ipari és városi rendszerekbe történő elvonásával, az élőhelyek feldarabolásával (fragmentáció), a nem honos fajok behurcolásával és a sztratoszférikus ózonréteg gyengítésével (*IPCC, 2002*). A biodiverzitás csökkenését legegyszerűbben az adott időszakra eső kihalt fajok számával, azaz a fajok kihalási rátájával jellemezhetjük. A folyamatok jelenlegi felgyorsulását jelzi, hogy ez a ráta a – kutatók által az elmúlt néhány millió évre átlagosan számolt – természetes kihalási rátának mintegy 50–100-szorosa (*UNEP CBD, 2000*). A biológusok által eddig a tudomány számára leírt fajok száma közel 1,75 millió (ezek nagyrészt apró élőlények, mint amilyenek a rovarok). Tudatlanságunkat elég jól tükrözi a legáltalánosab-



ban elfogadott becslés, mely szerint kb. 13 millió faj lehet a Földön, de a becslések 3 és 100 millió között mozognak (Scoble, 1999).

Általában az emberek a természetes világot fenyegető veszélyeket hallva más élőlényeket fenyegető veszélyekre gondolnak. A még leíratlan és a karizmatikus állatfajok (mint amilyenek a panda, a tigris, az elefánt, a bálna és a különböző madarak) számának csökkenése gyorsan a veszélyeztetett fajokra terelte a világ figyelmét. A biodiverzitás megőrzése azonban – az etikai megfontolások mellett – nem kis mértékben az ember saját érdeke, mert a biológiai erőforrások azok a pillérek, amelyekre civilizációk épültek. A „természet termékei” látják el alapanyagokkal a mezőgazdaságot, gyógyszergyártást, építő- és hulladékfeldolgozó ipart, az élelmiszerellátást, biztosítják a rekreációs és turisztikai lehetőségeket, a fa- és energiaforrásokat. A biodiverzitás hanyatlása interferál bolygónk alapvető ökológiai funkcióival, és az emberi társadalom létét veszélyeztetheti.

Az egyes állatfajok számos tulajdonsága – méreteik, formájuk és színük, táplálkozásuk és szexuális szokásaik – az őket körülvevő klimatikus körülményekhez alkalmazkodik. A klíma változásai befolyásolják a populációk méreteit, melyek viszont befolyásolják a faj elterjedését és abundanciáját, végül az adott ökoszisztéma struktúráját és működését.

Számos élőlény esetében alapvető fiziológiai és biogeográfiai kutatásokból következtethetünk a klímaváltozás hatásaira (Parmesan, 1996). Sok biológiai folyamat hirtelen eltolódáson megy keresztül bizonyos hőmérsékleti, vagy csapadék-küszöbérték elérésekor. A növényi és állati elterjedési mintázatok határait különösen gyakran határozza meg a fagyterelencia vagy az éves minimum csapadékmennyiség. Az extrém időjárási jelenségek gyakran hirtelen változásokat idéznek elő a populációk állapotában. Egyes aszályos évek is drasztikus összeomlásokat okoznak bizonyos fajoknál, míg más fajoknál populációrobbanáshoz vezethetnek. Így igen valószínű, hogy a fajspecifikus hőmérséklet-

küszöbértéket meghaladó napok arányában, az aszályok vagy extrém szezonális csapadékmennyiségek előfordulási gyakoriságában bekövetkező változások néhány fajnál fizikai és viselkedésszerű változásokhoz, és számos fajnál elterjedési képük drasztikus megváltozásához vezetnek.

Az élőhelyek megszűnése nem csak lokális kipusztulásokat eredményez, de veszélyezteti a környező területek jó élőhelyeit az egyes populációk izoláltságának növelésével. Amint a jó élőhelyek területe csökken és egyre elszigetelődik a többi jó élőhelytől, az azokon található populációk végleges kipusztulásának valószínűsége egyre nő. A múltban a fajok természetes elterjedése a lassan változó klímától függően eltolódott, az élőhelyek jelenlegi erős fragmentációja azonban megátalja a fajok azon képességét, hogy a gyorsan változó klímával együtt vándoroljanak.

Az ezen a téren történő kutatások legnagyobb nehézsége az, hogy a klímaváltozás csak része annak a fent említett tényezőcsoportnak, melyet „globális változás”-nak nevezhetünk, és amelyet a biodiverzitás hanyatlása jellemez.

## A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAINAK MODELLEZÉSE

A klímaváltozás hatásainak modellezésével foglalkozó kutatásokat vizsgálva koncepció szempontjából két hipotézist különböztethetünk meg az ökoszisztémák, ill. társulások klímaváltozásra adott válaszát illetően (IPCC, 2002). Az „ökoszisztéma vándorlás” megközelítés azt feltételezi, hogy az ökoszisztémák viszonylag változatlan állapotban vándorolnak olyan új területekre, amelyek klímája jelenlegi környezetükhöz hasonlatos. Ez a valóságnak nyilvánvalóan egy durva leegyszerűsítése. Ökológiai tudásunk azt sugallja, hogy az „ökoszisztéma vándorlás” paradigma beteljesülése igen valószínűtlen az érintett fajok eltérő klimatikus toleranciája miatt, beleértve a fajon belüli genetikai varia-

bilitást, különböző korú, vándorlási és diszperziós képességekkel rendelkező egyedeket és fajokat, özőnfajok hatását, vagy más abiotikus tényezőket (pl. barrierék). Ez egy elvont munka-paradigma melynek megvan az az előnye, hogy az ökoszisztéma területe és annak jelenlegi klímája között jól bemutatott kapcsolatot fel lehet használni a klímaszcenáriók által jósolt jövőbeli klíma hatására kialakuló új ökoszisztéma elterjedések elképzeléséhez.

A másik megközelítés, az „ökoszisztéma átalakulás” in situ változásokkal számol a társulások faji összetételét, a fajok dominanciáját illetően. Egyes fajok abundanciája csökken, esetleg lokálisan kihalhatnak, míg mások abundanciája növekszik. Ez végül olyan társulásokat eredményez, melyek nagyban különbözhetnek a jelenlegiektől.

Az „ökoszisztéma átalakulás” koncepcióval az a legnagyobb probléma, hogy nagyon nehéz gyakorlati előrejelzésekhez felhasználni a fajok jelenlegi elterjedését leíró részletes adatok és ökológiai igényeiről, ezek kölcsönhatásairól való tudásunk hiányossága miatt. Ezért a legtöbb globális és regionális tanulmány – mint ahogy mi is – az „ökoszisztéma vándorlás” koncepciót kénytelen használni.

A lepkék rendje (Lepidoptera) fajszám tekintetében kiemelkedő, a negyedik legnagyobb rovarrend Európában. Fajgazdagságuknak köszönhetően egy adott területen élő lepkék listája rendkívül plasztikusan írja le az adott terület természeti körülményeit, és ez visszafelé is igaz: az abiotikus tényezők megváltozására a lepkék érzékenyen reagálnak, ezáltal jó indikátornak bizonyulnak a klíma-változás szempontjából (Ronkay, 2004).

Kutatásunk során hazánk lepkefaunáját hasonlítottuk össze a globális cirkulációs modellek nemzetközileg elfogadott klímaszcenáriói szerint Magyarországon jövőbeli klímaviszonyaival jelenleg rendelkező országok faunájával. Célunk az, hogy megbecsüljük az adott scenárió szerinti maximális faunaváltozás mértékét: a hazánk területén potenciálisan megjelenő és eltűnő fajok számának felső korlátját. Ehhez a jelenleg

szakmai körökben elfogadott fajjegyzéket használtuk fel (Karsholt – Razowski, 1996), mely szerint Európában 8470 lepkefaj él 35 ország, ill. sziget területén.

Kutatásunkban a földrajzi analógia módszerét alkalmaztuk. Földrajzilag analóg területeknek azokat a területeket nevezzük, amelyek jelenleg olyan klimatikus adottságokkal rendelkeznek, amilyenek a jövőben várhatók.

Vizsgálatainkhoz globális cirkulációs modellek (GCM) nemzetközileg leginkább elfogadott scenárióit (IPCC, 1990, 1996, 2001, 2007; Murphy, 1995), az OMSZ magyarországi meteorológiai adatait, valamint az IPCC CRU raszteres adatbázist használtuk, amely 10 perces térbeli felbontásban tartalmazza az 1961–90-es időszakra számított havi átlaghőmérsékleteket és csapadékösszegeket.

A földrajzi analógokat a CLIMEX módszer (Sutherst et al., 1995; Sutherst, 1998) segítségével határoztuk meg a Debrecenre vonatkozó scenáriókra. A felhasznált scenáriók közül feldolgoztuk régebbi egyensúlyi modellek (GF5564, GF2534, UKHI, UKLO, UKTR) és az újabb, tranzienst modellek (HadCM3 A1 A2 B1 B2) eredményeit is. A HadCM3 modell 100 éves adataiból a 2011–2040 időszakot használtuk.

A meteorológiai elemzésekhez végzett számítások MS Excelben készültek, innen DBase formátumon keresztül lehet az adatokat az ArcGIS-be bevinni. A raszteres adatok kezelése az ArcGIS Spatial Analyst részével készült.

## A METEOROLÓGIAI ADATOK ELEMZÉSE

Minden térképen a sötétebb területek jelzik a nagyobb hasonlóságot (1. ábra). Azt tapasztaljuk, hogy az analóg területek többnyire Magyarországtól délebbre találhatók, ez a távolság 100–300 km-es nagyságú, kisebb változásra a Vajdaság, majd Dél-Románia mutat hasonlóságot.

A térképeken látott kiemelt területek egybevágóan a Kárpát-medence biogeográfiai

kapcsolatai révén egyébként is a figyelmünk középpontjában álló balkáni területekkel. A Balkán biogeográfiai helyzetét igen nagy mértékben a geológiai hegységszerkezeti alapok határozzák meg. Európa másik két mediterrán félszigetét az őket északról határoló, alapvetően nyugat–keleti lefutású magashegységek (Pireneusok, Alpok) szinte leválasztják az európai kontinensről, árnyékolnak a kontinens irányából jövő állatföldrajzi hatásokkal szemben, s visszatartják az említett félszigeteken, mint mediterrán refugiumokon fennmaradt, ill. kialakult sajátos formákat, endemizmusokat. Ezzel szemben a Balkánt az előző hegységekhez szerkezetében és lefutási irányában csatlakozó Kárpátok már alig zárja le, ugyanakkor az Alpokhoz és a Kárpátokhoz szorosan kapcsolódó magashegységei összekötéseket teremtenek mind az alpin vegetáció és fauna, mind pedig a kontinentális eredetű arboreális vegetáció és fauna számára. A Dunának és mellékfolyóinak völgy- és medencerendszere mint a délkeleti elemek posztglaciális vándorútja s inváziós területe lehetővé tette, hogy a Balkánon és Kis-Ázsiában, mint pontomediterrán, szekunder refugiumokban megmaradt, ill. kialakult fajok nagy része expanzív pontomediterrán fajokként Európa jelentős területeit meghódíthassa. A Balkán-félsziget hegyvidékektől leárnýkolt, körülzárt völgyeinek, medencéinek éghajlata alapvetően kontinentális; sőt kimondottan kontinentális klímajellegűek a Balkán belső területein húzódó magashegységek. Tehát a Balkánt legfeljebb földrajzi fekvése alapján lehet elkülönülő félszigetnek nevezni, hiszen szinte minden biogeográfiaiailag jelentős mai és történeti tényező sokszorosan a kontinenshez láncolja, s csupán a területi kiterjedésének töredékét alkotó déli rész egyértelműen mediterrán félsziget jellegű (Varga, 1972).

Ezen biogeográfiai kapcsolatok és jelentős vándorlási útvonalak (2. ábra) megegyeznek a földrajzi analógia által kijelölt iránnyal, így az analógiához választott három ország Románia, Bulgária és Görögország.

*Karsholt – Razowski (1996)* európai Lepidoptera fajlistájának felhasználásával egyenként elkészítettük Magyarország (HG) és a példaképp kiválasztott három ország: Románia (RO), Bulgária (BG) és Görögország (GR) fajlistáját, azaz az adott országban jelenleg élő lepkék jegyzékét. Ezen fajlistáknak a metszetét és különbségeit képezve (pl.  $HG \cap RO$ ,  $HG-RO$ ,  $RO-HG$ ) páronként előállítottuk Magyarországnak az adott országgal közös fajainak listáját, valamint két különbséglistát: azon fajok listáját, melyek csak Magyarországon és azokat, melyek csak a másik országban élnek. Amennyiben elfogadjuk, hogy országunk klímája az adott scenáriókkal egybeesően megváltozik, és hasonlatossá válik a fenti három ország egyikéhez, megjósolható a maximális faunaváltozás mértéke. Ezek szerint az 1. típusú metszet-listákban szereplő fajokat nem érinti a klímaváltozás, a 2. típusú különbség-listákon szereplő fajok veszélyeztetetté válnak, maximális változás esetén eltűnnek országunk területéről, a 3. típusú listák fajai pedig mint invazív, Magyarországra betelepülő fajokkal számolhatunk. Ilyen listákat készítettünk a lepkék rendjének egészére (Lepidoptera), valamint külön az ún. molylepkékre (Microlepidoptera) és a nagylepkékre (Macrolepidoptera) – utóbbira családonsági bontásban is. Noha a Macrolepidoptera és a Microlepidoptera a mai felfogás szerint már nem képeznek szigorú értelemben vett taxonómiai egységet (alrendet), de morfológiai adottságaik alapján statisztikailag külön történő kezelésük – mint ahogy a Macrolepidoptera családok külön való vizsgálata is – mindenképp célszerűnek tűnt.

A kapott listákat állatföldrajzi szempontok alapján értékeltük. Minden európai országhoz hozzárendeltük a középpontjának kerekített földrajzi koordinátáit. Attól függően, hogy az adott lepkefaj mely európai országban fordul elő, hozzárendeltük a fajhoz az adott országok koordinátáinak átlagát, ezzel mintegy durván reprezentálva a faj areáját. Ezeket a koordinátákat egy előző kutatási téma kap-

csán virtuális Lepidoptera-GPS koordinátáknak neveztük el. A különböző fajlisták elemzését az azokban szereplő fajok virtuális GPS koordinátáinak átlagolásával végeztük.

A lepkék rendjének egészét (Lepidoptera) vizsgálva megállapíthatjuk (3. ábra), hogy a Balkán-félszigeten egyre délebbre haladva egyre csökken a hazai fauna részeseése ( $HG \cap RO=67\%$ ,  $HG \cap BG=53\%$ ,  $HG \cap GR=41\%$ ). Ugyanakkor egyre növekszik a Magyarországról a megváltozott klíma miatt elvándorló vagy kipusztuló fajok aránya ( $HG-RO=16\%$ ,  $HG-BG=29\%$ ,  $HG-GR=33\%$ ) és a számukra kedvező klíma miatt Magyarországra potenciálisan bevándorló fajok ( $RO-HG=17\%$ ,  $BG-HG=18\%$ ,  $GR-HG=26\%$ ) aránya is.

Érdeemes összehasonítani a teljes Lepidoptera rendre kapott adatokat a nagylepkékre (Macrolepidoptera), illetve molylepkékre (Microlepidoptera) kapott hasonló adatokkal. A metszeteket nézve megfigyelhető, hogy a Macrolepidoptera adatok jelentősen nagyobbak ( $HG \cap RO=79\%$ ,  $HG \cap BG=69\%$ ,  $HG \cap GR=51\%$ ), a Microlepidoptera adatok pedig feltűnően kisebbek ( $HG \cap RO=61\%$ ,  $HG \cap BG=42\%$ ,  $HG \cap GR=34\%$ ) az egész rendre vonatkoztatott adatoknál. Ez feltehetőleg a nagylepkék jobb repülési, illetve migrációs tulajdonságainak, kevésbé speciális élőhelyigényeiknek köszönhető. Délkeleti irányban haladva a hazai Macrolepidoptera fajok hányada a Lepidoptera fajokhoz képest sokkal csekélyebb, így csekélyebb a változó klíma miatt kipusztuló vagy elvándorló Macrolepidoptera fajok száma is ( $HG-RO=5\%$ ,  $HG-BG=7\%$ ,  $HG-GR=20\%$ ), annál nagyobb viszont a hasonló helyzetű Microlepidoptera fajok aránya ( $HG-RO=22\%$ ,  $HG-BG=44\%$ ,  $HG-GR=42\%$ ). Rendkívül érdekes, hogy a potenciálisan betelepülő, invazív Macrolepidoptera fajok aránya ( $RO-HG=16\%$ ,  $BG-HG=24\%$ ,  $GR-HG=29\%$ ) még a Lepidoptera rend átlagos értékeihez képest is feltűnően magas, mérsékelten alacsony viszont a hasonló

Microlepidoptera fajok aránya ( $RO-HG=17\%$ ,  $BG-HG=14\%$ ,  $GR-HG=24\%$ ).

A Macrolepidoptera családok fajait külön vizsgálva szintén az látható, hogy a legjobb repülési tulajdonságokkal rendelkező szendereknek (Sphingidae) van a legkevesebb endemikus fajuk ( $HG \cap RO=83\%$ ,  $HG \cap BG=78\%$ ,  $HG \cap GR=73\%$ ), ellenben pl. az araszolólepkék családjában (Geometridae) nagy fajszámuk ellenére igen nagy az endemikus fajok aránya ( $HG \cap RO=77\%$ ,  $HG \cap BG=67\%$ ,  $HG \cap GR=42\%$ ), így valóban plasztikus indikátorai a klímaváltozásnak.

A Lepidoptera és a Macrolepidoptera fajlisták állatföldrajzi elemzése egyhangúan megfelelt előzetes várakozásainknak. A rész-fajlisták állapotsíkja szerint a potenciálisan betelepülő fajok halmazának virtuális koordinátája jellemzően keletre és délre tolódik el attól függően, hogy milyen mértékű felmelegedést, melyik ország klímájához hasonló jósl Magyarországi területére az adott szcenárió, tehát ezek nagyrészt délkeleti elterjedésű fajok. A Magyarországról feltehetően elvándorló vagy kiháló fajok a klímaváltozás hatásai által nem érintett fajokhoz képest északias elterjedési képet mutatnak.

Összefoglalva azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az általunk vizsgált szcenáriók bekövetkezése esetén ennek hatása a magyar Lepidoptera fauna 55–81%-át nem érintené. A mai fauna vesztesége fajokban 19–45% közötti lehet maximálisan, ezek nagyrészt északias elterjedésű fajok. Ugyanakkor az új fajok megjelenésére maximálisan a mai lepkefauna mintegy 19–36%-át kitevő mértékben számíthatunk, ezen fajok areája jellemzően délkeleti jellegű.

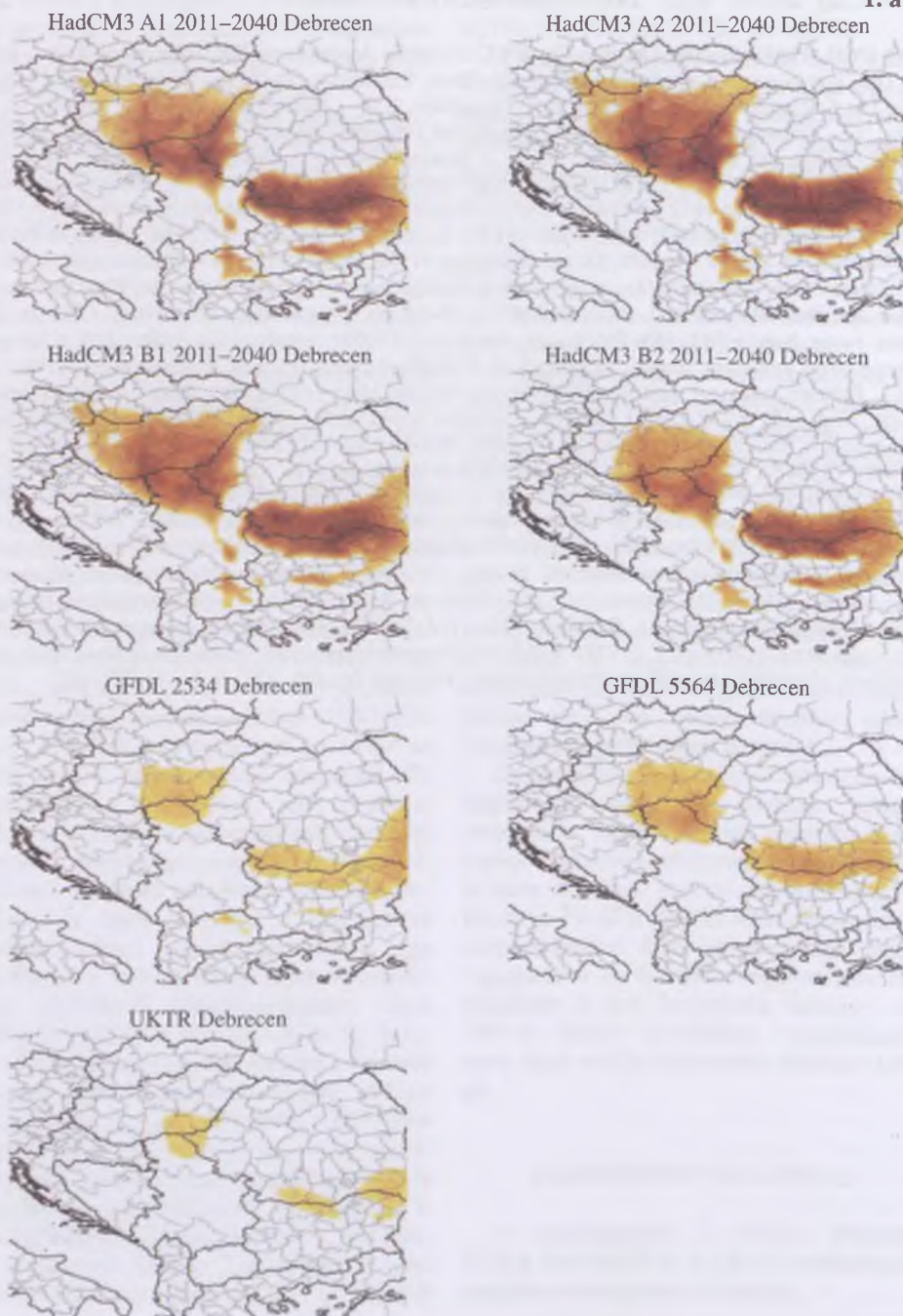
## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a OTKA T042583, OTKA TS049875 és a NKFP 6-00079/2005 projektek támogatásával készült.

## FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

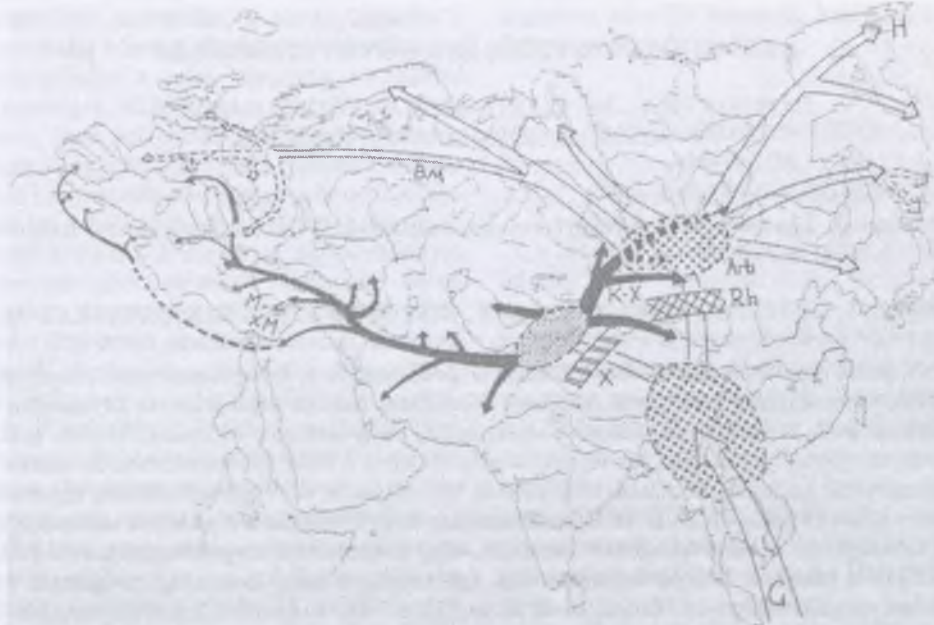
- (1) IPCC (1990): *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Eds.: Houghton, J. T. – Jenkins, G. – Ephraums, J. J. Cambridge University Press, Cambridge
- (2) IPCC (1996): *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Eds.: Houghton, J. T. – Meira Filho, L. G. – Callander, B. – Harris, N. – Kattenberg, A. – Maskell, K. Cambridge University Press, Cambridge
- (3) IPCC (2002): *Climate Change and Biodiversity*. Eds.: Gitay – Suárez – Watson – Dokken, Cambridge University Press, Cambridge
- (4) IPCC CRU adatbázis: [http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/obs/cru\\_climatologies.html](http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/obs/cru_climatologies.html)
- (5) KARSHOLT, O. – RAZOWSKI, J. (1996): *The Lepidoptera of Europe. A distributional checklist*. Apollo Books, Stenstrup
- (6) KOZÁR, F. – SZENTKIRÁLYI, F. – KÁDÁR, F. – BERNÁTH, B. (2004): Éghajlatváltozás és a rovarok. „AGRO-21” Füzetek, 33. sz., 49–64. pp.
- (7) MURPHY, J. M. (1995): Transient response of the Hadley Centre coupled ocean-atmosphere model to increasing carbon dioxide. Part I: Control climate and flux adjustment. *J. of Clim.* Vol. 8., 36–56. pp.
- (8) PARMESAN, C. (1996): Climate and species' range. *Nature* 382: 765–766. pp.
- (9) RONKAY, L. (2004): Jelenkori faunaváltozások a Kárpát-medence belső területein: tények, jelenségek és értékelhetőségük. (Lepkék, elsősorban Macroheterocera) – Esettanulmány „A globális klímaváltozás hatásai Magyarország faunájára” c. kérdéskörrel. Kézirat, 22 p.
- (10) SCOBLE, M. J. (1999): *Geometrid moths of the world: a catalogue (Lepidoptera, Geometridae – Natural History Museum, London: 293–294. pp.*
- (11) SUTHERST, R.W. – MAYWALD, G. F. (1998): CLIMEX – A bio-geographical approach to entomology. In: Zalucki, M. P. – Drew, R. A. I. – White, G. G. (eds.): *Pest Management † Future Challenges. Proc. 6th Australasian Applied Entomological Research Conference. 2: 344–345. pp.* University of Queensland, Brisbane
- (12) SUTHERST, R. W. – MAYWALD, G. F. – SKARRATT, D. B. (1995): Predicting insect distributions in a changed climate. 59–91. pp. In: Harrington, R. – Stork, N. E. (eds.): *Insects in a Changing Environment. Academic Press, London. 535 p.*
- (13) STANDOVÁR, T. – PRIMACK, R. B. (2001): *A természetvédelmi biológia alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 542 p.*
- (14) UNEP CBD (2000): *Sustaining Life on Earth. www.biodiv.org*
- (15) VARGA, Z. (1972): A Balkán-félsziget biogeográfiai viszonyainak rövid áttekintése, különös tekintettel a magashegységek faunájára. *Földrajzi Értesítő, XXI. 2–3. 217–226. pp.*

1. ábra



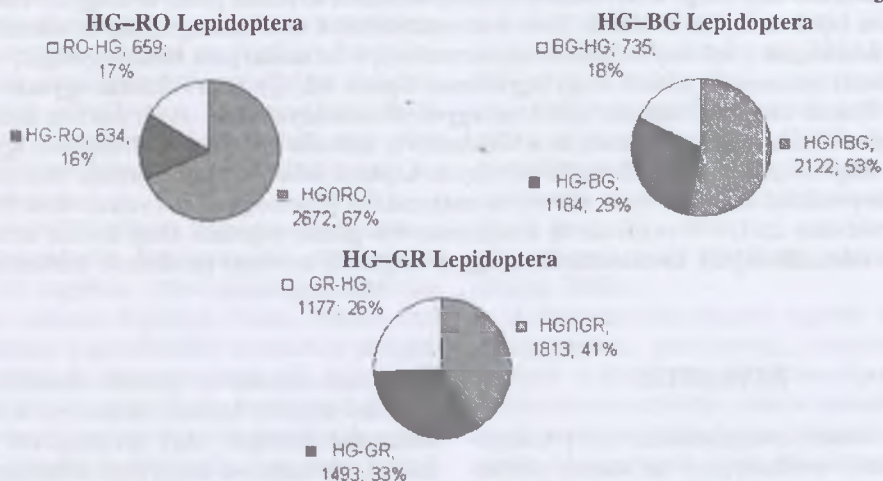
Analóg területek a különböző scenáriókra

2. ábra



A faunális vándorlások általános jellemzői a Palaearktikumban (Varga, 1995 nyomán)  
 G=Gondwana-kapcsolatok; X=xeromontán szűrő és xeromontán fauna alapvető kettéválása;  
 M-XM=Mediterrán-xeromontán faunatípusok; K-X=kontinentális-Xeromontán faunatípusok,  
 B-M=Boreo-montán kapcsolatok; H= Holarktikus kapcsolatok

3. ábra



Magyarország teljes lepkefaunájának (Lepidoptera rend) összehasonlítása Románia, Bulgária és Görögország lepkefaunájával a 3 különböző típusú lista fajszámainak százalékos megoszlása szerint

## A LEVEGŐSZENNYEZÉS ÉS A NÖVÉNYTERMELÉS

LÁPOSI RÉKA – MÉSZÁROS ILONA – FODOR LÁSZLÓ –  
SZABÓ LAJOS – MÁTHÉ PÉTER

**Kulcsszavak:** légszennyezés, növénytermelés, ózonréteg, UV-B sugárzás, káros hatások.

### ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Napjaink egyik legfontosabb környezeti problémája a levegőszennyezés, melynek hatásaival nemcsak a kibocsátó források közelében, hanem attól jelentős távolságra is számolni kell. A növények állandó kitettségük, és a hatások akkumulálódása miatt fokozottan veszélyeztetettek, és ez problémát okozhat a növénytermelésben is, hiszen a légszennyező anyagok nemcsak közvetlenül károsítják a növényi szöveteket, így csökkentve a növények növekedését és termésmennyiségét, hanem a légműködés savas ülepedés formájában a talaj felszínére kerülnek, ahol a kémhatás megváltoztatásával befolyásolják a talajban lezajló folyamatokat. Így romlik a talaj tápanyag-szolgáltató képessége, a mikroflóra és -fauna összetétele, fokozódik a szintén légszennyezésből és egyéb forrásból (szennyvíziszap, növényvédő szer, műtrágya) származó nehézfémek oldékonysága, ezáltal a növények általi felvehetősége, ami a táplálékláncokba való bekerülésével az emberi egészséget is veszélyezteti. A légszennyező anyagok hatásaira adott növényi választ jelentősen befolyásolják egyéb, termőhelyi feltételek között fellépő stressztényezők is, mint pl. az aszály, a növényi kártevők tömeges elszaporodása, és az utóbbi évtizedben egyre jelentősebb UV-B sugárzás. A termelt növények érzékenysége, ellenálló képessége e stressztényezőkkel szemben kritikus pont, és nagy az eltérés az egyes fajok és fajták között is. Ezek a stressztényezők már önmagukban is jelentősen befolyásolhatják a növények biomassza termelését, a termésképzés hatékonyságát, de a problémát sokszor az jelenti, hogy együttesen lépnek fel, így felerősíthetik egymás hatását. Másik oldalról viszont, mivel az egyes stressztényezők a növényekben azonos anyagcsereutakat befolyásolnak, és a védekezés is hasonló folyamatokat indít be, így az egyik tényezővel szemben ellenálló növények képesek lehetnek hatékonyan védekezni más tényezőkkel szemben is. A növények antioxidáns képessége és a levélszövetek hatékony védelme az UV-B sugárzás és a légszennyező gázok bejutása ellen fontos kritérium az ellenálló fajták kiválasztásához, így a megfelelő növényi produkció biztosításához.

### BEVEZETÉS

Az ember környezetátalakító és környezetterhelő tevékenysége az elmúlt évtizedekben a növénytermelésben is jelentős környezeti elemek – a talaj, a víz, a levegő – állapotromlását eredményezte. A környezet-

szennyezés lokális és globális méretekben egyaránt érezteti hatását, hiszen pl. a légszennyező anyagok nagy távolságokra jutnak el, károsítják a környezeti elemeket és az élővilágot. A levegőszennyezés egyszerre több probléma gyökere, hiszen a légszennyező anyagok (kén-dioxid, nitrogén-oxi-



dok, ózon, hidrogén-fluorid stb.) roncsolják a növényi szöveteket, a savas ülepedés a termőtalaj kémhatásának megváltoztatásával befolyásolja a talaj tápanyag szolgáltató képességét, és fokozza a nehézfémek növények általi felvehetőségét. Egyes légszennyező anyagok (CFC, NO<sub>x</sub>) jelentős mértékben károsították a sztratoszférikus ózonréteget is, mely ezáltal kevésbé hatékonyan szűri ki az UV-B sugárzást, ami a növények szempontjából, állandó kitettségük miatt, komoly stressztényező. A levegőszennyezéssel a légkörben emelkedett az ún. üvegházgázok mennyisége is (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>x</sub>O<sub>x</sub>, HCFC), mely – a Föld különböző pontjain eltérő mértékben – éghajlatváltozást eredményez, ami jelentős mértékben befolyásolja az ózonréteg regenerálódását és a légszennyező anyagok kiülepedését. Ezek a környezeti problémák sürgető feladatokat adnak, különösen a növénytermelésben, hiszen a termelt növények érzékenysége, ellenálló képessége az élelmiszer-ellátás szempontjából kritikus pont.

Egyik feladat nyilvánvalóan a kibocsátás visszafogása, az iparban és a közlekedésben használt környezetbarát technológiák kikényszerítésével, hatékony környezetvédelmi jogszabályok alkotásával és felelősségre vonással, másrészt potenciálisan veszélyeztetett területeken olyan növényfajok és növényfajták termelését kellene előtérbe helyezni, melyek ellenállóak a környezeti stresszhatásokkal szemben és károsodásuk nem okoz további problémát a táplálékláncba való bekerüléssel.

A továbbiakban e környezeti tényezők – a legjelentősebb légszennyező gázok és az UV-B sugárzás – növényekre gyakorolt életani hatásait foglaljuk össze, hiszen ezek ismerete a gazdálkodók számára is elengedhetetlen. Ezek a stressztényezők már önmagukban is jelentősen befolyásolhatják a növények anyagcsere-folyamatait, de együttes jelenlétük felerősítheti egymás hatását. Mivel azonban a növényekben azonos anyagcsereutakat befolyásolnak, és a védekezési mechanizmusok is hasonló anyagcse-

reutakon zajlanak, így az egyik tényezővel szembeni ellenálló képesség hatékony lehet más tényezőkkel szemben is.

## LEVEGŐSZENNYEZŐ ANYAGOK ÉS A SAVAS ÜLEPEDÉS

A fosszilis tüzelőanyagok elégetése (közlekedés, fűtés, energiatermelés) és az egyre nagyobb számban megjelenő gépjárművek kipufogógázai révén egyre nagyobb mennyiségben kerülnek a légkörbe légszennyező anyagok, melyek egy része közvetlenül a talaj felszínére kerül száraz ülepedés útján, más részük pedig a levegő vízgőztartalmával lép reakcióba, és nedves ülepedés révén kerül a talajra, vizekre, növényekre. A savképző szennyezőanyagok (kén-dioxid, nitrogén-oxidok, szulfátok, nitrátok) kiülepedését savas ülepedésnek nevezzük. A savas eső pH 5-nél alacsonyabb, kénsavat, salétromsavat, sósavat tartalmaz, és közvetlen növénykárosítása mellett számos közvetett hatása is van. Többek között talajsavanyodást okoz, mely során a nehézfémek (Cd, Pb, Hg, Zn) oldhatóvá válnak, a talaj mélyebb rétegeibe, illetve a talajvízbe mosódhatnak, és így bekerülnek a táplálékláncba (*Liao et al., 2005*). A talajsavanyodás eredménye a Ca és Mg sók kilúgzása is, mely által a növények tápanyagfelvétele romlik, a talaj pufferkapacitása csökken (*Cape et al., 2003*). Emellett megváltozik a talajok biológiai aktivitása is, csökken a talajélet a talajbaktériumok és férgek pusztulása révén, ami a szerves anyagok lebomlásának lassulását eredményezi (*Szabó, 2002*).

A légszennyező anyagok legfőbb forrásai a nagyvárosok, ipari üzemek, autópályák, de hatásaik a körülöttük fekvő mezőgazdasági területeken is érződnek, ahol a termelt növények szempontjából legveszélyesebb (fitotoxikus) szennyezők a kén-dioxid, nitrogén-oxidok és az ózon (*Agrawal et al., 2003*).

A légszennyező anyagok bizonyítottan csökkentik a termelt növények (pl. búza)

hozamát és minőségét (Ashmore – Marshall, 1999), befolyásolják a fotoszintetikus hatékonyságot, a klorofilltartalmat és a sztómazáródást, így a föld feletti biomasszatermelést (Agrawal et al., 2003), ami megfigyelhető szennyezett ipari területek közelében termelt növények magassági növekedésének visszaesésén is (Ashmore et al., 1988). A fotoszintetikus hatékonyság csökkenése nem minden esetben a sztómazáródás következménye (Lehnherr et al., 1988), mivel a  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  nyithatja és zárhatja is a gázcserenyílásokat, az ózonnal viszont leginkább a sztómazáródás jellemző (Darall et al., 1989). A klorofill-tartalom csökkenése hasznos biomarkere egyes légszennyező gázok kimutatásának, mivel a  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  és  $\text{O}_3$  hatására keletkező aktív oxigéngyökök reakcióba lépnek a sejten található membránokkal és a membránokhoz kapcsolt molekulákkal, mint pl. a pigmentekkel, így mennyiségük e gázok hatására csökken (Sasaki et al., 1983).

A kén-dioxid elsődleges forrása a kéntartalmú energiahordozók elégetése. Kibocsátásának nemzetközi szintű korlátozása az utóbbi két évtizedben a kén-dioxid koncentráció csökkenését eredményezte Európában és Észak-Amerikában (Cape et al., 2003), a fejlődő országokban azonban a gazdaság fejlődésével párhuzamosan a kibocsátás tovább emelkedik. A talajok kéntartalma – a savas ülepedés mellett – a kéntartalmú talajjavító anyagok (gipsz) használata és a magas kéntartalmú öntözővíz miatt is emelkedik. A kén-dioxid a növényekbe leginkább a sztómákon keresztül jut be, ahol oldódva szulfit-ionná alakul, ami jelentős komponense a növények kénanyagcseréjének. Ha kevés a talajban a növény számára rendelkezésre álló kén, a mérsékelt  $\text{SO}_2$  koncentráció a nettó asszimiláció, hosszabb távon pedig a hozam növekedését eredményezheti (Darall, 1989). Ha viszont megnő a  $\text{SO}_2$  felvétel, ez toxikus lehet a növények számára és csökkenti a növekedést és a produktivitást a szulfit és a szulfát akkumuláció miatt (Agrawal – Deepak, 2003), ugyanis a szulfit és a

bisulfit károsítja a struktúr- és enzimfehérjékben lévő diszulfid hidakat, ami ezek funkcióvesztését eredményezheti. A toxikus szulfit a reaktív oxigéngyökökkel együtt károsítja a membránok lipidfázisát is (Ranieri et al., 1997). Fontos szerepe van a védekezésben a mitokondriumokban található szulfit-oxidáznak, mely szulfáttá alakítja, így a vakuólumokban tárolódik, de gyakori a kloroplasztiszokban a szulfit-reduktáz hatására keletkező kénhidrogén kibocsátás is, vagy a szerves vegyületekbe (aminosavakba) történő beépülés (Darall, 1989).

Az antioxidáns enzimek közül a peroxidázok és az aszkorbinsav szerepe is jelentős a  $\text{SO}_2$  kezelés káros hatásainak kivédésében, különösen a toleráns fajok és fajták esetében (Ranieri et al., 1997). Érzékeny fajoknál a  $\text{SO}_2$  már igen rövid időn belül befolyásolja a növények fotoszintézisét, gátolja a  $\text{CO}_2$  felvételt, gyakori jelenség a levelek klorotikus elszíneződése. A magas  $\text{SO}_2$ -tartalom károsítja ugyanis a fotoszintetikus elektrontranszportot, a PSII-t, és ezen belül a  $\text{D}_1$  proteint is, ami a fotoszintetikus hatékonyság csökkenését eredményezi. Igen lényeges viszont, hogy kis mennyiségű  $\text{SO}_2$  nem befolyásolja a levelek klorofilltartalmát. A klorofill feofitinné való átalakulása csak toxikus  $\text{SO}_2$  koncentrációban figyelhető meg, a karotionidok ( $\beta$ -karotin és xantofillok) mennyisége azonban már a szennyezés korai fázisában kimutatható, így megbízhatóan felhasználható a légszennyeződés korai indikálására (Lütz et al., 1992).

A  $\text{SO}_2$  jelentősen hat a gázcserére is, ugyanis elsősorban a gázcserenyílásokon keresztül hatol be a növényekbe, jelentősen befolyásolva ezek működését. Egyes fajoknál nyitja, növelve ezzel a felvett  $\text{SO}_2$  mennyiséget, más esetekben zárja, így csökken a károsító dózis is, viszont ezzel együtt kevesebb szén-dioxidot tud a növény felvenni (Agrawal – Deepak, 2003). A gázcserenyílások zárósejtjei kevésbé érzékenyek, mint a szomszédos melléksejtek, melyek már alacsony légköri  $\text{SO}_2$ -tartalom mellett is elhalnak, turgoruk csökken, illetve megszü-

nik, így sztómányitódást idéznek elő. Magasabb  $\text{SO}_2$  koncentráció már a zárósejteket is károsítja, esetenként a többi epidermisz sejttel együtt el is pusztulnak, elvesztve ezzel normális működőképességüket, ami miatt – a zárósejtek turgorának megszűntével – a légrés részben vagy egészen záródik. A  $\text{SO}_2$  sztómaműködésre kifejtett hatása nagymértékben függ a növényfajtól, a  $\text{SO}_2$  koncentrációtól, a relatív páratartalomtól és a hőmérséklettől (*Darall, 1989*). A  $\text{C}_3$ -as növények nagyobb szenzitivitása a  $\text{SO}_2$ -vel szemben a  $\text{C}_4$ -es növényekhez viszonyítva, részben a sztómazáródás következménye. Mind a két fotoszintézis típus karboxiláló enzimét kompetitíve gátolja a szulfít, azonban a  $\text{C}_4$ -es fajok enzimének – a PEP karboxiláznak – nagyobb az affinitása a széndioxidhoz. Minthogy a  $\text{C}_4$ -es növények alacsonyabb sztómányitottság mellett is magasabb fotoszintetikus aktivitást tudnak fenntartani, mint a  $\text{C}_3$ -asok, fotoszintézisük kevésbé gátolt a  $\text{SO}_2$  által kiváltott sztómazáródás miatt. A  $\text{C}_3$ -as és a  $\text{C}_4$ -es növények levelei közti morfológiai különbségek szintén magyarázatot adnak a  $\text{C}_4$ -es fajok  $\text{SO}_2$ -vel szembeni nagyobb toleranciájának: a  $\text{C}_3$ -as fajoknál a kloroplasztiszok elsősorban helyezkednek el a mezofillumban, míg a  $\text{C}_4$ -eseknél főként a szállítónyalábok körül koncentrálódnak, így sokkal kevésbé támadhatók a légszennyezők által. A  $\text{SO}_2$  növényekre gyakorolt hatását jelentősen befolyásolja a légkör  $\text{CO}_2$ -tartalma is. A sztómák bezáródása miatt ugyanis csökken a légszennyező anyagok felvétele, így a károsító hatás is (*Allen, 1990*), továbbá a sejtekben megnő a detoxifikációs mechanizmusok hatékonysága (*Rao – De Kok, 1994*). A  $\text{SO}_2$  hatására csökken a növények nitrogén-, protein- és keményítőtartalma is. Magas  $\text{CO}_2$  koncentráció jelenlétében ez a csökkenés kisebb mértékű, antagonistá hatásuk miatt (*Sandhu et al., 1992*). A magas  $\text{CO}_2$  koncentráció fehérjevédő szerepe megfigyelhető ózonkezelés alatt is (*Rao et al., 1995*). A  $\text{SO}_2$  felvétellel hatására növekszik a sejtekben az oxidatív stressz, a kataláz aktivitása csökken,

viszont a peroxidázok aktivitása nő. Magas légköri  $\text{CO}_2$  koncentráció azonban növeli a kataláz aktivitását is, fokozva ezzel a méregtelenítés hatékonyságát. A  $\text{CO}_2$  légköri koncentrációjának növekedése kedvező, a  $\text{SO}_2$  növénykárosító hatásainak mérséklése miatt.

Az ózon szintén igen jelentős, másodlagosan létrejövő ( $\text{CO}$ -ból,  $\text{NO}_x$ -ből) légszennyező anyag, a redukáló tulajdonságú  $\text{SO}_2$ -től eltérően igen erőlyes oxidáns (*Catalayud et al., 2003*). A gázcsere nyílásokon bejutva sztómazáródást idéz elő, hatására megfigyelhető a levelek bronzosodása, erre különösen érzékenyek a nagy mennyiségű sejt közötti járattal rendelkező levelek. A sejtfallal jelentős szerepet játszik abban, hogy csökkentse az ózon sejtekbe jutását megvastagodása és detoxikáló sajátossága miatt (*Gerosa et al., 2003*). Az ózon jelentős mértékű vegetációpusztulást okozott már Észak-Amerikában és Európában, erős fitotoxikus hatása miatt (*Krupa – Manning, 1988*), és fontos tulajdonsága, hogy növeli más légszennyező gázok hatását is. Mennyisége a légkörben sajnos folyamatosan emelkedik. Általában a kén-dioxiddal együtt van jelen, és általános hatása a gázcsere nyílások zárása. Rövid idejű, magasabb dózisa a fotoszintézis gátlását, így hozamcsökkenést idéz elő (*Wahid et al., 1995*), és számos termelt növény esetében megfigyelték a magtömeg és a magok számának csökkenését is (*Agrawal et al., 2003*). Sokkal nagyobb szerepe van azonban az alacsonyabb ózonkoncentráció évek (2–4) alatt fellépő kumulatív hatásának (*Takemoto et al., 2001*). Ózon hatására csökken a levelek klorofilltartalma és fokozódik a levelek öregedése (*Grulke – Baldu-man, 1999*). Gyakori hatás a keményítő- és a szárazanyag-tartalom csökkenése (*Cooley – Manning, 1987*), a gyökér növekedésének gátlása és a mikorrhiza kapcsolatok csökkenése (*Andersen – Rygiewicz, 1995*). A fás szárú növények általában ellenállóbbak, mint a lágyszárú fajok, de pl. Közép-Európában, a Kárpátok erdeiben az ózon hatására jelentős mértékű levélkárosodás következett be, melyhez társul a törzsátmérő

növekedésének gátlása, és az egyedek fokozott érzékenysége a növényevőkkel és más stressztényezőkkel szemben (*Bytnerovicz et al., 2003*). A troposzférikus ózonkoncentráció jelentős mértékben függ a  $\text{NO}_x$  szinttől is, hiszen a Los Angeles-i típusú szmog komponenseként ennek átalakulásával képződik. A mezőgazdasági növények világszerte ki vannak téve mindkét légszennyező anyagnak, de a mezőgazdasági tevékenység, a túlzott műtrágyahasználat is jelentős forrása a nitrogén-oxidoknak és az ammóniának, melyek kiülepedése a légkörből a környezet savasodásához vezet, továbbá mint üvegházgázok is jelentősek (*Tuba, 2004*).

A nitrogén-oxidok a salétromsavgyártás, műtrágyagyártás, olaj- és gáztüzelés, valamint a közlekedés révén kerülnek a légkörbe, a talajban könnyen nitrátokká alakulnak, ami tovább fokozza a túlzott nitrát műtrágyák – amúgy is nagy területeket érintő – kedvezőtlen hatását. A csapadékkal és az öntözővízzel könnyen kimosódhatnak a gyökérszónából, és a talajvíz elnitrátosodásához vezethetnek (*Johnson, 1992*). A nitrát-tartalom emelkedése túltáplálást okoz a növényeknél, mely gyorsítja növekedésüket, és ezáltal sokkal kevésbé lesznek ellenállóak más stressztényezőkkel szemben, és mivel egyes fajok érzékenyebbek lesznek, mások nem, ez kedvez az ellenállóbb gyomfajok terjedésének. A nitrogéntartalmú légszennyezők közül a  $\text{NO}_2$  a leggyakoribb (*Bytnerovicz – Fenn, 1996*), de könnyen átalakul  $\text{HNO}_3$  formává, melynek nagyon gyors a kiülepedési sebessége (*Lovett, 1994*). A növények levelei képesek felvenni a nitrogéntartalmú légszennyező anyagokat ( $\text{N}_x\text{O}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ) egyrészt a gázcserenyílásokon, másrészt a kutikulán keresztül,  $\text{HNO}_3$  formájában azonban főként a sztómákon kerül be a levélszövetbe, és kisebb mennyiség marad a levelek kutikula és viaszrétegében (*Takemoto et al., 2001*). A nitrogén-oxidok közül a  $\text{NO}$ -nak körülbelül 4-szeres a toxicitása a  $\text{NO}_2$ -höz képest. A nitrogén-oxidokra adott növényi válasz nagymértékben függ a növény nitrogén ellátottságától, így főként

alacsony nitrogéntartalmú termőhelyeken az atmoszférikus  $\text{NO}_2$  kiegészítő nitrogénforrásként szolgálhat. Gyakori jelenség a sztómazáródás. A fotoszintézis a nitrogén-oxidokkal szemben kismértékben érzékeny, kén-dioxiddal keverve a fotoszintézist azonban már alacsonyabb koncentrációban gátolja, mint a két gáz egyenként, és együttes jelenlétük növeli a növények fagyérzékenységét is (*Caporn et al., 2000*).  $\text{NH}_3$  vagy  $\text{NH}_4^+$  felvétele jelentősen megváltoztatja a növények nitrogén-anyagcseréjét, csökkenti a nitrát-reduktáz enzim aktivitását, míg a glutation-szintetáz aktivitását növeli, a sejt belseje savasodik és egyes szerves anionok (malát, citrát) mennyisége csökken (*Pearson – Soares, 1998*). A növények érzékenysége e légszennyező anyagokkal szemben a pufferkapacitásuk hatékonyságától függ.

Az utóbbi években egyre nagyobb szerepet kapnak egyéb, a levegőben még kisebb koncentrációban lévő, de erősen toxikus légszennyező anyagok: illékony szerves szennyezők (VOC), peroxi-acetil nitrát (PAN), triklórecetsav (TCA), dioxinok stb., melyek növényekre gyakorolt hatásai termőhelyi feltételek mellett még további vizsgálatokat igényelnek.

## AZ ÓZONRÉTEG KÁROSODÁSA ÉS AZ UV-B SUGÁRZÁS

A levegőszennyezés kapcsán szintén fontos globális probléma a sztratoszférikus ózonréteg károsodása, és ezzel párhuzamosan a földfelszínt elérő UV-B sugárzás mennyiségének növekedése. Nemzetközi egyezmények (Montreal 1987, London 1990, Koppenhága 1992) korlátozzák az ózonkárosító vegyületek légkörbe bocsátását, azonban az ózonréteg vékonyodása és az UV-B sugárzás mennyiségének növekedése nem állt meg, mivel az ózonkárosító gázok tartózkodási ideje meglehetősen hosszú a légkörben, továbbá az üvegházhatású gázok növekvő mennyisége az atmoszféra alsó részének melegeését, a sztratoszféra hülé-

sét és további ózonbomlást okoz. Ez a folyamat előreláthatóan 2019-ig fog folytatódni, évi globális 3%-os ózonszökkenés mellett. Az ózonszökkenés mértéke nem egyenletes a Föld különböző pontjain, a sarkoknál a legjelentősebb, különösen a déli féltekén, bár a mérsékelt övben is megfigyelhető egy egyenletes vékonyodás (*Madronich, 2003*). A globális ózonszökkenést természetesen nagymértékben befolyásolja a légkörben lévő légszennyező anyagok és aeroszolok mennyisége is. A sztratoszférikus ózonkoncentráció kismértékű csökkenése (1%) a biológiailag hatékony UV-B sugárzás nagymértékű (1,3–1,8%) növekedését okozza (*McKenzie et al., 2003*), és bár az UV-B sugárzás (280–320 nm) viszonylag kis részét (0,5%) képezi a Föld felszínét érő teljes elektromágneses sugárzásnak, azonban a növényekben, közvetlenül vagy közvetve, számos olyan molekuláris szintű folyamatot befolyásol, melyek változásai a növekedésben, fejlődési fázisok bekövetkezésében, a primer és szekunder anyagcsere intenzitásában és arányának eltolódásában jelentkezhetnek. Az UV-B sugárzással szemben legérzékenyebbek azok a makromolekulák, melyek komponensei elnyelést mutatnak ebben a tartományban (pl. a DNS, fehérjék, hormonok, fotoszintetikus pigmentek). A DNS egyik szálán a pirimidin bázisok megkettőződése mutációt okozhat a replikáció során, de előfordul DNS-protein keresztkötés, DNS száltörés, bázispár kiesés vagy beszúrás is UV-B hatására (*Hollóssy, 2002*). Ennek javítása egy DNS-fotoliáz nevű enzimhez kötődik, amelyet a kék fény és az UV-A (370–450 nm) tartomány aktivál (*Quate et al., 1992*). A fehérjék közül elsősorban az aromás aminosavak (fenilalanin, triptofán, tirozin) mutatnak erős UV-B elnyelést, ami a szerkezetükben fotokémiai változásokat idéz elő, így számos szerkezeti fehérje (citoszkeleton, mikrotubulusok) és enzim (Rubisco, ATP-áz, violaxantin-deepoxidáz, PSII, PSI) károsodik (*Pfündel et al., 1992*), ami egyrészt az anyagcsere-folyamatok, a sejtmembránokon keresztül zajló

transzport folyamatok és a sejtosztódás zavarát okozza. Az UV-B hatására képződő aktív oxigéngyökökre különösen érzékeny a zöld színtest belső membránrendszere és a fotoszintetikus apparátus (*Vass et al., 1996*), ami a fotoszintetikus aktivitás, szervesanyag-termelés csökkenését eredményezi. Nagyon gyakori UV-B hatására a fotoszintézis szempontjából fontos gének csökkent mértékű kifejeződése is (*Mackerness et al., 1999*). A növények növekedési rendellenességeinek molekuláris okai a fitohormonok szerkezetében bekövetkező változások. A megnyúlásos növekedést stimuláló fitohormon, az indolecetsav (IES) és az egyik stresszhormon, az abszcizinsav az UV-B tartományban elnyelést mutat, így könnyen bomlik. Az UV-B sugárzás megváltoztatja a virágzási időt és időtartamot is (*Staxén – Bornman, 1994*), sőt a virágok számát is. A virágzás kezdetének eltolódása pedig a beporzás és megtermékenyítés lehetőségét tekintve óriási következményekkel járhat. Dél-Amerikában, ahol az UV-B sugárzás jelentősen emelkedett az elmúlt években, a kukorica esetében a porzós és a termős virágokérésének aszinkronitása ma is aktuális problémát jelent. Az UV-B közvetett hatása a növények kompetitív képességének, növényi patogénnel szembeni ellenálló képességének megváltozásában jelentkezik, ami az ökológiai rendszerek szintjén jelentős mértékben befolyásolhatja a biogeokémiai ciklusokat is, hiszen a szekunder anyagcsereutak megváltozása befolyásolja a növényi szövetek kémiai összetételét (C/N arány) és ezáltal az elhalt növényi részek lebomlását (*Caldwell et al., 1998*).

A növényekben az UV-B sugárzás által kiváltott legáltalánosabb válaszreakció a flavonoidok elsősorban epidermiszben történő felhalmozódása (*Day et al., 1992; Láposi et al., 2002*). E vegyületek az UV-B tartományban (280–320 nm) erős elnyelést mutatnak, így egyrészt mint UV-B szűrők, másrészt mint antioxidánsok fontos szerepet játszanak a növények védekezési mechanizmusaiban (*Chalker – Scott, 1999*). A levelek epidermi-

szé így képes megváltoztatni a szövetekbe bejutó fény mennyiségét és összetételét, azonban hatékonysága függ a levélfelszín sajátosságaitól (kutikula, viasz-felhalmozódás, levélszőrök) is. A flavonoidok hatékony védelmet nyújthatnak a növényekben lévő érzékeny célpontoknak (fotoszintetikus apparátusnak, DNS molekulának), de fajoként eltérő e mechanizmus hatékonysága, így az UV-B károsító hatása a növények növekedésére (magasság, levéltömeg/levélfelület arány), a fotoszintézis intenzitására, a levelek gázcserejére, a fotoszintetikus pigmentek koncentrációjára nem minden fajnál jelentkezik egyformán (Searles et al., 2001). Termőhelyi feltételek között a növények az UV-B sugárzással szemben kevésbé mutatkoznak érzékenyek, mint a kontrollált kísérletekben (Searles et al., 2001), így bár a kontrollált feltételek között végzett kísérletek fontos információt szolgáltatnak, különösen a mezőgazdasági növények UV-B sugárzással szemben adott válaszairól és védekezési mechanizmusairól, az igazi kérdés mindig az, hogy termőhelyi feltételek között, egyszerre több stressztényező együttes hatásával, hogyan tudnak a különböző termelt növényfajok és fajták megbirkózni. Termőhelyi feltételek között így az UV-B sugárzás potenciális hatásai mellett nagy szerepet kap a magas hőmérséklettel, szárazságstresszel, magas fényintenzitással, magasabb légköri CO<sub>2</sub>-tartalommal együtt kifejtett hatása.

A napsugárzás látható tartományának magas intenzitása már önmagában is képes a fotoszintetikus apparátus károsítására és fotoszintetikus aktivitás gátlására. Ezzel szemben a karotinoidok jelentenek hatékony védelmet, melyek stabilizálják a kloroplasztizok belső membránját (Havaux, 1998), kisugározzák a gerjesztési energia feleslegét, és közömbösítik az aktív oxigéngyököket. A magas fényintenzitással szemben ellenálló növények kevésbé érzékenyek az UV-B káros hatásaival szemben is (Meijkamp et al., 2001). Mivel termőhelyi feltételek mellett a növények növekedését leggyakrabban befolyásoló stressztényező a vízhiány, ezért

az UV-B és a vízhiány kölcsönhatásáról rendelkezünk a legtöbb információval. Jó vízellátottság mellett az UV-B gátló hatása a fotoszintézisre sokkal jelentősebb, mint vízhiánystressz alatt, de ez fordítva is igaz: az előzetesen UV-B-vel kezelt egyedek nagyobb ellenállást mutatnak a vízhiánnyal szemben (Mészáros et al., 2001; Poulson et al., 2002). Az UV-B-vel kezelt növényekben a vízhiánystressz megszűnésekor a fotoszintetikus apparátus nagyobb mértékű és gyorsabb regenerálódása figyelhető meg. Mivel a két stressztényező hasonló mechanizmusokat indukál, a vízhiánystressz az UV-B gátló hatásait elfedheti. Az UV-B sugárzás hatására felhalmozódó stresszproteinek és ozmotikumok segítik a növények víztartalmának megőrzését szárazságstressz alatt (Schmidt et al., 2000). Az UV-B sugárzás direkt hatást gyakorolhat a növények ásványianyag-felvételére is. Kimutatták, hogy nincs hatással a N, P és K felvételére, viszont a Zn, Ca és Mg felvételét csökkentheti, továbbá, hogy az UV-B sugárzásra a fotoszintézis kevésbé érzékeny egyes tápelemek korlátozott ellátottsága mellett (pl. P-hiány), mint optimális feltételek között (Muráli – Teramura, 1985). Megfelelő tápanyagellátottság esetén az UV-B sugárzással szembeni védelem a fokozott flavonoid szintézis által biztosított, de másodlagos anyagcsereutak versengése miatt csökkenhet a növényevőkkel szembeni védekezés képessége, a tanninképződés csökkenése miatt (Lavola et al., 2003). A magas hőmérséklet – eltekintve attól, hogy önmagában is káros lehet a növényekre – csökkenti az UV-B sugárzás hatásait (Bolink et al., 2001). Az UV-B ellenállóbbá teszi a növényeket a hőstresszel szemben, és a javító folyamatok is gyorsabban zajlanak le magasabb hőmérsékleten, a hideg ugyanis lassítja a javító mechanizmusokat. Az atmoszférikus CO<sub>2</sub> koncentráció emelkedése és a globális klímaváltozás problémája miatt a kutatások középpontjába került az emelt CO<sub>2</sub> koncentráció és az UV-B sugárzás együttes hatásának elemzése. Egyes vizsgálatok szerint a magasabb CO<sub>2</sub> szint mérsé-

kelheti az UV-B sugárzás káros hatásait, mivel nagyobb mennyiségű energia és szubsztrát (C-forrás) áll a javító mechanizmusok rendelkezésére, továbbá a szervesanyag-szint emelésén keresztül fokozódik a flavonoidok szintézise és növekszik a levélvas-tagság (Sullivan, 1997). A C<sub>3</sub>-as és C<sub>4</sub>-es növények összehasonlítása szempontjából kiemelendő, hogy a magas CO<sub>2</sub> koncentráció a C<sub>3</sub> fotoszintézisúttal rendelkező fajok fotoszintézisét fokozhatja (Tuba et al., 2003), de éppen ezek a fajok érzékenyebbek az UV-B sugárzás és a többi stressztényező káros hatásaival szemben (Sullivan, 1997). Az UV-B sugárzásra adott növényi válaszok ugyanis fajonként nagy eltéréseket mutathatnak (Láposi et al., 2001), sőt fajon belül is jelentősen különbözhetnek (Hofmann et al., 2000), és a válaszok nagymértékben függenek a kísérletek egyéb feltételeitől (hőmérséklettől, a talajban rendelkezésre álló víz és tápelem mennyiségétől, a megvilágítás erősségétől és időtartamától) (Searles et al., 2001). Azonos kísérleti feltételek mellett a kétszikűek érzékenyebbek bizonyulnak, mint az egyszikűek (Day et al., 1992). A mezőgazdasági növények UV-B toleranciájának vizsgálata szolgáltatta az elmúlt két évtizedben a legtöbb információt az UV-B sugárzás potenciális célpontjairól és a növények védekezési mechanizmusairól. Különösen a Föld azon pontjain termelt növények viselkedése és érzékenysége érdekes, ahol az elmúlt évtizedben az UV-B sugárzás emelkedése a legnagyobb mértékű volt, így Dél-Amerikában, Délkelet-Ázsiában, Ausztráliában, vagy akár az Egyesült Államok területén is. Kakani et al. (2003) összefoglaló munkája szerint a leggyakrabban vizsgált növények a rizs, szója, búza, kukorica, bab, lóbab, borsó, árpa, napraforgó, dohány, uborka, melyek vizsgálata során jelentős különbségeket tapasztaltak faj, fajta és populáció szinten is az UV-B sugárzás növekedésre, fotoszintézisre és terméshozamra vonatkozó hatásaival kapcsolatban. Mivel az UV-B sugárzásra adott válaszok a különböző fajok esetében nagyon eltérőek voltak, és

egyek kísérletek szerint az egyes fajok eltérő feltételek között élő populációi között is (Dai et al., 1994; Hofmann et al., 2000; Day, 2001), ezért – különösen a szója (Yanqun et al., 2003), a rizs (Dai et al., 1994) és a búza (Yuan et al., 2000) esetében – vizsgálták a különböző fajták eltérő UV-B toleranciáját is, hogy az UV-B sugárzással szemben legellenállóbb genotípusok elkülönítése lehetővé váljon. Egyértelmű tendenciák a megfigyelt paraméterek esetében nem voltak kimutathatóak. Ugyanazon biokémiai/fiziológiai/növekedési paraméter esetében egyaránt megfigyeltek drasztikus csökkenést (Dai et al., 1994), semleges hatást (Teramura – Murali, 1986) és stimulációt is (Teramura et al., 1990). Az UV-B sugárzás megismert potenciális hatásai, amelyek az anyagcsere-folyamatok széles skáláján érezhetőek, végső soron a biomassa-termelés és a terméshozam csökkenését eredményezhetik, mely gazdasági szempontból kritikus pont. A mérsékelt övben a mezőgazdasági növények esetében, összehasonlítva a természetes vegetációval, az UV-B hatása egy vegetációs időszakra korlátozódik, továbbá a gyomnövények elszaporodásának megakadályozása miatt nem kell számolni a növények közötti kölcsönhatásokkal sem. A mérsékelt övben termelt gabonafélék egy része szubtrópusi, trópusi területekről származik, és közülük is különösen a szárazságstresszel és a növényi patogénekkal szemben legellenállóbb genetikai állománnyal rendelkező fajták kiválasztása és alkalmazása a cél. A mérsékelt övben, számos területen, a legfontosabb limitáló faktorként a szárazságstressz jelentkezhet, a vízhiánnyal szemben toleráns fajok és fajták esetében azonban sok kísérlet bizonyítja, hogy képesek az UV-B káros hatásainak kivédésére. Emiatt ezeken a területeken, a megfelelően kiválasztott fajták esetében, az UV-B biomassa-növekedést és terméshozamot potenciálisan befolyásoló hatása kisebb jelentőségű lehet. Ez azt is jelzi, hogy a jelenlegi UV-B sugárzás mellett az északi mérsékelt övben a mezőgazdasági kultúrák produktivitása még nem tekinthető

az UV-B legveszélyeztetettebb célpontjának, de más stressztényezők a hatását felerősítetik. A Föld más pontjain, pl. Dél-Amerikában, Kínában – ahol az UV-B sugárzás

jelentősebb mértékben nőtt (30%) az elmúlt évtizedben, mint az északi mérsékelt égövben – a mezőgazdasági termelés rendkívül érzékeny pontja.

### FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) AGRAWAL, M. – SINGH, B. – RAJPUT, M. – MARSHALL, F. – BELL, J. N. B. (2003): Effects of air pollution on peri-urban agriculture: a case study. *Environ. Pollution*, 126: 323–329. pp. (2) AGRAWAL, M. – DEEPAK, S. S. (2003): Physiological responses of two cultivars of wheat to elevated levels of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>, singly and in combination. *Environ. Pollution*, 121: 189–197. pp. (3) ALLEN JR., L. H. (1990): Plant responses to rising carbon dioxide and potential interactions with air pollutants. *J. Environmental Quality*, 19: 15–34. pp. (4) ASHMORE, M. R. – BELL, J. N. B. – MIMMACK, A. (1988): Crop growth along gradient of ambient air pollution. *Environ. Pollution*, 53: 99–121. pp. (5) ASHMORE, M. R. – MARSHALL, F. M. (1999): Ozone impacts on agriculture: an issue of global concern. *Advances in Botanical Research*, 29: 32–49. pp. (6) BOLINK, E. M. – VAN SCHALKWIJK, I. – POSTHUMUS, F. – VAN HASSELT, P. R. (2001): Growth under UV-B radiation increases tolerance to high-light stress in pea and bean plants. *Plant Ecol.*, 154: 149–156. pp. (7) BYTNEROVICZ, A. – FENN, M. E. (1996): Nitrogen deposition in California forests: a review. *Environ. Pollution*, 92: 127–146. pp. (8) CALDWELL, M. M. – BJÖRN, L. O. – BORNMAN, J. F. – FLINT, S. D. – KULANDAIVELU, G. – TERAMURA, A. H. – TEVINI, M. (1998): Effects of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.*, 46: 40–52. pp. (9) CAPE, J. N. – FOWLER, D. – DAVISON, A. (2003): Ecological effects of sulfur dioxide, fluorides, and minor air pollutants: recent trends and research needs. *Environment International*, 29: 201–211. pp. (10) CAPORN, S. J. M. – ASHEDEN, T. W. – LEE, J. A. (2000): The effect of exposure to NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> on frost hardiness in *Calluna vulgaris*. *Environ. Exp. Bot.*, 43: 111–119. pp. (11) CHALKER-SCOTT, L. (1999): Environmental significance of anthocyanins in plant stress responses. *Photochem. Photobiol.*, 70: 1–9. pp. (12) DAI, Q. – PENG, S. – CHAVEZ, A. Q. – VERGARA, B. S. (1994): Intraspecific responses of 188 rice cultivars to enhanced UV-B radiation. *Environ. Exp. Bot.*, 34: 433–442. pp. (13) DARALL, N. M. (1989): The effect of air pollution on physiological processes in plants. *Plant, Cell and Environment*, 12: 1–30. pp. (14) DAY, T. A. – VOGELMANN, T. C. – DELUCIA (1992): Are some plant life forms more effective than others in screening out ultraviolet-B radiation? *Oecologia*, 83: 513–519. pp. (15) DAY, T. A. (2001): Ultraviolet radiation and plant ecosystems. In: Cockell, C. – Blaustein, A. R. (eds.): *Ecosystems, Evolution and Ultraviolet Radiation*. Springer, 80–117. pp. (16) HAVAUX, M. (1998): Carotenoids as membrane stabilizers in chloroplasts. *Trend Plant Science*, 3: 147–151. pp. (17) HOFMANN, R. W. – SWINNY, E. E. – BLOOR, S. J. – MARKHAM, K. R. – RYAN, K. G. – CAMPBELL, B. D. – JORDAN, B. R. – FOUNTAIN, D. W. (2000): Responses of nine *Trifolium repens* L. populations to ultraviolet-B radiation: differential flavonol glycoside accumulation and biomass production. *Ann. Bot.*, 86: 527–537. pp. (18) GRULKE, N. E. – BALDUMAN, L. (1999): Deciduous conifers: high N deposition and O<sub>3</sub> exposure effects on growth and biomass allocation in ponderosa pine. *Water Air Soil Pollut.*, 116: 235–248. pp. (19) HOLLÓSY F. (2002): Effects of ultraviolet radiation on plant cells. *Micron*, 33: 179–197. pp. (20) JOHNSON, D. W. (1992): Nitrogen retention in forest soils. *J. Environm. Qual.*, 21: 1–12. pp. (21) KAKANI, V. G. – REDDY, K. R. – ZHAO, D. – SAILAJA, K. (2003): Field crop responses to ultraviolet-B radiation: a review. *Agricultural and Forest Meteorology*, 120: 191–218. pp. (22) KRUPA, S. V. – MANNING, W. J. (1988): Atmospheric ozone: formation and effects on vegetation. *Environ. Pollution*, 50: 101–137. pp. (23) LÁPOSI R. – MÉSZÁROS I. – VERES SZ. – MILE O. (2001): Effects of the enhanced UV-B radiation on the photosynthetic ecophysiological properties of *Fagus sylvatica* L. and *Fraxinus angustifolia* Vahl. ssp. *pannonica* Soó et Simon. *Acta Biologica Debrecina*, 23: 51–55. pp. (24) LÁPOSI R. – VERES SZ. – MILE O. – MÉSZÁROS I. (2002): Photosynthesis-ecophysiological properties of beech (*Fagus sylvatica* L.) under the exclusion of ambient UV-B radiation. *Acta Biologica Szegediensis*, 46: 243–245. pp. (25) LAVOLA, A. – APHALO, P. J. – LAHTI, M. – JULKUNEN-TIITTO, R. (2003): Nutrient



availability and the effect of increasing UV-B radiation on secondary plant compounds in Scots pine. *Env. Exp. Botany*, 49: 49–60. pp. (26) LEHNHERR, B. – GRANDJEAN, A. – MACHLER, F. – FUHRER, J. (1988): The regulation of photosynthesis in leaves of field grown spring wheat at different levels of ozone in ambient air. *Plant Physiol.* 88: 1115–1119. pp. (27) LIAO, B. – LIU, H. – ZENG, Q. – YU, P. – PROBST, A. – PROBST, J. L. (2005): Complex toxic effects of Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, and acid rain on growth of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *Environment International*, 31: 891–895. pp. (28) LOVETT, G. M. (1994): Atmospheric deposition of nutrients and pollutants to North America: an ecological perspective. *Ecol. Appl.*, 4: 629–650. pp. (29) LÜTZ, C. – STEIGER, A. – GODDLE, D. (1992): Influence of air pollutants and nutrient deficiency on D<sub>1</sub> protein content and photosynthesis in young spruce trees. *Physiol. Plant.*, 85: 611–617. pp. (30) MACKERNESS, S. A. H. – JORDAN, B. R. – THOMAS, B. (1999): Reactive oxygen species in the regulation of photosynthetic genes by ultraviolet radiation (UV-B: 280–320 nm) in green and etiolated buds of pea (*Pisum sativum* L.). *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.*, 48: 180–188. pp. (31) MADRONICH, S. – MCKENZIE, R. L. – BJÖRN, L. O. – CALDWELL, M. M. (1998): Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *J. Photochem Photobiol B: Biol.*, 46: 5–19. pp. (32) MCKENZIE, R. L. – BJÖRN, L. O. – BAIS, A. – ILYASD, M. (2003): Changes in biologically active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *Photochem. Photobiol. Sci.*, 2: 5–15. pp. (33) MEIJKAMP, B. B. – DOODEMAN, G. – ROZEMA, J. (2001): The response of *Vicia faba* to enhanced UV-B radiation under low and near ambient PAR levels. *Plant Ecol.*, 154: 137–146. pp. (34) MÉSZÁROS, I. – LÁPOSI R. – VERES S. – BAI E. – LAKATOS G. – GÁSPÁR A. – MILE O. (2001): Effects of supplemental UV-B and drought stress on photosynthetic activity of sessile oak (*Quercus petraea* L.) PS2001. Proceedings of 12<sup>th</sup> International Congress on Photosynthesis. *Csiro Publ.*, (ISBN: 0643 067116), S3–036. (35) MURALI, N.S. – TERAMURA, A. H. (1985): Effects of ultraviolet-B radiation on soybean. VI. Influence of phosphorus nutrition on growth and flavonoid content. *Physiol. Plant.*, 63: 413–416. pp. (36) PFÜNDEL, E. E. – PAN, R. S. – DILLEY, R. A. (1992): Inhibition of violaxanthin deepoxidation by ultraviolet-B radiation in isolated chloroplasts and intact leaves. *Plant Physiol.*, 98: 1372–1380. pp. (37) POULSON, M. E. – DONAHUE, R. A. – KONVALINKA, J. – REGINA, M. – BOEGER, T. (2002): Enhanced tolerance of photosynthesis to high-light and drought stress in *Pseudotsuga menziesii* seedlings grown in ultraviolet-B radiation. *Tree physiology*, 22: 829–838. pp. (38) QUAITE, F. E. – SUTHERLAND, B. M. – SUTHERLAND, J. C. (1992): Action spectrum for DNA damage in alfalfa lowers predicted impact of ozone depletion. *Nature*, 358, 576–578. pp. (39) RANIERI, A. – CASTAGA, A. – LORENZINI, G. – SOLDATINI, G. F. (1997): Changes in thylakoid protein patterns and antioxidant levels in two wheat cultivars with different sensitivity to sulfur dioxide. *Env. Exp. Botany*, 37: 125–135. pp. (40) RAO, M. V. – DE KOK, L. J. (1994): Interactive effects of high CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> on growth and antioxidant levels in wheat. *Phyton*, 36: 279–290. pp. (41) RAO, M. V. – HALE, B. A. – ORMROD, D. P. (1995): Amelioration of ozone induced oxidative damage in wheat plants grown under high carbon dioxide. *Plant Physiol.*, 109: 421–432. pp. (42) SANDHU, R. – LI, Y. – GUPTA, G. (1992): Sulphur dioxide and carbon dioxide induced changes in soybean physiology. *Plant Sciences*, 83: 31–34. pp. (43) SASAKI, T. – KONDO, N. – SUGAHARA, K. (1983): Breakdown of photosynthetic pigments and lipids in spinach leaves with ozone fumigation: role of activated oxygen. *Physiol. Plant.*, 59: 28–34. pp. (44) SCHMIDT, A. M. – ORMROD, D. P. – LIVINGSTON, N. J. – MISRA, S. (2000): The interaction of ultraviolet-B radiation and water deficit in two *Arabidopsis thaliana* genotypes. *Ann. Bot.*, 85: 571–575. pp. (45) SEARLES, P. S. – FLINT, S. D. – CALDWELL, M. M. (2001): A meta-analysis of plant field studies simulating stratospheric ozone depletion. *Oecologia*, 127: 1–10. pp. (46) STAXÉN, I. – BORNMAN, J. F. (1994): A morphological and cytological study of *Petunia hybrida* exposed to UV-B radiation. *Physiol. Plant.*, 91: 735–740. pp. (47) SULLIVAN, J. H. (1997): Effects of increasing UV-B radiation and atmospheric CO<sub>2</sub> on photosynthesis and growth: implications for terrestrial ecosystems. *Plant Ecology*, 128: 194–206. pp. (48) SZABÓ L. (szerk.) (1998): Növénytermesztés és a környezet. Tan-Grafix Művészeti, Szolgáltató és Kiadó Kft., Budapest, 381 p. (49) VASS I. – SASS L. – SPETEA, C. – BAKOU, A. – GHANOTAKIS, D. F. – PETROULEAS, V. (1996): UV-B induced inhibition of photosystem II electron transport studied by EPR and chlorophyll fluorescence. Impairment of donor and acceptor side components. *Biochemistry*, 35: 8964–8973. pp. (50) TAKEMOTO, B. K. – BYTNEROVICZ, A. – FENN, M. E. (2001): Current and future effects of ozone and atmospheric nitrogen deposition on California's

mixed conifer forests. *Forest Ecol. Management*, 144: 159–173. pp. (51) TERAMURA, A. H. – MURALI, N. S. (1986): Intraspecific differences in growth and yield of soybean exposed to ultraviolet-B radiation under greenhouse and field conditions. *Env. Exp. Botany*, 26: 89–95. pp. (52) TERAMURA, A. H. – SULLIVAN, J. H. – ZISKA, L. H. (1990): Interaction of elevated ultraviolet-B radiation on CO<sub>2</sub> on productivity and photosynthetic characteristics in wheat, rice, and soybean. *Plant Physiol.*, 94: 470–475. pp. (53) TUBA Z. – RASCHI, A. – LANINI, G. M. – NAGY Z. – HELYES L. – VODNIK, D. – SANITA DI TOPPI, L. (2003): Plant response to elevated carbon dioxide. In: Sanita Di Toppi, L. – Pawlik-Skowronska, B. (eds.): *Abiotic Stresses in Plants*. Kluwer Acad. Publ., 157–204. pp. (54) TUBA Z. – BAKONYI G. – SINGH M. K. (2004): Impacts on biodiversity. In: Láng I. – Jolánkai M. – Kőmíves T. (eds.): *Pollution processes in agri-environment. A new approach*. Akaprint Kiadó, Budapest, 277 p. pp. (55) YANQUN, Z. – YUAN, L. – HAIYAN, C. – JIANJUN, C. (2003): Intraspecific differences in physiological response of 20 soybean cultivars to enhanced ultraviolet-B radiation under field conditions. *Env. Exp. Botany*, 50: 87–97. pp. (56) YUAN, L. – YANQUN, Z. – HAIYAN, C. – JIANJUN, C. – JILONG, Y. – ZHIDE, H. (2000): Intraspecific responses in crop growth and yield of 20 wheat cultivars to enhanced ultraviolet-B radiation under field conditions. *Field Crops Research*, 67 (1): 25–33. pp. (57) WAHID, A. – MAGGS, R. – SHAMSI, S. R. A. – BELL, J. N. B. – ASHMORE, M. R. (1995): Air pollution on wheat yields in the Pakistan Punjab. *Environmental Pollution*, 88: 147–154. pp.

## ENERGIAÖNÁLLÓSÁG

BÍRÓ DÁVID

**Kulcsszavak:** energiaválság, megújuló energia, energiaautonómia.

### ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A világgazdaság a jelenleg fennálló energiaellátási rendszerével a szakadék felé halad. Hermann Scheer ragyogóan megírt és gondolatgazdag könyve (Hermann Scheer: *Energieautonomie, Eine neue Politik für erneubare Energien*, Verlag Antje Kunstman, München, 2005, 315 o.) a megújuló energiaforrások esélyeivel foglalkozik. A könyv szerzője, Hermann Scheer közgazdász és társadalomtudós, a német szövetségi parlament tagja, a Megújuló Energiák Európai Egyesületének, az Eurosolarnak az elnöke. Munkásságát 1999-ben alternatív Nobel-díjjal ismerték el. Nagyrészt Scheer politikusi tevékenységének köszönhető a megújuló energiáról szóló törvény németországi elfogadása, amely előírja, hogy a magasfeszültségű vezetékek üzemeltetőinek fix vételáron kell megvásárolniuk a megújuló energiaforrásokkal termelt energiát.

A könyv megjelenésének méltó hátteret ad az a tény, hogy a világ szélenergia-termelésének 35%-a Németországra jut. A Scheer által kezdeményezett törvény hatására a német villamosenergia-termelés 7%-át öt év alatt megújuló energiaforrásokra állították át. Néhány év alatt 130 ezer új munkahely jött létre a megújuló energiákkal kapcsolatban.

A szerző amellet érvel, hogy ne csupán 30 ezer napelem legyen Németországban, hanem ennek tízszerese, és a gépkocsi-tulajdonosok álljanak át az ökoüzemanyagra. A német közvélemény nagy része elvben szimpatizál a nap-, szél- és vízi energiával, de mindennapi magatartásában ebből még nemigen fakadnak gyakorlati lépések. Scheer megvalósult példák alapján mutatja be, hogy a modern ipari társadalmak az elkövetkező ötven esztendőben teljesen át tudnának állni a megújuló energiaforrásokra, és ezzel a fenntartható energiagazdálkodás-

ra. Látomása a megújuló energiaforrásokra építő világgazdaság, amelyben 200 energiaellátásban autonóm társadalom létezik.

### AZ ENERGIAELLÁTÁSSAL KAPCSOLATOS HÉT VÁLSÁG

Hermann Scheer hét olyan energiaellátással kapcsolatos válságról ír, amellyel szembe kell nézni: (1) A globális felmelegedés katasztrofális hatásai már jelenleg is láthatóak. (2) A fejlett országok egyre kisebb számú kitermelőforrástól függenek: az Egyesült Államok energiaszükségletének 56%-a származik importból, Németország importfüggősége 80%-os, míg Japáné 95%-os. A még meglévő kőolaj- és földgázkészletek legnagyobb része a Közel-Kelet országaiban található. „Ha katonai eszközökkel biztosítják az erőforrások rendelkezésre állását, akkor a hagyományos energiatar-

*lékok hamarabb fogynak ki. Megkezdődik a vezető kontinentális hatalmak további felfegyverkezése. Az erkölcsi következmények katasztrofálisak. Az energiaellátás militarizálása az energiastratégia perverz megvalósulása.”* Ezzel szemben az energiaönállóság, az importfüggőség megszűnése a békét biztosító külpolitika fontos tényezőjévé válhatna. (3) A saját fosszilis energiahordozókkal nem rendelkező fejlődő országoknak egyre többre kerül a dráguló energiahordozók beszerzése. (4) *Hermann Scheer* ellenzi az atomenergiára alapozott energiatermelést, mert a nukleáris energia békés célú felhasználásáról könnyű áttérni az atomfegyverek előállítására. A nukleáris energia biztonságpolitikai kockázata olyan nagy, hogy ezt csak akkor lehet megnyugtató módon kezelni, ha maga a kockázat forrása szűnik meg. (5) A vízhiány a világ egyre több régiójában okoz növekvő gondot, amelyet az atomerőműveknek és a kőolaj-kitermelésnek a hatalmas vízfogyasztása tovább súlyosbít. (6) A mezőgazdaság megnövekedett műtrágyafelhasználása is fenyegető probléma: a műtrágya beszerzési költségei növekednek, és csökken a gazdák nyeresége. Növelni kell tehát a természetlagokat, ami a termőföldek további kimerüléséhez és elértéktelenedéséhez vezet. (7) A légszennyezés az emberiség egynegyedének az egészségét károsítja.

A fenti jelenségek kölcsönhatása és együttes jelentkezése tovább növeli a válsághelyzetek gyakoriságát és súlyosságát. Olaszországban 2003 nyarán villamosenergia-ellátási válság alakult ki: egy feltételezhetően a klímaváltozásra visszavezethető példátlan erejű hőhullám egész Európát, különösképp Franciaországot és Olaszországot érintette. Az Alpok víztározóiba a szokásosnál jóval kevesebb víz jutott, a folyók és patakok kiszáradtak. A kibírhatatlan hőség miatt egyre nagyobb számban bekapcsolt klímaberendezések megnövelt energiaigényét a rendszer már nem tudta fedezni. Olaszország Franciaországtól akart villamos energiát vásárolni, de nem tudott, mert a hűtővízhiány miatt számos ottani atomerőműnek le kellett állnia.

Az egymással kapcsolatba lépő válságok jelzik, mi vár az emberiségre, ha nem cselekszik. A szerző hangsúlyozza: nem kell feltétlenül arra az apokaliptikus előrejelzésre gondolni, amely szerint a Golf-áramlat leállhat, és Európa nagy részére jégkorszak következhet. Az előbb leírt vagy ahhoz hasonló válságok viszont mára már gyakorivá váltak. Szembe kell nézni azzal, állítja *Hermann Scheer*, hogy az emberiség a civilizáció történetének legnagyobb kihívása előtt áll.

## A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK ELŐNYEI

1. A nukleáris energia és a fosszilis energiahordozók kitermelése önmagában is annyira káros a környezetre, hogy még akkor is le kellene mondanunk róla, ha nem lenne klímaváltozás. 2. A fosszilis energiaforrások kimerülnek, ami azt jelenti, hogy folytatódó felhasználásuk szükségképp növekvő költségekhez, ellátási zavarokhoz és válsághelyzetekhez vezet. „*A jelenlegi energiaellátásban az óriás szerepét a fosszilis energiahordozók játsszák, de a megújuló energiaforrások természetes adottságaihoz képest csak elenyésző szerepük lehet.*” A szoláris energiáról elmondható, hogy a Napból Földre jutó energia 2850-szer nagyobb energiamennyiség, mint amire jelenleg szükségünk van. 3. A nukleáris és fosszilis energiahordozók csak a Föld bizonyos régióiban fordulnak elő. Meg kell tehát küzdeni a szállítás és az energiaellátás biztonságának kérdéseivel. A megújuló energiaforrások ezzel szemben szerte a világon rendelkezésre állnak, tehát sokkal kisebb infrastrukturális ráfordítást igényelnek, és meg lehet előzni velük az importfüggőséget. A váltás tehát kikerülhetetlen, de nem mindegy, hogy katasztrófák hatására vagy a tudatos politikai döntés nyomán következik be. 4. A fosszilis energiahordozók egyre drágábbak lesznek, míg a megújuló energiaforrások egyre olcsóbbak. Az árak kérdésénél figyelembe kell venni azt is, hogy a hagyományos energiahordozók állami támogatást élveznek.

Scheer ezzel kapcsolatban kifejti, hogy a fosszilis és nukleáris energia a világ gazdaságtörténetének az a területe, amelyik a legnagyobb összegű támogatást kapta: „*Andre de Moor, energia-szakértő 2001-ben végzett számításai szerint az energiatermelés támogatására a világban 244 milliárd dollárt költöttek, ebből 53 milliárd a szénbányászatra, 52 milliárd a kőolajbányászatra, 46 milliárd a földgázra, 48 milliárd a villamos energiára, 16 milliárd az atomenergiára jutott, míg a megújuló energiatermelésre 9 milliárd.* Ezek a szubvenciók a nukleáris és fosszilis energiahordozókra épített energiatermelést tartják fenn: „*Az összes közvetlen és közvetett energiátámogatás teljes összege nagy valószínűséggel évi 500 milliárd dollár. Ha ehhez hozzáadjuk az atomenergetikai kutatásokra és fejlesztésekre fordított, becslések szerinti 1000 milliárd dollárt, akkor siralmas kép bontakozik ki: egyfelől a fosszilis és nukleáris energia biztosítására törekvő erőszakos politikai cselekvést látjuk, másfelől a megújuló energiaforrások előmozdítása terén mutatkozó politikai tehetetlenséget. (A megújuló energiák a hagyományos erőforrások támogatásának alig egy ötvened részét kapták.)*” Az egész világra kiterjedő atomlobbi elképzelései szerint 2050-ig az atomerőművek száma megnégyszereződik, és a technokraták álma egy központosított atomenergiára támaszkodó társadalom. Csak akkor lehetne a hagyományos és az alternatív energiaforrások közötti piaci esélyek egyenlőségéről beszélni – vallja a szerző –, ha a hagyományos energiatermelőknek vissza kellene fizetniük az eddig megkapott támogatásokat.

A kőolajszektor világcégei az általuk értékesített kőolaj nagy részét saját maguk termelik ki, maguk üzemeltetik a kőolajvezetékeket és finomítókat, maguk szervezik meg a forgalmazást, és monopolhelyzetben vannak a benzinkutaknál is. Csak a hajóval történő olajszállítást végeztetik más cégekkel, azzal a nyilvánvaló szándékkal, hogy megszabaduljanak az esetleges hajóbalesetekből adódó kártérítési felelősség kockázatától. Az elektromos vezetékhálózatok üzemeltetői a leg-

több esetben egyben maguk állítják elő az áramot, és maguk bányásszák ki az áramtermeléshez szükséges energiahordozókat.

A csernobili katasztrófa és az 1970-es évek olajválsága ellenére a világ energiafelhasználása 1970 óta 70%-kal nőtt, de a megújuló energiaforrások aránya változatlanul 14% maradt. Scheer (a könyv megírásakor számára rendelkezésre álló információk alapján) örvendetesnek véli, hogy az EU nem kötelező jellegű ajánlása szerint a megújuló energiaforrásoknak 2010-ig 12,5%-os részesedést kell szerezniük az EU teljes energiaellátásában, de az eddig megtett gyakorlati lépéseket nem tartja elégségeseknek. Egyesek a nagy transznacionális társaságokban reménykednek, amelyek maguk is elkezdtek befektetni a szélerőművekbe és napelemekbe. Scheer figyelmeztet: nem érdemes ezzel kapcsolatban igazán komoly reményeket táplálni. A multinacionális társaságok teljes árbevételében a megújuló energia csak elenyésző szerepet játszik. (A BP leányvállalatának, a *BP Solarnak* a BP teljes árbevételben való részesedése 0,14%, míg a Shell leányvállalatának, a *Shell Solarnak* részesedése 0,11%.) Ezek a társaságok – mutat rá Scheer – egyfelől azt hangoztatják, hogy a megújuló energiaforrások részesedése a teljes energiaellátásból akár 50%-ra nőhet, de mélyen hallgatnak arról, hogy az energiafelhasználás teljes mennyisége is hamarosan megduplázódik, és így az előállított fosszilis és nukleáris energia mennyisége változatlan marad, pedig a katasztrófális klímaváltozás elkerülése érdekében azonnal nagyon jelentős emisszió-csökkentésre lenne szükség. A szerző joggal jegyzi meg, hogy „*a hagyományos energiarendszerek a jövőben nem vállalhatnak úttörő szerepet.*”

## ENERGIAAUTONÓMIA: A GYORS ÁTÁLLÁS CÉLJA ÉS HAJTÓÉREJE

A megoldás a szerző szerint az energiaautonómiában rejlik, ami azt jelenti, hogy a gazdaság minden országban teljes egészében

helyi, megújuló energiaforrásokra áll át. Az az izgalmas kérdés, hogy ez a korszakfordító váltás időben megtörténik-e, vagy már csak a környezeti katasztrófák után. „A megújuló energiaforrásokra való áttérés versenyfutás az idővel, és ennek vannak gazdasági és társadalmi okai. A nukleáris és fosszilis energiahordozók használatának megszüntetésére sem a hagyományos energiagazdaság, sem a globális szerződések nem képesek. Az archimédeszi pont (politikai, technikai és gazdasági értelemben) az energiaönállóság, amely egy az egész világra kiterjedő változási folyamatot tud beindítani.”

A szerző így határozza meg az energiaönállóság fogalmát: „Az energiaönállóság egyszerre politikai, gazdasági és technikai fogalom. Általános értelemben csakis megújuló energiaforrásokra alapozva lehetséges. Az energiaautonómia azonban nem csupán a megújuló energiaforrásokra való áttérés eredménye, hanem egyúttal a gyakorlati stratégia kemény magja. Ahhoz, hogy az egész folyamat beinduljon, az egyének, szervezetek, társaságok, városok és államok autonóm vállalkozásaira van szükség. A megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos új politikai szemlélet abban áll, hogy ezeknek a kezdeményezéseknek olyan teret engedünk, amelyekben szabadon kibontakozhatnak.” Milyen politikai mechanizmusok tarthatják lendületben az energiaautonómia iránti törekvést? A fenntartható energiagazdálkodásra való áttérés politikai motiváló ereje abból fakad, hogy megvalósulása esetén az államok visszanyerhetik az önrendelkezési jogukat: „Az energiaautonómiához elvezető stratégiának legfontosabb politikai hajtóereje, hogy ezzel az egyes államok társadalmi önrendelkezési jogot szereznek, illetve ezekben a társadalmakban a demokráciát és az általános gazdasági szabadságot visszaállítják.”

Scheer számára a krónikus energiaválság nem utolsó sorban a neoliberalizmus következménye: „a piac, a dereguláció, a privatizáció pozitív értelemben vett orientáló fogalmak voltak. Ez a korszak az 1990-ben

megfogalmazott Washingtoni konszenzussal együtt az uralkodó gazdasági ideológiává vált. Olyan nemzetközi pénzügyi szervezetek, mint a Világbank vagy a Nemzetközi Valutaalap a nemzetgazdaságok államtól mentesített gazdálkodásra való átalakítását világprogrammá tették. (...) Az áramszektor lett az elképzelések egyik kedvelt célpontja. Az, hogy még egy magángazdasági rendszerben is létrejöhet a tervezdálkodás, kívül esik az ún. neoliberalizmus apologétainak látókörén. (...) Valójában a transznacionális hatáskörrel működő óriáskonzernek neofeudalizmusa jött létre. (...) A konzernek a nemzeti és nemzetközi intézményeknek csak egy szerepet szánnak, azt, hogy megnyissák a multik számára az összes piacot.”

Az energiahordozókkal kapcsolatos vitákban nagyon sokat beszélnek a megújuló energiaforrások technikai és gazdasági adottságairól, de a szerző szerint a társadalmi lehetőségekről sem szabad megfeledkezni: „A megújuló energiaforrások sikeres bevezetése szempontjából a legfontosabb a gazdasági potenciál: azok az emberek, akiket meg lehet nyerni a szoláris kezdeményezések ügyének. Akármennyire helyes is egy javaslat, egészen addig terméketlen marad, amíg nincsenek megvalósítói. (...) A stratégia megvalósítása nem lehetséges olyan aktív résztvevők nélkül, akik meggyőződésük alapján nem tesznek magukévá cselekvési alternatívákat. A stratégiai vita fő kérdése ezért az, hogy kik lehetnek a változás hordozói.”

Ez olyan decentralizált stratégiát igényel, amely szöges ellentétben áll a már kialakult energiagazdaság érdekeivel. Ez a decentralizált energiastratégia kiszabadíthatja a politikát a transznacionális energiacegek halálos szorításából. Hermann Scheer új fejlődési modellt javasol az egész világ számára. A szerző energiaautonómia iránti építő víziója lehetőséget kínál a munkanélküliség leküzdésére: olyan technológiai váltásról van szó, amely az informatikai forradalommal ellentétben komolyan javíthat a munkanélküliségen.

A szerző meggyőző érveléssel bizonyítja: a megújuló energiák alkalmazása terén ott indult el igazi változás, ahol autonóm politikai kezdeményezések bontakoztak ki anélkül, hogy a központtól vártak volna kezdeményezésre. Nem jártak viszont sikerrel azok az erőfeszítések, amelyek a megújuló és a hagyományos energiaforrások integrációjára építettek.

Az utolsó energetikai korszakváltástól eltérően a soron következő váltás számtalan önálló kezdeményezéstől és egy olyan törvényhozástól függ, amelyik teret ad a megújuló energiaforrásoknak. A német megújuló energia törvényt éppúgy, mint a többi EU kezdeményezést, a hagyományos energiaipar törekvéseit legyőzve sikerült megvalósítani. A megújuló energiaforrásokra történő átállás a demokratikus intézményrendszert is kihívás elé állítja. A tényleges előrelépéshez azonban hatékony és határozott kerettörvényekre is szükség van: a politikának olyan elvi döntést kell hoznia, amely stabil hátteret teremt a megújuló energiákra történő átálláshoz.

A szerző eloszlatja a kiotói jegyzőkönyvvel kapcsolatos reményeket. Kifejti, hogy célszerűbb lett volna csak csökkentési célt kitűzni és az „ún. rugalmassági mechanizmusokat” elhagyni. Scheer Kiotó-kritikája ott erős, ahol azt írja le, hogy az emberek szómágiával hogyan csapják be saját magukat. Többek között arról ír, hogy a kibocsátási jogok fogalma „az eddig jogilag megtűrt kibocsátásból nyilvánosan legitímáltat hoz létre. A megtűrést azzal indokolják, hogy a fosszilis energiahordozóknak nincsen alternatívája és az energiáról nem lehet lemondani. A jog története azonban megmutatja, hogy nincsen olyan jogi keret, amelyet hosszú távon fenn lehet tartani, ha már nem tartják jogérvet szempontjából elfogadhatónak. A jogérvet szempontjából nem fogadható el mindig legitímnek az, ami tisztán jogi szempontból legális. Ha felismertük, hogy megújuló energiaforrásokra támaszkodó, emissziómentes energiaellátás is létezik, akkor a fosszilis energiahordozók a jogérvet

szempontjából nem elfogadhatók. Nemzetközi jog által szavatolt áránlatokra alapozott, eladható és megvásárolható emissziós jogokkal az a látszat alakul ki, hogy a jogérvet szempontjából csak a jogi kereteken kívül eső emisszió nem elfogadható.” Szerző gondolatát az alábbi példával teszi még szemléletesebbé: „A kemény drogok előállítás és forgalmazása a legtöbb országban tilos, és majdnem mindenütt a jogérvet szempontjából is elfogadhatatlan. Mi lenne akkor, ha mindkét tevékenység nem lenne többé tilos, hanem a hatékonyabb visszaszorítás érdekében a kábítószer-előállítást 2012-ig 5%-kal kellene csökkenteni, és igazolt értékesíthető és megvásárolható termelési jogokat hoznának forgalomba annak érdekében, hogy a termelőket gazdaságilag is érdekeltté tegyék a csökkentésben. (...) Pragmatikus szempontból ugyan mindent meg lehet indokolni, de ennek mi lesz a következménye.”

A szerző álláspontja szerint a fenntartható fejlődés és a megújuló energiaforrásokra való áttérés csak úgy biztosítható, hogy a „megújuló energiaforrások kiegészítésével párhuzamosan a fosszilis és nukleáris energiaforrások iránti keresletet leépítik, tehát egyszerre átállás és leállás.” A szerző részletes adatokkal bizonyítja, hogy a megújuló energiaforrásokkal a világ teljes energiaszükségletét fedezni lehetne.

A megújuló energiaforrások elterjedését számos nem helytálló feltételezés, mítosz és tévedés akadályozza. A szerző részletesen foglalkozik velük, és bemutatja, miért tévesek. A legfontosabb mítoszok: 1. a megújuló energiaforrások nem elégségesek; 2. elterjedésük csak hosszú távon lehetséges; 3. a nagyméretű erőművekre feltétlenül szükség van; 4. a megújuló energiaforrásokra építő technika nem eléggé fejlett; 5. a környezetet az energiahatékonyság javításával sokkal eredményesebben lehet védeni, mint a megújuló energiákra elköltött összegekkel; 6. meg kell tartani a jelenlegi energiaellátási rendszereket; 7. a megújuló energiaforrások csak támogatásokkal életképesek; 8. min-

denképp szükség van átfogó és az egész világra kiterjedő szabályozásra azzal együtt, hogy ez szükségképp csak súlyos kompromisszumok árán lehetséges.

A szerző adatokkal bizonyítja, hogy a megújuló energiaforrásokból nyert energiával fedezni lehetne az emberiség energia-szükségletét. A megújuló energiák hosszú távú elterjedésével kapcsolatos nézetekre rációfolnak az eddigi eredmények, a nagyméretű erőművekre pedig egy decentralizált energiaellátási rendszerben nincsen feltétlenül szükség. A megújuló energiák már most is fejlettek, bár ez nem jelenti azt, hogy nincsenek olyan területek, amelyeken hatékonyságát nem kellene javítani. Az energia-tárolás vonatkozásában még sok fejleszteni való van, de itt is számtalan lehetőség kínálkozik, pl. villamos árammal üzemeltetett földalatti sűrített levegőtárolók, amelyekre áramfejlesztőket csatlakoztatnának. Az a feltételezés, amely szerint mindenképp szükség van átfogó nemzetközi szabályozásra *„nem veszi figyelembe, hogy technikai áttörés eddig sosem fakadt nemzetközi szerződéseken egyeztetett vállalásokból.”*

A szél- és napenergia mellett nagy lehetőségek rejlenek a mezőgazdaságból származó bioüzemanyagokban. Hollandiában kiszámít-

tották, hogy a háztartásokból, nagyobb konyhából, illetve az élelmiszeriparból származó organikus szemétből annyi biogázt lehetne előállítani, ami az ország üzemanyag-szükségletének 50%-át tudná fedezni. Nem szabad megfélekezni a bioetanolról sem. A bioetanol fa nyersanyagforrásai Európában a cukorrépa, a búza és a kukorica, Észak-Amerikában kukorica és a búza, Dél-Amerikában pedig a cukornád. A fosszilis üzemanyagokat minden további nélkül felválthatná a bioetanol. Az autóközlekedés esetében egyértelmű a kívánatos fejlődés iránya: megújuló energiaforrásokból termelt villamos energiával hajtott autók, illetve ökoüzemanyaggal hajtott járművek. Azon fejlődő országok számára, amelyek nem rendelkeznek még áramellátással, megadatik az az esély, hogy lemondjanak drága központi elektromos vezetékhalózatok létesítéséről, és eleve decentralizált módon és megújuló energiaforrásokból biztosítsák az energiaellátást.

A szerző meggyőző példák sorával bizonyítja, hogy lehetséges a teljes átállás a megújuló energiákra. Ugyanakkor sürget az idő: az éghajlatváltozás, a környezet fokozódó terhelése, az atomenergia visszatérésének baljós lehetősége mind arra int, hogy cselekedni kell!



**REPORT OF THE UN'S INTERGOVERNMENTAL PANEL  
ON CLIMATE CHANGE ON THE EXPECTED CONSEQUENCES  
OF CLIMATE CHANGE**

By  
NOVÁKY, BÉLA

**Keywords: IPPC, Fourth Evaluation Report,  
consequences of climate change, adaptation.**

On April 6<sup>th</sup> 2007, following a four-day debate in Brussels, the UN's Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), accepted the report prepared by its 2<sup>nd</sup> working group (WGII) for political decision-makers on the expected consequences of climate change, the possibilities of adaptation, and climactic vulnerability. The four-day debate served to ensure that based on the recommendations and observations made by government representatives present, a finalised report could be produced, which was acceptable as a whole and in all its parts to every government represented there. Its approval was only possible by common consent and the unanimous consensus of all government representatives.

**KNOWLEDGE ABOUT THE HEALTH EFFECTS  
OF HEAT WAVES AMONG CITY DWELLERS IN HUNGARY**

By  
KISHONTI, KRISZTINA – BOBVOS, JÁNOS – PÁLDY, ANNA

**Keywords: heat health watch warning system,  
public communication, health effects of heat, heat warning.**

A telephone-survey was carried out in the five biggest towns in Hungary (Budapest, Pécs, Szeged, Miskolc, Debrecen), in which 2,500 people aged over 18 living in households with a telephone were interviewed. The questionnaire contained 10 questions aimed at assessing people's knowledge and awareness regarding heat, adaptation methods and heat-alert

systems. A multiple logistic regression analysis was carried out to assess the effect of sex, qualifications, settlement and job on the answers.

Based on the analysis, the population is unaware of the harmful effects of heat waves and of protection methods. In future the communication strategy should be modified in order to reach each target group more effectively to help with adaptation to heat waves.

## METHODS AND APPLICATIONS OF WHEAT AND CORN PRODUCTION RISK ANALYSIS

By  
LADÁNYI, MÁRTA

**Keywords: risk, data management, stochastic dominance,  
risk aversion, wheat and corn production.**

In this paper we present a short review of the most recent data management and risk elicitation methods used in risk analysis. As an application of these methods, we introduce a case study in which the risk increase in Hungarian winter wheat and corn production is investigated. The methods and results of this paper are a prelude to further planned research:

1. Taking into account the special climatic demands and sensitivity of winter wheat and corn, and the introduction of weather indicators, the climatic aspects of risk increase are measured.

2. Applying the most widely accepted climate scenarios we analyse the expected change in weather indicators. Based on the methods introduced in this paper we estimate future risk.

3. The preparation of an adaptation strategy is planned with the aim of decreasing risk. In the interests of investigating the possibilities of prevention and adjustment, this also requires the non-climatic aspects of risk to be surveyed.

## A NEW RATINGS SYSTEM FOR SPATIAL AND TEMPORAL VOLATILITY OF PLANT PRODUCTION BASED ON AN AGRO-CLIMATOLOGICAL INDEX

By  
PÉTER, BÉLA – BELLA, SZABOLCS – MIKA, JÁNOS

**Keywords: plant production, estimate of potential production, verification.**

We introduce a new, previously unpublished procedure for the estimation of potential crop yield. The point of the method is to provide a rough estimate of expected yield via multiple characteristics of a given production cycle's climate and a production site's soil. In reality, actual production only approaches this as a result of nutrient input (measurable in principle) and many other nuances of agricultural technology. The co-writers verified the process developed over many decades by Béla Péter, on the corn production of three counties using a 31 year (1976–2006) time series of climate and production data lines, in three

south Transdanubian counties. The success of the process is confirmed by the 0.74–0.80 correlation coefficient and the relatively constant value of the ratio of actual and potential crops. The various application possibilities of the method range from yield estimates for specific years, through estimates of the effects of climate change, to the (not only soil and climate dependent) comparison of production sites, and quality rating.

## **METHODS TO DETERMINE GEOGRAPHICAL ANALOGY AND POSSIBLE APPLICATIONS**

By  
HORVÁTH, LEVENTE

**Keywords: climate change, spatial analogy,  
Climex method, ranking method.**

Climate scenarios can be defined as relevant and adequate pictures of how the climate may look in the future. This work is based on General Circulation Models (GCM) down-scaled to Debrecen (an important centre of agricultural production in Hungary) and the method of geographical analogies was used to explain the results. Geographical analogues are regions which have a climate analogous today to that predicted in the study region in the future. It has been found that the regions similar to the predicted future climate of Debrecen are located to the south of Hungary. This distance is about 100–300 km. Two main methods (the ranking and the CLIMEX methods) were used to find the analogue regions. I would like to show the similarities and differences between the two methods, and help to choose between them. I prefer the CLIMEX methods and show the results of these.

## **CLIMATE CHANGE AND BIODIVERSITY – CASE STUDY OF A GEOGRAPHICAL ANALOGY FOCUSING ON THE EUROPEAN LEPIDOPTERA FAUNA**

By  
PETRÁNYI, GERGELY – HUFNAGEL, LEVENTE – HORVÁTH, LEVENTE

**Keywords: climate change, biodiversity,  
lepidoptera, insects, geographical analogy.**

The main purpose of our insect-faunistic case study is to reveal the possible effects of climate change on biodiversity. We have compared the Lepidoptera fauna of Hungary with the fauna of the analogue countries (Romania, Bulgaria, and Greece) that currently have a climate very similar to Hungary's future climate, according to the different climate scenarios. Our goal was to give the extent of faunal change regarded as a maximum, on the basis of the given scenario – the upper limit of the number of species that might appear in and disappear from the Hungarian fauna. Postulating that the scenarios we have examined will ensue, 55–81% of the Lepidoptera fauna of Hungary would remain unaffected. The maxi-

mum loss suffered by today's fauna would be 19–45% of the species, mainly affecting species of northern distribution. At the same time, the appearance of new species can be expected amounting to some 19–36% of today's fauna. The distribution area of these species is of a south-eastern character.

## AIR POLLUTION AND PLANT PRODUCTION

By:

LÁPOSI, RÉKA – MÉSZÁROS, ILONA – FODOR, LÁSZLÓ  
– SZABÓ, LAJOS – MÁTHÉ, PÉTER

**Keywords: air pollution, plant cultivation, ozone layer,  
UV-B radiation, harmful effects.**

One of the most important environmental problems of our day is air pollution, the effects of which must be taken into account not just close to the sources of emissions, but a significant distance from them as well. Due to their constant exposure and the accumulation of effects, plants are particularly at risk, which can also cause problems in plant cultivation as the pollutants in the air do not just directly damage plant tissue, thereby reducing growth and yield quantity, but reach the soil surface in the form of acidic precipitation from the atmosphere, where the change in acidity influences the processes taking place in the soil. This produces a deterioration in the soil's capacity to provide nutrients and in the composition of micro flora and micro fauna, while increasing the solubility of heavy metals also produced by air pollution and other sources (sewage-sludge, pesticides, artificial fertilisers) and thus their absorption by plants, which endangers human health by entry into the food chain.

Other stressors arising among the characteristics of a cultivation site, for example, drought, the mass increase of plant pests and the increasingly significant UV-B radiation of the past decade, significantly influence plant response to the effects of air pollutants. The sensitivity of cultivated plants and their capacity for resistance in the face of these stressors is a critical point and there are great differences between individual species and types. These stressors may in themselves significantly influence the plants' biomass production and the effectiveness of crop formation, but the problem is often that they appear together and so each compounds the effects of the other. From another side, however, as individual stressors influence the same metabolic processes in the plants and resistance also initiates similar processes, plants capable of resistance to one stress factor may also be able to effectively resist others. The antioxidant capacity of plants and the leaf tissue's effective protection against UV-B radiation and the invasion of polluting gases are important criteria in the selection of resistant types, thereby securing suitable plant production.

**ENERGY SELF-SUFFICIENCY**

By  
BÍRÓ, DÁVID

**Keywords:** energy crisis, renewable energy, energy autonomy.

The global economy with its current energy supply system is heading towards the abyss. Hermann Scheer's brilliantly written and thoughtful book (Hermann Scheer: *Energieautonomie, Eine neue Politik für erneubare Energien*, Verlag Antje Kunstman, München, 2005, 315 p.) deals with the prospects for renewable energy sources. The book's author, Hermann Scheer, is an economist and social scientist, a member of the German Federal Government, and Chairman of Eurosolar, the European Association for Renewable Energy. His work was acknowledged in 1999 with an alternative Nobel Prize. It is largely thanks to Scheer's political activities that legislation on renewable energy was approved in Germany, stipulating that the operators of high voltage cables must buy energy from renewable energy sources at fixed cost.

## CONTENTS

<i>Csete, László</i> : Foreword marking the appearance of the pamphlet's 50 <sup>th</sup> number .....	3
--	---

## STUDY

<i>Nováky, Béla</i> : Report of the UN's Intergovernmental Panel on Climate Change on the expected consequences of climate change .....	6
<i>Kishonti, Krisztina – Páldy, Anna – Bobvos, János</i> : Knowledge about the health effects of heat waves among city dwellers in Hungary .....	12
<i>Ladányi, Márta</i> : Methods and applications of wheat and corn production risk analysis .....	28
<i>Péter, Béla – Bella, Szabolcs – Mika, János</i> : A new ratings system for spatial and temporal volatility of plant production based on an agro-climatological index .....	44
<i>Horváth, Levente</i> : Methods to determine geographical analogy and possible applications .....	54
<i>Petrányi, Gergely – Hufnagel, Levente – Horváth, Levente</i> : Climate change and biodiversity – case study of a geographical analogy focusing on the European Lepidoptera fauna .....	62
<i>Láposi, Réka – Mészáros, Ilona – Fodor, László – Szabó, Lajos – Máthé, Péter</i> : Air pollution and plant production .....	70
<i>Bíró, Dávid</i> : Energy self-sufficiency .....	81
Summary .....	87



## SZÁMUNK SZERZŐI

- Bella Szabolcs**, az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztályának munkatársa (1024 Budapest, Kitaibel Pál út 1., Tel.: 346-4653, Fax: 346-4687, E-mail: bella.sz@met.hu)
- Bíró Dávid**, szociológus, az Eötvös József Általános Iskola és Közgazdasági Szakközépiskola középiskolai tanára (2360 Gyál, Erdősor u. 65., Tel.: 29/340-112, E-mail: dbiro@t-online.hu)
- Bobvos János**, az ÁNTSZ Közép-Magyarországi Regionális Intézete környezet-epidemiológiai szakreferense (1097 Budapest, Gyáli út 2-6., E-mail: bobj@freemail.hu)
- Csete László**, c. egyetemi tanár, az „AGRO-21” Kutatási Programiroda vezetője (1093 Budapest, Zsil u. 3-5., Tel.: 476-3295, Fax: 342-7571, E-mail: csetel@mail.datanet.hu)
- Fodor László**, a KRF Mezőgazdasági Főiskolai Kar Környezetgazdálkodási és Agronómiai Tanszék főiskolai docense, tanszékvezető (3200 Gyöngyös, Mátrai út 36., Tel.: 37/551-936, Fax: 37/551-933, E-mail: lfodor@karolyrobert.hu)
- Horváth Levente**, az MTA–BCE Alkalmazkodás a Klímaváltozáshoz Kutatócsoport kutatója (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6181, Fax: 466-9263, E-mail: levente.horvath@uni-corvinus.hu)
- Hufnagel Levente**, az MTA–BCE Alkalmazkodás a Klímaváltozáshoz Kutatócsoport tudományos főmunkatársa (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 482-6181, Fax: 466-9263, E-mail: leventehufnagel@gmail.com)
- Kishonti Krisztina**, az Országos Környezet-egészségügyi Intézet tudományos munkatársa (1097 Budapest, Gyáli út 2-6., Tel./Fax: 476-1215, E-mail: kishontik@okk.antsz.hu)
- Ladányi Márta**, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék egyetemi adjunktusa (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 483-0562, Fax: 318-2619, E-mail: marta.ladanyi@uni-corvinus.hu)
- Láposi Réka**, a KRF Mezőgazdasági Főiskolai Kar Környezetgazdálkodási és Agronómiai Tanszék főiskolai adjunktusa (3200 Gyöngyös, Mátrai út 36., Tel.: 37/551-994, Fax: 37/551-933, E-mail: laposir@karolyrobert.hu)
- Máthé Péter**, a KRF Mezőgazdasági Főiskolai Kar Környezetgazdálkodási és Agronómiai Tanszék tudományos főmunkatársa (3200 Gyöngyös, Mátrai út 36., Tel.: 37/551-930, Fax: 37/551-933, E-mail: pmathe@karolyrobert.hu)
- Mészáros Ilona**, a DE Természettudományi Kar Növényteni Tanszék egyetemi docense (4032 Debrecen, Egyetem tér 1., Tel.: 52/316-666, Fax: 52/512-943, E-mail: immeszaros@pumma.unideb.hu)
- Mika János**, az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztályának osztályvezetője (1024 Budapest, Kitaibel Pál út 1., Tel.: 346-4710, Fax: 346-4687, E-mail: mika.j@met.hu)
- Nováky Béla**, a SZIE Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet Tájökológiai Tanszék egyetemi docense (2100 Gödöllő, Péter Károly u. 1., Tel.: 28/522-000/1895, Fax: 28/410-804, E-mail: novaky.bela@kti.szie.hu)
- Páldy Anna**, az Országos Környezet-egészségügyi Intézet főigazgató-helyettes főorvosa (1097 Budapest, Gyáli út 2-6., Tel./Fax: 476-1215, E-mail: paldy@okk.antsz.hu)
- Péter Béla**, a Blueprint Agrártevékenységet Elemző és Fejlesztő Kkt. vezetője (1032 Budapest, Kiscelli u. 8., III/9., Tel.: 368-3766, E-mail: peterbela@t-online.hu)
- Petrányi Gergely**, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék PhD hallgatója (1118 Budapest, Villányi út 29-43., Tel.: 483-0562, Fax: 318-2619, E-mail: pertu@mail.tvnet.hu)
- Szabó Lajos**, a KRF Mezőgazdasági Főiskolai Kar Környezetgazdálkodási és Agronómiai Tanszék egyetemi tanára (3200 Gyöngyös, Mátrai út 36., Tel.: 37/551-940, Fax: 37/551-933, E-mail: lszabo@karolyrobert.hu)