

319. 869

33/2003

"AGRO-21" Füzetek

KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

A TARTALOMBÓL



Magyarország nagy érzékenységű régióinak földrajzi elhelyezkedése: Alföld, Balaton–Sió vízgyűjtő

Forrás:

Bartholy–Pongrácz–Mattyasovszki–Schlanger tanulmánya

Éghajlati tendenciák
Magyarországon

Éghajlat előrejelzés
2005–2025-re

Üvegházhatás, felmelegedés
és CO₂ összefüggések

Klímaváltozás a paradicsom
példáján

Rovarok és a klímaváltozás

Klímaváltozás és a hazai
mezőgazdaság

Mező- erdőgazdasági feladatok
a klímaváltozás tükrében

A tájak klímaérzékenysége

Újszerű megközelítés
a hosszú távú előrejelzésekben

A felszín alatti vizetről

Ötlebörze

Rendezvény
az ENSZ keretegyezményekről

VAHAVA Konferencia

2004. 33. szám

„AGRO-21” FÜZETEK
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

“AGRO-21” BROCHURES
KLIMATIC CHANGE – IMPACTS – RESPONSES

„AGRO-21“ HEFTE
KLIMAÄNDERUNG – AUSKUNGEN – LÖSUNGEN

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

SZERKESZTI:
CSETE LÁSZLÓ

KIADJA:
AZ „AGRO-21” KUTATÁSI PROGRAMIRODA
1061 Budapest, Andrásy út 23.

FELELŐS KIADÓ:
LÁNG ISTVÁN
akadémikus

ISSN 1218-5329

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

TARTALOM

TANULMÁNYOK

<i>Bartholy Judit – Pongrácz Rita – Matyasovszky István – Schlanger Vera: A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarországon területére</i>	3
<i>Domonkos Péter: Éghajlat-előrejelzés a 2005-2025 időszakra</i>	19
<i>Cselőtei László: Gondolatok a változás – hatás – válasz lehetőségeiről a paradicsom példáján</i>	36
<i>Kozár Ferenc – Szentkirályi Ferenc – Kádár Ferenc – Bernáth Balázs: Éghajlatváltozás és a rovarok</i>	49
<i>Németh Imre: Klímaváltozás és a magyarországi mezőgazdaság</i>	65
<i>Biacs Péter – Kocsondi Csabáné – Dobos György: A magyar mező- és erdőgazdaság feladatai a klímaváltozás tükrében</i>	70
<i>Kerényi Attila – Csorba Péter: Módszertani alapvetés a hazai tájak klíma érzékenysége meghatározására a feltételezett klímaváltozásra tekintettel</i>	84

VITA

<i>Zágoni Miklós: Az üvegházhatás, a globális felmelegedés és a légköri széndioxid-tartalom összefüggéséről</i>	95
<i>Fekete Imre: Újszerű megközelítés a hosszú távú előrejelzésben</i>	106

HÍREK – ESEMÉNYEK

<i>Csete László: A felszín alatti vizek hasznosítását korlátozó ökológiai kritériumok</i>	118
<i>Pepó Péter: Ötlebörze</i>	119
<i>Csete László: Tájékoztató a VAHAVA projektről az MTA Környezettudományi Bizottság és a CEEWEB Konferenciáján</i>	123
<i>Csete László: VAHAVA Konferencia</i>	125
Summary	126
Contents	131

A XX. SZÁZADBAN BEKÖVETKEZETT ÉS A XXI. SZÁZADRA VÁRHATÓ ÉGHAJLATI TENDENCIÁK MAGYARORSZÁG TERÜLETÉRE

BARTHOLY JUDIT-PONGRÁCZ RITA-
MATYASOVSKY ISTVÁN-SCHLANGER VERA

ÖSSZEFOGLALÁS

1. Magyarország tíz állomásának havi középhőmérsékleti és csapadékösszeg adatain (1901–1999-es időszak) végzett tendencia elemzések alapján megállapíthatók az alábbiak:

- A nyári félév hőmérsékleti anomáliái a XX. században két intenzív melegedési periódust jeleztek, az első az 1901–1945-ös, a második az 1975–1999-es időszakban.
- A pozitív tendencia a téli félév hőmérsékleti anomáliáiban is megjelenik, bár az éves és az évtizedes skálájú változékonyság sokkal nagyobb, mint a nyári félévben.
- A csapadékanomáliák mindkét félévi idősoraiiban enyhe csökkenő tendencia figyelhető meg az egész országban, s mind az évközi változékonyság, mind a csapadékanomália értékek magasabbak a téli félévben, mint a nyári félévben.
- A XX. század utolsó három-négy évtizede az egész térségben nagyon száraz volt, bár ez a tendencia ellentettjére váltott az időszak utolsó néhány nyári félévében, amely gyakori árvizeket okozott a régióban.
- A csúsztatott 30 éves hőmérsékleti trend együtthatók értékei alapján is elmondható, hogy a XX. századra általában a pozitív hőmérsékleti trendek dominanciája jellemző akár a havi, akár a hosszabb időszakokra átlagolt féléves vagy teljes éves idősorokat tekintjük. A múlt század első felében főként a nyári és az őszi hónapokban fordultak elő nagyobb melegedési trendek. A század második felében újból a pozitív trendek jelentek meg először a téli és kora tavaszi időszakban, majd az utolsó három évtizedben már nyáron és ősszel is.

2. Vizsgálati eredményeink a megkétszereződő CO₂ koncentrációs szint esetén várható klímaszenáriókra Magyarország két nagy érzékenyséű térségében:

- Egy általunk kifejlesztett sztochasztikus-dinamikus leskalázási modell felhasználásával – mely erős sztochasztikus kapcsolatot feltételez a nagyskálájú légköri cirkuláció és a meteorológiai változók között – megbecsültük a globális klímaváltozás regionális következményeit Magyarország két legsérülékenyebb térségére (a Balaton–Sió vízgyűjtőterületére, s az Alföldre). Modellünket az ECHAM/GCM modelloutputok felhasználásával futtattuk.
- A Balaton–Sió vízgyűjtőterületére 28 meteorológiai állomás csapadékadatainak felhasználásával végeztük a leskalázási modellezést, s az eredmények alapján nyáron mind a csapadék gyakorisága, mind a mennyisége várhatóan csökken. Télen a csapadékhullás gyakorisága egyértelműen csökken, viszont a csapadékos napokon a lehullott csapadék összege nem változik szignifikánsan. Összefoglalva, a térségben a nyári hónapokban 25–35%-kal, míg a téli hónapokban 0–10%-kal kevesebb csapadék várható.
- A homogénabb Alföldre öt állomás hőmérsékleti és csapadék idősorait felhasználva

nálva modelleztünk. Eredményeink alapján a *csapadék* gyakorisága várhatóan csökken, míg a csapadékhullás intenzitásában várható változás nyáron -10% és $+5\%$ között valószínű, míg télen -15% és -5% között. A teljes évre vonatkozóan a csapadékösszegben várható változás $+10\%$ körül van. A *hőmérséklet* esetén az évszakos melegedés mértéke $0,1-0,5^\circ\text{C}$ közötti, ennél nagyobb ($+1,5^\circ\text{C}$ -os) hőmérsékletváltozást csak ősszel várhatunk. Összességében az évi hőmérsékletemelkedés várható értéke a térségben $+0,7^\circ\text{C}$.

3. A MAGICC/SCENGEN programcsomag felhasználásával a XXI. századra elkészített klímaszcenáriók értékelése Magyarországra:

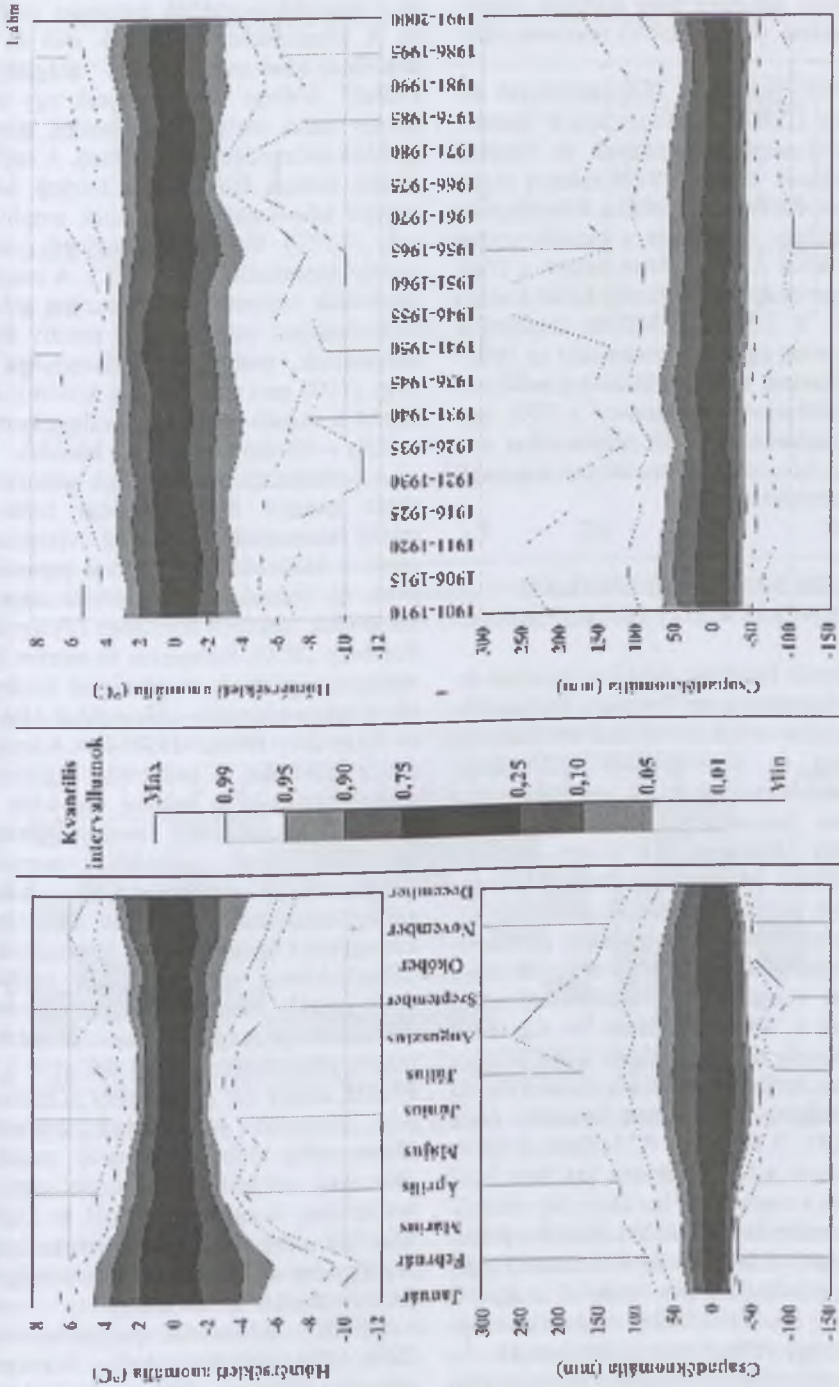
- A regionális klímafeltételeket a 2050-es és 2100-as évre állítottuk elő, s vizsgálatainkba 16 GCM-et vontunk be. Az átlagos évi és havi hőmérsékleti és csapadékösszegbeli változásokat elemeztük hazánk területére a négy fő globális éghajlati szcenárióra (A1, A2, B1, B2). Minden GCM modell minden szcenárióra pozitív *hőmérsékleti* tendenciákat ad Magyarország területére: 2050-re a hőmérsékleti becslések a $(+0,8)-(+2,8)^\circ\text{C}$, 2100-ra a $(+1,3)-(+5,2)^\circ\text{C}$ tartományba esnek. A modellek nagy hányada az éves *csapadékösszegek* növekedését jelzi: az éves változás 2050-re illetve 2100-ra rendre $(-1)-(+7)\%$, illetve $(-3)-(+14)\%$ között várható.
- Az évszakos becslések szerint növekvő csapadék várható a téli hónapokban, csökkenő csapadékmennyiség nyáron, s igen kis változásra számíthatunk az átmeneti évszakokban. Mind a hőmérséklet, mind a csapadék esetén az A2 szcenárió mutatja a 2100-as évre a legnagyobb változékonyságot a modelloutputokban.
- 2050-re illetve 2100-ra a telet és a tavaszt a mainál nedvesebbnek becsüljük, míg a nyár és az ősz szárazabb lesz. Ezek a változások gyakoribb árvizeket és aszályokat eredményezhetnek.

Köszönetnyilvánítás: Kutatásainkat az OTKA T-026629, T-038423, T-034867 számú pályázatait, valamint az NKFP-3A/0006/2002 pályázata támogatta. További segítséget nyújtott az EU 5. keretprogram EVK2-CT-1999/0013 és EVK2-CT-2002/00163 számú projektjei, továbbá az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja.

BEVEZETÉS

A jövőre vonatkozó éghajlati előrejelzések minőségének előfeltétele, hogy mind pontosabban ismerjük, értékeljük az elmúlt időszakok éghajlatát, azok tendenciáit, s az ingadozások amplitúdóit. Hazánkra vonatkozó vizsgálatainkat ezért mi is az elmúlt száz év hőmérsékleti és csapadékviszonyainak elemzésével kezdtük. Az IPCC legutóbbi, Harmadik Helyzetértékelő Jelentésében (2001) közzétett modelleredmények és elméleti megfontolások alapján a Föld számos régiója válik sebezhetővé a globális felmelegedés következtében. Korábbi kutatásainkra támaszkodva ezek közé az érzé-

keny területek közé sorolhatjuk hazánk két vidékét is: az Alföldet, s a Balaton-Sió vízgyűjtőjét. Vizsgálataink során egyrészt az éghajlati szempontból érzékeny két területre végeztünk részletesebb modellszámításokat a $2 \times \text{CO}_2$ koncentrációs szinthez tartozó klíma esetére, melyhez sztochasztikus módszerekkel skáláztuk le a kapcsolt globális óceán-légkör modellek adta rácsponyi eredményeket. Másrészt hazánk egész területére vonatkozóan klímaváltozási elemzést végeztünk: a hőmérséklet és a csapadék jövőbeli alakulására vonatkozóan 16 nemzetközileg elfogadott modell becsléseit foglaltuk össze. Ehhez használtuk fel a MAGICC/SCENGEN programcsomagot (Wigley et al.,



2000), mely lehetővé teszi többféle emisszió-szenárió (IPCC, 2001) részletes vizsgálatát.

Az IPCC Harmadik Helyzetértékelő Jelentésében (2001) megfogalmazott hosszútávra szóló modelleredmények és elméleti megfontolások alapján a Föld számos régiója válik sebezhetővé a globális felmelegedés következtében. A jelentés a veszélyeztetett területek közé sorolja többek között a Földközi-tenger vidékét, s Közép-Kelet-Európa országait. E cikkben elsőként áttekintjük Magyarország éghajlati tendenciáit az 1901–1999 időszakra, majd – különböző módszertani közelítéseket alkalmazva – a XXI. századra vonatkozó éghajlati projekciókat mutatjuk be az ország potenciálisan legveszélyeztetettebb térségeire.

A XX. SZÁZAD ÉGHAJLATI TENDENCIÁI MAGYARORSZÁGON

Az elmúlt évszázad éghajlati trendjeit áttekintő elemzéshez az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársai által minőségileg ellenőrzött és homogenizált (Szentimrey, 1999) havi hőmérsékleti és csapadékösszeg idősorokat használtunk Magyarország tíz állomására (Budapest, Debrecen, Kecskemét, Miskolc, Mosonmagyaróvár, Nyíregyháza, Pécs, Sopron, Szeged, Szombathely).

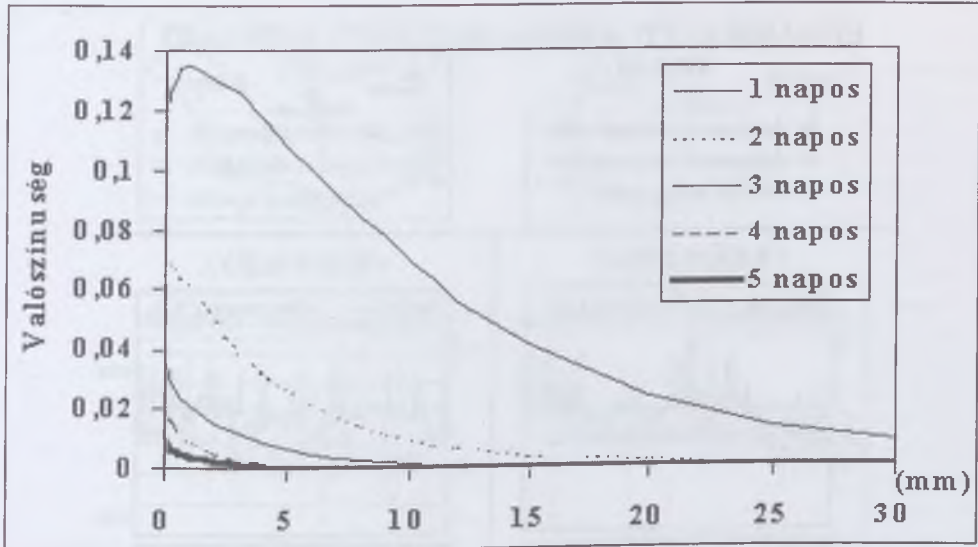
Elsőként a havi hőmérsékleti és csapadékanomáliák éven belüli és évtizedenkénti eloszlását vizsgáltuk az elmúlt évszázadra, melyet az 1. ábrán mutatunk be. Az ábrán Magyarország tíz állomásának adatai alapján az extrém értékek (minimum és maximum) mellett néhány kiválasztott kvantilis érték (0,01, 0,05, 0,10, 0,25, 0,75, 0,90, 0,95 és 0,99) látható a hőmérsékletre (az ábra felső részén) és a csapadékra (az ábra alsó részén). Az éves menetek az ábra bal oldalán található, melyek a hőmérséklet esetén a téli félév (főként január–február), míg a csapadék esetén a nyári félév (főként augusztus–szeptember) nagy változékonyságát mutatják. Az 1. ábra jobb oldalán láthatók a hőmérsékleti

és a csapadékanomáliák évtizedes tendenciái. A hőmérsékleti anomáliák alsó és felső kvartilisei közé eső úgymond “átlagos viselkedésű” felében megfigyelhető egy enyhe pozitív trend, mely feltételezésünk szerint a globális melegedéssel igazolható. A szélsőségesebb értékek felé haladva feltűnő, hogy a negatív hőmérsékleti anomáliák amplitúdója (–4, –11 °C) lényegesen nagyobb, mint a pozitív anomáliáké (+5, +6 °C). A csapadékanomáliák aszimmetrikus eloszlása miatt az évtizedenkénti vizsgálatnál a pozitív értékek dominálnak, melyek változékonysága igen nagy (+100 mm és +260 mm közötti), ehhez képest a negatív anomáliák változékonysága csekély (–50 mm és –100 mm közötti).

Az extrém csapadéértékek változékonyságát kiemelt mezőgazdasági fontossága miatt elemeztük. Korábbi vizsgálataink során a különböző statisztikai paraméterek éves és évszakonkénti térbeli eloszlását ábráztuk térképes formában (Pongrácz és Bartholy, 2000). Robusztus és extrém idősoranalízist végeztünk, majd ezeket összevetettük a teljes csapadék idősorokkal (Bartholy és Pongrácz, 1998a; 1998b). A Kárpát-medence szárazabb és nedvesebb régióira összehasonlítottuk az extrém csapadék valószínűségi eloszlásait. Tanulmányoztuk az egymást követő csapadékos periódusok tartamának és intenzitásának, valamint a száraz időszakok tartamának alakulását. A két egymást követő napnál hosszabb csapadékos időszak előfordulásának esélye nagyon csekély Magyarországon: az esemény valószínűsége még egy csapadékosabb állomáson (Keszthelyen) sem éri el a 0,04-os értéket, ahogy ezt a 2. ábráról is leolvashatjuk. Nagyobb mennyiségű csapadékok, illetve még több napig tartó csapadékos időszakok előfordulási valószínűségei értelemszerűen ennél az értéknél is kisebbek, közelítik a 0-t. Ezen paramétereknek a szárazságok és aszályok modellezésénél, előrejelzésénél lehet fontos szerepe.

Minden állomásra meghatároztuk az 1901–1999 közötti havi hőmérsékleti anomália idősorok felhasználásával az ún.

2. ábra



Egymást követő csapadékos napok (1-5) valószínűségeinek alakulása egy nedvesebb magyarországi állomáson (Keszthely)

3. ábra

	Havi, évszakos és éves trend homér sékleti együtthatók (·100)												Homér séklet trend együtthatók (·100)		
	Jan	Febr	Márc	Ápr	Máj	Jún	Júl	Aug	Szept	Okt	Nov	Dec	Tel	Nyár	Éves
1901-30	0,1	-3,4		3,6	7,6	-2,6			6,4	2,1	10,3	-3,6		4,6	2,9
1911-40	-5,6		-5,0			4,0	6,4	2,7	6,7	3,8	8,8	-10,9		4,9	
1921-50	-9,3	2,3		9,3		3,3		3,8	6,4	-2,3		4,3		3,6	2,3
1931-60	2,3				-2,5			-3,2				10,9		2,3	
1941-70			-2,3	-2,2	-2,1		-2,7	-6,7	-5,3		6,5	-5,5			
1951-80		9,9	7,9	-3,7		-2,1	-4,9	-4,7	-4,5	-2,2	-2,7	-2,2		3,7	-3,6
1961-90	8,9	2,3	5,9	-3,3	2,9	-3,3							3,9		
1971-00	3,1		-2,2	3,6		3,9	5,6	6,1	3,1	4,2		-4,9		4,3	2,2
1901-99	0,9	1,4	0,3	0,0	0,5	0,3	0,2	1,1	1,0	8,4	0,3	0,3	0,7	1,0	0,3

A XX. század csúsztatott 30 éves időszakaira számolt hőmérsékleti anomália trend együtthatói (10²-nal szorozva) Magyarországra

csúsztatott 30 éves trend együtthatókat minden egyes hónapra, a téli és a nyári félévre, valamint az egész évre. Mivel hasonló eredményeket kaptunk az egyes állomások esetén, ezért a 3. ábrán az országos hőmérsékleti átlagra vonatkozó vizsgálat eredmé-

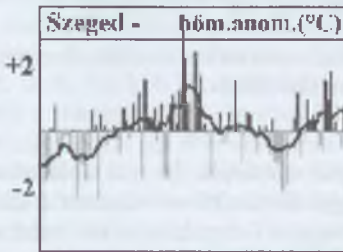
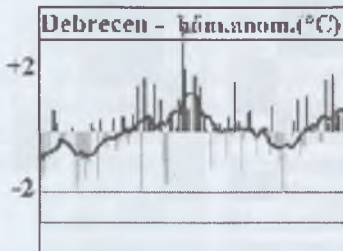
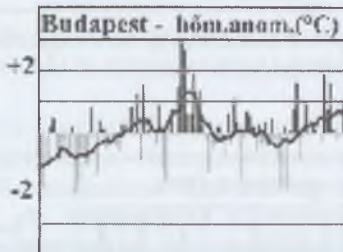
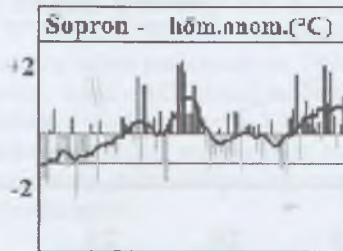
nyeit mutatjuk be (a táblázatban a trend együtthatók 10²-tel szorzott értékei jelennek meg). A 0-hoz közeli, kis trend együtthatók értéke (-2 és +2 közöttiek) nem jelenik meg a táblázatban, csupán a pöttyözött mezőki-töltés utal az adott harmincéves időszak nem

HŐMÉRSÉKLETI ANOMÁLIA 1901-99

- Átlagnál melegebb félév
- Átlagnál hidegebb félév
- 10-éves mozgó átlag

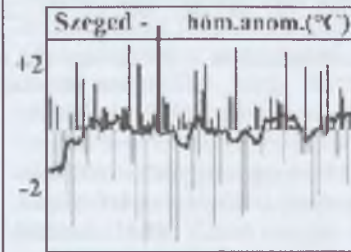
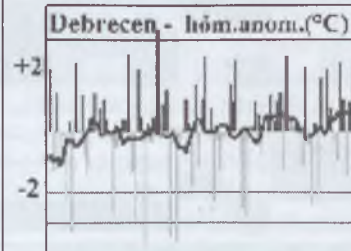
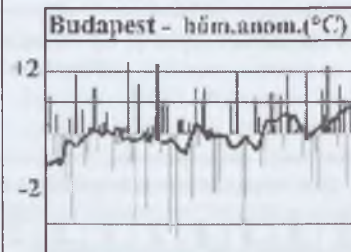
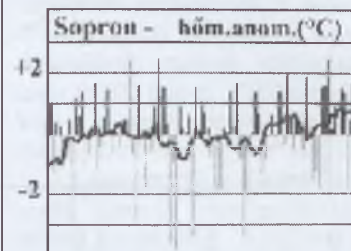


NYÁRI FÉLÉV



1901 1950 1999

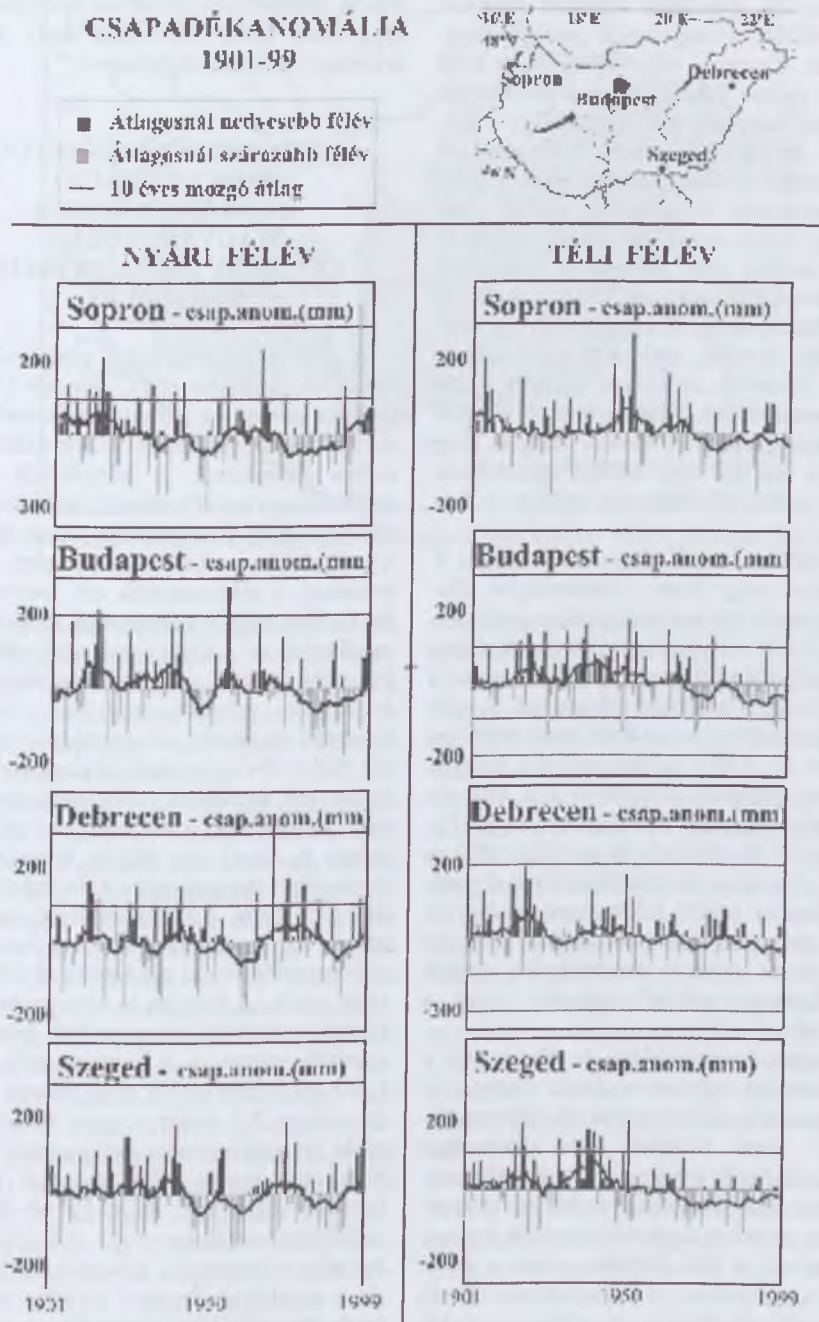
TÉLI FÉLÉV



1901 1950 1999

A XX. század homogenizált hőmérsékleti anomália idősorai négy hazai állomásra

5. ábra



A XX. század homogenizált csapadékanómia idősorai négy hazai állomásra

jelentős hőmérsékleti tendenciájára. A jelentősebb pozitív trendeket sötétebb árnyalatokkal jelöltük, a negatívokat pedig világosabbakkal. A nagyon erős melegedő és hűlő trendeket rendre fekete illetve fehér színnel emeltük ki. Az ábrán jól látszik, hogy a XX. századra általában a pozitív hőmérsékleti trendek dominanciája jellemző akár a havi, akár a hosszabb időszakokra átlagolt (fél-éves vagy teljes éves) idősorokat tekintjük. A múlt század első felében a csúsztatott harmincéves idősorokban főként a nyári és az őszi hónapokban fordultak elő nagyobb melegedési trendek, melyeket nagy negatív trendek követtek a század közepe táján (különösen nyáron). Végül a század második felében újból a pozitív trendek jelentek meg először a téli és kora tavaszi időszakban, majd az utolsó 30 évben már nyáron és őszszel is.

Hasonló tendenciák figyelhetők meg a 4. ábrán, ahol négy hazai meteorológiai állomás hőmérsékleti anomáliáinak a nyári fél-évi (áprilistól szeptemberig) és a téli fél-évi (októbertől márciusig) idősorait, valamint a tízéves mozgó átlagokat ábráztuk. A globális hőmérsékleti anomáliák tendenciájával (Jones *et al.*, 1999) megegyezően a magyar állomások idősorai alapján is két intenzív melegedési periódus jelentkezik a nyári fél-évben: az 1901–1945-ös és az 1975–1999-es időszak. Az egész évszázadra jellemző pozitív tendencia a téli fél-év anomáliáiban is megjelenik (a 4. ábra jobb oldali oszlopában), bár az éves és az évtizedes skálájú változékonyság sokkal nagyobb, mint a nyári fél-évi.

A csapadékanomáliákra is elvégeztük a fenti elemzést ugyanazon hazai meteorológiai állomások mérési adatainak felhasználásával (5. ábra). Mindkét fél-év idősoraiban enyhe csökkenő tendencia figyelhető meg. Az egész országban mind az évközi változékonyság, mind a csapadékanomália értékek magasabbak a téli fél-évben, mint a nyári fél-évben, valamint a csapadékanomáliák térbeli változékonysága is sokkal nagyobb. Az utolsó három-négy évtized az egész

térségben nagyon száraz volt, bár ez a tendencia ellentétjére váltott az évszázad utolsó néhány nyári fél-évében, mely gyakori árvizeket okozott a régióban.

A MEGKÉTSZEREZŐDŐ CO₂ KONCENTRÁCIÓ KLÍMASZCENÁRIÓI MAGYARORSZÁG KÉT NAGY ÉRZÉKENYSÉGŰ TÉRSÉGÉRE

A XXI. század éghajlati projekcióit összefoglaló legújabb IPCC jelentés (2001) a globális változások várható hatásaival kisebb skálán, kontinensenként külön-külön fejezetben foglalkozik. E jelentésben Európa potenciálisan veszélyeztetett területei között találjuk Közép-Kelet-Európa egyes térségeit. Az általunk a Kárpát-medencére végzett kutatások is alátámasztják ezt, melyek alapján hazánk nagy érzékenységtű területei közé sorolhatjuk az Alföldet, valamint a Balaton-Sió vízgyűjtőjét. Az elmúlt néhány évben, évtizedben mindkét régióban előfordult hosszabb-rövidebb ideig tartó súlyosan száraz illetve rövid, intenzív árvizes periódus, s az ott élő ökológiai rendszerek esetenként erős környezeti stressznek voltak kitéve. (Lásd: 6. ábra) Az alföldi klímakutatások fontosságát hangsúlyozza a terület mezőgazdasági szerepe. Az itt jelentkező nagy árvizek és súlyos aszályok mind a mezőgazdasági termelés, mind a települések sebezhetőségét jelzik. A Balaton és környezete többek között turisztikai szempontból érdemel kiemelt figyelmet. A tó Európa egyik legsekélyebb nagy kiterjedésű tava, átlagos mélysége csupán 3,3 méter – s az elmúlt pár év során jelentős vízszint csökkenést figyelhetünk meg (mely több hónapon keresztül tartóan fennállt, s mintegy 60–80 cm-es csökkenést eredményezett). A Balatonnak az egyetlen levezetést a Sió-csatorna biztosítja, de a rendkívül alacsony vízállás miatt már évek óta nem lehet megnyitni a zsilipeket. Vizsgálataink során a két éghajlati szem-

6. ábra



Magyarország nagy érzékenységű régióinak földrajzi elhelyezkedése: Alföld, Balaton–Sió vízgyűjtő

pontból érzékeny területre végeztünk részletesebb modellszámításokat a $2 \times \text{CO}_2$ koncentrációs szinthez tartozó klíma esetére, melyhez sztochasztikus módszerekkel skáláztuk le a kapcsolt óceán-légkör modellek adta rácsponti eredményeket.

E fejezet célja, hogy egy sztochasztikus-dinamikus leskalázási modell felhasználásával becsülje a globális klímaváltozás lokális és regionális következményeit Magyarország térségére (Bartholy et al., 1995; Weidinger et al., 1995; Bartholy és Matyasovszky, 1998; Bartholy et al., 2003). Az alkalmazott sztochasztikus leskalázási módszer feltételezi, hogy erős sztochasztikus kapcsolat létezik a nagyskálájú légköri cirkuláció és a meteorológiai, hidrológiai változók között. E statisztikai kapcsolat becsléséhez a mért adatsorokból indulunk ki, majd a kapott összefüggéseket alkalmazzuk a szimulált GCM-output adatokra. A nagytérű cirkulációt ún. makrocirkulációs típusokkal jellemezzük. A megváltozott klímavizonyokat (vagyis a lokális/regionális meteorológiai, hidrológiai változók becsült értékét) az alkalmazott GCM által előállított

megváltozott makroskálájú cirkulációval jellemezve kaphatjuk meg.

Kutatásaink során kifejlesztettünk és a Kárpát-medence két említett érzékeny régiójára alkalmaztunk egy sztochasztikus-dinamikus leskalázási modellt. Korábbi vizsgálatainkban több más területre is használtunk már hasonló módszertant, pl.: a száraz kontinentális éghajlatú Nebraská-ra (Bogárdi et al., 1993; Matyasovszky et al., 1994; Mearns et al., 1999), a szubtrópusi Arizoná-ra (Bartholy és Duckstein, 1994), valamint a mediterrán klímájú Görögországra (Matyasovszky et al., 1995). Modellünket egyrészt az ECHAM/GCM (Max Planck Institute, Hamburg), másrészt a CCC/GCM (Canadian Climate Centre) modelloutputok (Cubash et al., 1991) felhasználásával futtattuk.

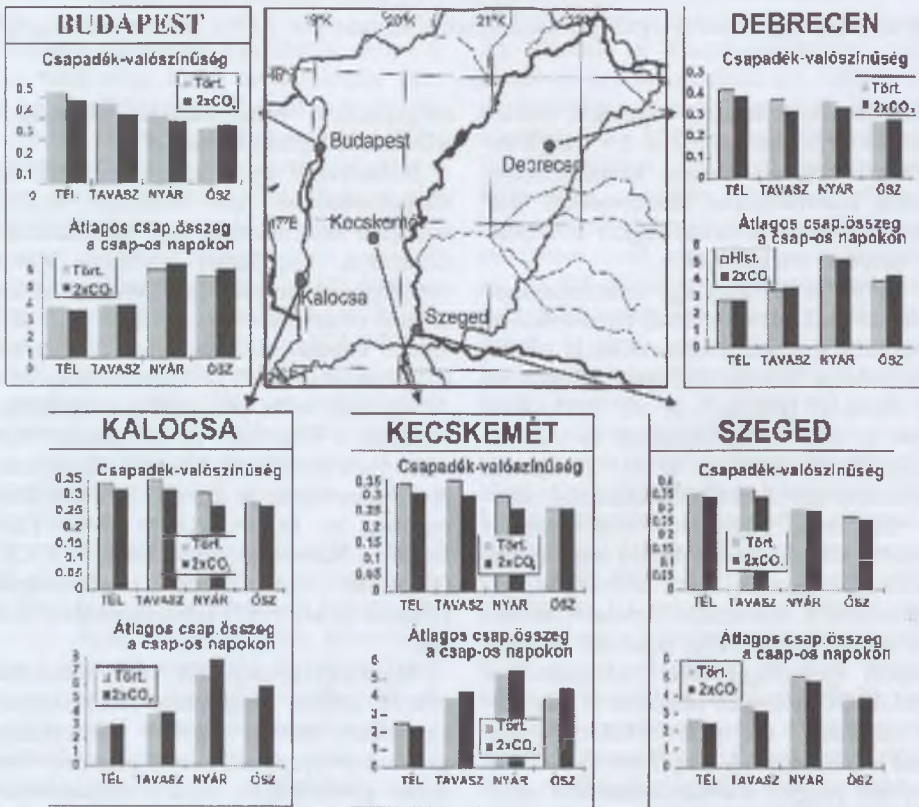
Míthogy a csapadék és a hőmérséklet térbeli, időbeli viselkedése jelentősen eltér egymástól, ezért a nagyobb változékonyságot mutató csapadék esetén mind az előfordulási gyakoriságot, mind a csapadékmennyiséget szükséges modellezni. A Balaton–Sió vízgyűjtőterületre 28 meteorológiai álló-

7. ábra



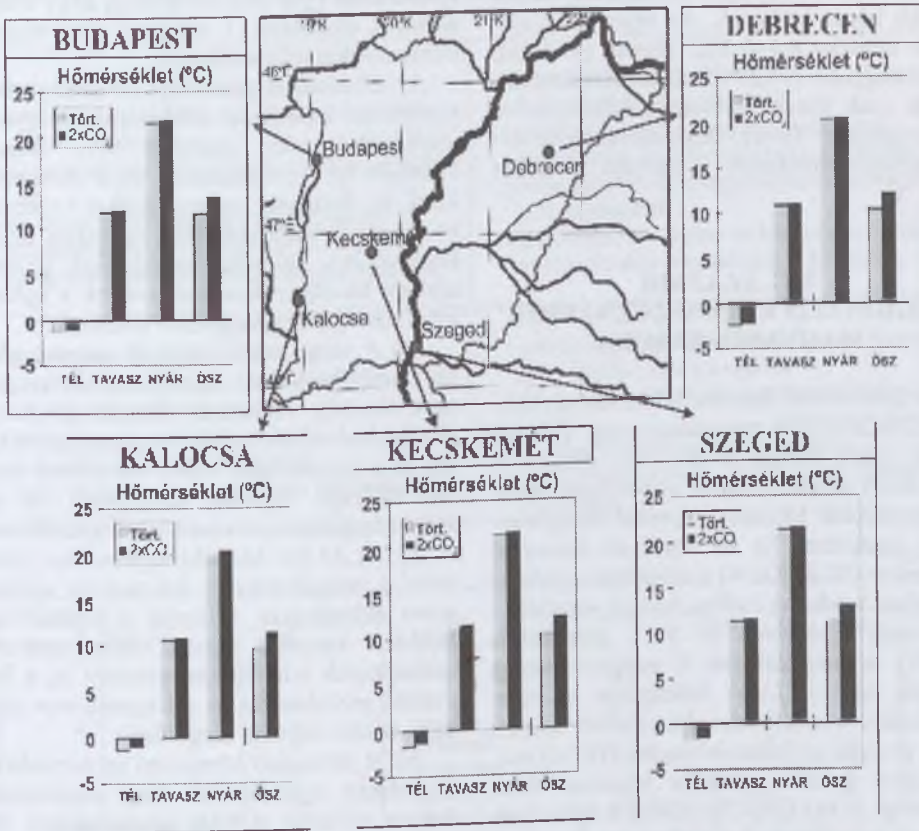
Sztochasztikus modeleredmények az esős napok becült napi csapadékanomáliáira $2 \times CO_2$ klímaszcenárió esetén a Balaton–Sió vízgyűjtőterületre

8. ábra



Évszakos regionális csapadékszcenáriók ($2 \times CO_2$ klíma esetén) az Alföld térségére

9. ábra

Évszakos regionális hőmérsékleti scenáriók ($2 \times \text{CO}_2$ klíma esetén) az Alföld térségére

más csapadékadatoknak felhasználásával végeztünk leskalázási modellezést (Bartholy *et al.*, 1995; 2003) a megduplázódott CO_2 koncentrációjú klímára. Az eredmények alapján nyáron mind a csapadék gyakoriságának, mind mennyiségének csökkenése várható. Télen a csapadékhullás gyakorisága egyértelműen csökkenni fog, viszont a csapadékos napokon a lehullott csapadékösszeg az északibb területeken csökken, a délebbi régióban viszont kis mértékben növekszik (7. ábra). Összefoglalva, a nyári hónapokban 25–35%-kal, míg a téli hónapokban 0–10%-kal kevesebb csapadék várható.

A $2 \times \text{CO}_2$ koncentráció szinthez tartozó várható regionális éghajlati viszonyok összefoglalását öt alföldi állomásra (Budapest, Debrecen, Kecskemét, Kalocsa, Szeged) a 8. és 9. ábrán láthatjuk. Eredményeink alapján a csapadék gyakorisága várhatóan csökkenni fog, míg a nedves időszakokban a csapadékintenzitás nagyjából megegyezik a jelenlegivel, illetve kissé növekszik. A csapadékhullás intenzitásában várható változás nyáron –10% és +5% között valószínű, míg télen –15% és –5% között (8. ábra). A teljes évre vonatkozóan a csapadékösszegben várható változás +10% körül van.

A hőmérsékletben a CO₂ megduplázódás esetén várható változások területileg homogénebb képet mutatnak. Az évszakos melegedés mértéke 0,1–0,5 °C közötti (9. ábra), ennél nagyobb (+1,5 °C-os) hőmérsékletváltozást csak ősszel várhatunk (Bartholy és Matyasovszky, 1998). Összességében az évi hőmérsékletemelkedés várható értéke +0,7 °C.

XXI. SZÁZADI REGIONÁLIS KLÍMASZCENÁRIÓK MAGYARORSZÁGRA

A 2000–2100 közötti időszakra a MAGICC/SCENGEN programcsomag (Wigley et al., 2000, Hulme et al., 1995, Hulme et al., 2000) alkalmazásával generáltunk lokális, regionális klímaszcenáriókat Magyarország területére. Ez az éghajlati szcenárió generátor (SCENGEN) a különböző globális éghajlati modellek széles skáláját tartalmazza, mely értékelése az IPCC jelentésben (2001) is megtalálható. E programcsomag alapját egy diffúziós feláramlási energiaegyensúlyi modell adja, kiegészítve számos (16) globális cirkulációs modell (GCM) outputjaival és több globális emisszió szcenárióval. A MAGICC/SCENGEN felhasználásával készítettük el a XXI. századra vonatkozó klímaszcenáriókat az egész országra illetve régiókra (Bartholy et al., 2003), melyek fontos kiindulási lehetnek további érzékenységi vizsgálatoknak illetve a várható változásokra építő adaptációs stratégia kidolgozásának.

Azzal a feltevéssel élünk, hogy ha a kiválasztott régióra elkészítjük a nagy számú GCM output statisztikai analizisét, ezzel jelentősen csökkenthetjük az éghajlati előrejelzések bizonytalanságát. Vizsgálatainkba 16 GCM-et vontunk be, s a regionális klímafeltételeket a 2050-es és 2100-as évre állítottuk elő. Az átlagos évi és havi hőmérsékleti és csapadékösszegbeli változásokat elemeztük hazánk területére a négy fő globális éghajlati szcenárióra (A1, A2, B1, B2),

melyeket az IPCC Harmadik Helyzetértékelő Jelentése (2001) is értékelt. A négy alapemisszió szcenáriót (1. táblázat) a következő címszavakkal jellemezhetjük:

A1: *Dinamikus gazdasági növekedést feltételez*, az emberiség lélekszámának gyors emelkedését jelzi, amely a XXI. század közepére éri el maximumát, majd csökkenni kezd, új, hatékony technológiákat vezetnek be, és egyre több kulturális egymásra hatás érvényesül a különféle társadalmak között, aminek következtében csökkennek a különböző földrajzi régiók közötti eltérések.

A2: *A világ sokféleségének megmaradását és a helyi értékek megőrzését tételezi fel*, az emberiség számának állandó, de lassú növekedésével párosulva, a gazdasági fejlődés és a technológiai váltás várhatóan minden földrajzi régióban érvényesül, de az összes forgatókönyv közül itt a leglassabban.

B1: *Az A1-hez hasonlít, ugyanakkor feltételezi a szolgáltatási és információs szektor gyors előretörését*, valamint a fenntartható fejlődés irányába mutató, környezetbarát technológiák mielőbbi bevezetését is, a felmerülő problémákat ez a forgatókönyv globális szinten kívánja megoldani.

B2: *A felmerülő környezeti és társadalmi problémák regionális és helyi megoldását helyezi előtérbe*, a földi népességszám növekszik, de még az A2 feltételezésénél is lassabban, a gazdasági növekedés közepes gyorsasággal zajlik, a technológiai változások visszafogottabbak, ugyanakkor szerteágzóbbak, mint akár az A1, akár a B1 szcenáriók esetén.

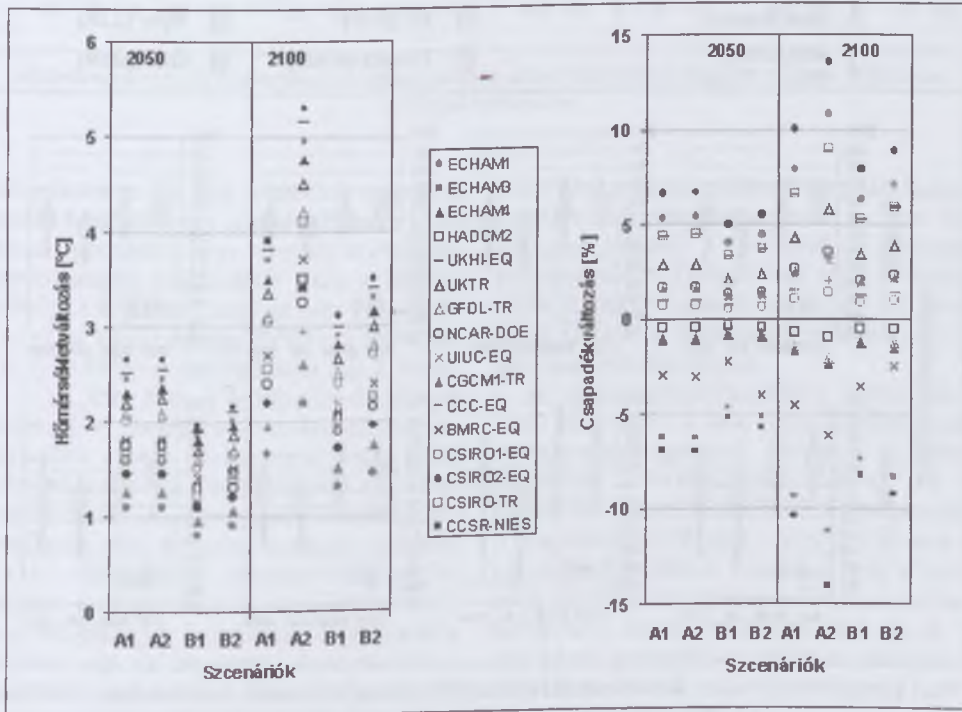
A 10. ábra baloldali diagramja szcenárióként összefoglalja a 16 GCM által 2050-re és 2100-ra becsült éves átlagos hőmérsékleti anomáliákat. Szembetűnő, hogy minden modell minden szcenárióra pozitív hőmérsékleti tendenciákat ad Magyarország területére. Míg 2050-re a hőmérsékleti becslések a (+0,8)–(+2,8) °C tartományba esnek, addig 2100-ra (+1,3)–(+5,2) °C tartományba. A legnagyobb hőmérsékletváltozások becsült értékei az A2 szcenárióban jelentkeznek, különösen 2100-ra. A százalékos csapadék-

1. táblázat

A globális emisszió négy szenáriócsaládja fontosabb jellemzői (IPCC, 2001)

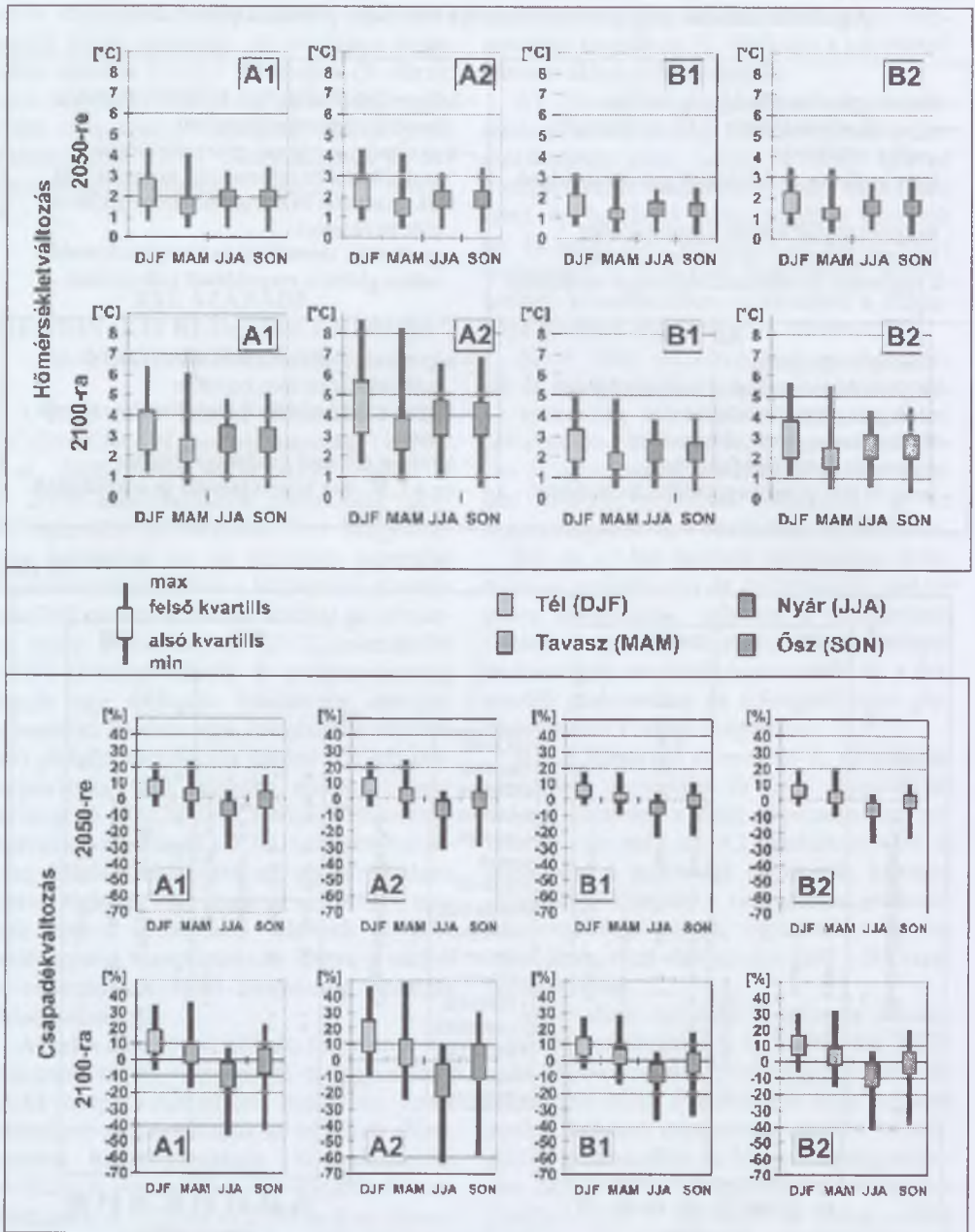
A1	B1
<ul style="list-style-type: none"> – nagyon gyors gazdasági növekedés – népesség növekedése a XXI. sz. közepéig, utána csökkenés – új és hatékony technológiák gyors megjelenése – az egyes régiók közötti kiegyenlítődés – fokozott kulturális és társadalmi hatások – a regionális jövedelemkülönbségek csökkenése 	<ul style="list-style-type: none"> – kiegyenlítő világ felé fejlődés az A1-hez hasonló népességváltozások – a gazdasági szerkezet gyors eltolódása a szolgáltatási és információs ágazatok felé – környezetbarát és energiahatékony technológiák bevezetése – a gazdasági, társadalmi és környezeti problémákra globális megoldások kidolgozása
A2	B2
<ul style="list-style-type: none"> – heterogén világkép – helyi önkormányzatok, önszerveződések hangsúlyosabb működése – folyamatosan növekvő népesség – regionális gazdasági fejlődések – lassú és térben nem egyenletes technológiai változások 	<ul style="list-style-type: none"> – a gazdasági, társadalmi és környezeti problémák lokális szinten kezelése – folyamatosan növekvő globális népességváltozás – közepes mértékű gazdasági fejlődés – az A1, B1-hez képest lassabb és sokoldalúbb változások

10. ábra



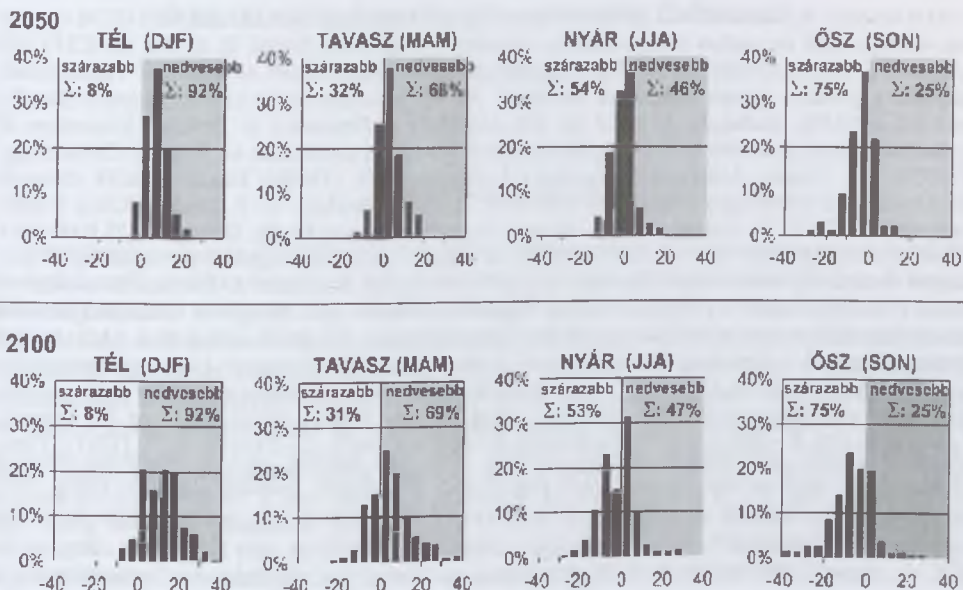
Az évi középhőmérsékletben (°C) és az éves csapadékösszegekben (%) várható változások: a Kárpát-medencére vonatkozó modcill-outputok összefoglalása a négy fő szenáriócsalád esetén

11. ábra



Havi középhőmérsékletben és havi csapadékösszegben várható változások évszakos összehasonlítása a Kárpát-medencére, 4 scenárió, 16 modell felhasználásával

12. ábra



Modell-eredmények gyakorisági eloszlásai alapján a havi csapadékösszegekben várható változások a Kárpát-medencére

változásokat a 10. ábra jobboldali diagramja jeleníti meg, ahol egy sokkal diffúzabb képet látunk. A modellek nagy hányada az éves csapadékösszegek növekedését jelzi, a 16 modellből 13 feltételezi, hogy az éves változás (-1) – $(+7)$ % között mozog 2050-re, s várhatóan a (-3) – $(+14)$ %-os intervallumba esik 2100-ra.

A 11. ábra Box-Whisker-plot diagramjai segítségével évszakos összehasonlítást végezhetünk a négy klímaszcenárióra, s a két éghajlati változóra (hőmérséklet, csapadék) vonatkozóan. A legnagyobb hőmérséklet-emelkedés télre és nyárra várható, ugyanakkor az előrejelzések legnagyobb bizonytalansága is télen várható. Az átlagos havi csapadékösszegek százalékos megváltozása előjelet vált az év során, nevezetesen: a becslések szerint növekvő csapadék várható

a téli hónapokban, csökkenő csapadékmennyiségre számíthatunk nyáron, s igen kis változást jeleznek a modellek az átmeneti évszakokban. A 2100-as évre mind a hőmérséklet, mind a csapadék esetén az A2 szcenárió mutatja a legnagyobb változékonyságot a modelloutputokban.

Az összes modelleredmény felhasználásával elkészültek a havi csapadékváltozások évszakos hisztogramjai, melyet a 12. ábra mutat be 2050-re illetve 2100-ra (itt a szcenáriók között nem tettünk különbséget). A diagramokat értékelve a telet és a tavaszt a mainál nedvesebbnek becsüljük, míg a nyár és az ősz Magyarországon a XXI. században becsléseink szerint szárazabb lesz. Ezek a változások gyakoribb árvizeket és aszályokat eredményezhetnek.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARTHOLY J.–DUCKSTEIN L. (1994): Comparing and extending the CCC and MPI GCM outputs from western USA for global change studies. *Annales Geophysicae*, Suppl. II. to Vol. 12, C355. (2) BARTHOLY J.–MATYASOVSKY I. (1998): A Kárpát-medence hőmérsékleti és csapadék viszonyainak alakulása a globális éghajlatváltozások tükrében. Az éghajlatváltozás és következményei (Szerk.: Dunkel Z.). OMSz, Budapest, 117–125 pp. (3) BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R. (1998a): Evaluation of extreme precipitation events in the Carpathian Basin. European conference on Applied Climatology. CD-ROM 6 p. Vienna, Austria. (4) BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R. (1998b): Hazai csapadék idősorok eltérő trendjei, a szélsőséges csapadékok területi és időbeni változásai. In: II. Erdő és Klíma Konferencia (Szerk: Tar K. és Szilágyi K.), 62–66 pp., Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen. (5) BARTHOLY J.–BOGÁRDI I.–MATYASOVSKY I. (1995): Effect of climate change on regional precipitation in lake Balaton watershed. *Theor. Appl. Climatol.*, 51, 237–250 pp. (6) BARTHOLY J.–PONGRÁCZ R.–MATYASOVSKY I.–SCHLANGER V. (2003): Expected regional variations and changes of mean and extreme climatology of Eastern/Central Europe. In: Combined Preprints CD-ROM of the 83rd AMS Annual Meeting. Paper 4.7 American Meteorological Society. 10 p. (7) BOGÁRDI I.–MATYASOVSKY I.–BÁRDOSSY A.–DUCKSTEIN L. (1993): Application of a space-time stochastic model for daily precipitation using atmospheric circulation patterns. *J. Geophys. Res.* 98(D9), 16653–16667 pp. (8) CUBASH, U.–HASSELMANN, K.–HOCK, H.–MAIER-REIMER, E.–MIKOLAJEWICZ, U.–SANTER, B. D. (1991): Time-dependent greenhouse warming computations with a coupled ocean-atmosphere model. *Max Planck Inst. Meteorol.*, Rep. 67, 18 p. (9) HULME, M.–RAPER, S. C. B.–WIGLEY, T. M. L. (1995): An integrated framework to address climate change (ESCAPE) and further developments of the global and regional climate modules (MAGICC). *Energy Policy*, 23, 347–355 pp. (10) HULME, M.–WIGLEY, T. M. L.–BARROW, E. M.–RAPER, S. C. B.–CENTELLA, A.–SMITH, S.–CHIPANSHI, A. C. (2000): Using a climate scenario generator for vulnerability and adaptation assessments: MAGICC and SCENGEN version 2.4 Workbook. Climatic Research Unit, Norwich, UK. 52 p. (11) IPCC (2001): Climate Change 2001: Third Assessment Report. The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK. (12) JONES, P. D.–NEW, M.–PARKER, D. E.–MARTIN, S.–RIGOR, I.G. (1999): Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Rev. Geophys.*, 37, 173–199 pp. (13) MATYASOVSKY I.–BOGÁRDI I.–DUCKSTEIN L. (1994): Comparison of two general circulation models to downscale temperature and precipitation under climate change. *Water Resources Research*, 30, 3437–3448 pp. (14) MATYASOVSKY I.–BOGÁRDI I.–GANOULIS J. (1995): Impact of global climate change on temperature and precipitation in Greece. *Appl. Math. Comp.*, 70, 1–35 pp. (15) MEARNS, L. O.–BOGÁRDI, I.–MATYASOVSKY, I.–PALECKI, M. (1999): Comparison of climate change scenarios generated from regional climate model experiments and empirical downscaling. Special issue on new developments and applications with the NCAR Regional Climate Model (RegCM), *J. Geophys. Res.*, 104(D6), 6603–6621 pp. (16) PONGRÁCZ R.–BARTHOLY J. (2000): Változási tendenciák Magyarország éghajlatának szélsőségeiben. In: III. Erdő és Klíma konferencia (Szerk: Kircsi A.), 38–44 pp., Debrecen. (17) SZENTIMREY T. (1999). Multiple analysis of series for homogenization (MASH). Proceedings of the Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data. Budapest. WMO, WCDMP–No. 41. 27–46. pp. (18) WEIDINGER T.–MATYASOVSKY I.–BARTHOLY J.–BOGÁRDI I. (1995): Climate change impact on daily pan evaporation. *Meteorol. Zeitschrift*, 4, 235–245. (19) WIGLEY, T. M. L.–RAPER, S. C. B.–SMITH, S.–HULME, M. (2000): The MAGICC/SCENGEN Climate Scenario Generator: Version 2.4: Technical Manual. Climatic Research Unit, Univ. of East-Anglia, Norwich, UK. 50 p.

ÉGHAJLAT ELŐREJELZÉS A 2005–2025 IDŐSZAKRA

DOMONKOS PÉTER

ÖSSZEFOGLALÁS

Az éghajlatváltozás okairól még mindig keveset tudunk ahhoz, hogy nagy megbízhatóságú és szűk értéktartományú éghajlat előrejelzést készítsünk a közeljövőre. E fogyatékoság ellenére érdemes a gyakorlat számára felhasználhatóvá tenni azokat a szakismereteket, amelyekkel viszont rendelkezünk. Részben objektív érvek, részben pedig subjektív megítélés alapján, a szerző azon a véleményen van, hogy a következő 20 esztendőben kevés eltérés várható az 1951–2000 időszak éghajlati állapotától. Kivétel ez alól a nyári hőmérséklet és csapadékmennyiség, ugyanis szárazabb és melegebb nyarak várhatók a XX. század második felének átlagos értékeihez viszonyítva. Az 1981–2003 időszak értékei viszont jó kiindulási alapnak tűnnek a közeljövő nyarai éghajlati viszonyainak becsléséhez. Több tényező is azt látszik igazolni, hogy Magyarországon növekszik az aszályos időszakok gyakorisága. A csapadékhullás időbeli egyenetlenségei fokozódnak, ez viszont nemcsak a gyakori vízhiánynak, hanem az időszakosan előforduló túlzott vízbőségek is okozója.

Az éghajlatkutató munkája nem érhet véget néhány becsült sarokérték megadásával, mert a gazdasági döntések előkészítése során több fázisban is hasznos lehet az éghajlati ismeretek szakszerű alkalmazása.

BEVEZETÉS

A gazdasági tevékenység tervezésénél az elkövetkező 10–20 év állapota az, amelynek ismerete valóban szükséges, így ez a helyzet a VAHAVA project esetében is. Cikkünkben annak járunk utána, hogy egyszerű-e választ adni arra a kérdésre, hogy milyen lesz a következő 20 esztendő éghajlata, és hogy milyen feladatai vannak a kutatóknak a következő évtizedek éghajlatának megismerésében és leírásában.

Amikor éghajlat előrejelzésről írunk vagy beszélünk, legkevesebb 50 éves távlatban szoktunk gondolkodni. Egy tréfás mondás szerint hálás dolog száz éves előrejelzést készíteni, mert ha esetleg nem válik be, már senki sem fog emlékezni a prognosztizőrre. A valóságban ennél sokkal komolyabb okokkal magyarázható, hogy az éghajlatunk várható

megváltozásáról szóló értekezések általában több emberöltőnyi idővel előre tekintenek. Napjainkban az éghajlatkutató szakemberek nagy többsége azon a véleményen van, hogy a XXI. században drámai változások várhatók Földünk éghajlatában, de a változások nagy része a század második felében lesz igazán érzékelhető. A hosszú távú kilátásokat illetően e cikk szerzője is osztja a többség véleményét. Az ember által a légkörbe juttatott üvegházgázok nagy valószínűséggel a légkör átlagos hőmérsékletének 1,4–5,8 °C-kal történő emelkedését (IPCC, 2001) és sok más változást okoznak a XXI. század folyamán. A globális felmelegedéshez kapcsolódó változások azonban az elkövetkező egy-két évtizedben még (valószínűleg) alig lesznek észrevehetőek. Ennek ellenére a jelen és közeljövő éghajlatának leírása lényegesen összetettebb feladat annál, mint ahogyan azt sokan gondolják.

1. SZCENÁRIÓ ÉS ELŐREJELZÉS

Amikor a jövőben várható éghajlatról beszélünk, rendszerint scenáriót és nem előrejelzést szoktunk emlegetni. Nem valamiféle szerénységről vagy idegen hangzású kifejezések mögé bújáról van szó, hanem arról, hogy a scenárió más fogalom, mint az előrejelzés. Az előrejelzés konkrét helyhez/térséghez és konkrét időponthoz/időszakhoz rendel várható jövőbeni állapotokat. A térség kiterjedhet akár a Föld egészére (globális átlag), az időszak akár egy egész évszázadra. Ha a vonatkoztatási hely és időszak valamelyike helyett más feltétel van hozzárendelve a várható állapotokhoz, akkor annak tartalma nem előrejelzés, hanem scenárió. Napjainkban a széndioxid koncentráció szintjének megadása a leggyakoribb ilyen feltétel. Például azok az állítások, amelyek a széndioxid szint megkétszereződésének idejére vetítik előre a várható változásokat, scenáriók, és nem előrejelzések. Ezek az állítások ugyanis (általában) nem tartalmazzák azt, hogy a várható változás mikor lesz érvényben (mikor lesz éppen kétszeres a széndioxid koncentráció). Amikor egy szűk régió (pl. Magyarország) várható éghajlati állapotát tárgyaljuk, azt gyakran a globális hőmérséklet konkrét változásához kötjük. Itt még inkább nyilvánvaló, hogy az ilyen állítások nem előrejelzések a szó hagyományos értelmében, hiszen nem tudjuk, hogy mikor lesz a Föld átlagos hőmérséklete 1 °C-kal, 2 °C-kal vagy bármely más konkrét mennyiséggel melegebb, mint a XX. század végén volt.

Akár scenárióban, akár előrejelzésben gondolkodunk, jelenleg azzal a problémával küzdünk, hogy fizikai-kémiai ismereteink és a globális légkörmodellek fejlettségi szintje ahhoz ugyan már elegendő, hogy bizonyítottnak és súlyosnak lássuk azt a fenyegetést, amelyet az üvegházhatású gázok antropogén eredetű légköri feldúsulása okoz, másrésztől azonban még globális átlagban is csak hozzávetőleges becsléseket tudunk adni a várható változások üteméről. A várható regionális

változásokról ennél is kevesebbet tudunk. Az is igaz azonban, hogy a közeljövő éghajlati állapotának előrejelzéséhez nem a globális modellezés az egyetlen szóba jöhető eszköz.

Magyarország közeli és távolabbi jövőben várható éghajlati állapotára vonatkozóan *Mika (1993, 1996)* készített scenáriókat. A kis mértékű globális változáshoz rendelt scenáriók azon a feltevésen nyugszanak, hogy a helyi és nagy térségű éghajlat közötti kapcsolatok jó részben hasonlóak maradnak ahhoz, mint amilyenek a XX. századi megfigyelt adatok alapján mutatkoznak. E gondolatot a jelen tanulmány elkészítésénél is kiindulási pontnak tekinthetjük. Mostani célkitűzésünk azonban, a közismerten nagy bizonytalansági faktorok ellenére is, előrejelzés készítése. Míg ugyanis a scenárió nagyon értékes elméleti ismereteket tartalmazhat és forrásul szolgálhat a kapcsolódó tudományágak témáinak kidolgozásánál, a politikai-gazdasági döntéshozatal folyamata csakis előrejelzéssel alapolható meg.

Mielőtt ténylegesen rátérnénk a közeljövő éghajlatának taglására, áttekintjük azokat az ismereteket, amelyek támpontul szolgálnak reális becslések készítéséhez.

2. A VÁLTOZÓ ÉGHAJLAT FOGALMA

Az éghajlat szó alatt valamely földrajzi térség feletti légköri tulajdonságok rendszerét értjük. Többféle definíció is él a szakmában (ld. *Légkör, 1994*), de mindnek közös vonása, hogy a légköri állapotokat és jelenségeket nem az egyedi események szintjén, hanem statisztikai összességükben vizsgálja. Az alkalmazható legrövidebb időtartam megállapodás szerint 1 hónap, de a gyakorlati feladatok megoldásánál többnyire néhány évtized. Az éghajlati jellemszámok arról tájékoztatnak (egyebek mellett), hogy milyen a légkör átlagos fizikai állapota, milyen gyakorisággal fordulnak elő bizonyos időjárási jelenségek, rögzített határok

közötti vagy éppen konkrét küszöbön kívüli (extrém) állapotok.

A klasszikus éghajlat felfogás szerint az emberöltővel összemérhető időtartamokon belül az éghajlat állandónak tekinthető. Ebben az esetben a rövidebb időszakokhoz tartozó éghajlati jellemzőszámok csupán a statisztika törvényei szerint különböznek a sok évtizedes időszakokból számított karakterisztikáktól. Ha azonban számottevő változás következik be azokban a folyamatokban, amelyek az éghajlatot alakítják, akkor az egyre hosszabb és hosszabb időszakok alapján számított jellemzőszámok nem tekinthetők többé egy bizonyos éghajlati állapot egyre pontosabb becslésének. De vajon mekkora az alkalmazásra kerülő időszakok optimális hossza, ha a jelenlegi (mondjuk a 2000. év körüli) éghajlat állapotát szeretnénk megbecsülni? Tegyük fel, hogy egyedül a 2000. év meteorológiai adatait használjuk fel. Ezzel ugyan a 2000. év éghajlati állapotát ismerjük meg (definíció szerint), ennek azonban nincsen érdemi időbeli reprezentativitása, hiszen a hőmérséklet, csapadék, napfénytartam stb. évről évre jelentős eltéréseket mutat. Pl. a 2000. évi csapadékösszeg az ország számos pontján az 50%-át sem érte el az 1999. évi csapadékösszegnek. Ha az évközi változékonyság hatásának kiküszöbölése céljából hosszú idősorokat alkalmazunk (pl. száz év hosszúságút), akkor esetleg olyan időszakok adatai is beszámításra kerülnek, amelyek éghajlati viszonyai a maitól jelentősen különböznek.

Az ENSZ meteorológiai szervezete (WMO) 30 éves időszakok alkalmazását javasolja az egyes földrajzi térségek aktuális éghajlati állapotának jellemzéséhez. Amikor sok évtizeddel ezelőtt meghatározásra került ez az időtartam, még nem volt lényeges szempont az éghajlatváltozás kockázata. A javasolt időtartam elsősorban azért nem hosszabb, mert a Föld ritkábban lakott, illetve nagyon szegény régióiban még így is gondot jelenthet az előírt hosszúságú meteorológiai adatsorok megfelelő minőségű előállítás, hosszabb idősorok megkövetelése

pedig gyakorlatilag irreális lenne. Jelenleg az 1961–1990 időszakból számított jellemzőszámokat tekintjük éghajlati normálértékeknek. Kiszámítottunk néhány ilyen, Magyarország hőmérsékleti és csapadékviszonyait leíró normálértéket. Négy hőmérsékleti és négy csapadék jellemzőszámot választottunk. A hőmérsékletnél a téli félévi és nyári félévi középhőmérsékletek, a $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti, valamint $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ feletti középhőmérsékletű napok évenkénti átlagos száma, a csapadékmennyiségnél pedig a szezonális csapadékösszegek szerepelnek. A számításokhoz 12 állomás adatait (az extrém középhőmérsékletű napok gyakoriságának számításánál 5 állomás adatait) használtuk fel, és területi átlagokat képeztünk. Az eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

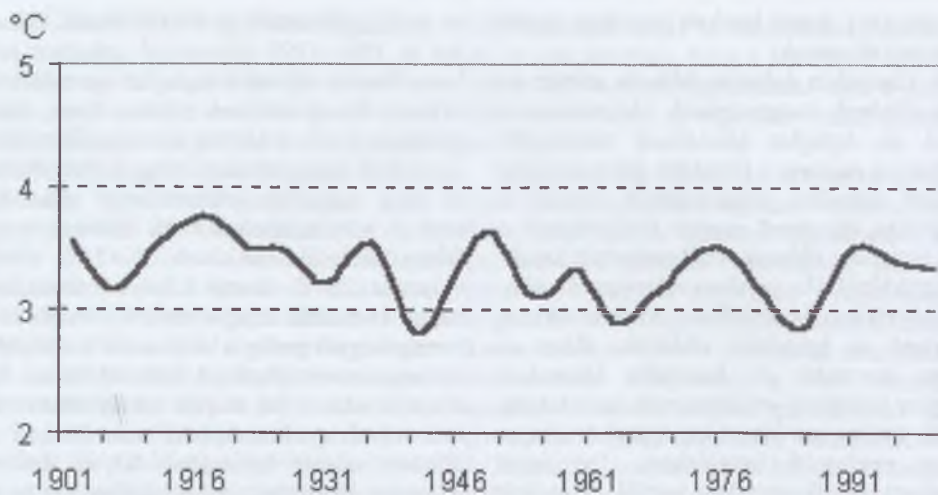
Noha a normálértékek az 1961–1990 időszak éghajlatát tükrözik, azokat rendszerint az éghajlat aktuális állapotára is jellemzőnek tartjuk. Ha az éghajlat nem állandó, akkor nyilvánvaló, hogy a normálidőszak éghajlati viszonyainak jelenre történő adaptációja hibás következtetésekre vezethet.

3. A KÖZELMÚLT ÉGHAJLATA

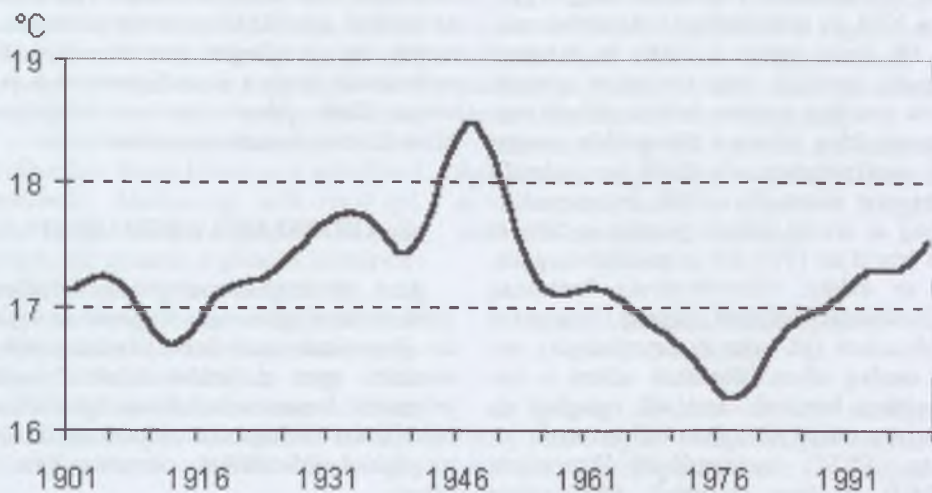
Az 1. táblázatban szereplő nyolc jellemzőszám természetesen nem elegendő az éghajlat állapotának leírásához. E tanulmányban azonban nem a széles körű éghajlatjellemezés, hanem a közeljövő éghajlatának előrejelzésével kapcsolatos problémák és a megoldási lehetőségek demonstrálása a célunk.

Az 1. és 2. ábra ugyanazon nyolc jellemzőszám XX. századi változásait szemlélteti, mint amelyek normálidőszakra vonatkozó értékeit az 1. táblázat tartalmazza. A görbék 15 pontos Gauss szűrővel simított értékeket kötnek össze, így csak az alacsony frekvenciájú változások mutatkoznak.

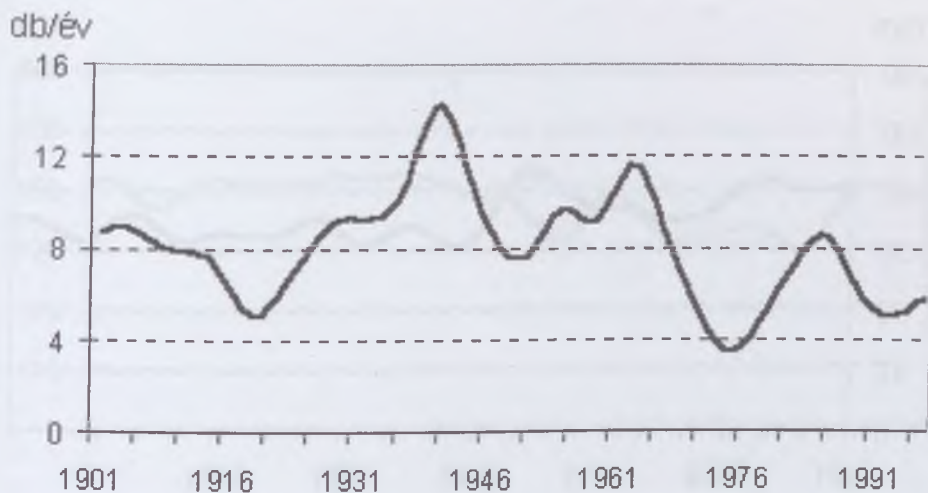
A hőmérsékletnél, a XX. század egészét tekintve, alig mutatkozik szisztematikus hűlés vagy melegedés. A nyári félévi közép-hőmérsékletek változása kis mértékű hűlés



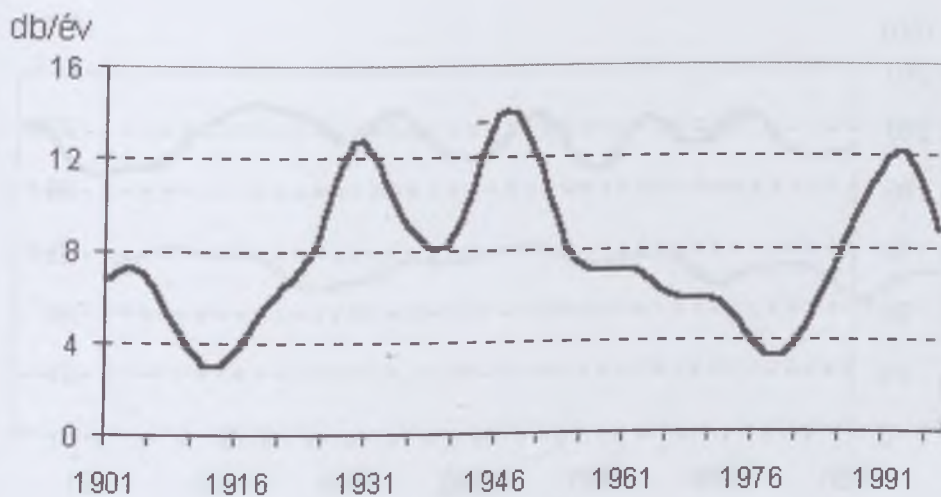
1a. ábra



1b. ábra

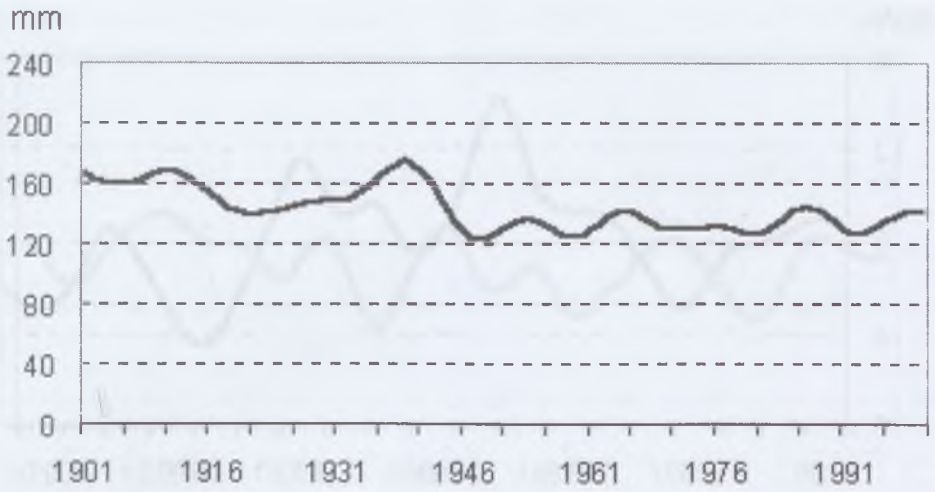


1c. ábra

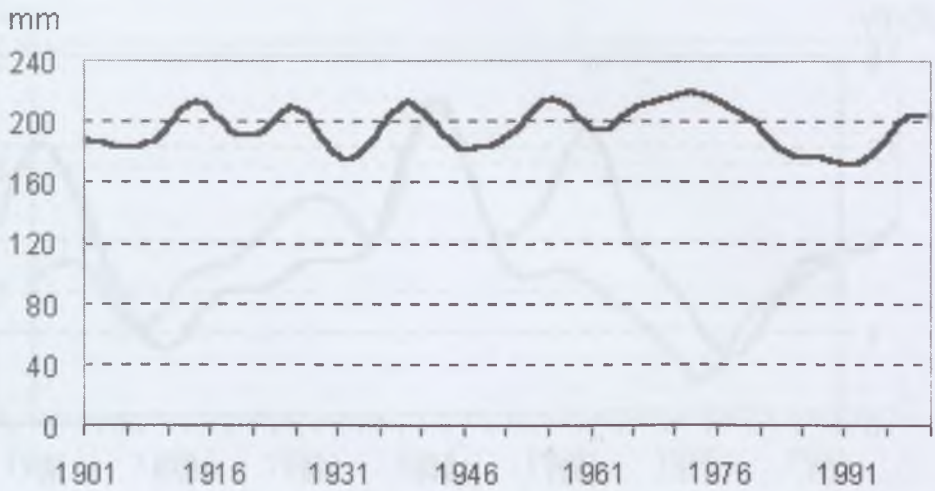


1d. ábra

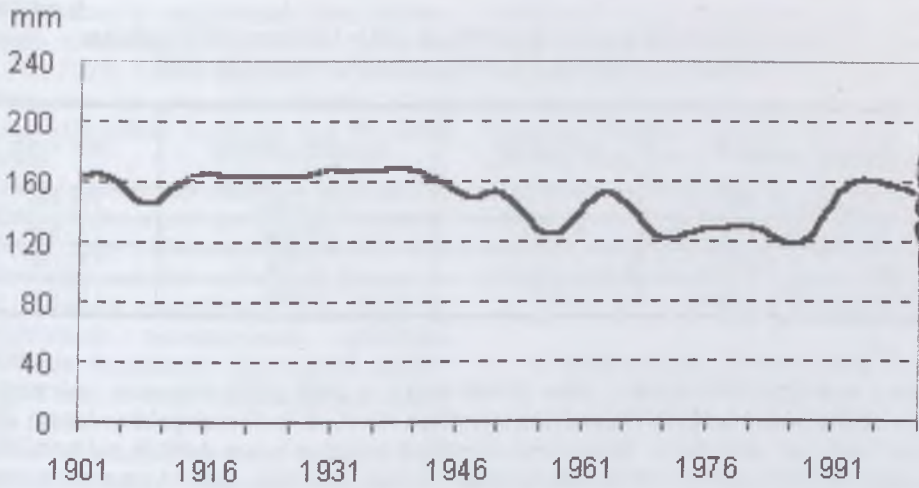
1. ábra. Hőmérsékleti jellemzők alacsony frekvenciájú fluktuációi a XX. században (15 pontos Gauss-szűrő alkalmazása). a) téli félévi (okt.–márc.) középhőmérséklet; b) nyári félévi (ápr.–szept.) középhőmérséklet; c) -7°C alatti napi középhőmérsékletek gyakorisága; d) 25°C feletti napi középhőmérsékletek gyakorisága.



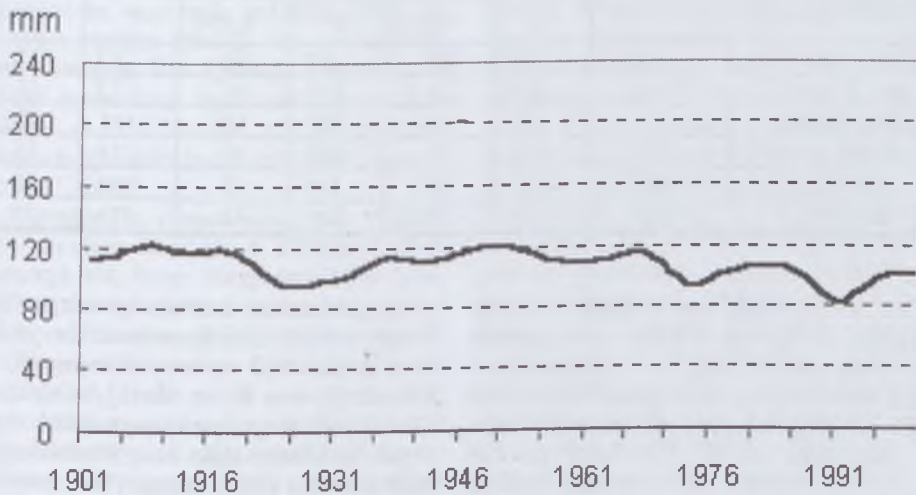
2a. ábra



2b. ábra



2c. ábra



2d. ábra

2. ábra. Szezonális csapadékösszegek alacsony frekvenciájú fluktuációi a XX. században.
a) tavasz (MÁM); b) nyár (JJA); c) ősz (SON); d) tél (DJA).

1. táblázat

Néhány éghajlati karakterisztika értéke az 1961–1990 normálidőszakban.
 T_k közéghőmérsékletet, CS pedig csapadékmennyiséget jelöl.

Éghajlati jellemző	1961–1990	Éghajlati jellemző	1961–1990
T_k okt.–márc. (°C)	3,2 °C	CS tavasz	136 mm
T_k ápr.–szept. (°C)	16,8 °C	CS nyár	197 mm
Napi $T_k \leq -7$ °C(db/év)	7,2	CS ősz	130 mm
Napi $T_k \geq 25$ °C (db/év)	6,0	CS tél	103 mm

2. táblázat

Néhány éghajlati karakterisztika előre jelzett értékei a 2005–2025 időszakra, valamint az 1951–2000 referencia időszakra vonatkozó értékek. Az A, B és C oszlopokban három előre jelzett érték van feltüntetve, közvetlenül mögöttük pedig az egyes értékek valószínűségei (P_A , P_B és P_C). A B oszlop tartalmazza a legvalószínűbb értékeket, ezért itt vastagított karaktereket alkalmazunk.

Éghajlati jellemző	1951–2000	2005–2025					
		A	$P_A(\%)$	B	$P_B(\%)$	C	$P_C(\%)$
T_k okt.–márc. (°C)	3,2	2,8	15	3,2	50	3,7	35
T_k ápr.–szept. (°C)	17,0	16,9	30	17,3	40	17,7	30
CS tavasz (mm)	135	115	25	135	50	155	25
CS nyár (mm)	199	145	25	180	50	215	25
CS ősz (mm)	137	110	20	137	55	165	25
CS tél (mm)	103	80	30	103	45	125	25

re, az extrém hideg napok gyakoriságának változása pedig kis mértékű melegedésre utal. Megemlítjük, hogy az itt felhasználtól eltérő adatbázison a közéghőmérsékletekben is kis mértékű melegedés mutatkozik (Szalai és Szentimrey, 2000; Domonkos és Tar, 2003). Az eredmények többsége azonban statisztikailag nem szignifikáns változást mutat. Noha a hőmérsékleti trendek értékelésénél ez lényeges lehet, jelen tanulmányunkban nem foglalkozunk olyan kérdésekkel, hogy mely adatsorok tekinthetők éghajlati vizsgálatra alkalmasnak, érdemes-e homogenizálni azokat, és ha igen, akkor milyen eljárás alkalmazásával. E problémakör ugyanis nagyon szerteágazó (pl. Szentimrey, 1999), és adaptálása nem lenne érdemi hatással mostani következtetéseinkre.

A hőmérséklet esetében az átlagos trendeknél sokkal „izgalmasabbak” a jelentékeny amplitúdójú alacsony frekvenciájú változások (kivéve az 1a. ábrán). A nyári hőmérsékletek lényegesen magasabbak voltak a század közepe táján és a 90-es években, mint a század elején vagy a 70-es évek táján. Ez az ingadozás a 25 °C feletti közéghőmérsékletű napok gyakoriságában különösen szembeötlő. Az 1961–1990 közötti 6,0 nap/év gyakoriság lényegesen alacsonyabb, mint a XX. század más részein, és a 90-es évekhez tartozó értékek alapján az sejtethető, hogy a jelen klímára (a 2000. év környékére) sem alkalmazható a normálérték. Megjegyezzük, hogy számos kutató talált 50–70 éves ciklusú ingadozást különböző meteorológiai változóknak, sőt cirkulációs modell

kísérletekben is megjelennek ilyen hullámhosszú változások (ld. bővebben Domonkos és Tar, 2003). Ennek alapján a 30 éves időtartam nem túl szerencsés választás, hiszen egyes változóknál ez éppen egy fél ciklus hossza.

A hőmérsékletek alacsony frekvenciájú változásait bemutató ábra másik fontos tanulsága, hogy a XX. században voltak olyan jelentékeny mértékű változások (ingadozások), amelyek semmiképpen sem írhatók az üvegházhatás növekedésének számlájára (pontosan fogalmazva: közvetlenül semmiképpen sem, és nagy valószínűséggel egyáltalán nem).

Például a század közepétől a 70-es évekig meredeken zuhant a nyári forróságok gyakorisága, holott az üvegházgáz koncentráció abban az időszakban is növekedett. Megjegyezzük, hogy az ld. ábrán látható ingadozásokat mérési vagy más technikai hibák, inhomogén módon történő adat származtatás nem okozhatta. Ezt igazolja, hogy hasonló jellegű gyakoriság ingadozás tapasztalható Közép- és Dél-Európa más országainak extrém magas hőmérsékleteiben is (Domonkos et al., 2003).

A szezonális csapadékösszegek változásait bemutató ábra azt a közismert ténytet támasztja alá, hogy Magyarországon fokozódik az aszályhajlam. A tavaszi csapadékok a XX. század második felében jól kivehetően alacsonyabbak voltak, mint a század első évtizedeiben (noha 1950 után már nem folytatódott a csökkenő tendencia). A téli csapadékösszegek a század első felében nem változtak lényegesen, 1960 után azonban szignifikánsan csökkentek. A nyári csapadékokban a XX. század egészét tekintve nincs szignifikáns trend, azonban 1980 táján az évszázad leghosszabb nyári csapadékokban szegény időszaka kezdődött. A 90-es évek második felében megszűnni látszik ez a sorozat (2b. ábra), ám tudjuk, hogy a 2000. utáni első három nyár is szárazabb volt az átlagosnál, így ha a simított görbe előállításánál a 2000. utáni évek is beszámításra kerülnek majd, a 90-es évek második felé-

ben nem a nyári csapadékdeficitek időszakának megszűnése, hanem csak átmeneti megtorpanás fog mutatkozni. Mindent egybevetve három évszakban is számottevő csapadékcsökkenés mutatkozik a XX. század folyamán. Mivel a csapadékmennyiség mindig kritikus tényező volt Magyarország éghajlati adottságaiban, a bekövetkezett csapadékcsökkenés jelentőségét megfelelő súllyal kell kezelni.

4. AZ ÉGHAJLAT ÉVTIZEDES IDŐSKÁLÁJÚ VÁLTOZÁSAINAK OKAI

A közelmúltban sok részlet vált ismertté arról, hogy az egyes meteorológiai változók időbeni alakulását milyen trendek és ciklikus folyamatok jellemzik. A légköri tulajdonságokban megjelenő jelentékeny amplitúdójú alacsony frekvenciájú ingások alapvetően azzal magyarázhatók, hogy a légköri folyamatokkal kölcsönhatásban álló óceánokban és jégtakaróban hosszú időskálán végbemelő folyamatok is zajlanak, és e folyamatok egyaránt lényegesen befolyásolják a kölcsönhatások helyszínéhez közeli és tőlük távolabbra fekvő térségek éghajlatát. Ma már számos konkrét ismerettel rendelkezünk olyan fizikai kapcsolatokról, amelyek az Európa feletti légköri cirkuláció és az Atlanti-óceánban zajló áramlások változásai között állnak fenn, sőt cirkulációs modell kísérletek is képesek reprodukálni ilyen kapcsolatokat. Mindezt azonban azzal kell kiegészítenünk, hogy sajnos messze vagyunk még egy átfogó, a folyamatrendszer teljes megértését nyújtó kép elérésétől.

Magyarország éghajlatában az utóbbi évtizedek mezőgazdasági és vízgazdálkodási szempontból előnytelen változása a csökkenő csapadéktrend. Az 1980-as évektől gyakorivá vált aszályos évekkel számos tanulmány foglalkozik (Pálfai, 1997; Domonkos 1997; Bussay et al., 1999, stb.). Különösen a nyári csapadékhiány hatása szembeötlő, mert ilyenkor fokozott mértékű a vízigeny.

Utóbbi súlyosságát fokozta, hogy egyúttal a nyári hőmérsékletek is emelkedtek kissé. A téli csapadékhányagnak is számos közismert negatív hatása van, és különösen káros, ha a vízhiány krónikusan, több évszakon át tart, hiszen ez kimerítheti a tárolt vízkészleteket is.

Elsőként a nyári csapadékcsökkenés okai-val foglalkozunk. Az üvegházhatás növekedéséhez kapcsolódó szcenáriók a nyári csapadék csökkenését vetítik előre térségünkre (Bartholy *et al.*, 1995; Mika, 1996; Giorgi and Mearns, 2002). Az ok a mediterrán éghajlatra jellemző, derült időjárást okozó leáramlások zónájának északabbra tolódása. Vajon máris érzékelhető lenne e változás? Vannak erre mutató jelek az európai cirkuláció változásában (Domonkos *et al.*, 2003). Mika (1996) a kis mértékű (0,5–1,0 °C) globális felmelegedés esetéhez 50–110 mm/°C ütemű, lineáris nyári csapadékcsökkenést rendel, azt pedig már mi tesszük hozzá, hogy az ilyen jellegű változások nemcsak lineáris, hanem közel ugrásszerű változások képében is jelentkezhetnek (utóbbi állítást az 1–2. ábrákon látható XX. századi példák is alátámasztják). Bizonyosak azonban nem lehetünk a bekövetkezett változás tartósságát illetően, hiszen a forró és hűvösebb nyarak gyakoriságának változása (és ezzel együtt a nyári aszályok gyakoriságának változása) a globális felmelegedéstől részben független változásokat követett a XX. században. Abból, hogy a változásokban egy kvázi 60 éves ciklikusság mutatkozott a XX. században, nem szabad a ciklikusság valószínű folytatódására vonatkozó következtetést levonni, már csak azért sem, mert e ciklus a XX. századot megelőző adatokon alig mutatkozik (nincs ábrázolva). Az 1d. ábrán látható XX. századi alacsony frekvenciájú változásoknak valószínűleg legalább részben érvényes egy olyan magyarázata, hogy az európai nyári cirkulációnak egyik kvázi-stabil állapota már a XX. század derekán is sorozatosan forró nyarakat okozott Közép-Európában. Ha ez a feltételezés igaz, akkor már a bekövetkezett igen kis mértékű globá-

lis melegedés is e kvázi-stabil állapot dominánssá válását okozhatja, tartós és jelentős eltolódást eredményezve a forró és száraz nyarak gyakoriságában.

A téli csapadékoknak az utóbbi kb. 40 évben bekövetkezett csökkenésével kapcsolatban szintén ismerjük a közvetlen cirkulációs okokat. Az ún. North Atlantic Oscillation index (NAO) átlagos téli értékei megnövekedtek, ez pedig a mediterrán ciklonok számának drasztikus csökkenését okozta (*ld. pl. Maheras et al.*, 2001). A kutatók úgy vélik, hogy a téli NAO utóbbi évtizedekben tapasztalt pozitív anomáliája nem rendkívüli mértékű, hasonló kilengések a korábbi évszázadokban is előfordultak. Egyes cirkulációs modell kísérletek alapján a NAO pozitív anomáliája tartóssá válhat a globális felmelegedés következtében. A XX. században bekövetkezett 0,6 °C globális felmelegedés azonban még kevés ahhoz, hogy önálló magyarázatul szolgáljon a század végi magas téli NAO értékek bekövetkezésére, ezért valószínű, hogy a XX. századi NAO változások nagyrészt időlegesen ható alacsony frekvenciájú fluktuációknak tekinthetők. Ebből kiindulva alacsonyabb NAO értékek és bőségesebb téli csapadék Közép-Európában valószínű a következő évtizedekben.

Keveset tudunk arról, hogy miért csökkent jelentősen a tavaszi csapadék a XX. század első felében. Ennek a változásnak az idejéből még nem állnak rendelkezésre magas légköri megfigyelések alapján készült térképek. Újabb kutatások kimutatták, hogy korrelatív kapcsolat van a csendes-óceáni El-Nino jelenség fluktuációja és számos európai térség tavaszi csapadéka között (Knippertz *et al.*, 2003). A kapcsolat tartalma azonban jelentősen változott a XX. század folyamán, pl. az 1901–1925 és 1931–1956 időszakban egymástól különböző volt a kapcsolat jellege. Ami azonban gyakorlati szempontból lényegesebb, hogy az előbb említett két időszak csapadékátlagainak összehasonlítása alapján a magyarországi trendekhez hasonló csökkenés történt a tavaszi csapadékösszegekben Európa kiterjedt

zónájában – Franciaországban, az Alpokban és a Kárpát-medence nagy részén. A felsorolt területek többségén 1962 és 1987 között már ismét magasabb volt a tavaszi csapadékösszeg, mint 1931 és 1956 között, ez alól egyedül a Kárpát-medence kivétel. Mindez sajnos nem magyarázza meg, hogy miért maradt a tavaszi csapadék Magyarországon, a XX. század második felében tartósan alacsonyabb azoknál az értékeknél, amelyek a század első évtizedeiben voltak jellemzők.

Számos jele van annak, hogy a XX. század folyamán a téli NAO indexen kívül is jelentékeny módosulások történtek az Európa feletti cirkulációban. Pl. *Tomozeiu et al. (2002)* szerint nyáron növekedett a keleties áramlás gyakorisága Közép-Európa felett – ez önmagában is egy magyarázata lehet a gyakoribb aszálynak és forróságnak. Lényeges változás, hogy növekedett az azonos típusú cirkulációs helyzetek fennállásának átlagos időtartama (*Werner et al., 2000; Kysely 2002; Domonkos et al., 2003*), mert ez általánosan kedvez a szélsőséges jelenségek kialakulásának.

A jelen és közeljövő éghajlati állapotának megismerését és megértését hátráltatja, hogy kevés az olyan publikáció, amely az egyes cirkulációs modellek által előre jelzett cirkulációs változásokat szemlélteti. Jóllehet a modellek ma még csak meglehetősen nagy hibákkal terhelt eredményeket adnak, a különböző modellek eredményeinek és a megfigyelésen alapuló eredményeknek az összevetése valószínűleg hasznos tapasztalatokkal szolgál. Ez ma még az éghajlatkutatók előtt álló feladat.

Végül említsük meg, hogy bár egyelőre szelíd ütemben, de zajlik a globális felmelegedés. Noha egyes kutatók ez utóbbit még nem tényként, csak valószínű eshetőségként említik, a szerző azon az állásponton van, hogy az üvegházgáz koncentráció növekedése okozta éghajlatváltozás fennállásának tudomásulvételéhez nem szükséges az ellenkező eshetőséget maradéktalanul kizáró statisztikai igazolás, éspedig azért nem, mert e

jelenség létezését a mérési adatsoroktól független fizikai ismeretek is alátámasztják. Azt azonban hangsúlyozzuk, hogy a légköri üvegházgáz koncentráció növekedésének hatása a XX. században még meglehetősen csekély volt, és ebben látványos változás (szerencsére) a következő évtizedekben sem valószínű.

5. FELADATOK, PÉLDÁK ÉS JAVASLATOK A KÖZELJÖVŐ ÉGHAJLATÁNAK MEGISMERÉSÉHEZ

A továbbiakban összefoglaljuk azokat a feladatokat, amelyek az éghajlati ismereteink aktuális szintjéhez mérten közel optimális előrejelzés megalapozását szolgálják, emellett a d) pontban egy valószínűségi előrejelzést tartalmazó táblázatot is közzé teszünk.

- a) Az előrejelzés céljára alkalmas megfigyelésből származó adatsorokat tartalmazó adatbázis meghatározása és minőségi optimalizálása;
- b) referencia éghajlat meghatározása;
- c) annak becslése, hogy a 2005–2025 időszak főbb éghajlati jellemzőiben milyen irányú és mértékű eltérés a legvalószínűbb a referencia éghajlat-hoz viszonyítva;
- d) annak becslése, hogy milyen irányú és mértékű eltérésekkel érdemes reális eshetőségként számolni a legvalószínűbbnek ítélt karakterisztikákhoz viszonyítva;
- e) módszerek kidolgozása alkalmazások céljára.

Mielőtt rátérnénk az egyes feladattípusok részletes ismertetésére, hangsúlyozzuk, hogy továbbra is elsődendő feladat az éghajlatot befolyásoló folyamatok megértését szolgáló ismeretek gyarapítása. Amennyiben ebben lényeges előrehaladás történik, akkor a felsoroltakat újra kell gondolni.

a) *Az előrejelzés céljára alkalmas adatbázis meghatározása és minőségi optimalizálása.* A feladat céljára alkalmas adatbázis létrehozása több részfeladatot tartalmaz. Először is el kell dönteni, hogy konkrét döntés-típus előkészítéséhez szükséges előrejelzéshez az ország mely pontjain (milyen földrajzi és fizikai feltételek között) végzett mérések eredményei használhatók fel. Pl. ha a döntés mezőgazdasági vonatkozású, akkor előnytelenek a városi környezetből vagy magasabb hegyekből származó mérési adatok. Ha viszont az embereket közvetlenül sújtó nyári hőterheléssel kapcsolatos a születendő döntés, akkor ehhez a városi környezetben előállított mérési eredmények is értékesek. Minden célra egyformán alkalmas adatbázis tehát nem hozható létre, de megcélozható egy olyan adatbázis kialakítása, amely a döntések többségének előkészítésénél felhasználható.

Az adatállomány minőségi optimalizálása foglalja magában a hagyományos hibaszűrést, az inhomogén módszerrel vagy inhomogén környezeti feltételek között született adatsorok inhomogenitásának detektálását, valamint az inhomogenitások hatásainak minimalizálását. Mint korábban említettük, ez egyáltalán nem könnyű feladat, napjainkban számos matematikus és éghajlatkutató foglalkozik az idetartozó módszerek fejlesztésével és a gyakorlati alkalmazhatóság vizsgálatával.

Az *Országos Meteorológia Szolgálat* kezelésében lévő magyarországi XX. századi hőmérséklet és csapadék adatsorok elegendő térbeli sűrűségűek és többnyire már további minőségi javítás nélkül is elegendően jó minőségűek ahhoz, hogy éghajlati számítások alapjául szolgáljanak. A minőségi optimalizálás azért ajánlatos, mert ezzel ugyan nem nagy, de az előrejelzői munkát fölöslegesen terhelő hibaforrás hatásai szüntethetők meg vagy csökkenthetők.

b) *A referencia éghajlat meghatározása.* A 3. alcímben leírtak alapján az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdések vizsgálatához

nem javasoljuk a 30 éves normál időszakok alkalmazását. Harminc év túlságosan rövid ahhoz, hogy megalapozottan becsüljük belőle az egyes éghajlati karakterisztikákat. Különösen vonatkozik ez az extrém érték előfordulással kapcsolatos jellemszámokra. E megállapításunkat alátámasztja, hogy a XX. századi fluktuációk egy része 50–60 év karakterisztikus idejű oszcillációra jellemző sajátosságokat mutat, így a 30 év éppen egy fél periódus hossza.

Javaslatunk az 1951–2000 időszak alkalmazása referencia időszakként, vagyis az 1951–2000 közötti időszak éghajlatát célszerű referencia klímának választani. Vizsgálataink szerint ebben az 50 évben reálisnak tűnő súllyal vannak jelen a szokványos időjárású évek és a különféle típusú éghajlati szélsőségek. Néhány éghajlati jellemző azonban lényegesen eltérő értékű a XX. század két félidőszakában. Ilyen például a téli extrém alacsony hőmérsékletek gyakorisága. Álláspontunk szerint ebben a konkrét esetben azért nem szükséges az 1951 előtt mért adatok bevonása az előrejelzői munkába, mert valószínűleg, hogy a téli minimum hőmérsékletek eloszlásában a XX. század első felére jellemző értékek irányába történjen elmozdulás a következő évtizedekben. Annak megvilágítására azonban alkalmas példa, hogy az 1951–2000 időszakot sem szabad tabuként kezelni, konkrét becslések készítésénél az általánosan javasoltól eltérő referencia időszak alkalmazása is hasznos lehet.

c) *A referencia éghajlathoz viszonyított eltérés legvalószínűbb iránya és mértéke.* Az éghajlatváltozások okaira vonatkozó tudásunk hézagai miatt nem teljesen alaptalan az a vélekedés, hogy bizonyíthatóság hiányában nem állíthatunk semmit a közeljövőben várható éghajlat referencia éghajlathoz viszonyított eltéréseiről. Ebben az esetben a referencia éghajlat alapján számított karakterisztikák minden további módosítás nélkül szolgálnak a döntési folyamatok alapjául. Számos olyan éghajlati jellemszám van, ahol

konkrét javaslatunk valóban a referencia klíma adatainak módosítás nélküli alkalmazása, elvileg azonban nem (és néhány esetben gyakorlatilag sem) értünk egyet a fenti vélekedéssel. Álláspontunk szerint törekedni kell a birtokunkban lévő ismeretek optimális alkalmazására, és ettől a tévedés kockázata sem riaszthat vissza. A helyzet ugyanis az, hogy a „nem mondunk semmit” (ti. a referencia klímához viszonyított valószínű eltérésekkel kapcsolatban) is jelent egyfajta állásfoglalást. Akár akarjuk, akár nem, a nem nyilatkozás hatása lényegében egyező azzal, mintha azt állítanánk, hogy a közeljövő klímája azonos lesz a közelmúlt éghajlatával. Ha ugyanis a döntés előkészítés folyamatában a megkérdozett éghajlatkutatók úgy nyilatkoznak, hogy az éghajlatváltozás valószínű irányai nem előre jelezhetőek, akkor a mindenkori döntések a múltbeli éghajlati adatok alapján fognak megszületni. A „0 befolyásolás” választásának ellentmondásos szerepét más kutatók is felismerték. A Climatic Change c. folyóiratban megjelent egyik szerkesztői állásfoglalás címe: „Beware the elegance of the number zero” (Covey, 2000). Jóllehet a hivatkozott esszé nem az éghajlat előrejelzése, hanem modell fejlesztési feladatok kapcsán szól a problémáról, a gondolat gyökere azonos: becslési feladatokban a zérus szám nem egy kitüntetett érték, éppen annyira lehet jó vagy kevésbé jó, mint bármely más számérték.

A közeljövő nyári hőmérséklet és csapadék jellemzőinél nem az 1951–2000 időszak alapján számított értékeket tartjuk legvalószínűbbnek. A 4. alcímben ismertetett indokok alapján az utóbbi 10–20 évre jellemző szárazabb és melegebb nyarak egy olyan éghajlati állapot tartós beköszöntét jelezhetik, amely már a XX. század folyamán is az egyik kvázi-stabil állapot volt. Részletesebben vizsgálva kitűnik, hogy a nyári hőmérsékletek és csapadékok variabilitása az utóbbi 20 évben is jelentékeny mértékű volt, vagyis a „tartós” és „kvázi-stabil” fogalmak csak közelítő értelemben teljesültek, ennek alapján pedig a következő 20 évben is válto-

zatos hőmérsékletű és csapadékhozamú nyarak várhatók. Van azonban valami, ami jelen volt 1951–2000 között, és kevésbé valószínű, hogy a következő 20 évben újra megjelenik, ez pedig az 1964–1984 időszak csaknem egyöntetűen enyhe nyarai. Az említett 21 év hosszúságú időszakban kevesebb 25 °C feletti középhőmérsékletű nap fordult elő (Budapest, Debrecenben, Mosonmagyaróváron, Pécsen és Szegeden), mint 1988 és 1994 között 7 év alatt.

Az 1964–1984 időszak éghajlata számos vonásban különbözik a XX. század nagyobb részének éghajlatától, hasonlít viszont az 1906–1926 időszak éghajlatához. A főbb sajátosságok: áprilistól szeptemberig többnyire hűvösebb, télen és kora tavasszal enyhébb időjárás, mint a XX. század többi részén. Az extrém téli hidegek és extrém nyári melegek előfordulási aránya alacsony. A csapadékokban nincs látványos eltérés, de az aszályos nyarak aránya viszonylag alacsony. A felsorolt eltérések pontos oka nem ismert, de az bizonyos, hogy az említett időszakok az északi félgömbi átlagos hőmérséklet viszonylag alacsony értékeihez köthetők. A korábbi időszaknál ez triviális, az utóbbi, 1964–1984 időszaknál pedig a XX. század nagy részére jellemző globális hőmérsékletemelkedés megtorpanása említhető, amellyel egyidejűleg az északi félgömb számos régiójában (pl. Észak-Amerikában, de Európa nagy részén is) átmeneti, de határozott hőmérséklet viszszaesés mutatkozott. Az 1964–1984 időszakra jellemző éghajlati sajátosságok következő 20 évben történő megjelenésének esélyét nem tartjuk kizárhatónak, de az ellenkezőjét lényegesen valószínűbbnek ítéljük. Az 1951–2000 időszak jellemzőihez képest várt eltérés a referencia időszak javasolt megváltoztatásának formájában is megfogalmazható: *véleményünk szerint a következő 20 év nyári hőmérséklet és csapadék jellemzőinek becsléséhez csak kb. 25% valószínűséggel optimális az 1951–2000 időszak, helyette az 1981–2003 időszak alkalmazását javasoljuk, és tartjuk 75% valószínűséggel optimálisnak.* E becslés elkészítésénél figyelembe

vettük az idevonatkozó, modell kísérleteken, illetve statisztikai megfontolásokon alapuló scénáriók tanulságait (vö. 4. rész 3. bekezdés).

Összel, télen és tavasszal a hőmérséklet és csapadék jellemzőinek előrejelzésénél az 1951–2000 időszak éghajlatával megegyező értékeket tartjuk a legvalószínűbbnek. Ezekben az esetekben ugyanis az éghajlati jellemzők valamely konkrét irányba történő tartós megváltozásához fűződő ismeretek kevésbé egyértelműek, mint a nyári hőmérsékletnél és csapadéknál. Például az utóbbi fél évszázadban lényegesen csökkent a téli csapadék mennyisége. A párhuzamosan zajló cirkulációs változást (téli NAO növekedés, ld. 4. rész 4. bekezdés) ugyan valószínűleg elősegíti a globális felmelegedés, de a XX. század végi téli NAO értékek lényegesen magasabbak a modell kísérletek alapján várható értékeknél. Ez utóbbi két információ ellentétes előjelű becslést támaszt alá. (Ti. azt a cirkulációs változást, amely miatt a téli csapadék csökkent, a globális felmelegedés is okozhatta, de más jelek arra mutatnak, hogy az egyéb okok miatti fluktuáció szerepe a nagyobb. Ha csak az első információt vesszük figyelembe, akkor a csapadékszegény telek sorozatának folytatódására, ha viszont csak a másodikat, akkor a XX. század nagyobb részére jellemző téli csapadék-összegekre számíthatunk).

Van még egy éghajlati jellemző, amelyben változást várunk az 1951–2000 időszakra jellemző értékekhez képest, ez pedig a *csapadékkoncentráció*. A Föld különböző részein megfigyelt csapadék adatsorok vizsgálatán alapuló számos tanulmány szerint a jelenkori csapadéksökkenést főként a csapadékos napok számának csökkenése okozza, ezzel párhuzamosan a csapadékos napokon lehulló csapadék átlagos mennyisége akár növekedhet is. Mint minden szabály, ez alól is vannak kivételek, de az elmúlt évtized aszályainak és belvizes – árvizes időszakainak váltakozása azt sugallja, hogy a csapadékkoncentráció növekedése a Kárpát-medencére is jellemző. Idevágó ismeret,

hogy cirkulációs modell kísérletek alapján a globális felmelegedéssel párhuzamosan a csapadékkoncentráció növekedése valószínű (IPCC, 2001). A jelenség figyelmet érdemel, mert a csapadékkoncentráció növekedése még abban az esetben is aszály gyakoriság növekedést okoz, ha a szezonális és évi csapadékösszegek sokévi átlagértéke nem változik.

d) *Eltérések a legvalószínűbb értékektől.* Ebben azokkal a jelentékeny valószínűségű eltérésekkel foglalkozunk, amelyek a 2005–2025 időszak egészére lehetnek jellemzőek. (Az egyes években előforduló eltérésekhez kapcsolódó feladatokat nem itt, hanem az e) pontban tárgyaljuk.)

Abból indulunk ki, hogy a legtöbb éghajlati jellemző mérsékelt alacsony frekvenciájú ingadozást mutatott a XX. század folyamán, és semmi okunk sincs (a globális felmelegedés sem) azt feltételezni, hogy az eddig viszonylagos stabilitást mutató jellemzők értékei 20 éven belül drámaian megváltoznak. Vagyis nem várható, hogy az egyes éghajlati jellemzőszámok olyan értékek körül szóródjanak, amelyek a korábbiakban nem vagy csak ritkán fordultak elő. Ezért a legvalószínűbb értékektől eltérő, de még számottevő valószínűséggel várt értékek becslésénél a vizsgált karakterisztika XX. századi értékeiből, konkrétan azok empirikus eloszlásából érdemes kiindulni.

A 2. táblázat a 2005–2025 időszak éghajlatára vonatkozó előrejelzéseket tartalmaz. Feltüntettük a legvalószínűbbnek tartott értékeket, az ezektől két irányban eltérő, de még számottevő valószínűségű eshetőségeket, valamint az 1951–2000 időszakra vonatkozó értékeket is, összehasonlítás céljából. A legvalószínűbb érték általában azonos az 1951–2000 időszak éghajlatának megfelelő értékkel, a számottevő valószínűséggel előforduló eltérő értékek pedig általában az 1951–2000 időszak alapján számított empirikus valószínűség eloszlás $P = 0,3$ és $P = 0,7$ értékének felelnek meg. A legvalószínűbb értékhez nagyjából 50, a két eltérőhöz

pedig 25–25% valószínűség tartozik. Az egyes előre jelzett értékek melletti valószínűségek úgy értendők, hogy a megadott valószínűséggel várható, hogy a mellette feltüntetett előre jelzett érték bizonyul a legjobb becslésnek a megadott három érték közül.

A nyári csapadéknál és nyári félévi hőmérsékletnél a fent leírt általános szabálytól lényegesen eltérő az előrejelzés tartalma. Mindez összhangban van a c) részben leírtakkal. A valószínűségek megadásánál olyan esetekben is eltértünk az általános szabálytól, ahol a legvalószínűbbnek tartott előre jelzett érték azonos a referencia klíma értékkel. Az előrejelzés a különböző (előző pontokban ismertetett) információk fontossága és megbízhatósága alapján történt szubjektív mérlegelést is tartalmaz.

A 2. táblázat első sorában lévő adatokból látható, hogy a téli félévi középhőmérsékletnél ugyan az 1951–2000 időszak átlagával azonos értéket tartunk a legvalószínűbbnek, de lényegesen nagyobb esélyt adunk egy esetleges pozitív irányú eltérésnek, mint az ellenkező előjelű anomáliának. A magyarázat az, hogy számításaink során nem hagytuk figyelmen kívül annak lehetőségét, hogy már a következő 20 esztendőben megjelenhetnek a globális felmelegedésnek olyan tünetei, amelyek a múltban megfigyelt adatokból nem következnek. Mindazonáltal világosan látszik, hogy fél fokot meghaladó változást télen és nyáron is valószínűtlennek tartunk (télen az 1951–2000 időszak átlagához, nyáron pedig az 1981–2003 időszak átlagához viszonyítva).

Az előre jelzett középhőmérsékletek szűk értéktartománya alapján felmerül, hogy az a) pontban leírt adatbázis meghatározás szerepe jelentékeny. Ez azt jelenti, hogy az itt alkalmazottól eltérő adatbázis alkalmazása esetén a hőmérséklet értékek (a múltbeliek és a jövőbeliek egyaránt) jól látható eltérést mutathatnak az itt közöltektől. Emiatt a konkrét hőmérséklet értékek helyett inkább a referencia időszak jellemzőihez viszonyított eltérések előjelét és mértékét érdemes meg-

figyelni. Megjegyezzük, hogy hamis az a szakmai körökben is időnként felbukkanó okoskodás, amely szerint az éghajlatváltozásokkal azért nem lenne még szabad a gyakorlati alkalmazás szintjén foglalkozni, mert a változások mértéke gyakorlati szempontból csekély, és többnyire belül esik a megfigyelések hibahatárán. Például az 1b. és 1d. ábrák összevetése azt igazolja, hogy a nyári félévi középhőmérsékletek csekély ingadozását az extrém hőség gyakoriságának látványosan nagy fluktuációja kísérte a XX. században. Hasonló jelenségekre a jövőben is számítani kell. (Egyébként a csapadékmenyiség változásai ránézésre sem tűnnek jelentéktelennek.)

e) *Az alkalmazások során felmerülő problémák.* A leggyakrabban felmerülő problémák három típusba sorolhatók: a) Az előre jelzett átlagértékekből nem következik, hogy milyen, azoktól eltérő értékekre kell felkészülni egyes konkrét időszakok (évek, szezonok, stb.) vonatkozásában. b) Az előrejelzések általában szezonális vagy évi átlagokat és összegeket tartalmaznak, pedig a gyakorlatban ennél nagyobb időbeli felbontásra lehet szükség. c) Szükség lehet kevésbé gyakran használt éghajlati karakterisztikák alkalmazására. Ezeket az éghajlat előrejelzés nem tartalmazza.

E kérdésekkel itt csak érintőlegesen foglalkozunk, hiszen nagyon széles problémakörrel van szó. Az egyes probléma típusok megoldásához hozzárendelhetők megoldás típusok, ezek azonban nem egységesek és befejezettek, hanem napjaink éghajlatkutatásának fejlesztés alatt álló témái.

a) Ahhoz, hogy a különböző tágasságú és gyakoriságú értékközök előfordulására megfelelően fel lehessen készülni, az egyes éghajlati karakterisztikáknak *nemcsak az átlagértékeit, hanem a valószínűség eloszlásuk más paramétereit* (optimális esetben magát a valószínűség eloszlást) *is előre kellene jelezni.* Ilyen előrejelzés készítése azonban nemcsak több munkát igényel, hanem a

szubjektív, kevéssé indokolható elemek felszaporodását is okozza a termékben (az előrejelzésben). Megemlítjük, hogy mivel Magyarországon soha nem volt ritka néhány időjárási-éghajlati szélsőség típus kialakulása – különösen a szélsőséges vízellátottságot okozó állapotok – az egyes évekre történő felkészülés nemcsak a meteorológiai információk ismeretét és kezelését, hanem a jövedelmezőség sikerét hosszú távon biztosító stratégiák alkalmazását is igényli, ez utóbbinak pedig az átmeneti veszteségek eltéréseinek képességét is magában kell foglalnia.

Tekintettel arra, hogy az egyes évek éghajlata nagyon is eltérő feltételeket nyújthat valamely gazdasági tevékenységhez, lényeges ismerni, hogy milyen valószínűséggel fordulhatnak elő sorozatban szokatlan időjárású évek. Mivel két szomszédos év éghajlata között statisztikai értelemben általában minimális az összefüggés, a valószínűség eloszlás ismerete esetén a szélsőséges események felhalmozódásának valószínűsége egyszerű számításokkal meghatározható. A nyári hőségek és aszályok azonban kivételt képeznek ez alól. Itt viszonylag magas (0,4 körüli) az autokorreláció értéke, amelynek következtében a statisztikai függetlenség vélelméhez képest gyakran alakul ki az ilyen nyarak sorozata.

b) *A szezonális vagy évi átlagok és összegek időbeli leskálázására szolgálnak az időjárás generátorok.* Ezek azon az elven „működnek”, hogy feltételezzük: a napi időjárás és a szezonális átlagok közötti kapcsolatok, valamint a különböző meteorológiai elemek együttes érték-előfordulásaira

jellemző kapcsolatok többsége megváltozott éghajlati feltételek között is hasonlóan marad ahhoz, mint amilyenek a megfigyelt adat-sorokban mutatkoznak (pl. Domonkos, 1996; Dobi et al., 2000). A hatékony időjárás generálás nemcsak azért nehéz feladat, mert a múltban megfigyelt adatokra jellemző statisztikai kapcsolatok változhatnak a jövőben, hanem még inkább azért, mert a statisztikai kapcsolatok annyira sokrétűek, hogy teljes reprodukálásuk gyakorlatilag megvalósíthatatlan.

c) Ha olyan éghajlati karakterisztika jövőbeni értékeit kell alkalmazni, amelyre vonatkozóan nem tartalmaz közvetlen információt az előrejelzés, a *megfigyelt adat-sorokon alapuló statisztikai összefüggéseket célszerű segítségül hívni.* Tipikus példa: Hány darab extrém érték előfordulás várható (konkrét meteorológiai elem, rögzített küszöb érték alkalmazása esetén)? – Ha a vizsgált meteorológiai elem középértékére vonatkozó, jövőben várható valószínűség eloszlás ismert vagy a rendelkezésekre álló információk alapján előállítható, akkor az extrém értékelőfordulás gyakorisága a megfigyelt adatsorokból számított középérték – extrém érték gyakoriság kapcsolat alapján becsülhető.

Az ebben a pontban említett problémák arról kell meggyőzzék az alkalmazót, hogy az éghajlatkutató feladatai nem érnek véget néhány kulcsérték megadásával, az éghajlati ismeretek szakszerű alkalmazására újra és újra szükség lehet a döntés előkészítés folyamatában.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARTHOLY, J.–MATYASOVSKY, I.–BOGÁRDI, I. (1995): Effect of climate change on regional precipitation in Lake Balaton watershed. *Theor. Appl. Clim.*, 51, 237–250 pp. (2) BUSSAY A.–SZINELL CS.–SZENTIMREY T. (1999): Az aszály magyarországi előfordulásainak vizsgálata és mérhetősége. *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok*, 7. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 9–66 pp. (3) COVEY, C. (2000): Beware the elegance of the number zero. *Clim. Change*, 44, 409–411 pp. (4) DOBI-WANTUCH, I.–MIKA, J.–SZEIDL, L. (2000): Modelling wet and dry spells with mixture distributions. *Meteorol. Atmos. Phys.*, 73, 245–256 pp. (5) DOMONKOS P. (1996): Meteorológiai elemek napi értékeinek generálása. *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok*, 5 (Éghajlati változások

hatása az öntözővízigényre). Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest, 40–66 pp. (6) DOMONKOS P. (1997): Aszályok és vízelöntések Magyarországon. *Léggör*, 42/3, 28–33 pp. (7) DOMONKOS, P.–KYSÉLY, J.–PIOTROWICZ, K.–PETROVIC, P.–LIKSO, T. (2003): Variability of extreme temperature events in south-central Europe during the 20th century and its relationship with large scale circulation. *Int. J. Climatol.* 23, 987–1010 pp. (8) DOMONKOS, P.–TAR, K. (2003): Long-term changes in observed temperature and precipitation series 1901–1998 from Hungary and their relations to larger scale changes. *Theor. Appl. Clim.*, 75, 131–147 pp. (9) GIORGI, F.–MEARNS, L. O. (2002): Calculation of average, uncertainty range and reliability of regional climate changes from AOGCM simulations via the „reliability ensemble averaging” (REA) method. *J. Climate*, 15, 1141–1158 pp. (10) IPCC (2001): Climate Change 2001: The Scientific Basis. *Report of Working Group I of the IPCC*. Geneva. (11) KNIPPERTZ, P.–ULBRICH, U.–MARQUES, F.–CORTE-REAL, J. (2003): Decadal changes in the link between El-Nino and springtime north Atlantic oscillation and European – north African rainfall. *Int. J. Climatol.*, 23, 1293–1311 pp. (12) KYSÉLY, J. (2002): Temporal fluctuations in heat waves at Prague-Klementinum, the Czech Republic, from 1901–1997, and their relationships to atmospheric circulation. *Int. J. Climatol.*, 22, 33–50 pp. (13) *Léggör* (1994): Az éghajlat fogalma. *Léggör*, 39, különsz. (14) MAHERAS, P.–FLOCAS, H. A.–PATRIKAS, I.–ANAGNOSTOPOULOU, CHR. (2001): A 40 year objective climatology of surface cyclones in the Mediterranean region: spatial and temporal distribution. *Int. J. Climatol.*, 21, 109–130 pp. (15) MIKA J. (1993): Effects of the large-scale circulation on local climate anomalies in relation to GCM outputs. *Időjárás*, 97, 21–34 pp. (16) MIKA J. (1996): Regionális éghajlati forgatókönyvek. *Természet Világa*, 127/1. különsz., 69–74 pp. (17) PÁLFAI I. (1997): Száraz és nedves periódusok Magyarországon. *Magyar Hidrológiai Társaság, XV. Országos Vándorgyűlés*, 1., 459–467 pp. (18) SZALAI S.–SZENTIMREY T. (2001): *Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században?* Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. (19) SZENTIMREY, T. (1999): Multiple analysis of series for homogenization (MASH). In: *Proc. of Second Seminar for Homogenization of Surface Climatological Data*, WMO, WCDMP-No. 41, 27–46 pp. (20) TOMOZEIU, R.–BUSUIOC, A.–STEFAN, S. (2002): Changes in seasonal mean maximum air temperature in Romania and their connection with large scale circulation. *Int. J. Climatol.*, 22, 1181–1196 pp. (21) WERNER, P. C.–GERSTENGARBE, F. W.–FRAEDRICH, K.–OESTERLE, H. (2000): Recent climate change in the North Atlantic/European sector. *Int. J. Climatol.*, 20, 463–471 pp.

GONDOLATOK A VÁLTOZÁS – HATÁS – VÁLASZ LEHETŐSÉGEIRŐL A PARADICSOM PÉLDÁJÁN

CSELŐTEI LÁSZLÓ

ÖSSZEFOGLALÁS

Az időjárás-változás fő irányaként várható növekvő hőmérséklet és vele összefüggésben az időjárási szélsőségek a konzervipari termesztésben az öntözés általánossá válása felé mutatnak. A termesztéstechnika sajátosságait figyelembe véve itt továbbra is az esőszerű öntözés dominanciája várható. Ennek során az öntözések száma és a felhasznált öntözővíz is növekedhet. A szélsőségesen száraz években ez a vízellátás esetenként már nem elégíti ki a növény igényét, így a termés alatta maradhat az optimális évékének. A kísérletek más irányú feldolgozásából azonban úgy látjuk, hogy a konzervipari szempontból jelentős szárazanyag-tömeg csökkenése a nyers terméstömeghez képest kisebb mértékű lehet. A rendszeresen öntözött növények termésének szárazanyag-tartalma ugyanis többnyire alacsonyabb, mint az egyszer öntözötté. (Más megfogalmazással: ennél a termelési technológiánál a növény öntözése során nemcsak a termés tömegére, hanem annak szárazanyag-tartalmára is figyelniünk kell.)

A szabadföldi étkezési paradicsom-termesztésben a megváltozó ökológiai körülmények esetleges kedvezőtlen hatásai – így a túl erős sugárzás és vele a növény magasabb hőmérséklete – a támrendszerre helyezett árnyékolással csökkenthető. Ez az esetleges viharok és jégverés kedvezőtlen hatását is csökkenti. Ennél a termesztési módnál már jelenleg is lényegesen több öntözővizet használunk fel és a csepegtető öntözési technikával jobban tudunk simulni a növény vízigényéhez. A tápoldatos öntözés a jobb tápanyagellátást segíti. Mindez, valamint a támrendszeres termelés az ipari termeléshez képest nagyobb terméstömeg elérését teszi lehetővé. Az előzőek hatására ennek a termesztési módnak nagyobb a fejlesztési esélye, mert közelebb vagyunk a tőlünk nyugatra és északra fekvő piacokhoz. Emellett a szabadföldi termesztésben a gyümölcs íz-, illat- és zamatanyagai is jobban kialakulnak. Ha ezt a többlet-értéket a fogyasztókkal anyagilag is el tudjuk ismertetni, úgy versenyképességünk ezáltal is növekedhet.

A hajtásnál a szuperintenzív, hosszúkultúrás, a téli időszak egy részére is kiterjedő termelés helyzetét az olcsóbb hőenergia (termálvíz) befolyásolja. Egyébként, különösen a téli, de a kora tavaszi termelésben is erős versenytársaink a tőlünk délre fekvő országok: Spanyolország, Görögország, Törökország, ahol természetberendezésekben a hajtás fűtés nélkül történik. Hasonló berendezésekkel a kései hajtásban már mi is versenyképesek vagyunk, ezért ennek növekedése várható. A hajtattott paradicsomtermelés jelentősége így a jövőben is megmarad, sőt emelkedhet.

A hajtásban a növény víz- és tápanyagigényét már ma is tápoldatos öntözéssel oldhatjuk meg. A növény hőviszonyait, s vele a vízigényét az erős sugárzást csökkentő árnyékolással szabályozhatjuk.

BEVEZETŐ GONDOLATOK

A valószínűsíthető globális klímaváltozás nagyrendszer szemléletű közelítése megkívánja az e téren felhalmozódott ismeretek új rendszerezését és szintézisét. Magam elsősorban a témakör természet-ökológiai vonatkozásairól kívánok szólni. Ez döntő része az egész vizsgálati rendszernek. A rendszer keretében a változatos és mindig változó természeti, elsősorban éghajlati körülményeket, valamint a növényt, a termést és a termelés társadalmi-gazdasági vonatkozásait indokolt elemezni.

A klímaváltozás mértékére és irányára négy forгатókönyvet körvonalazott Varga-Haszonits Zoltán („AGRO-21” Füzetek 2003. 31. sz.) a változás – hatás – válasz lehetőségeire, és ennek során a jelenlegi klímából és annak ingadozási szélsőségeiből indul ki (1. táblázat).

A forгатókönyvekkel kapcsolatban felvetődik, hogy *mit tekintünk a mai helyzetnek?* Hazánk – elsősorban a klíma és várható változása szempontjából – több nagy tájra osztható. Ennek az időjárása – benne a változás egyik mértékéül használt középhőmérséklet – lényegesen eltér egymástól. Az időjárás vizsgálatánál a szokásos 30 éves ciklusok alapján négy meteorológiai állomás adatai érdekes összehasonlításra adnak lehetőséget (2. táblázat). Az 1871 és 1990 közötti időszakban a legmelegebb ciklus úgy az egész évre, mint a nyárra vonatkozóan az 1931 és 1960 közötti évekre esik. Az egyes állomásokon a ciklusok közötti hőmérsékletkülönbség 0,5 és 1,2 °C között szóródik. A nyári félévben ugyanez 1,0 és 2,3 °C között mozog. Eltekintve az állomásoktól a legalacsonyabb és legmagasabb éves átlaghőmérsékletű ciklus között 2,1 °C, nyáron pedig 3,2 °C a különbség.

A következő problémakör, hogy a változást vízellátási szempontból *öntözés nélkül, vagy öntözött technológiára* tervezzük. (Mindkét esetben feltételezhetjük, hogy a változás az egész országban hasonló vagy eltérő irányú lesz és a talajvízszint növény-

termesztésre gyakorolt hatása változik, vagy nem.) Ma a szántóföldi növénytermesztés és a kertészet összesen mintegy 5 millió hektár területéből annak 2,5–3%-át öntözzük, de ez adja a teljes növénytermesztés értékének kb. 20%-át (3. táblázat).

A klímaváltozás felmelegedéssel járó következményeként az öntözött terület jelentős növekedése várható. Ezt azonban a felhasználható víz, valamint az egyes növények öntözésének gazdaságossága korlátozza. Az öntözés fejlődése a jövőben is elsősorban a területegységre nagyobb értéket adó növényeknél várható feltéve, ha a piac is igényli azt (4. táblázat).

Közelíthetjük a klímaváltozást a *növénytermelési főágazatok*, a szántóföldi növénytermesztés, a rét- és legelőművelés, a kertészet és az erdészet oldaláról is. Ez esetben figyelmet érdemel azok termőterülete, az általuk előállított termelési érték, a hozzáadott érték, adott társadalmi-gazdasági körülmények között a foglalkoztató-képességük, az exportból való részesedésük és még néhány egyéb szempont (pl. a termelés környezeti hatása stb.). Ezek egyrészt a klímaváltozás, másrészt egyéb okok miatt maguk is folyamatosan változnak (5. táblázat).

Lényegesen közelebb visz a változás – hatás – válasz összefüggés feltárásához, ha az időjárás, illetve *az időjárás változás és az egyes növények ökológiai igényeinek* kapcsolatából indulunk ki. Különösen azoknál a növényeknél, ahol a termelési célok és a növények változó termelési idejének hatására több típus technológia, és azon belül számos technológiai változat alakult ki, a változás – hatás – válasz összefüggéseit ezekre vonatkozóan kell elemeznünk. Erre ott van lehetőség, ahol a termelési tapasztalatok mellett a növény és környezet összefüggés-rendszerének elemzésében egzakt kísérletek, vagy még kedvezőbb helyzetben tartamkísérletek eredményeire támaszkodhatunk.

A következőkben a problémakör elemzésének modelljeként a Szent István Egyetem

1. táblázat

Forgatókönyvek az éves hőmérsékleti átlag alapján

Forgatókönyv	Éves átlagos hőmérséklet	
	°C	ingadozása
1	marad	marad
2	+1,5	marad
3	marad	+nő
4	+1,5	+nő

2. táblázat

A 30 éves hőmérséklet értékei
(Szász, 1994)

Allomás	Év	Nyár	Allomás	Év	Nyár
Szeged			Pécs		
1871–1900	11,3	21,7	1871–1900	11,0	21,5
1901–1930	11,4	21,3	1901–1930	11,3	21,2
1931–1960	11,5	22,0	1931–1960	11,6	21,8
1961–1990	10,6	20,1	1961–1990	10,4	19,5
A négy ciklus átlaga:	11,2	21,3	A négy ciklus átlaga:	11,1	21,0
Max.–min. különbsége	0,9	1,9	Max.–min. különbsége	1,2	2,3
Debrecen			Magyaróvár		
1871–1900	9,8	20,5	1871–1900	<u>9,5</u>	19,5
1901–1930	10,1	20,2	1901–1930	9,8	19,1
1931–1960	10,3	20,8	1931–1960	10,1	19,8
1961–1990	<u>9,8</u>	19,5	1961–1990	9,7	18,8
A négy ciklus átlaga	10,0	20,2	A négy ciklus átlaga	9,8	19,3
Max.–min. különbsége	0,5	1,3	Max.–min. különbsége	0,6	1,0

3. táblázat

Termőhelyek a növény rendelkezésre álló víz szempontjából
(Cselőtei, 1998 alapján)

Szántó, kert, gyeplé, hajtás	Terület %	Érték %
A növény vízforrása		
1/ Talajnedvesség	70–75	50–55
2/ Talajnedvesség + talajvíz	25–30	25–30
3/ Talajnedvesség + (talajvíz) + öntözés	2,5–3	10–12
4/ Öntözés (hajtásban)	0,06–0,08	8–10

4. táblázat

Az öntözött ágazatok számított és becsült adatai (2000 után)*
(Cselőtei, 1998 alapján)

		Terület 1000 ha	Termelési érték millió Ft/ha	Összes érték milliárd Ft		Önt. kútból a terület %-a
Tak kukorica, rizs, takarmány, legelő stb.	Szántóföldi*	15–20	0,3 (0,2)	3–4	28	•
Vetőmag, burgonya, cukorrépa stb.		55–60	0,3–1,0 (0,4)	20–25		•
Szántóföldi zöldség	Kertészeti*	25–30	0,3–1,0 (0,4)	10–12	45	5
Intenzív zöldség, gyümölcs, faiskola stb.		14–16	1–3 (2)	30–35		10
Zöldségajtatás, dísnövény stb.	Hajtatás	4–5	8–30 (12)	45–55	50	95
Zöldség, gyümölcs, dísnövényi stb. a házi-, üdülő-, zárt- stb. kertekben	Kerti	40?	0,5?	0,5?	20?	100**
Díszkert, közkert, stb.	Díszkert	?	?	?		100* **

* 2003-ban becsült, ** Egy része vezetékes víz!

5. táblázat

A növénytermelési főágazatok mutatói

Mutató	Terület millió ha	Érték Md Ft	Új érték Md Ft	Nyers és feldolg. export %	Foglalk. alaptevékenység %
Főágazat					
Növénytermesztés	4,5	350	100	30	45
Gyep	1,1	5	?	?	?
Kertészet	0,4	300	100	25	50
Erdészet	1,9	60	30	5	5

KSH adatok alapján kerekített és becsült értékek, támogatás nélkül

jogelődjénél, a Gödöllői Agrártudományi Egyetem Kertészeti Tanszékén a *paradicsommal végzett tartamkísérlet eredményeit és az abból levonható következtetéseket kívánom bemutatni.*

A KÍSÉRLET ÉS TERMESZTÉSI HÁTTERE

A paradicsomnál legalább három termelési változatot indokolt megkülönböztetni. Ezek az elmúlt időszakban mindig jelen

voltak, jelentőségük és egymáshoz viszonyított arányuk, súlyuk azonban az idő során jelentősen módosult. A három változat főbb mutatói az 1990-es években a táblázat szerint alakultak (6. táblázat).

Az adatokból kitűnően termőterület tekintetében legjelentősebb a *konzervipari célú* termelés. A *hajtatott* paradicsom területe ennek csak mintegy 8–10%-a körül mozog, a termés értéke tekintetében azonban az az előbbinek mintegy kétszerese. A termelés intenzitásában – a területegységre eső termés értékében – a kettő között van a *szabadföld-*

dön termelt étkezési paradicsom. Az utóbbi a természetes technikája tekintetében – a támrendszeres művelés és a hozzá kapcsolódó agro- és fitotechnika miatt – inkább a hajtáshoz, a termelés ökológiai körülményeit tekintve pedig az ipari termeléshez közelít.

A mi paradicsommal végzett tartamkísérletünk többéves előkészítés után 1962-től az 1990-es évek elejéig tartott. Fő célja elsősorban a konzervipari paradicsom öntözési alapjainak feltárása volt. Vele változó víz-

ellátás mellett az ökológiai, döntően az időjárási körülmények hatását vizsgáltuk a növény életére és terméshatására. Törekedtünk arra, hogy az alkalmazott termelési technológia feleljen meg a köztermesztésben használt legjelentősebb termelési változatnak (7. táblázat bekeretezett része). Homogén adatsorra törekedve a fajtát is csak egy esetben változtattuk úgy, hogy a két fajta három évig párhuzamosan szerepelt a kísérletben.

6. táblázat

Paradicsomtermelés az 1990-es években
(Cselőtei, 2000)

	Terület ha	Termés		Átlagár	Termelési érték**		
		t/ha	összes 1000 t		Ezer Ft/ha	összes Md/Ft	%
Szántóföldi ipari	10 000	20–60 28	280	15	400	4,0	20–25
Szabadföldi étkezési*	1 000	30–100 60	60	35	2 000	2,0	8–10
Hajtatott	800	100–300 140	112	110	12 000	9,6	65–70

* részben kerti termelés, ** kerekítve, állami támogatás nélkül

7. táblázat

Az ipari paradicsomtermelés néhány jellemzőjének változása 1920–1990 között
(Cselőtei, 2000)

	Évek 1920–1990						
	20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	70–79	80–90
1. Konzervipari összesből %	20	40	50	70	80	90	90
2. Kistermelés %	100	95	95	80	10	40	70
3. Karós (támos) művelés %	40	50	60	20	•	•	•
4. Gépi palántázás %	0	0	•	50	95	90	80
5. Növényvédelem %	•	•	5	80	85	95	90
6. Öntözött terület %	•	•	2	10	20	35	30
7. Gépi betakarítás %	0	0	0	•	2	15	1

A táblázat agrotechnikára vonatkozó adatai a termelési technológia változására utalnak

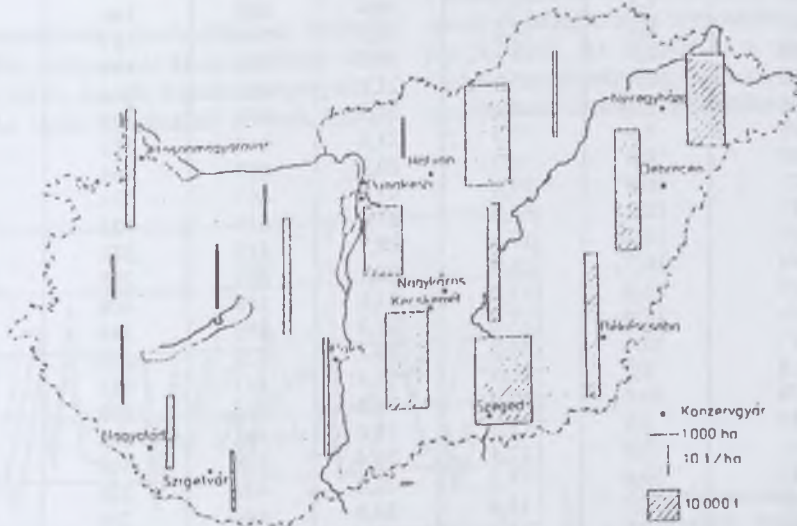
Az alkalmazott öntözési norma – öntözővíz adag – az akkori öntözési technika, öntözési forduló és más körülmények hatására 40 mm volt. Ily módon a rendszeresen

öntözött kezelésben a könnyen felvehető víz felhasználása után öntözve a talaj felső 30–40 cm-es szintjében a nedvesség mindig a feltételezetten optimális szinten alakult.

Mellette öntözetlen kontroll és egy alkalommal öntözött kezelés szerepelt. Az utóbbit különböző előkísérletek alapján a növény terméshalakulásának és vízfelhasználásának fő időszakára terveztük.

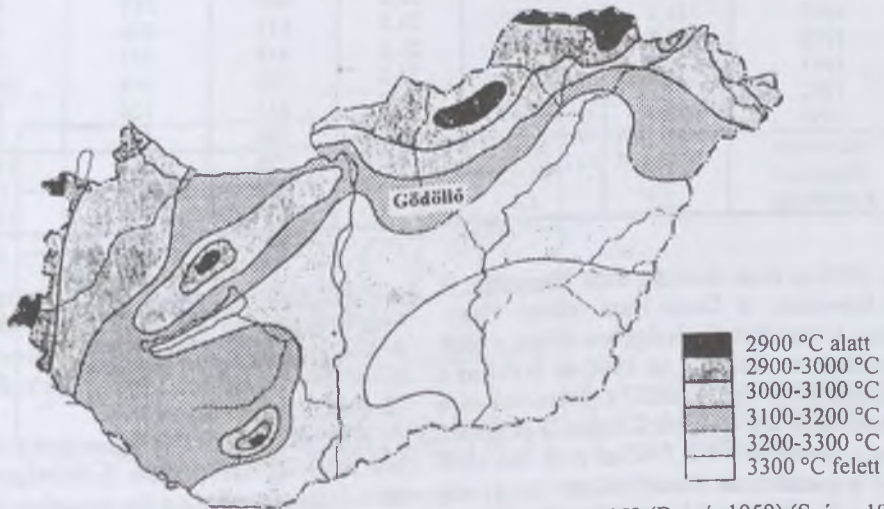
A paradicsom termőterülete – termesző-tájai – elsősorban a növény ökológiai igényei szerint alakultak ki (1. ábra). Erre sok egyéb mellett a felhasználók – a konzervgyárak – telephelyei is hatással voltak

1. ábra



A paradicsom termőterülete, termésátlaga és terméstömege (1986–1988 évek átlaga) (Cselótei, 1993)

2. ábra



A tenyészidőszak hőmérsékleti összegeinek területi eloszlása 1901–1959 (Bacsó, 1959) (Szász, 1988)

8. táblázat

Az éves, a nyári félévi, a júliusi középhőmérséklet és csapadék szélső értékei Gödöllőn
1962–1993 között

Év	Középhőmérséklet °C			Csapadék összege mm		
	éves	nyári félév	július	éves	nyári félév	július
1962	9,2	16,4	<u>18,8</u>	475	168	56
1963	9,0	17,5	21,8	713	447	37
1964	9,2	16,9	20,4	660	340	55
1965	<u>8,8</u>	<u>14,2</u>	19,1	798	487	89
1966	10,7	17,1	19,7	762	444	147
1967	10,6	17,9	22,9	467	314	38
1968	10,7	18,1	21,3	463	278	59
1969	9,9	17,5	21,5	653	312	27
1970	9,6	16,7	20,3	659	364	77
1971	10,4	17,8	21,7	467	334	55
1972	10,2	16,8	21,5	649	526	132
1973	10,2	17,5	20,7	<u>419</u>	273	46
1974	10,7	16,9	20,1	603	285	41
1975	10,8	17,9	21,1	558	408	136
1976	10,0	17,2	22,7	690	348	66
1977	10,4	16,5	20,1	575	296	57
1978	9,2	15,9	18,9	567	421	74
1979	10,5	17,5	18,9	634	289	42
1980	8,9	15,8	19,0	592	264	36
1981	10,4	17,4	20,4	518	308	30
1982	10,6	18,2	22,0	421	228	81
1983	11,2	18,8	24,0	449	266	15
1984	10,0	16,7	19,6	582	341	6
1985	9,3	17,1	20,3	559	302	22
1986	10,4	18,5	20,8	400	182	49
1987	9,7	17,3	23,1	584	327	42
1988	10,5	17,7	23,0	605	368	16
1989	11,2	17,6	21,5	551	420	64
1990	11,3	17,7	21,3	475	277	24
1991	9,3	16,1	21,3	592	368	164
1992	10,9	18,4	21,7	343	124	17
1993	10,1	17,5	19,6	390	183	57
Maximum	11,3	18,8	24,0	798	526	164
Minimum	8,8	14,2	18,8	419	168	6
Különbség:	2,5	4,6	5,2	374	358	158

Az 1950-es évek derekáig Pest környékén, a dél-hevesben, a Duna–Tisza közén Nagykőrös és Kecskemét térségében voltak a főbb termőhelyek. Később, az 1960-as években a Tiszántúlon a nyíregyházi, a debreceni és a békéscsabai konzervgyárak hatására erősödött meg a termesztés. Az 1960-as évek derekától így a paradicsom termőterületei az ország melegebb délkeleti felére koncentráálódtak.

A mi kísérleti területünk Gödöllőn, ennek a nagytérségnek az északi peremén található. A klímaváltozással kapcsolatos következtetések levonásánál ezt figyelembe kell venni (2. ábra, 8. táblázat).

A paradicsom összes szántóhoz viszonyított aránylag kis területe lehetőséget adott arra, hogy számára az ökológiailag legkedvezőbb termőhelyeket emeljék ki. Ennek

során kerültek a növény gombabetegségeire hajlamosító mélyebb, párás, nedves területeket. Ez a mi kísérleteinkre is vonatkozik.

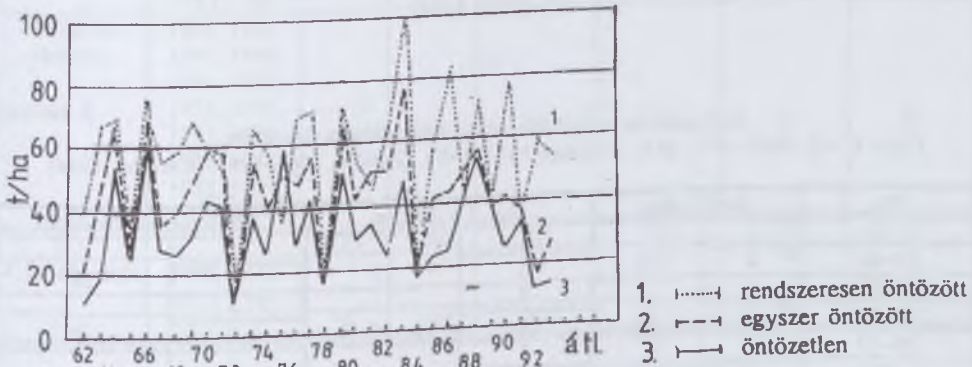
A KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

A tartamkísérlet eredményeinek értékeléséhez első változatként kronologikusan ábrázoltuk a három kezelés terméseredményeit (3. ábra). Az ábrán szembevető az évek közötti

nagy termésszűrés és az esetek többségében a kezeléseket közötti nagy termésszűrés. Ugyanakkor más években nem volt eltérés a kezeléseket között, sőt az öntözés hatására termésszűrés is előfordult.

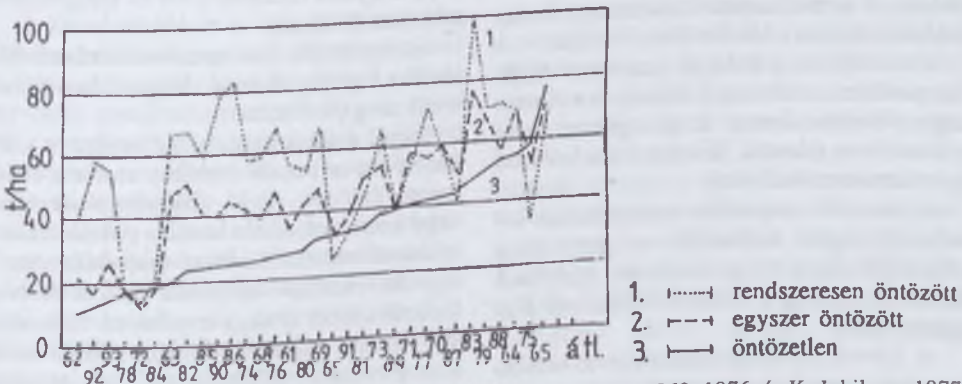
Más megvilágításban látjuk a változó vízellátottság melletti ökológiai hatásokat, ha a kezelésszűrés termésszűrés sorrendjében ábrázoljuk (4. ábra). Az egyszer és a rendszeresen öntözött kezeléseknél így három, aránylag jól elkülöníthető évszűrés különböztethető meg.

3. ábra

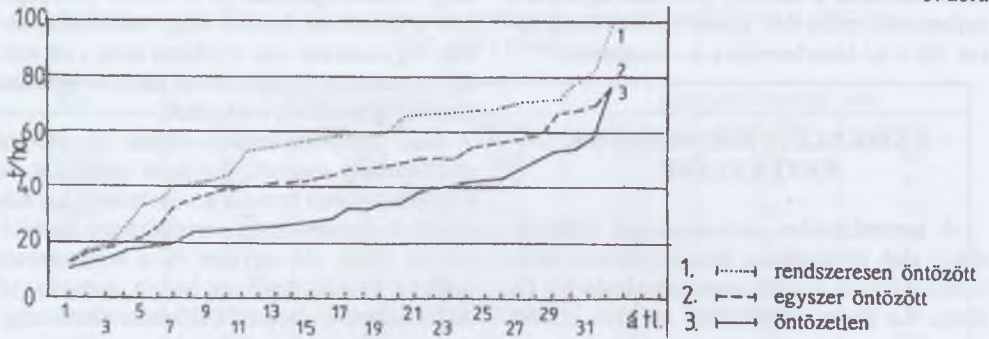


Az évszűrés és az öntözés hatása a paradicsom termésére Fajta: K 42. 1962–1976. és K. Jubileum 1977–1993. Gödöllő, 1962–1993. (Cselőtei, 1994)

4. ábra



Az évszűrés és az öntözés hatása a paradicsom termésére Fajta: K 42. 1962–1976. és K. Jubileum 1977–1993. Gödöllő, 1962–1993. (Cselőtei, 1994)



Az évjárat és az öntözés hatása a paradicsom termésére
Fajta: K. 42. 1962–1976. és K. Jubileum 1977–1993. Gödöllő, 1962–1993
(Cselőtei, 1994)

Az évjárat és az öntözés hatása a paradicsom termésére
Fajta: K. 42. 1962–1976. és K. Jubileum 1977–1993. Gödöllő, 1962–1993. (Cselőtei, 1994)

t/ha	Öntözetlen		Opt. 1 × 40 mm		Rendszeresen öntözött	
> 60	1		4		13	
50–60	4	5	8	12	9	22
40–50	5		9		4	
30–40	6	11	5	14	2	6
20–30	9		3		1	
< 20	7	16	3	6	3	4

Az elsőbe a viszonylag kis csapadékú és hűvös évek tartoznak. Ilyenkor a termés alakulását nem a csapadék, hanem a növény számára *alacsony hőmérséklet limitálja*.

A második csoportnál az öntözetlen kezelés esetében az alacsony termést a viszonylagos *vízhiány* okozza. Itt az egyszeri öntözés hatása is jelentős, de különösen kedvező a rendszeresen öntözötté.

A harmadik csoportban az öntözetlen kezelésnél egyre kedvezőbb a *természetes csapadék hatása*, az öntözött kezelések eredménye pedig a *változó időjárástól függetlenül alakult*.

A következő ábrán mindhárom kezelést növekvő terméseredményeiből képeztünk grafikont. Ez az ábra jól mutatja, hogy a

kiegészítő vízellátás hatására a termés az évek nagyobb részében több és kiegyenlített lesz (5. ábra).

Az eredményeket termésszintenként táblázatba foglalva ez még világosabban mutatkozik meg (9. táblázat).

Végül évjárat-típusonként rendezve a kísérleti éveket, tartós vízhiány esetén a rendszeres öntözés, rövid vízhiánynál az egy-, vagy kétszeri öntözés hozza a potenciálishoz közelebbi termést. Kedvező csapadékmennyiség és eloszlás optimális hőmérséklettel öntözés nélkül is nagy termést ad. Időszakosan várható csapadékbőséggel viszont csökken a termés. Gödöllőn az évek mintegy 15%-ában a hűvös, esős idő korlátozta a nagy termés kialakulását (10. táblázat).

10. táblázat

Évjáratok és az öntözés együttes hatása a paradicsom termésére Gödöllő, 1962–1990. (Cselőtei, 1992)

Évjárat-típusok	Évek	Évek		Öntözés nélkül	1 × 40 mm	Rendszeres	Évjáratától függően optimális vízellátással
		száma	gyakorisága				
					öntözéssel		
					elért termés t/ha		
1. Optimális csapadék	a/ 1966, 1975	2	7	67	61	52	67
	b/ 1987, 1989	2	7	41	45	41	45
2. Rövid vízhiány	1964, 1970 1971, 1979 1981, 1988	6	21	49	62	64	62
3. Tartós vízhiány	1962, 1963, 1967, 1968, 1969, 1973, 1974, 1976, 1977, 1980, 1982, 1983, 1985, 1986, 1990	15	51	28	46	66	66
1–3.		25	86	36	50	63	65
4. Hűvös, esős	1965, 1972, 1978, 1984	4	14	21	21	18	21
1–4.		29	100	33	46	56	58

a/ optimális hőmérséklettel, b/ időszakosan erős lehűlés csapadékbőséggel

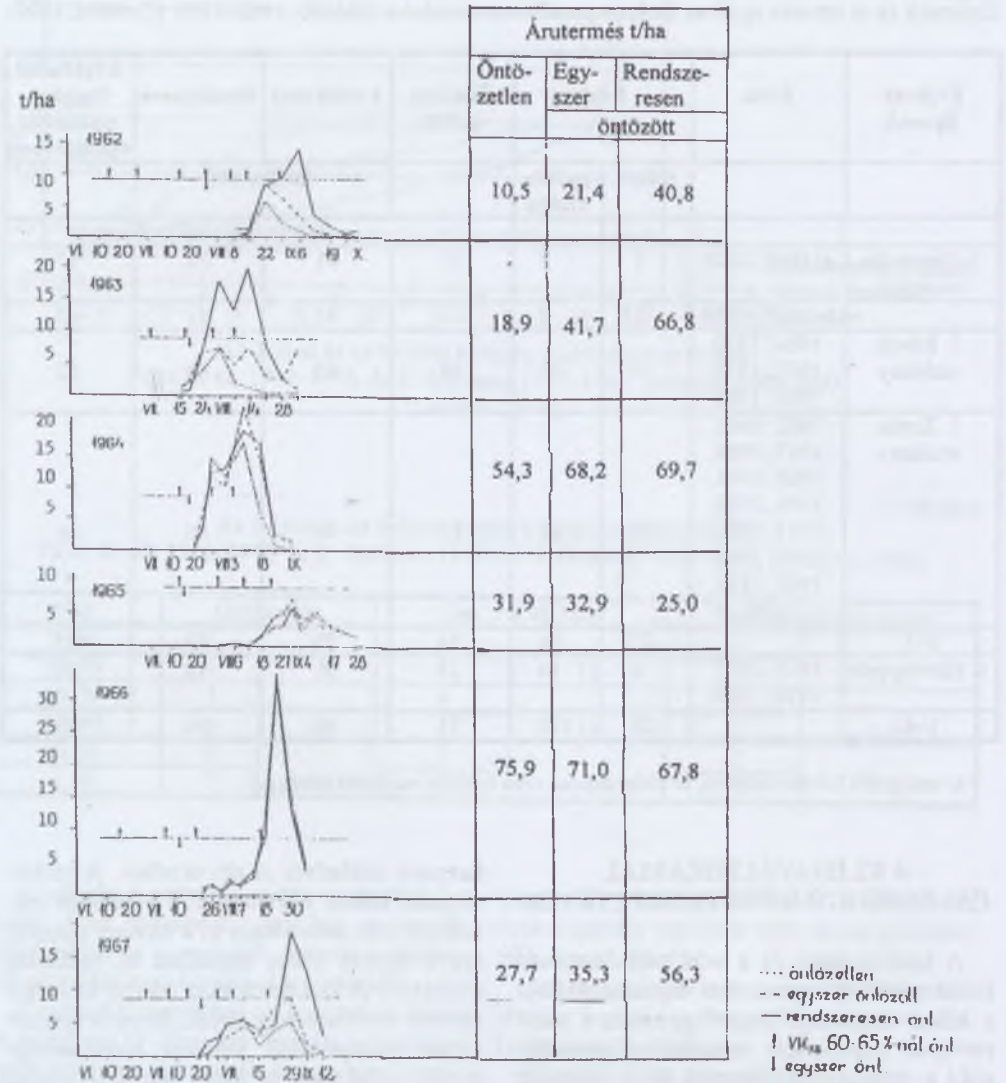
A KLÍMAVÁLTOZÁSSAL ÖSSZEFÜGGŐ KÖVETKEZTETÉSEK

A kísérletekből és a vele párhuzamosan felhalmozódott termesztési tapasztalatokból a klímaváltozással összefüggésben a konzervipari paradicsom termelésére közvetlenül, a szabadföldi étkezési és a hajtattott paradicsom termelésére közvetve vonhatunk le következtetéseket.

Az időjárás-változás fő irányaként várható növekvő hőmérséklet és vele összefüggésben az időjárási szélsőségek a konzervipari termesztésben az öntözés általánossá válása felé mutatnak. A termesztéstechnika sajátosságait figyelembe véve itt továbbra is az egyszerű öntözés dominanciája várható. Ennek során az öntözések száma és a fel-

használt öntözővíz is növekedhet. A szélsőségesen száraz években ez a vízellátás esetenként már nem elégíti ki a növény igényét, így a termés alatta maradhat az optimális évékének. A kísérletek más irányú feldolgozásából azonban úgy látjuk, hogy a konzervipari szempontból jelentős szárazanyag-tömeg csökkenése a nyers terméstömeghez képest kisebb mértékű lehet. A rendszeresen öntözött növények termésének szárazanyag-tartalma ugyanis többnyire alacsonyabb, mint az egyszer öntözötté. (Más megfogalmazással: ennél a termelési technológiánál a növény öntözése során nemcsak a termés tömegére, hanem annak szárazanyag-tartalmára is figyelniünk kell.)

A termelés (a termőterület) szinten maradását, növekedését vagy csökkenését azon-



Élterő vízellátású paradicsom terméshasználata* Fajta: K 42. 1962–1967, (Cselőtei, 1987)

* A paradicsom technológiai importot követő hazai kutatások megalapozásához készített jelentésből.

ban más tényezők is befolyásolják. A paradicsomtermelés élő munka igénye a területegységre eső termés tömegétől és a betakarítás módjától (a szedések számától) függően változik és meghaladhatja a száz napot. Ezen már az 1960-as évek során a gépi betakarítá-

sú termelési technológia importjával próbáltunk változtatni. A gépi betakarítás feltétele a koncentrált érés, amelyet a technológia kialakulásának helyén, Kaliforniában, az ottani időjárás mellett a növény vízellátásának szabályozásával, az öntözéssel értek el.

A mi időjárásunk gyökeresen eltér az ot-tanítól. Amíg ott nyáron gyakorlatilag nin-csen csapadék, nálunk ez bizonytalanul, de rendszeresen előfordul, és csak kivételesen történik meg az 1966-os évihez hasonló eset. Akkor az időjárás június végéig kedvezett a növény vegetatív növekedésének, de gyakorlatilag kizárta a termés kötődését. Június végén, július elején viszont tömeges termés-kötődés következett be, amely visszatartotta a növény növekedését, vele a virágzást és újabb terméskötődést. Ennek hatására a gyümölcs fejlődésének a kötődéstől az érés-ig várható kb. 45 napnak megfelelően tö-meges termésérés következett be (6. ábra). Az egymenetes gépi betakarítás számára hasonlóan kedvező helyzet azonban a kés-sőbbiekben nem fordult elő. A gépi, vagy legalább a részleges gépi betakarítás megva-lósulása ezért a jelenleginél lényegesen nagyobb, 2,5-3-szoros termés mellett és más hatásokra – így az érést követően a „száron jól tárolható” termés esetén – várható.

Számolnunk kell azonban azzal, hogy a feldolgozás során a termés tömege mintegy-ötödére csökken, az jól tárolható és szállítha-tó. Így a termelés nagymértékben függetle-níthető a felhasználás, a fogyasztás helyétől. Ez azt jelenti, hogy velünk szemben nő a gépi betakarítású paradicsom termésére alkalmasabb termőhelyek előnye, amit mi adottságaink jobb kihasználásával és más technológiai eljárással ellensúlyozhatunk.

A szabadföldi étkezési paradicsom-termesztésben a megváltozó ökológiai körülmények esetleges kedvezőtlen hatásai – így a túl erős sugárzás és vele a növény magasabb hőmérséklete – a támrendszerre helyezett

árnyékolással csökkenthető. Ez az esetleges vihkár és jégverés kedvezőtlen hatását is csökkenti. Ennél a termesztési módnál már jelenleg is lényegesen több öntözővizet hasz-nálunk fel és a csepegtető öntözési techniká-val jobban tudunk simulni a növény vízigé-nyéhez. A tápoldatos öntözés a jobb táp-anyagellátást segíti. Mindez, valamint a támrendszeres termelés az ipari termeléshez képest nagyobb terméstömeg elérését teszi lehetővé. Az előzőek hatására ennek a ter-mesztési módnak nagyobb a fejlesztési esélye, mert közelebb vagyunk a tőlünk nyugatra és északra fekvő piacokhoz. Emellett a szabad-földi termesztésben a gyümölcs íz-, illat- és zamanyagai is jobban kialakulnak. Ha ezt a többlet-értéket a fogyasztókkal anyagilag is el tudjuk ismertetni, úgy versenyképességünk ezáltal is növekedhet.

A hajtatásnál a szuperintenzív, hosszúkul-túrás, a téli időszak egy részére is kiterjedő termelés helyzetét az olcsóbb hőenergia (termálvíz) befolyásolja. Egyébként, különö-sen a téli, de a kora tavaszi termelésben is erős versenytársaink a tőlünk délre fekvő országok: Spanyolország, Görögország, Törökország, ahol természetberendezések-ben a hajtatás fűtés nélkül történik. Hasonló berendezésekkel a kései hajtatásban már mi is versenyképesek vagyunk, ezért ennek növekedése várható. A hajtatott paradicsom-termelés jelentősége így a jövőben is meg-marad, sőt emelkedhet.

A hajtatásban a növény víz- és tápanyag-igényét már ma is tápoldatos öntözéssel oldhatjuk meg. A növény hőviszonyait, s vele a vízigényét az erős sugárzást csökken-tő árnyékolással szabályozhatjuk.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) CSELŐTEI L. (1987): A meteorológia szerepe a mezőgazdaságban. *Időjárás*, 91. évf. 2–3. sz. 60–67. pp. (2) CSELŐTEI L. (1991): Az öntözés alapjai a zöldségtermesztésben. *GATE*, Gödöllő, 209 p. (3) CSELŐTEI L. (1992): Az aszályról a kertészetben. *Kertgazdaság*, XXIV évf. 3. sz. 14 p. (4) CSELŐTEI L. (1993): Zöldségtermesztés. In *Kertészet* (CSELŐTEI L. szerk.) Egyetemi tankönyv) Ötödik teljese-n át-dolg. kiadás, Mezőgazda Kiadó, Bpest, 615 p. (5) CSELŐTEI L. (1997): A zöldségnövények öntözése. *Mezőgazda Kiadó*, Bpest, 172 p. (6) CSELŐTEI L. (1998): Az időjárás hatása a növény vízellátására és termésére. In *Az időjárás és az éghajlat hatása a növény-víz kapcsolatrendszerre*. Meteorológiai Tu-

dományos Napok, OMSZ, 7–14 pp. (7) CSELŐTEI L. (2000): A paradicsomtermelés fejlesztése és fejlődése (1948–1990). Szarvas, 110 p. (8) CSELŐTEI L.–VARGA GY. (1998): Probability and expected effects of tomato irrigation in Hungary. (A paradicsom öntözésének valószínűsége és várható hatása Magyarországon.) *Acta Horticulturae* 220, January, 65–370 pp. (9) CSELŐTEI L.–VARGA GY. (1992): Az agrotechnika (az öntözés) problémái a fajtakísérletekben. *Kertgazdaság*, XXIV. évf. 6. sz. 26–32 p. (10) CSELŐTEI L.–VARGA GY. (1992): Az évjárat hatásának értékelése a fajtakísérletekben. *Kertgazdaság*, XXIV. évf. 6. sz. 1–7 p. (11) CSELŐTEI L.–SZÁSZ G.–KOVÁCS G. (1994): Az időjárás és a növénytermesztés. *AGRO 21* füzetek, 1. sz. 50–86. pp. (12) SZÁSZ G. (1988): *Agrometeorológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Bpest, 462 p. (13) SZÁSZ G. (1994): Magyarország éghajlata és annak változékonysága. In *Éghajlat, időjárás, aszály*. I. Az időjárás változékonysága és hidrológiai vonatkozásai. Bpest, 129 p. 59–103 pp. (14) VARGA GY. (1997): A paradicsom évjáratokénti öntözési igénye. *Hajtátás, korai termesztés*, XXVIII. évf. 1. sz. 213–226 pp.

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉS A ROVAROK

KOZÁR FERENC–SZENTKIRÁLYI FERENC–KÁDÁR FERENC–BERNÁTH BALÁZS

ÖSSZEFOGLALÁS

Egyes rovar fajok jelentős mértékben északra terjedtek. A vizsgált fajok populációdinamikája eltérően változott. Néhány faj egyedszáma jelentősen nőtt, de a többségüké nem változott.

Indikátor fajokat ajánlunk a klímaváltozások élő szervezetekre gyakorolt hatásainak megfigyelésére.

A klímaváltozás további biológiai hatásait, rendkívüli gazdasági és ökológiai jelentősége miatt, az eddigieknél sokkal szerteágazóbban és mélyrehatóbban kell vizsgálni a jövőben, mind az agrár-, mind a természetvédelmi területeken.

A Varga-Haszonits Zoltán által megfogalmazott („AGRO-21” Füzetek 2003. 31. sz.) négy klímaváltozási forgatókönyvet figyelembevéve, az eddigi eredmények alapján a következő prognózisok adhatók:

1. Tartósan megmarad a jelenlegi országos éves középhőmérséklet és az utóbbi évek éghajlati anomáliáinak gyakorisága. Ebben az esetben folytatódik a melegkedvelő rovarok eddig is megfigyelt, viszonylag lassú északra terjedése és felszaporodása.

2. Az ország éves középhőmérséklete $+1,5$ °C-kal emelkedik, de nem változik az utóbbi évek éghajlati anomáliáinak gyakorisága. Ebben az esetben felgyorsul a melegkedvelő rovarfajok betelepülése és felszaporodása. Kártevő gradációk nagysága emelkedni fog.

3. Tartósan megmarad az ország jelenlegi éves középhőmérséklete, de jelentősen gyakoribbak lesznek az éghajlati anomáliák. A jelentős téli lehűlések lassíthatják a melegkedvelő rovarok északra terjedését és elszaporodását. Az átlagnál melegebb nyarak viszont a többenmedékű rovarfajoknál tömeges elszaporodást és a nemzedékszám növekedését okozzák. Kártevő gradációk gyakorisága emelkedni fog.

4. Az ország éves középhőmérséklete $+1,5$ °C-kal emelkedik, és jelentősen gyakoribbak lesznek az éghajlati anomáliák. Itt a válasz részben hasonló a 2. és 3. sz. forgatókönyvhöz. Folytatódik a melegkedvelő rovarok gyakoribb betelepülése, a felszaporodáskönyvhöz. Folytatódik a melegkedvelő rovarok gyakoribb elszaporodása, beleértve a nemsukat a hűvös telek lassíthatják, a forró nyarak viszont elősegíthetik, beleértve a nemzedékszám várható növekedését is. Számos nedvességkedvelő, sőt mezofil rovarfaj eltűnhet viszont a hazai faunából.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatásainkat részben az OM (NKFP-3B/0008/2002, NKFP-3B/057 sz.), a KVvM Természetvédelmi Hivatala, valamint a KÖM (KVvM)-MTA közötti együttműködés anyagi támogatásával végeztük.

BEVEZETÉS

A klíma változásaival és az ezzel kapcsolatos jövőbeli trendekkel már több évtized óta világszerte, így hazánkban is, egyre növekvő számú cikk és összefoglaló kiadvány foglalkozik (pl. *Stott és Kettleborough, 2002; Vinnikov és Grody, 2003; Bussay és mtsi., 1999; Czelnai, 1995; Mészáros, 2001; Mika, 1988, 2002; Pálfai és mtsi., 1999*). A globális felmelegedés, illetve a klímaváltozás várható biológiai hatásait már sokan elemezték. Többek között olyan fontos kérdések szempontjából mint pl. a vegetációs övek térbeli elmozdulása és ennek konzervációbiológiai következményei (*Groot, 1988; Kobak és Kondrasheva, 1992*), a szárazföldi és tengeri élőlények fertőzési gyakoriságának változása (*Harvell és mtsi., 2002*), vagy az élőlények komplex fenológiai, ökológiai válaszai (*Schneider és Root, 1996; Sparks és Carey, 1995; Tracy, 1992; Walther és mtsi., 2002*).

Az állatok között a rovarok mind fajszámukat, mind a populáció-méreteiket tekintve a legnagyobb csoportot képviselik. Alkalmazkodó képességüknek, ökológiai tulajdonságaiknak köszönhetően a legszélsőségsébb élőhely-típusokat is benépesítik a sivatagoktól a tundravidékekig. A globális méretű klímaváltozással járó különböző regionális vagy helyi hatások – pl. élőhelyek, tápnövények, természetes ellenségek eltűnése, újak megjelenése – számos rovarra érintenek, aminek következtében *egyes fajok a számukra kedvezőbb feltételek mellett térben terjeszkednek, vagy populáció-szintjeik jelentősen emelkednek, míg mások visszaszorulhatnak, vagy lokálisan ki is pusztulhatnak*. E változásoknak komoly gazdasági, természetvédelmi, ökológiai következményei is lesznek, elég a kártevőkre és azok természetes ellenségeire, a megporzó és lebontó fajokra, vagy a védett, ritka rovarokra gondolni. Ezért a kiemelt jelentőségű kutatások közé kell sorolni a klímaváltozással kapcsolatos rovarváltató vizsgálatokat is.

A klímaváltozás direkt és indirekt környe-

zeti hatásai a rovarok életfeltételeit jelentősen módosíthatják. A rovarok a viszonylag gyors szaporodásuk, rövid generációs idejük, változatos életmenet-stratégiáik, nagy faj- és egyedszám képviselőik miatt igen alkalmas indikátorai lehetnek a klímaváltozás hatásainak monitorozásában is. Nem véletlen tehát, hogy igen nagyszámú külföldi közlemény foglalkozik a változó klímának a rovarokra gyakorolt lehetséges, vagy máris tapasztalható befolyásával (pl. *Bale és mtsi., 1992; Collier és mtsi., 1991; Dennis és Shreeve, 1991; Jansen, 1995; Kreiter, 1997; Nash és Agassiz, 1991; Pollard és Yates, 1992; Worner és mtsi., 1995*). Az 1980-as évek óta egyre növekszik azon tanulmányok száma és jelentősége, amelyek a globális felmelegedés hosszú távon megnyilvánuló hatásait vizsgálják, kiemelten a mezőgazdasági kártevők esetében (*Porter és mtsi., 1991; Farrow, 1991; Harrington és Woiwod, 1995*). A Kárpát medence területéről is több külföldi közlemény jelent meg a rovaroknak a klimatikus hatások következményeként tapasztalható elszaporodásaira (*Camprag, 1998, 2002*), área vagy a biodiverzitás változásaira (*Hluchy, 1990; Krcmar and Merdic, 1991*) vonatkozóan.

Az erdészeti kártevő rovarfajok hosszú távú ingadozásainak elemzése arra mutattak rá, hogy a meleg, aszályos klímájú évek a tápnövényben a *vízhiány stressz* által olyan biokémiai változásokat idéznek elő, amelyek *elősegítik számos rovarfaj tömegszaporodását, azaz gradációját* (pl. *Martinat, 1987; Mattson és Haack, 1987; Williams és Liebhold, 1995*). A külföldi eredmények aktualitását nyomatékosítják azok a hazai klimatológiai vizsgálatok, amelyek az utóbbi 15 évben fellépett erősen aszályos szezonnak sorozatára és ennek a globális klímaváltozással való kapcsolatára irányultak (*Mika 1988, 2002; Nemes, 1993; Mika és mtsi., 1995; Molnár és Mika, 1997; Pálfai, 1993, 1994; Pálfai és mtsi., 1999; Mészáros, 2001*). E hazai elemzések többek között azt találták, hogy mind a téli, mind a nyári félév csapadékmennyiségei az elmúlt száz évben

szignifikánsan csökkenő trendeket mutatnak, a nyári hőségnapok száma pedig emelkedő tendenciájú. E változások különösen erősen érintik az alföldi térségeket.

1. A ROVAROK KLÍMAVÁLTOZÁSSAL ÖSSZEFÜGGŐ HAZAI KUTATÁSÁNAK ÁTTEKINTÉSE

A klímaváltozással kapcsolatos első hazai rovar-tani elemzéseket *Kozár és Nagy Dávid* (1985, 1986) publikálták, újabb elemzést *Kozár és Szentkirályi* (2002) készített. A hazai közleményeket áttekintve megállapítható, hogy egy sor melegkedvelő rovar- és pókfaj jelent meg, terjedt el, vagy szaporodott fel a nyolcvanas évek közepétől az ország különböző régióiban (pl. *Biber*, 1992; *Erdélyi és mtsi.*, 1994; *Kozár*, 1992, 1997, 1998; *Kozár és Nagy Dávid*, 1986; *Kozár és Vajna*, 1998; *Kozár és Seprős*, 2001; *Szeőke és Vörös*, 2001; *Vörös és mtsi.*, 1997; *Kozár és mtsi.*, 1991; *Merkl*, 1991; *Nagy*, 1990, 2001; *Nagy és Szentkirályi*, 1993; *Nagy és mtsi.*, 1998; *Rácz és Bernáth*, 1993; *Szabóky és Szentkirályi*, 1995; *Vörös*, 2002; *Szinétár és Vajda*, 1992; *Kozár és Balázs*, 1988; *Kozár és Szentkirályi*, 2002). Az időjárás hatásait vizsgálva egyes kutatások a hangsúlyt a hosszú távú hőmérsékleti adatsorok vizsgálatára helyezték (*Kozár*, 1991, 1992, 1997; *Kozár és Nagy Dávid* 1986; *Kozár és Stollár*, 1990; *Kozár és Sheble* 1996; *Rácz és Bernáth*, 1993; *Stollár és mtsi.*, 1993, stb.), míg mások elemzéseikben inkább az aszályos évek hatásait találták fontosnak (*Csóka*, 1996, 1997; *Kádár és Szentkirályi*, 1997, *Leskó és mtsi.*, 1994, 1995, 1997, 1998, 1999, 2002; *Szentkirályi és mtsi.*, 1995; 1998, 2001, 2002). E szerzők többsége a különböző rovarok tapasztalt populációdinamikai ingadozásait elemezte, de néhány vizsgálat kiterjedt egyes fajok fenológiájában és nemzedékszámában bekövetkező változásokra is (pl. *Kozár és Konczné Benedicty*, 1996; *Kozár és mtsi.*, 1997; *Nagy és*

Szentkirályi, 1993; *Nagy és mtsi.*, 1998). A rovarok biodiverzitásának lehetséges változásait *Kozár* (1997, 1998a, b), *Kozár és Szentkirályi* (2002), *Leskó és mtsi.* (2002), *Szentkirályi* (1992, 1998, 2001, 2002), *Szentkirályi és mtsi.* (2001, 2002) elemezték.

Az eddigi közleményekből kiderül, hogy a rovarok nagyon érzékenyen reagálnak a klíma kisebb ingadozásaira is. A nagyszámú rovarfaj életmenete (pl. egy vagy több nemzedék megjelenése évente), élőhellyel szemben támasztott igényei, tolerancia határai nagyon változatosak lehetnek, így közöttük számos olyan indikátor található, amely jól jelezheti az olyan direkt és indirekt környezeti változásokat, mint amelyeneket a klíma ingadozásai okoznak. Ennek megfelelően *Kozár* (1997, 1998a) már hatféle időjárás-forgatókönyv esetében vizsgálta a rovarok lehetséges fajszám-változását. Továbbá *Szentkirályi és mtsi.* (1995, 1998) vizsgálataikba bevonták az aszályos szezonok hatásait is, így elemzéseink széles körűek. Ennek megfelelően a fontosabb célkitűzések a következők:

- Hosszú távú meteorológiai/klimatikus elemek változásainak elemzése a rovar-tani kérdésekben fontosabbnak ítélt szempontok szerint.
- Az elmúlt évszázadra jellemző, valamint a jövőbeni várható klímaingadozások/változások a rovarok térbeni elterjedésére gyakorolt hatásainak vizsgálata és a változások valószínű trendjeinek bemutatása.
- Óshonos kártevők populációdinamikai változásainak vizsgálata.
- Behurcolt kártevők különböző léptékű térbeli és időbeli dinamikáinak vizsgálata.
- Rovarok szezonálisát jellemző adatok gyűjtése és az ezzel kapcsolatos változási trendek elemzése.
- Klímaváltozás indikátor fajainak kijelölése a hosszú távú trendek monitorozásához.
- A klímaingadozásoknak a rovarok hosszú távú fajdiverzitási mintázatára gyakorolt hatásainak detektálása és elemzése.

2. A ROVAROK HOSSZÚ TÁVÚ ADATSORAI ÉS AZ ELEMZŐ ELJÁRÁSOK

Ahhoz, hogy az egyes klimatológiai szcenáriókhoz megfelelő populációdinamikai előrejelzéseket rendelhessünk a rovarokra vonatkozóan, hosszú távú, lehetőleg több évtizednyi, ugyanazon a helyeken folytatott monitorozásból származó abundancia adatsorokra van szükség. Erre nyújt egy kiváló lehetőséget a mintegy négy évtizede üzemelő hazai fénycsapda hálózat, amelynek elsődleges célja a mezőgazdasági és erdészeti kártevő rovarok populációdinamikájának nyomon követése és előrejelzése (Szentkirályi, 2002). A jelenleg közel 60 állomást magába foglaló hálózat hosszú távú rovarmonitoring rendszerként is hasznosítható (Szentkirályi, 1999; Szentkirályi és mtsi., 2001). Ezért a kilencvenes években az MTA NKI és az ERTI entomológus kutatói közös vizsgálatokat indítottak el, amelyek arra irányultak, hogy megállapítsák a fénycsapdákkal gyűjtött nagylepkék esetében a faj- és együttes szinten megnyilvánuló változásokat, és hogy az észlelt ingadozások és trendek milyen mértékben magyarázhatók a vizsgált időszakban fellépett különböző léptékű környezeti változásokkal (pl. az éves klímaingadozások, aszály mértéke és a gradációk fellépése, az élőhelyek állapotváltozásai). A szezonális klíma-hatások elemzéséhez többek között az átlagos hőmérsékleti és csapadék viszonyokat jól kifejező lokális és országos léptékű aszály-indexeket alkalmazták (Pálfai 1993, 1994; Pálfai és mtsi., 1999 és a szerzőitől megkapott adatbázis; Szentkirályi és mtsi., 1995, 1998). A vizsgálatokban 25 erdészeti (1961–2002) és 28 agrárterületi (1981–2002) fénycsapda állomás adatait használták fel. A hosszú adatsorok elemzése idősor analitikai eljárásokkal történt (Szentkirályi és mtsi., 1995, 1998; Kádár és Szentkirályi, 1997; Leskó és mtsi., 1994, 1995, 1997, 1998, 1999).

Az alábbi eredményeink a mező- és erdőgazdasági fénycsapdák több évtizednyi adat-

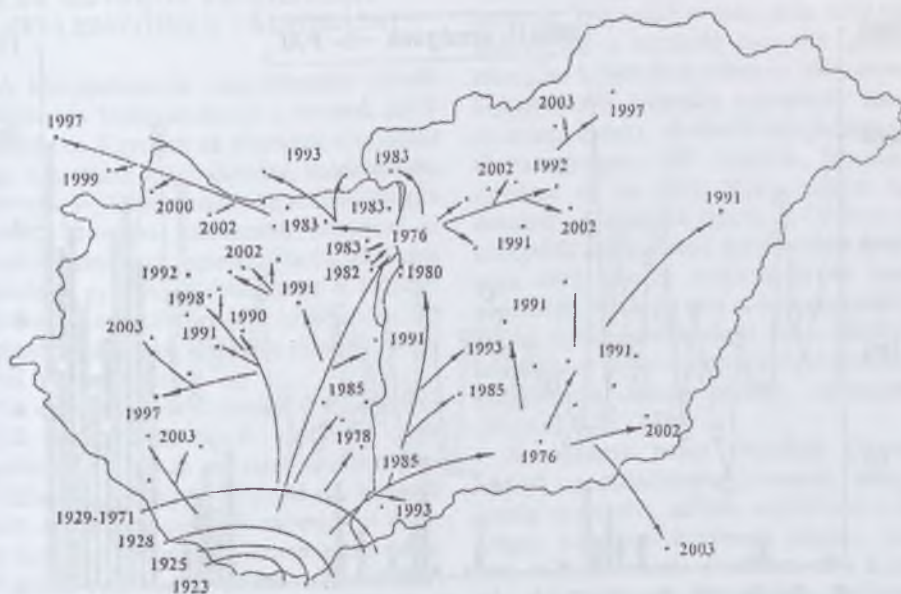
sorain kívül, néhány kártevő esetében az országos szintű feromon-csapdázásból származó adatokra épülnek (pl. Kozár és Konczné Benedicty, 1996; Kozár és mtsi., 1997). Az elterjedés felvételezése egyes kártevők esetében csak egyedi növények vizsgálatával volt elvégezhető.

3. A KLÍMAVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSAI A ROVARFAJOK TÉR-DINAMIKÁJÁRA, ELTERJEDÉSÉRE

Korábban számos, mediterrán térségben élő, dél-európai melegkedvelő rovarfaj Közép- és Észak-Európában való megtelepedésének a hűvösebb klíma, a hideg tél gátat szabott. Azonban, ha a globális felmelegedéssel együtt jár a téli átlaghőmérsékletek emelkedése és a tavasz korábbra tolódása, akkor várhatóan e rovarok közül többnek az elterjedési határa északabbra tolódik és hazánk faunájának állandó tagjává válhatnak. Amennyiben kártevő fajok megtelepedéséről van szó, úgy ennek gazdasági kihatásaival is számolni lehet.

A hazai telek átlaghőmérsékletében az elmúlt 110 évben 1,1 °C szignifikáns növekedést lehet kimutatni, az emelkedés különösen jelentős volt az utóbbi évtizedekben (Stollár és mtsi., 1993, Szentkirályi és mtsi., 1995). Az emelkedés az ország egyes területein eltérő mértékű, leginkább Budapest környéke és az ország középső területei érintettek. Ez a klimatikus tényező előmozdította például olyan kiemelten fontos, nem őshonos, behurcolt, kártevő rovarok hazai megtelepedését és elterjedését, mint a kaliforniai pajzstetű (*Quadraspidotus perniciosus*), a burgonyabogár (*Leptinotarsa decemlineata*), amerikai fehér medvelepke (*Hyphantria cunea*), vagy az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*).

Az enyhe telek jelentős szerepet játszanak egyes melegkedvelő mediterrán fajok elterjedési határainak északabbra tolódásá-



Az eperfa pajzstetű (*Pseudaulacaspis pentagona*) terjedése a Kárpát medencében (Kozár, 1998 után kiegészítésekkel)

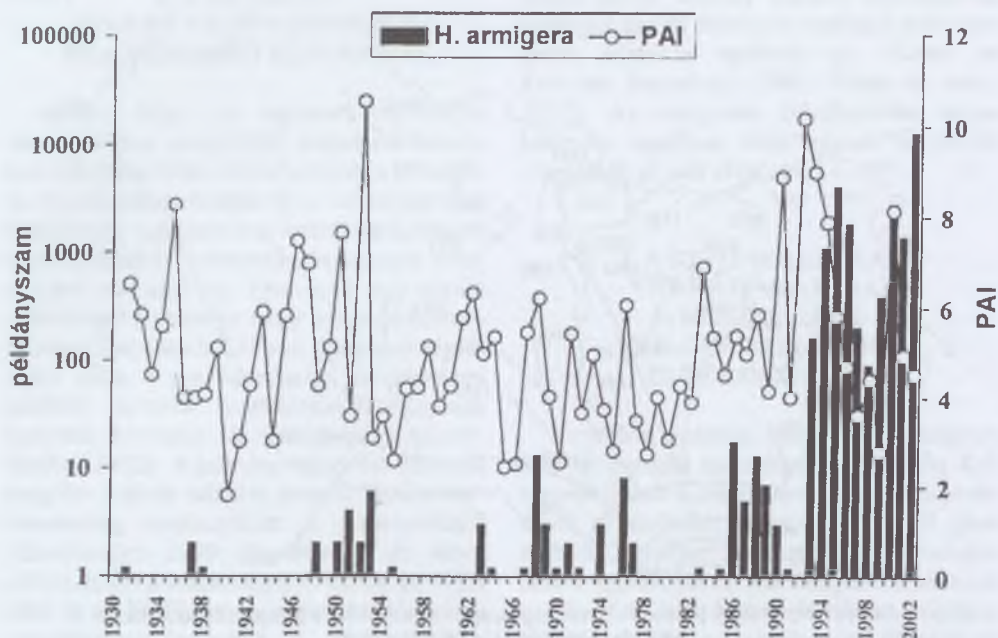
ban, így például az eperfa pajzstetű (*Pseudaulacaspis pentagona*) esetében is (Kozár, 1998b). Magyarországon és a Kárpát medencében a *P. pentagona* térbeni terjedése az 1920-as évektől követhető nyomon (1. ábra). A faj terjedése ugrásokban történt, melyek időben jól korreláltak a magasabb téli hőmérsékletekkel. Ezt követően körkörösén foglalta el az újabb térséget. 2003-ban már Romániában is sikerült kimutatnunk jelenlétét. A faj terjedésének északi határa a Kárpát medencében továbbra is hazánkban van. Az elterjedési terület határán (Mosonmagyaróvár, Gyöngyös, Debrecen, stb.) többször is sikerült megfigyelni a faj megjelenését, kipusztulását és ismételt megjelenését.

A nyarak átlaghőmérsékletében az elmúlt évtizedekben az átlagosnál hűvösebb és forróbb időszakok váltakoztak (Stollár és mtsi., 1993; Kozár, 1997). A hűvösebb nyarak kedveztek az atlanti eredetű kártevők, például az atlanti búzatripsz (*Limothrips cerealium*), vagy a gabonaaknázó legyek

terjedésének és felszaporodásának. A száraz, forró nyarak viszont elősegítették a mediterrán eredetű, vándorló kártevők, mint pl. a földközi-tengeri gyümölcslégy (*Ceratitis capitata*), vagy a gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) hazai időleges megjelenését és esetenként a megtelepedését is.

A gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) az európai mediterrán klímájú régióból (főként a balkáni térségből) időnként, rendszertelenül, északra migráló, és így a Kárpát-medencében is megjelenő bagolylepke faj (Szeőke és Dulinafka, 1987; Szabóky és Szentkirályi, 1995; Szeőke, 2003). Erősen polifág faj, hernyói rendkívül súlyos károkat okoznak nagyszámú kultúr- és növény állományokban. Hazánkban ennek az alkalomszerűen bevándorló lepkének tömeges előfordulására és ennek nyomán kártételére eddig csak igen ritkán került sor: az ötvenes évek elején, gyapoton, 1986-ban csemegekukoricán, és dohányon. Azonban 1993 óta folyamatosan jelen van hazánkban,

2. ábra

Az eperfa pajzstetű (*Pseudaulacaspis pentagona*) egyedszám ingadozása Budapest két helyén

évi több generációval. E meleg és száraz klímát kedvelő faj a korábbi tapasztalat szerint a hazai hidegebb teleket nem volt képes átvészelni, azonban a kilencvenes évek első felében az enyhébb időjárás az áttelelését lehetővé tette. Úgy tűnik, hogy kiszelektálódtak hidegtűrő és a csapadékosabb éveket is túlélő populációi, amelyek ingadozásai jól követik a nyári meleget kifejező, egyre növekvő gyakoriságú hőségnapok számát (Szeőke, 2003). A kilencvenes évek közepére, két év alatt, az ország egész területén megjelent – különösen az alföldi térségben – és évi 2–4 generációt produkálva jelentősen felszaporodott számos növénykultúrában igen komoly károkat okozva. Ezért a gyapottok-bagolylepkét invazív fajnak tekinthetjük (Szeőke és Vörös, 2001). A korábbi egyedi gyűjtések, valamint az 1960-as évektől a fénycsapda hálózat révén időbeni bevándorlásainak időszakait, 1993-tól egyedszám változásait nyomon követhet-

jük (2. ábra). Az ábrán látható, hogy a Kárpát-medencei előfordulásai egybeestek a meleg nyarú, száraz, aszályos évekkkel, továbbá egyedszámjai határozottan emelkedő trendet mutatnak. Az is kimutatható volt, hogy a gyapottok-bagolylepke hazai bevándorlásainak éveiben a természetes elterjedési területein, számos mediterrán klímájú dél-európai országban tömegesen elszaporodott, gradációk léptek fel, és ezekből nagyobb populációrészek vándoroltak északi irányba (Szabóky és Szentkirályi, 1995). Mindez arra utal, hogy a nagyobb, geográfiai léptékű klimatikus ingadozásoknak fontos szerepük lehet egyes rovarfajok areálfektúrájában.

A gyapottok-bagolylepke migrációi és kártételei jelzik, hogy az enyhe telek által kiváltott, déli fajokra jellemző északra terjedés mellett, az egymást követő forró nyarak mediterrán, migráló fajok felbukkanását és esetenként megtelepedésüket is kiválthatják.

4. ROVAROK FENOLÓGIAI JELLEMZŐINEK VÁLTOZÁSAI

A klímajellemzők megváltozása többféleképpen is befolyásolhatja a rovarok fejlődésmenetét. Egyrészt az évszakok eltolódása vagy hosszának megváltozása, módosíthatja a rovarok fejlődési alakjainak időbeli megjelenését, aktivitási mintázatát, másrészt az átlaghőmérsékletek emelkedése/csökkenése jelentősen gyorsíthatja/lassíthatja a fejlődés sebességét, ez utóbbi pedig kihathat az évi nemzedékszámra is, ami több vizsgált rovarfajnál is kimutatható.

Az eperfa pajzstetű rajzását 1991 óta követjük nyomon. E fajnál rendkívül nagy ingadozások vannak a rajzáskezdetekben, 1993-ban az első rajzásnál majd egy hónapot késett, ami még a második rajzásnál is éreztette hatását. Hasonló egy hónapos eltolódást észleltünk a második rajzásra vonatkozóan Olaszországban és Svájcban is. A 2003. évi tartós forró nyár utáni rajzás már egy lehetséges harmadik nemzedékre utal, amire eddig csak Közép-Olaszországból és Dél-Franciaországból volt adat (*Kozár és mtsi., 1999*). Ezek az ingadozások jelzik, hogy e faj még nem alkalmazkodott teljesen Közép-Európa időjárásához, érzékenyen reagál a változásokra, ezért indikátor fajnak is alkalmas lehet.

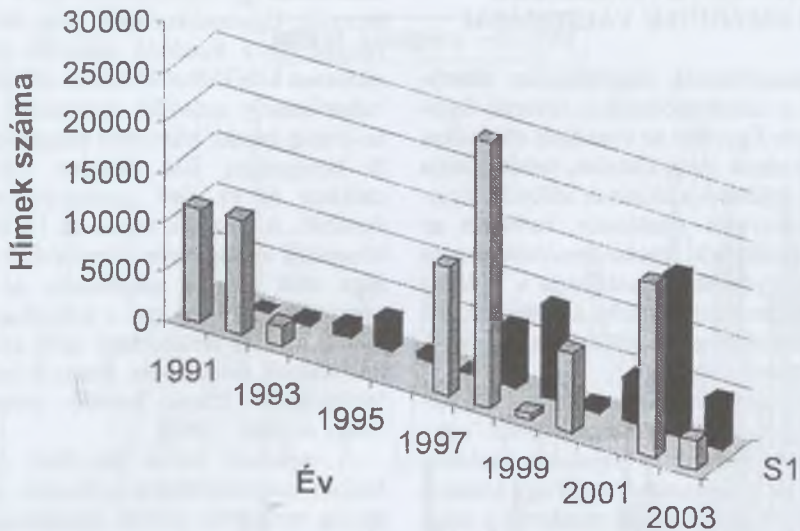
A kaliforniai pajzstetű esetében 1993 és 1994 forró nyarai után ősszel egy részleges harmadik hímrajzást is sikerült kimutatni. Ez, mint fenológiai változás figyelemreméltó, de a pajzstetű populáció szempontjából inkább negatív hatású, mert a népességnek e része nem tud felkészülni a télre és pusztulásra van ítélve. Hasonló jelenség figyelhető meg a kukoricamoly esetében is (*Nagy és Szentkirályi, 1993*). A második, augusztusi rajzást a magasabb hőmérséklet-diapauza feloldó hatására bebábozódó és kirepülő lepkék adják. Ezek száma a hőmérséklettől függően az egész népesség csupán 1–2%-át teszi ki. Az általuk lerakott tojásokból túl későn kelnek ki az utódnemzedék lárvái a takarmány kukoricán, amikor az már száraz

lombozatú, így elpusztulnak rajta a kikelt kis hernyók. Ugyanakkor más, még zöld tápnövényen ez a kezdődő második generáció sikeresen kifejlődhet ebben az időszakban. A kukoricamoly második rajzásának mértéke az ország északi, hűvösebb átlaghőmérsékletű tájegységei felé haladva fokozatosan csökken és az első, június–júliusi rajzás dominál. A második rajzás az 1970-es évek közepétől országszerte felerősödött és nagysága ettől kezdve meghaladja az áttelelő nemzedék rajzását, ami a kétnemzedékűség tőlünk délebbi területekről lassú északabra tolódásának lehet a jele, amely folyamatot a felmelegedő klíma szintén előmozdíthat (*Nagy és mtsi., 1998*).

A ragadozó barna fátyolkák (*Hemerobiidae*) szezonálisára jellemző, hogy az ország melegebb, alföldi régiójában a fajok imágói korábban kezdenek rajzani, hamarabb érik el a rajzáscsúcstakat, míg a hűvösebb klímájú hegy-dombvidéki területeken ugyanezen fajok rajzása két-három héttel későbbre tolódik (*Szentkirályi, 1992, 1997*). A barna fátyolkák esetében, amennyiben a felmelegedés érvényesülni fog hazánk klímájában, várható, hogy a szezonális aktivitási mintázatban eltolódások következnek be, és pl. a régiók közötti rajzáskülönbségek csökkenni fognak.

5. A KLÍMÁVÁLTOZÁS ÉS A ROVARFAJOK HOSSZÚ TÁVÚ POPULÁCIÓDINAMIKÁJA

A klimatikus ingadozások, illetve az esetleges klímaváltozás hosszabb távon érvényesülő trendjei a rovaroknak nemcsak a térbeli mozgásait, elterjedését segíthetik elő, vagy gátolhatják, hanem jelentős mértékben befolyásolhatják az egyes lokális populációk nagyságának az évenkénti ingadozását is. A klíma kedvező vagy kedvezőtlen hatásai direkt (pl. fejlődési sebesség, mortalitás növekedés) vagy indirekt úton (pl. táplálék minőségének, a zsákmány mennyiségének, a környezet szerkezetének megvál-



A gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera*) magyarországi előfordulásainak és a Pálfai-féle ariditási index értékeinek adatai

(A bagolylepke előfordulásai az országos fénycsapda-hálózati és egyéb gyűjtések példányszámain alapulnak; Szeőke és Dulinafka, 1987; valamint Szentkirályi és mtsi., 2003 nem publikált adatok)

tozása) érvényesülnek a populációdinamikában. A szezonális klíma populációdinamikai hatásainak elemzése rámutatott, hogy a rovarfajok eltérően reagálnak a változásokra. Például egyes fajok esetében a hosszú ideig tartó enyhe telek sem okoztak populációnövekedést, míg ez alatt mások jelentősen felszaporodtak az ország bizonyos területein.

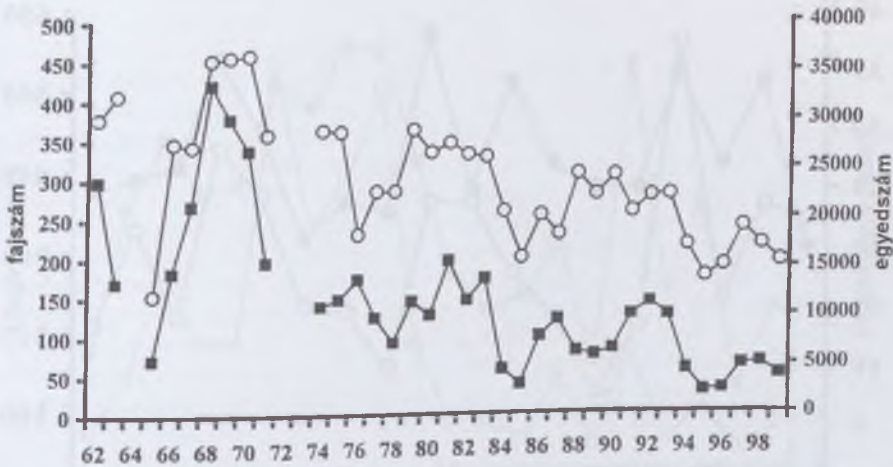
Behurcolt vagy betelepülő kártevők vizsgálata során, országos szinten, széleskörű mortalitási felméréseket végeztünk az eperfa pajzstetű esetében. Megállapítottuk, hogy 2001/2002 és 2002/2003 átlagosnál hidegebb telei után a pajzstetű populációinak pusztulási mértéke sok helyen, mindkét évben megközelítette a 100%-ot, viszont a kedvező nyári hőmérséklet hatására a szezon végére jelentősen regenerálódott a populáció (3. ábra).

Egy másik mediterrán kártevő rovarfaj, a földközi-tengeri gyümölcslepsy (*Ceratitis capitata*) forró nyarakon gyakran megjelent hazánkban, hasonlóan a fentebb bemutatott

gyapottok-bagolylepkéhez (Kozár, 1997). Az irodalmi adatok elemzése azt mutatta, hogy e kártevő faj gyakori megjelenése Közép-Európa különböző országaiban azokra az évekre esett, amikor az átlagosnál jóval melegebb nyarak voltak (1930-as, 1950-es és 1990-es évek). Erre a jövőben is számítani kell. Az elmúlt évekhez hasonló hideg telek azonban megakadályozhatják a gyümölcslepsy áttelelő populációinak kialakulását hazánkban.

Leskó és mtsi. (1994, 1995, 1997, 1998, 1999) a fontosabb erdei kártevő lepkéfajok hosszú távú fénycsapdás fogásainak elemzése alapján rámutattak arra, hogy számos faj populációdinamikáját lokális és regionális léptékben is a klimatikus hatások jelentősen befolyásolják. Ennek megfelelően a fénycsapdák által szolgáltatott adatsorokban kimutatható ingadozások és trendek a klímaváltozás indikációjához is felhasználhatók (Szentkirályi és mtsi., 1995, 1998; Szentkirályi, 1999).

4. ábra

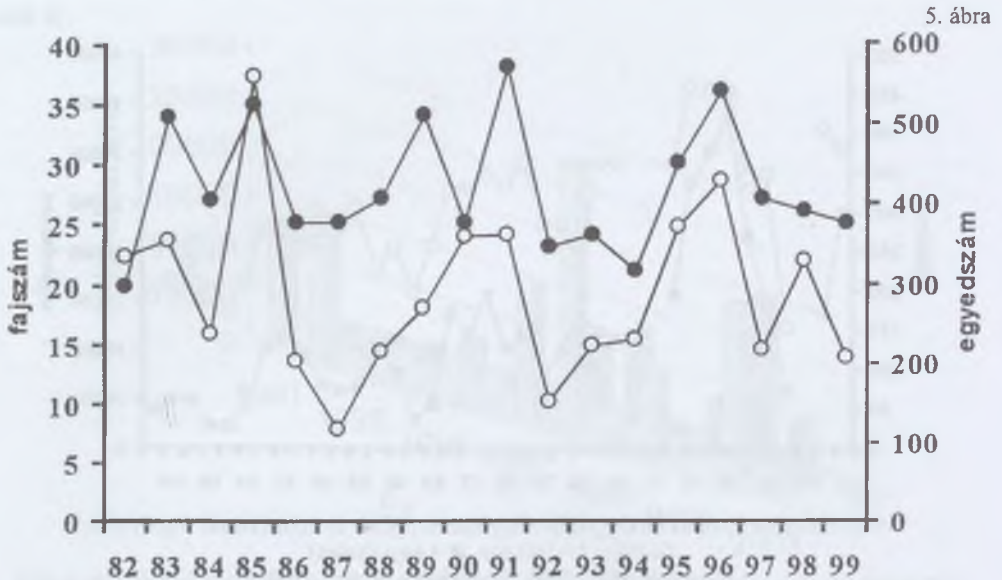


Várgesztesi fénycsapda által gyűjtött nagylepkék egyed- és fajszámának ingadozása
(jelölés: ○ = fajszám, ■ = egyedszám)
(Leskó és mtsi., 2002; Szentkirályi és mtsi., 2002)

Az idősor elemzések eredményei szerint a vizsgált lepkefajok hosszú távú populáció-fluktuációs mintázatában nem volt kimutatható szignifikáns periodicitás, ugyanakkor az aszályos (száraz–meleg) évek fellépése egybeesett több erdei kártevő lepkefaj gradációinak kialakulásával. 74 kártevő lepkefaj évenkénti populáció-csúcs gyakorisága és az aszályos évek, valamint az erdei aszálykár mértéke között szignifikáns korreláció volt, illetve a fák lombját fogyasztó lepkék populációi gyakrabban mutattak gradációt a száraz–meleg években. Ez a szoros kapcsolat a fák vízhiány-stressz hipotézisét látszik alátámasztani, amely szerint a szárazság által a tápnövényben kiváltott fiziológiai-bio-kémiai változások előmozdítják a lepkepopulációk termékenységet (pl. *Mattson és Haack, 1987; Martinat, 1987*). Mivel a populáció-ingadozások és az aszály-indexek idősorai erősen szinkronizáltak voltak, ezért 15 kiemelt erdészeti kártevő lepkefaj esetében további elemzések történtek a lokális populációdinamikára gyakorolt klimatikus hatások kimutatására. Lineáris autoregresszív modell tesztelésével sikerült valószínűsíteni az aszályos klímájú éveknek azt a

hatását, hogy az egyedsűrűségtől független, korrelált klimatikus hatások regionálisan szinkronba hozhatják a helyi populációk fluktuációit, amelyek egyébként egymástól függetlenül ingadoznának az endogén faktorok hatása alatt.

A klímával kapcsolatos változások nemcsak a tápnövényekre és az azokat fogyasztó, fitofág rovarokra, hanem a táplálkozási hálózatok valamennyi komponensére, így a kártevők természetes ellenségeihez tartozó ragadozó/parazitoid rovarokra is hatással lehetnek. A klímaváltozásoknak a ragadozó rovarok populációdinamikájára gyakorolt hatásainak tanulmányozásához egyre hosszabb hazai adatsorok állnak rendelkezésre az 1981 óta folyó fénycsapda hálózati gyűjtések feldolgozásából (*Szentkirályi, 1999, 2002; Szentkirályi és mtsi., 2001*). Ilyen ragadozókkal kapcsolatos elemzéseket a futóbogarak és a fátyolkák hosszú távú fénycsapdás adatsorain végeztünk (*Kádár és Szentkirályi, 1997; Szentkirályi, 1998, 1999, 2001; Szentkirályi és mtsi., 1995, 1998*). A nedves élőhelyeket preferáló futóbogarak



Fénycsapdával gyűjtött ragadozó futóbogarak (*Carabidae*) egyed- és fajszámának ingadozása (jelölés: ●: fajszám, ○: egyedszám; fénycsapda állomás: Pápa, mezőgazdasági terület) (Kádár 2002, nem publikált adatok)

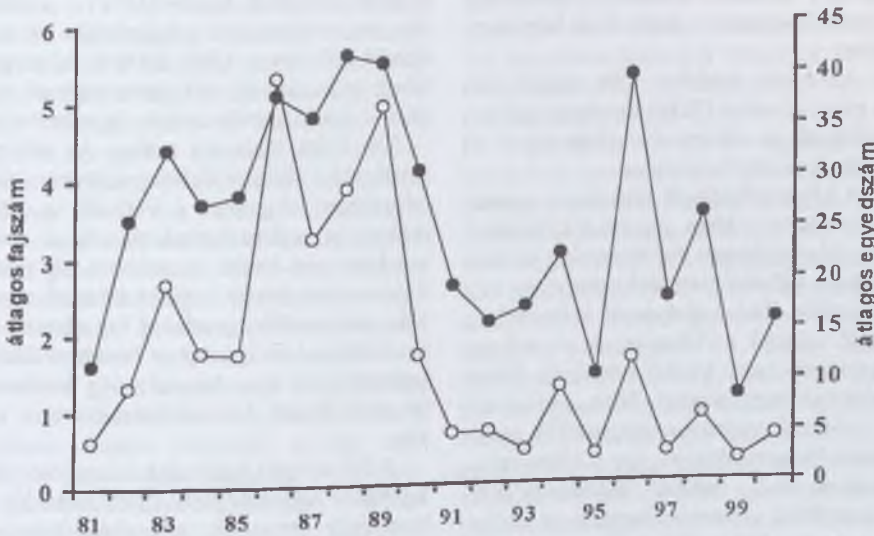
esetében a várttal ellentétben azt találtuk, hogy a növekvő aszályval és a csökkenő relatív talajnedvesség tartalommal jellemzett években e fajok abundancia szintje megnőtt a fénycsapdás fogásokban. Ennek háttérében az áll, hogy a higrofil futóbogarak a melegszáraz szezonokra úgy reagálnak, hogy a kiszáradó élőhelyeikről elvándorolnak és ez a megemelkedett repülési aktivitás jelenik meg a fénycsapdás gyűjtésekben. Ugyanakkor más, a nyugat-európai atlantikus klímában xerofilként ismert futóbogarak számára a Kárpát-medence éghajlati viszonyai már túlságosan szárazak, ezért a fénycsapdás fogások szerint nálunk már inkább mezofil fajként viselkednek, aminek következtében egyedszámuk csak a nedvesebb telű és nyarú években növekednek, ugyanakkor a nyári hőmérséklettel nem volt kimutatható szignifikáns korreláció (Kádár és Szentkirályi, 1997). A hazai forgatókönyvek által jóslott klimatikus szárazodás ezért a jövőben számos vízparti, illetve nedvességet kedvelő

futóbogár faj egyedszámának csökkenéséhez, vagy eltűnéséhez vezethet.

A barna fátyolkák (*Hemerobiidae*) hosszú távú fénycsapdás adatait elemezve megállapítottuk, hogy az enyhe telek kedvező hatásúak, mivel az ezeket követő szezonokban a fajok populációsztintje megemelkedik (Szentkirályi, 1992; Szentkirályi és mtsi., 1995). Az aszályos éveknek a csapadékhiány mértékétől függően eltérő hatását tapasztaltuk a fátyolkák populációdinamikájára (Szentkirályi és mtsi., 1998). Az ariditási index értékeinek növekedésével először emelkedett a barna fátyolkák abundanciája az enyhe aszályok tartományában, azonban egy bizonyos érték felett az erősebb aszályok fellépésével a fajszám határozottan csökkenő tendenciát mutatott. Az egyedszám csökkenés is látható a 6. ábrán a 90-es évek első felében, a sorozatban bekövetkezett igen erősen aszályos időszak alatt.

Ugyanakkor világosan kell látni azt is, hogy a rovarok populációdinamikáját befo-

6. ábra



A hazai fénycsapda hálózattal kimutatott barna fátvolykák (*Hemerobiidae*) egyed- és fajszámának ingadozása az alföldi régióban

(jelölés: ●: fajszám, ○: egyedszám). (Szentkirályi, 1998; részben nem publikált adatok)

lyásoló bonyolult, biotikus szabályozási-rendszerek nem teszik lehetővé az időjárás-változás szerepének egyértelmű megítélését. Például a melegkedvelő fajok felszaporodását, a szintén melegkedvelő természetes ellenségeinek hasonló gyarapodása továbbra is megakadályozhatja.

6. INDIKÁTOR FAJOK A HOSSZÚ TÁVÚ KLIMATIKUS TRENDEK KIMUTATÁSÁRA

Indikátorként azok a rovarfajok jöhetnek számításba, amelyekről egyrészt bebizonyosodott, hogy kellően érzékenyen és viszonylag gyorsan reagálnak a klimatikus jellemzők megváltozására, másrészt több évtizedes, vagy évszázados, megbízható adatsorok állnak rendelkezésre az elemzésekhez. Az alábbiakban néhány rovarfajra hívjuk fel a figyelmet, amelyek klímaváltozási indikátorként szerepelhetnek a jövőbeni változások nyomkövetésére.

- Az enyhe telek által kiváltott lassú (50–100 éves) terjedés elemzésére alkalmas a termofil *P. pentagona* és a rózsasziszeske (*Bulgaleurodes cotesi*) egész Európában. A gyors, 5–10 év alatt bekövetkező area-határ változások elemzésére alkalmas néhány újabban bekerült kártevő, mint a platán csipkésposloska (*Corytuca ciliata*), akác aknázómoly (*Parectopa robinella*), vagy a legújabbban nálunk is megjelent és elterjedt vadgesztenye aknázómoly (*Cameraria ochridella*).

- A forró nyarak által kiváltott mediterrán inváziók nyomán követésére régióinkban a földközi-tengeri gyümölcslégy, a gyapotok-bagolylepke és a dohány liszteske (*Bemisia tabaci*) is számításba jöhet.

- A rovarfenológia rövidtávú változásait jól indikálja az érzékenyen reagáló eperfa pajzstetű és a kaliforniai pajzstetű. A fénycsapdák adatbázisaiból jól használhatók a különböző lepkefajok. Itt különösen fontos lehet a kukoricamoly (*O. nubilalis*) szezonális terjedésében bekövetkező országos szintű,

hosszú távú változás, a második nemzedék esetleges felbukkanása idejének és helyeinek észlelése.

- Az enyhe telekkel néha együtt járó hűvös nyarak hatása főként az atlanti gabona aknázólegyek és néhány atlantikus tripsz faj fellépésén követhető nyomon.

- A klímaváltozások nemcsak a szárazföldi ökoszisztémákban, hanem a különböző álló- és folyóvizekben élő rovarokat is érintik olyan, a változó csapadékmennyiség és a felmelegedés által befolyásolt jellemzőkön keresztül, mint pl. a vízhozamok, víz átlagos hőmérséklete, vagy kisebb állóvizek élőhelyeként való megszűnése. Több, a vízminőséget jellemző vízrovar csoport jól monitorozható fénycsapdákkal, így a klímaváltozás hosszú távú, indirekt hatásainak bioindikátoraiként is szerepelhetnek (*Andrikovics és mtsi., 2001; Schmera 2000, 2001, 2003*).

7. A KLÍMÁVÁLTOZÁS VÁRHATÓ HATÁSAI A ROVAROK BIODIVERZITÁSI MINTÁZATÁRA

Az egyes rovarfajok térben és időben lezajló populációdinamikai változásain keresztül a rovarok biodiverzitása is állandó változásban lehet, növekedhet vagy csökkenhet az adott térségben. Ez függhet a megjelenő (bevándorló és megtelepedő) vagy kiháló fajok számától, a populációsintek jelentős mértékű ingadozásától.

Fontos foglalkozni a biodiverzitás hazai változásainak általános kérdésével is. Mint korábban már utaltunk rá, az agrárterületek és a természetes környezet rovarközösségeinek diverzitása szorosan összefügg és nem választható szét a folyamatos fajkicserélődések nyomán bekövetkező kölcsönhatások miatt. Az állandó változásban lévő biodiverzitással kapcsolatban vizsgálni kell, hogy mi tekinthető természetes folyamatok eredményének, és mi az, ami emberi tevékenység következménye.

A rovarok fajszerkezetének hosszú távú vál-

tozását vizsgálva *Kozár (1997)* – a növény fajszerkezet növekedését is figyelembe véve – az elmúlt 200 évben 1000–2000 új faj megjelenését valószínűsíti. A fajszerkezet várható változása – a kipusztulásokat is figyelembe véve – 600–1200 többletet mutat. Az eddiginél magasabb hőmérsékletnövekedés esetén jelentősen megnőhet a várható új, főként meleg és szárazságtűrő fajok száma, amelyek area-határa északabbra fog tolni. Sajnos ezek között számos kártevő rovarfaj lesz, ami további gondokat fog okozni, mert a korábban kidolgozott és bevált védekezési technológiák nem lesznek elég hatékonyak és radikálisabb beavatkozásokra lesz szükség.

A fénycsapda hálózatok mintavételeiből a fajokban leggazdagabb (több száz faj helyenként) csoportját a lepkék képviselik, amelyek emiatt igen alkalmasak a rovarok biodiverzitás változásainak monitorozására (*Leskó és mtsi., 2002; Szentkirályi, 2002; Szentkirályi és mtsi., 2001, 2002*). Az eddig megvizsgált 10 erdészeti fénycsapda állomásról fajszerkezet nagylepke együttes hosszú távú fajszerkezet és fajdiverzitás idősorainak mindegyikét – egy kivétellel – kisebb-nagyobb mértékű csökkenő trend jellemzi. A trendegyenletek meredeksége szerint a 2–4 faj/év csökkenések nagyobb ütemű (50–450 példány/év) fogási veszteségekkel párosultak. Ezekre a hosszú távú trendekre mutatunk be egy példát a 4. ábrán, amely szerint a Várgesztesnél fénycsapdázott nagylepke együttes regisztrált évi fajszerkezet mintegy a felére, az egyedszáma pedig közel hatodára csökkent a hatvanas évektől négy évtized alatt. Ez, az évtizedek óta tartó szárazabb időjárás hatása is lehet, melynek során a nedvességet kedvelő fajok jelentősen visszaszorultak. E csökkenő trendek háttérmechanizmusában feltehetőleg nagyobb térléptékű változások, mint amilyenek a klimatikus ingadozások, illetve a környező élőhelyek gyorsabb-lassúbb időléptékű változásai (pl. erdők szukcessziós öregedése) állnak. Ezeket a természetes zavaró folyamatokat módosíthatják, felerősíthetik, akár regionális

léptékben is, a különböző emberi tevékenységek (pl. tájhasználat változása, vízelvezetés, kemizálás), amelyek mind hozzájárulhatnak a lepkék fajszaámának és egyedszaámának csökkenéséhez. A lepke-együttesek jellemzőit vizsgálva kimutatható, hogy az évenkénti fajkompozíció rövidebb-hosszabb időszakon (4–12 év) keresztül hasonló és viszonylag stabil, ezt követően ugrásszerű változás lép fel benne, és a megváltozott szerkezet ismét néhány évig fennmarad vagy alig módosul. E karakterisztikus fajátrendeződések hátterét még nem ismerjük. Az kimutatható egyes hasonlósági csoportoknál, hogy a keletkezésükben az aszályos évek periódusai szerepet játszottak. A négy évtizedes periódus alatt átlagosan 3–5 ilyen nagyobb fajátrendeződés történt a lokális lepke-együtteseken belül.

A fentiek alapján nem állítható biztosan az, hogy a hosszú távon észlelt fajcsökkenések hátterében a lepkefajok tömeges kipusztulása állna az adott fénycsapda körzetében, de el kell gondolkozni ezen a biodiverzitást látszólag kedvezőtlenül érintő trenden, és

keresni kell további idősorok elemzésével azon valószínű okokat, amelyek a kedvezőtlen populációdinamikai feltételek következtében számos faj egyedszaámát leszorították a csapdázás „észlelési” küszöbértéke alá.

A lepkéken kívül, a ragadozó rovar-együttesek hosszú távú szerkezeti változásaira is történtek fénycsapdás vizsgálatok monitorozási céllal. Így a futóbogarakra Kádár és Szentkirályi (1997), a fátyolkákra Szentkirályi (1992, 1998, 1999, 2001), Szentkirályi és mtsi. (1995, 1998) végzett elemzéseket. Bár mind a futóbogarak (5. ábra), mind a fátyolkák (6. ábra) együtteseiben jelentős faj- és egyedszaám ingadozások észlelhetők, amelyek többé-kevésbé szinkronban voltak egymással, azonban ezekben az idősorokban szignifikáns periodicitás nem volt kimutatható. A futóbogarak esetében csökkenő trend nem volt, a barna fátyolkák esetében, az abundanciához hasonlóan, a fajszaamban is jelentős csökkenés volt tapasztalható az erősen aszályos években, míg az észlelt fajok száma a gyengén aszályos szezonokban emelkedett.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ANDRIKOVICS S.–KIS O.–NOSEK J.–OERTEL N. (2001): Bioindikáció vízi gerincesekkel a Dunában 7. A fénycsapdák alkalmazási lehetősége a gerinctelen makrofauna feltárásában. *Hidrológiai Közöny*, 81: 314–315 pp. (2) BALE, J. S.–HARRINGTON, R.–HOWLING, G. G. (1992): Aphids and winter weather. I. Aphids and climate change. 139–143 pp. In: ZOMBORI L.–PEREGOVITS L. (eds.): *Proceedings of the 4th ECE XIII SIEEC*, Gödöllő, Hungarian Natural History Museum, Budapest. (3) BIBER K. (1992): Új adatok a földközítengeri gyümölcsleány (*Ceratitidis capitata* Wiedemann) zárlati kártevő magyarországi előfordulásáról. *Növényvédelem*, 28: 372–374 pp. (4) BUSSAY A.–SZINELL CS.–KÁRTEVŐ magyarországi előfordulásáról. *Növényvédelem*, 28: 372–374 pp. (5) SZENTIMREY T. (1999): Az aszály magyarországi előfordulásainak vizsgálata és mérhetősége. 6–66 pp. In: SZALAI S.–DUNAY S. (szerk.): *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok*. O. M. SZ., Budapest. (6) CAMPRAG, D. (1998): Uticaj suse i toplijeg vremena na razmnozvanje stetocina, sa posebnim asvrtom na ratarstvo. *Biljni lekar*, 26: 324–333 pp. (7) COLLIER, R. skakavci se ponovo masovno javljaju u Evropi i Aziji. *Biljni lekar*, 30: 114–122 pp. (8) CZELNAI R. (1995): Possible impact of global warming on cabbage root fly (*Delia radicum*) activity in the UK. *Ann. appl. Biol.*, 118: 261–271 pp. (9) CZELNAI R. (1995): Éghajlatváltozás: kockázat és felismerés. 4–11 pp. In: TAR K. és mtsi. (szerk.): *I. Erdő és Klíma. Konf. kötet*. Debrecen. (10) CSÓKA GY. (1996): Aszályos évek – fokozódó rovarkárok erdeinkben. *Növényvédelem*, 32: 545–551 pp. (11) CSÓKA, GY. (1997): Increased insect damage in Hungarian forests under drought impact. *Biologia*, 52: 159–162 pp. (12) DENNIS, R. L. H.–SHREEVE, T. G. (1991): Climatic change and the British butterfly fauna: opportunities and constraints. *Biol. Conserv.*, 55: 1–16 pp. (13) MANNINGER S.–MANNINGER K.–GERGELY K.–HANGYEL L.–BERNÁTH S. (1994): Climatic factors affecting population dynamics of the main seed pests of lucerne in Hungary. *J. appl. Entomology*, 117:

- 113–121 pp. (13) FARROW, R. A. (1991): Implications of potential global warming on agricultural pests in Australia. *EPP0 Bulletin*, 21: 683–696 pp. (14) GROOT, R. S. de (1988): Assessment of potential shifts in Europe's natural vegetation due to climatic change and some implications for nature conservation. *Working Paper. ASA International Institute for Applied Systems Analysis*, Austria, WP, 88–105 pp. (15) HARRINGTON, R. H.–WOIWOD, I. P. (1995): Insect crop pests and the changing climate. *Weather*, 50: 200–208 pp. (16) HARVELL, C. D.–C. E. MITCHELL–J. R. WARD–S. ALTIZER–A. P. DOBSON–R. S. OSTFELD–M. D. SAMUEL (2002): Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. *Science*, 296: 2158–2162 pp. (17) HLUCHY, M. (1990): Changes in the composition and abundance of selected families of Lepidoptera inhabiting the Pavlovsk, Vrchy Hills during the 20th century. *Acta Entomol. Bohemosl.*, 87: 278–284 pp. (18) JANSEN, M. G. M. (1995): *Pseudaulacaspis pentagona* (Homoptera: Coccoidea, Diaspididae), een nieuwe soort voor onze fauna? *Ent. Bericht. Amst.*, 55: 174–176 pp. (19) KÁDÁR, F.–SZENTKIRÁLYI, F. (1997): Effects of climatic variations on long-term fluctuation patterns of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) collected by light trapping in Hungary. *Acta Phytopathol. et Entomol. Hung.*, 32: 185–203 pp. (20) KOBÁK, K. I.–KONDRASHEVA, N. YU. (1992): Changes in natural zones distribution due to global warming. *Ecologiya*, 3: 9–18 pp. (In Russian) (21) KOZÁR F. (1991a): A globális felmelegedés és a hazai élővilág. *Természet Világa*, 122: 515–517 pp. (22) KOZÁR F. (1991b): Üvegházhatás és a rovarok kapcsolatának vizsgálata. *II. Magyar Ökológus Kongresszus. Poszter összefoglalók*. PATE Georgikon, Keszthely, 81 p. (23) KOZÁR F. et al. (1991): Új kártevő a dohányliszteszke (*Bemisia tabaci* Gennadius, 1889, Homoptera, Aleyrodidae) megjelenése Magyarországon. *Növényvédelem*, 27: 460–463 pp. (24) KOZÁR, F. (1992): Recent Changes in the Distribution of Insects and the Global Warming. 406–413 pp. In: ZOMBORI, L.–PEREGOVITS, L. (eds): *Proceedings of the 4th ECE XIII SIEEC*, Hungarian Natural History Museum, Budapest. (25) KOZÁR F. (1994): Rovarkártevők és a klímaváltozás. *Erdő és klíma konferencia összefoglalói*. KLTE, Meteorológiai Tanszék, Debrecen, 33 p. (26) KOZÁR, F. (1997): Insects in a changing world. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 32: 129–139 pp. (27) KOZÁR, F. (1998a): Éghajlatváltozás és a rovarvilág. *Magyar Tudomány*, 9: 1069–1076 pp. (28) KOZÁR, F. (1998b): A globális felmelegedés kártevő rovarokra és gyomokra gyakorolt hatásainak elemzése, vizsgálati fajok kijelölése. 113–119 pp. In: KOVÁCS F.–KOVÁCS J.–BANCZEROWSKI J.-né (szerk.): *Lehetőségek az agrártermelés környezetbarát fejlesztésében*. MTA Agrártudományok Osztálya, Budapest. (29) KOZÁR F.–BALÁZS K. (1988): Új kártevő a szamóca molytetű. *Kertészet és Szőlészet*, 38: 9 p. (30) KOZÁR F.–KONCZNÉ BENEDICTY Zs. (1996): A kaliforniai pajzstetű [*Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock, 1881), Homoptera: Coccoidea] hímek és parazitoidok rajzásával kapcsolatos újabb adatok. *Növényvédelem*, 32: 499–506 pp. (31) KOZÁR, F.–MAZZONI, E.–CRAVEDI, P. (1997): Comparison of male flight of *Pseudaulacaspis pentagona* in Hungary and N-Italy. *IOBC Bulletin*, 20: 43–49 pp. (32) KOZÁR F.–NAGYNÉ DÁVID A. (1985): Néhány rovarfaj váratlan északi terjedése Közép-Európában és a klímaváltozások. *Növényvédelmi Tudományos Napok '85*, Budapest, 8 p. (33) KOZÁR, F.–NAGY DÁVID, A. (1986): The unexpected northward migration of some species of insects in Central Europe and the climatic changes. *Anz. Schädlingskde. Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 59: 90–94 pp. (34) KOZÁR F.–SEPRŐS I. (2001): Újabb kártevő pajzstetűfajok (Homoptera, Coccoidea) a városi dísznövényeken. *Növényvédelem*, 37: 441–444 pp. (35) KOZÁR F.–STOLLÁR A. (1990): Klímaváltozást jeleznek a rovarok? *Élet és Tudomány*, 30: 939–940 pp. (36) KOZÁR, F.–F. SZENTKIRÁLYI (2002): Some effects of climate change on insects in Hungary. In: Láng I. (ed.) Rio 10, 1–10 pp. (in press). (37) KOZÁR F.–VAJNA L.–NÉMETH I. (1996): Globális felmelegedés és a növényvédelem. P. 38. In: SÁRINGER GY.–BALÁZS K.–SZEMESSY Á. (szerk.): *42. Növényvédelmi Tudományos Napok*, TAGA Bt, Budapest. (38) KOZÁR F.–VAJNA L. (1998): Éghajlatváltozás és a növényvédelem. 16–17 pp. *130 éves az agrár-felsőoktatás Debrecenben – A környezeti változások növényvédelmi hatásai (III. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum). Összefoglalók*. Debreceni Agrártudományi Egyetem, Debrecen. (39) KRČMAR, S.–MERDÍC, E. (1991): The areal enlargement of the species of *Colias erate* Esp. 1804 (Lepidoptera; Pieridae) in Southeast Europe. *Abstr. ECE/SIEEC*, Gödöllő, 1991, 120 p. (40) KREITER, P. (1997): Observations d'importants foyers de *Pseudaulacaspis pentagona* Targ. (Homoptera, Diaspididae) dans le moitié nord de la France. *Phytoma*, 491: 58 p. (41) LESKÓ K.–SZENTKIRÁLYI F.–KÁDÁR F. (1994): Gyapjaslepke (*Lymantria dispar* L.) populációk fluktuációs mintázatai 1963–1993 közötti időszakban Magyarországon. *Erdészeti Kutatások*, 84: 163–176 pp. (42) LESKÓ K.–SZENTKIRÁLYI F.–KÁDÁR F.

- (1995): Aranyfarú szövőlepke (*Euproctis chrysorrhoea* L.) magyarországi populációinak hosszú-távú fluktuációs mintázatai. *Erdészeti Kutatások*, 85: 169–184 pp. (43) LESKÓ K.–SZENTKIRÁLYI F.–KÁDÁR F. (1997): A gyűrűszövő (*Malacosoma neustria* L.) hosszú távú (1962–1996) populáció-ingadozásai Magyarországon. *Erdészeti Kutatások*, 86–87: 207–220 pp. (44) LESKÓ K.–SZENTKIRÁLYI F.–KÁDÁR F. (1998): Araszoló lepkefajok fluktuáció-mintázatának elemzése hosszú távú (1961–1997) magyarországi fénycsapdázási és kártételi idősorokon. *Erdészeti Kutatások*, 88: 319–333 pp. (45) LESKÓ K.–SZENTKIRÁLYI F.–KÁDÁR F. (1999): A kis téli araszoló lepke (*Operophtera brumata* L.) hosszú távú (1962–1997) populáció-fluktuációinak jellemzése az erdészeti fénycsapda-hálózat mintavételei alapján. *Erdészeti Kutatások*, 89: 169–182 pp. (46) LESKÓ K.–SZENTKIRÁLYI F.–KÁDÁR F. (2002): Hosszú távú rovar-monitorozás a várgesztesi erdészeti fénycsapdával. I. A nagylepke-együttes ökológiai karakterisztikáinak változásai (1962–1999). *Erdészeti Kutatások*, 91: (megjelenés alatt). (47) MARTINAT, P. J. (1987): The role of climatic variation and weather in forest insect outbreaks. 241–268 pp. In BARBOSA, P. et al. (eds): *Insect outbreaks*. Academic Press, San Diego. (48) MATTSO, W. J.–HAACK, R. A. (1987): The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *BioSci.*, 37: 110–118 pp. (49) MERKL, O. (1991): Recently introduced beetles in Hungary. *Abstr. ECE/SIEEC*, Gödöllő, 1991, 151 p. (50) MÉSZÁROS E. (2001): Éghajlatváltozás: természetes vagy emberi hatások. *Magyar Tudomány*, 11: 1315–1319 pp. (51) MIKA J. (1988): A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás*, 92: 178–189 pp. (52) MIKA J. (2002): A globális klímaváltozásról: Egy meteorológus kutató szemszögéből. *Fizikai Szemle*, 52: 258–268 pp. (53) MIKA J.–AMBRÓZY P.–BARTHOLY J.–NEMES CS.–PÁLVÖLGYI T. (1995): Az Alföld éghajlatának időbeli változékonysága és változási tendenciái a hazai szakirodalom tükrében. *Vízügyi Közlemények*, 77: 261–283 pp. (54) MOLNÁR, K.–MIKA, J. (1997): Climate as a changing component of landscape: Recent evidence and projections for Hungary. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 110: 185–195 pp. (55) NAGY, B. (1990): A hundred years of the Moroccan Locust, *Doclostaurus maroccanus* Thunberg, in the Carpathian Basin. *Bol. San. Veg. Plagas (Fuera de serie)*, 20: 67–74. (56) NAGY B. (2001): A déli dobolószöcske (*Meconema meridionale* Costa, 1860) észak-kelet felé terjedésének első jelei Magyarországon (Orthoptera: Tettigoniodea). *Folia ent. Hung.*, 62: 320–323. (57) NAGY, B.–SZENTKIRÁLYI, F. (1993): The life history of second flight of the European Corn Borer, *Ostrinia nubilalis* Hubn., in the Carpathian Basin. In: J. A. TSITSIPIS (ed.): *Proceedings of the XVII Conference of the International Working Group on the European Corn borer. IOBC WPRS*, Volos, 6–52 pp. (58) NAGY, B.–SZENTKIRÁLYI, F.–VÖRÖS, G. (1998): Changes in the pest status within maize insect assemblages in the Carpathian Basin. 223–235 pp. In: S. PEGO MARTINS (eds): *Proc. 19th Conf. of the Int. Working Group on Ostrinia nubilalis and other maize pests*. Guimaraes, Portugal. (59) NASH, D., AND AGASSIZ, D. (1991): The spread of an interest invader in Britain. *Abstr. ECE/SIEEC*, Gödöllő, 1991, 163 p. (60) NEMES CS. (1993): Éghajlati elemzés az 1992. évi szárazságról. 9–16 pp. In: PÁLFAI I.–VERMES L. (szerk.): *Az 1992. évi aszály értékelése*. FM, MAE, MHT. Budapest. (61) PÁLFAI I. (1993): Az 1992. évi aszály értékelése az aszályossági index alapján. 25–28 pp. In: PÁLFAI I.–VERMES L. (szerk.): *Az 1992. évi aszály értékelése*. FM, MAE, MHT. Budapest. (62) PÁLFAI I. (1994): Mit mutat az aszályindex? Három rendkívüli aszály. *Élet és Tudomány*, 32: 1014–1015 pp. (63) PÁLFAI I.–BOGA TAMÁS L.–SEBESVÁRI J. (1999): Adatok a magyarországi aszályokról 1931–1998. 67–91 pp. In: SZALAI S.–DUNAY S. (szerk.): *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok*. O. M. SZ., Budapest. (64) POLLARD, E.–YATES, T. Y. (1992): The extinction and foundation of local butterfly populations in relation to population variability and other factors. *Ecol. Entomol.*, 17: 249–254 pp. (65) PORTER, J. H.–PARRY, M. L.–CARTER, T. R. (1991): The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agric. Forest. Meteorol.*, 57: 221–240 pp. (66) RÁCZ, V.–BERNÁTH, I. (1993): Dominance conditions and population dynamics of *Lygus* (Heteroptera: Miridae) species in Hungarian maize stands (1976–1985) as functions of climatic conditions. *J. Appl. Entomol.*, 115: 511–518 pp. (67) SCHMERA D. (2000): Figyelemreméltó tegzes (Insecta: Trichoptera) fogás az országos fénycsapda hálózatban. *Növényvédelem*, 36: 357–358 pp. (68) SCHMERA, D. (2001): A method for quantitative evaluation of the endangerment status of Trichoptera assemblages in Hungary. *Lauterbornia*, 40: 101–107 pp. (69) SCHMERA, D. (2003): Assessing stream dwelling caddisfly assemblages (Insecta: Trichoptera) collected by light traps in Hungary. *Biodiversity and Conservation*, 12: 1175–1191 pp. (70) SCHNEIDER, S. H.–ROOT, T. L. (1996): Ecological implications of climate change will include

surprises. *Biodiversity and Conservation*, 5: 1109–1119 pp. (71) SPARKS, T. H.–CAREY, P. D. (1995): The response of species to climate over two centuries: an analysis of the Marsham phenological record, 1736–1947. *J. of Ecology*, 83: 321–329 pp. (72) STOLLÁR, A.–DUNKEL, Z.–KOZÁR, F.–SHEBLE, D. A. F. (1993): The effects of winter temperature on the migration of insects. *Időjárás*, 97: 113–120 pp. (73) STOTT, P. A.–KETTLEBOROUGH, J. A. (2002): Origins and estimates of uncertainty in predictions of twenty-first century temperature rise. *Nature*, 416: 723–726 pp. (74) SZABÓKY CS.–SZENTKIRÁLYI F. (1995): A gyapottok bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner 1808) szezonális az erdészeti fénycsapdák gyűjtése alapján. *Növényvédelem*, 31: 267–274 pp. (75) SZENTKIRÁLYI, F. (1992): Spatio-temporal patterns of brown lacewings based on the Hungarian light trap network (Insecta: Neuroptera: Hemerobiidae). 349–357 pp. In: CANARD, M. et al. (eds.): *Current Research in Neuropterology*, Toulouse, France. (76) SZENTKIRÁLYI, F. (1997): Seasonal flight patterns of some common brown lacewing species (Neuroptera, Hemerobiidae) in Hungarian agricultural regions. *Biologia (Brat.)*, 52: 291–302 pp. (77) SZENTKIRÁLYI F. (1998): Fátyolka együttesek fénycsapdás monitorozása a Körös–Maros Nemzeti Park térségében. *Crisicum*, 1: 151–167 pp. (78) SZENTKIRÁLYI, F. (1999): Long-term Insect Monitoring System (LIMSYS) based on light trap network. 22–24 pp. In: KOVÁCS-LÁNG, E.–MOLNÁR, E.–KRÖEL-DULAY, GY.–BARABÁS, S. (Eds.): *Long Term Ecological Research in the Kiskunság, Hungary. Kiskun LTER*. Institute of Ecology and Botany of the Hungarian Academy of Sciences, Vácrátót. (79) SZENTKIRÁLYI, F. (2001): Chapter 5: Ecology and habitat relationships. 82–115 pp. In: MC EWEN, P.–NEW, T. R.–WHITTINGTON, A. (eds): *Lacewings in Crop Environments*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. (80) SZENTKIRÁLYI, F. (2002): Fifty-year-long insect survey in Hungary: T. Jermy's contributions to light-trapping. *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.*, 48 (Suppl. 1): 85–105 pp. (81) SZENTKIRÁLYI F.–LESKÓ K.–KÁDÁR F. (1995): Jeleznek-e klímaváltozást a fénycsapdás rovargyűjtések? 171–177 pp. In: TAR K. és mtsi. (szerk.): *I. Erdő és Klíma. Konf. kötet*. Debrecen. (82) SZENTKIRÁLYI F.–LESKÓ K.–KÁDÁR F. (1998): Aszályos évek hatása a rovarpopulációk hosszú távú fluktuációs mintázatára. 94–98. pp. In: TAR K. és mtsi. (szerk.): *II. Erdő és Klíma Konf. Kötet*. Debrecen. (83) SZENTKIRÁLYI F.–LESKÓ K.–KÁDÁR F. (2002): Hosszú távú rovar-monitorozás a várgesztesi erdészeti fénycsapdával. 2. A nagylepke-együttes faj-diverzitásának mintázat-változásai (1962–1999). *Erdészeti Kutatások*, 91 (megjelenés alatt). (84) SZENTKIRÁLYI F.–LESKÓ K.–KÁDÁR F.–SCHMERA D. (2001): Az erdészeti fénycsapda hálózat adatainak rovarmonitorozásra való hasznosítási lehetőségei. *ERTI Kiadványai*, 15: 126–153 pp. (85) SZEŐKE K. (2003): A gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hbn.). *Növényvédelmi Tanácsok*, 12: 14–17 pp. (86) SZEŐKE K.–DULINAFKA GY. (1987): A gyapottokbagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hübner, 1808) hazai előfordulása és kártétele csemegekukoricában. *Növényvédelem*, 23: 433–438 pp. (87) SZEŐKE K.–VÖRÖS G. (2001): Az utóbbi évek időjárásának hatása a kártevő rovarok terjedésére. *Növényvédelem*, 37: 22–26 pp. (88) SZINETÁR CS.–VAJDA Z. (1992): Egy ritka déleuropai pókfaj a *Tegenaria nemorosa* Simon, 1916 hazánkban (Araneidea). *Folia Entomol. Hung.*, 53: 257 pp. (89) TRACY, C. R. (1992): Ecological responses of animals to climate. 171–179 pp. In: PETERS, L. R.–T. E. LOVEJOY (eds.): *Global Warming and Biological Diversity*. Yale University. (90) VINNIKOV, K. Y.–GRODY, N. C. (2003): Global warming trend of mean tropospheric temperature observed by satellites. *Science*, 302: 269–272 pp. (91) VÖRÖS G. (2002): A globális felmelegedés és klímaingadozás hatása néhány rovarkártevőre, valamint leküzdésük lehetősége. *PhD disszertáció*, Keszthely. 187 p. (92) VÖRÖS G.–SZEŐKE K.–DULINAFKA GY. (1997): A gyapottok-bagolylepke (*Helicoverpa armigera* Hbn.) 1996. évi előfordulása, kártétele és a védekezések tapasztalatai szántóföldön. *Növényvédelem*, 33: 329–338 pp. (93) WILLIAMS, D. W.–LIEBHOLD, A. M. (1995): Forest defoliators and climatic change: Potential changes in spatial distribution of outbreaks of western spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) and gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Environ. Entomol.*, 24: 2–9 pp. (94) WORNER, S. P.–TATCHELL, G. M.–WOIWOOD, I. P. (1995): Predicting spring migration of the damson-hop aphid *Phorodon humuli* (Homoptera: Aphididae) from historical records of host-plant flowering phenology and weather. *J. Appl. Ecology*, 32: 17–28 pp. (95) WALTHER, G.–E. POST–P. CONVEY–A. MENZEL–C. PARMESAN–T. J. C. BEEBEE–J. FROMENTIN–O. HOEGH-GULDBERG–F. BAIRLEIN (2002): Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389–395 pp.

A KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A MAGYARORSZÁGI MEZŐGAZDASÁG

NÉMETH IMRE DR.

Az ezredfordulón, és azt megelőzően is, számos nemzetközi fórumon vitás kérdés volt, hogy az utóbbi évtizedekben tapasztalható, egyre szélsőségesebb időjárási jelenségek vajon következményei egy általánosítható, földrészekre kiterjedő klímaváltozásnak, vagy csupán a szélsőséges éghajlatváltozások véletlenszerű egybeeséséről, sorozatáról van szó.*

A tudományos vitákkal, bizonyításokkal, vizsgálatokkal egyidőben a magyar agrár-gazdálkodók mondhatom, a saját bőrükön tapasztalják – immár a 90-es évek elejétől egyre fokozottabb mértékben, – hogy az időjárásnak olyan szélsőséges megnyilvánulási formái mint az aszály, és időnként a vele szinte egyidőben jelentkező vízbőség, milyen – a gazdálkodás egészét súlyosan veszélyeztető – károkat okoznak.

1990-ben az aszály okozta kár mintegy 30–35 milliárd Ft volt. Az akkori kormányzat 1500–2500 Ft/ha közötti vissza nem térítendő állami támogatást biztosított a gazdáknak, mely több mint 2 milliárd Ft forrás igénybevételét eredményezte.

1992-ben 30 milliárd Ft-ra becsülték az aszálykárt, mely a földadó mérséklésén, a vízkészlet járulék elengedésén és egyéb intézkedéseken túlmenően 800–900 millió Ft-al terhelte a költségvetést.

1993-ban 2,7 millió hektárt érintett az aszály, kárértékre vonatkozó felmérés akkorig nem készült. A kárenyhítésre fordított – a központi költségvetési keretet terhelő – összeg meghaladta a 2,6 milliárd Ft-ot.

A 2000. évi súlyos aszály mintegy 1,3 millió hektáron okozott jelentős termés kiesést. A kár meghaladta a 60 milliárd Ft-ot. A 2000. évet ár- és belvíz is súlytotta.

Majd 2001-ben és 2002-ben is volt aszály. 2001-ben a tiszai árvíz és az árvíz következtében kialakult belvíz okozott tetemes károkat Szabolcs-Szatmár-Bereg megye beregi térségében. 2002-ben rendkívüli felhőszakadás, majd fagy csökkentette a termést, ezt követően aszálykárok miatt kerültek nehéz helyzetbe a termelők. A 2002. évi aszály kárenyhítési intézkedések értéke elérte a 18 milliárd Ft-ot, melyek az év II. felében meghirdetett 60 milliárd Ft-os adókonszolidációs program részét képezték.

S végül idén, 2003-ban rekordokat megdöntő hőség párosult a több mint 6 hónapig tartó csapadékhiánnyal. Kalászos gabonát idén 1 millió 708 ezer hektárról takarítottak be a gazdák, egy százalékkal kisebb területről, mint 2002-ben. A betakarított termésmennyiség 4 millió 181 ezer tonna, ami az előző évinél (5 millió 549 ezer tonna) 24,7%-al volt kevesebb. Az idei aszály súlyosságát jelzi, hogy az összes megtermelt kalászos gabona mennyisége a 1996–2000 közötti évek – magasnak nem minősíthető – átlagától 27%-kal marad el. A búza betakarított területe a tavalyihoz képest változatlan – 1 millió 150 ezer hektár – azonban a termésmennyiség és a termésátlag negyedével elmarad a 2002. évitől.

* „Klimaváltozás és fenntartható fejlődés” konferencián elhangzott megnyitó (Budapest, Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium 2003. november).

Az őszi betakarítású növények közül a kukorica 1 millió 143 ezer hektáron került elvetésre. Várhatóan 4,5–4,6 millió tonna lesz a betakarított termés mennyisége, a tavalyi 6 millió 120 ezer tonnával szemben. A rendkívüli aszály hatására a termésátlag a tavalyi 5t/ha-ról 4–4,1 t/ha-ra csökken.

Az általam felsorolt káresemények, idézőjelben nem „csak” a mezőgazdasági termelőket, és nem kis mértékben az erdőgazdálkodókat érintik, de kihatnak az energiagazdálkodásra, s károsan befolyásolják a települések és a régiók fejlesztését is. A kárenyhítés fokozott és tendenciáját tekintve állandósulni látszó teherterét jelent a költségvetésnek is.

Elkerülhetetlen feladatunk olyan intézkedések megtétele, melyekkel megfelelő választ és alternatívát tudunk adni ezen állandósulni látszó természeti jelenségekre. Tudomásul kell venni, hogy a kiszámíthatatlansággal együtt kell élnünk, és a változó természeti körülmények között kell tudni termelnünk minőségileg kifogástalan termékeket.

A jelenleg rendelkezésre álló technológiai beavatkozások alkalmazása is már kézzelfogható kárenyhítést eredményezhet, ha nem élnek ezekkel. Például:

- Megfelelő talajműveléssel előmozdítható a csapadék termőtalajban történő tárolása, megőrzése.

- Lehetőség kínálkozik az aszály részbeni kivédésére okszerű, víztakarékos talajműveléssel, a megfelelő tápanyag utánpótlás biztosításával, a növényvédelmi munkák időben történő elvégzésével és a fémzárolt, jó minőségű vetőmaghasználattal.

- A művelési ágak célszerű megválasztása, a vetésszerkezet átalakítása, az egyes növények arányainak módosítása jelentősen hozzájárulhat az aszálykárok csökkentéséhez.

- Szárazságtűrőbb növényfajták elterjesztése az aszály által leginkább veszélyeztetett területeken.

A Magyar Tudományos Akadémia dísztermében, 2003. szeptember 12-én került sor a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, valamint az MTA együttműködési megállapodása keretében készülő „A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az erre adandó válaszok” projekt ismertetésére. Az ott elhangzottak alapján a *kutatási célok, az adandó válaszok* nagy mértékben érintik a mező- és erdőgazdálkodás nemcsak távlati, de a közeljövő fejlesztési terveit is. Az FVM megbízásából készített *aszálystratégia* e kutatási projektnél felhasználandó háttéranyagok egy részét fogja képezni.

A szakminisztériumok – köztük tárcánk is – azon kedvező helyzetben vannak, hogy ezen MTA koordinált, hároméves kutatási ciklus folyamán, időközönként tájékoztatást kapnak a kutatási eredményekről. Megismerhetjük a felkészülésre illetve kárelhárításra vonatkozó javaslatokat, a tanácsolt intézkedéseket.

Annak érdekében, hogy tárcánk a gyakorlat számára is alkalmazható, jelentős gazdasági értékeket megóvni szándékozó, illetve megelőző intézkedéseket tudjon hozni, szükségesnek látom az MTA kutatási projekt folyamatos figyelemmel kísérését, a ránk vonatkozó következtetések leszűrését és alkalmazását. Ezen folyamat első részét képezi a jelenlegi – a gazdálkodók számára figyelemfelhívó és cselekvésre készítő – konferencia, melynek résztvevői Önök, a tudományos élet képviselői és a magyar agrárgazdaság piaci szereplői.

Munkájukhoz sok sikert kívánok.

1. ábra



2. ábra



3. ábra



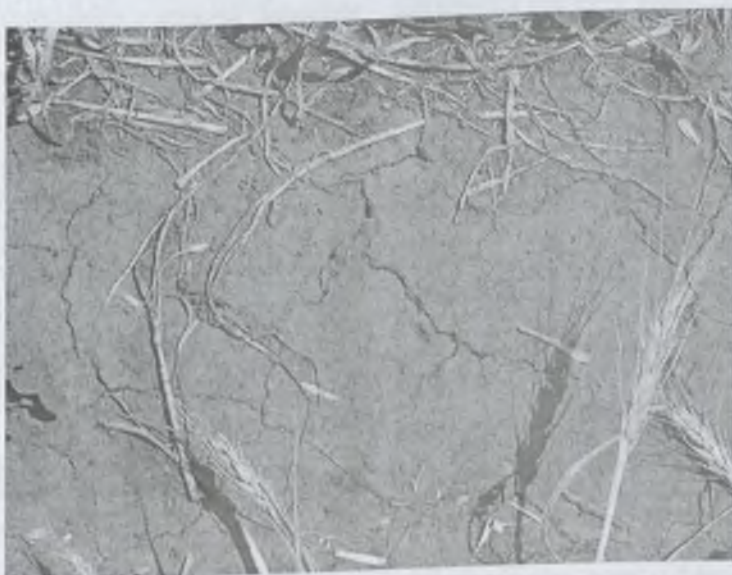
4. ábra



5. ábra



6. ábra



Fotók: MMG Prág Ferenc

A MAGYAR MEZŐ- ÉS ERDŐGAZDASÁG FELADATAI A KLÍMAVÁLTOZÁS TÜKRÉBEN

BIACS PÉTER DR.–KOCSONDI CSABÁNÉ DR.–DOBOS GYÖRGY

ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás, pontosabban a cikkben is bizonyított felmelegedési tendencia, az aszályos évek és az időjárási anomáliák gyakorisága tényként fogadható el. Éppen ezért mind az aszályra, mind a vízbőségre szükséges felkészülni. Ennek eszköztára sokszínű, akárcsak a klímaváltozás jelenségei. Mindenekelőtt az aszály megelőzésének és kártételének enyhítése az elsőrendű stratégiai rangú feladat. Így a talajművelés megváltoztatása, a művelési ágak arányváltozásai, új szárazságtűrő növényfajták termelésbe vonása, az öntözés és melioráció fejlesztése indokolt. A vízbőség elleni védekezésben az ismert agrotechnikai és műszaki beavatkozások széles körű alkalmazása jelenti a megoldást. A stratégiát jól szolgálják az agrár-környezetvédelmi programban megfogalmazott törekvések is. Szükséges továbbá az információs rendszer finomítása és a biztosítási rendszer átalakítása. A klímaváltozásra való felkészülés a különféle hazai és EU pénzügyi forrásokra támaszkodhat.

BEVEZETÉS*

Melegszik a Föld, s ennek okozói mi magunk vagyunk! – még 1979-ben fogalmaztak így a meteorológusok. Az általuk létrehozott nemzetközi tudományos testület, az IPCC első jelentése megerősítette a korábbi félelmeket: egyre gyorsuló klímaváltozás fenyeget, aminek a leküzdése csak az egész emberiség összefogásával lehetséges. Magyarországon a *globális éghajlatváltozás egyik markánsan megjelenő formája az aszály*, amely az utóbbi évtizedben egyre gyakrabban fordul elő. Ezért is fontos az ENSZ Sivatagosodás és Aszály Elleni Küzdelem Egyezményében foglaltakkal, melyhez hazánk is csatlakozott. Az egyre fokozódó termés kiesés *súlyos gondokat okoz a gazdáknak, megéri a lakosság, és egyben teherként a költségvetésnek is*. A klímaváltozás

arra kényszerít, hogy a támogatáscentrikus kríziskezelésről térjünk át a megelőző, kárnyhító intézkedések tervezésére és megvalósítására. Továbbá a klímaváltozás a mezőgazdasági termelési szerkezet szükség szerű megváltoztatását is maga után vonja.

Egyre nyilvánvalóbb, hogy az aszály hatásai nem csak a mezőgazdaságot, a növénytermelést, kertészetet érintik, hanem egyidejűleg minden élő szervezetet, beleértve a növények és az állatok domesztikált és vad fajtáit, de magát az embert is. Károk tehát nem csupán a mezőgazdaságilag művelt területeken keletkeznek, hanem a nem művelt és természetvédelmi területeken, sőt a társadalomban is. Következésképpen globális igény merül föl olyan eszközök és intézkedések kialakítására, amelyek bevetethők az aszály káros hatásai ellen, és olyan változatok megalkotására térben és időben, ame-

* A „Klímaváltozás és fenntartható fejlődés” című konferencián 2003. novemberében Biacs Péter elhangzott előadásának bővített változata.

lyek befolyásolhatják az egész társadalom felkészültségét, beleértve a politikát, a gazdaságot, az ökológiát a társadalom fenntartható fejlődése érdekében.

Számos különálló vagy összefüggő, illetve egymásra épülő kutatási program indult szerte a világon, nálunk is. Emlékeztetni szeretnék arra, hogy a Magyar Tudományos Akadémia szervezésében, 2003. szeptember 12-én – majd más fórumokon is – sor került a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, valamint az MTA együttműködési megállapodása keretében, *Láng István* akadémikus vezetésével készülő „A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az erre adandó válaszok” projekt ismertetésére. A kutatási célok, az adandó válaszok nagy mértékben érintik a mező- és erdőgazdálkodás nemcsak távlati, de a közeljövő fejlesztési terveit is. Éppen az FVM-ben zajlott október 14-én az FVM aszálystratégiája társadalmi vitára bocsátásának egyik állomása. Az FVM megbízásából készített aszálystratégia az Akadémia kutatási projektjénél felhasználható háttéranyagok egy részét képezi.

IDŐJÁRÁS VÁLTOZÁS MAGYARORSZÁGON

Az időjárás szinte naponta, évszakonként és az egymást követő években is közismerten változékony. Ez a változékonyság és vele együtt a klíma is nagyjából állandó volt az utóbbi ezer évben. A XX. században azonban 0,6 °C-t emelkedett a Föld átlaghőmérséklete, ami a legutóbbi becslések szerint a következő század végére további legalább 1,4, legrosszabb esetben pedig akár 5,8 fokkal is tovább emelkedhet. Az 1. ábránkon jól látható a hőmérséklet átlagától való eltérés.

IDŐJÁRÁSI SZÉLSŐSÉGEK

Hazánkban a globális klímaváltozás elemzése kapcsán meg szokás jegyezni, hogy a Kárpát-medence a nedves óceáni, a

száraz kontinentális és a nyáron száraz, télen nedves mediterrán éghajlati régiók határán helyezkedik el. Tehát az éghajlati övek kis mértékű eltolódása azt is jelentheti, hogy országunk átkerülhet a három hatás valamelyikébe. A mezőgazdaság szempontjából lényeges a márciustól augusztus végéig terjedő időszak. Összehasonlítottuk az 1952-es, 1992-es és a 2003-as aszályos évek csapadék adatait. Márciustól augusztus végéig 1952-ben csupán 224 mm, 1992-ben 215 mm, 2003-ban mindössze 165 mm csapadék esett. Az erre az időszakra jellemző átlagos csapadékösszeg 314 mm. A 2. ábrán Magyarország májusi középhőmérsékletének alakulása és lineáris trendje látható 1901–2003 között.

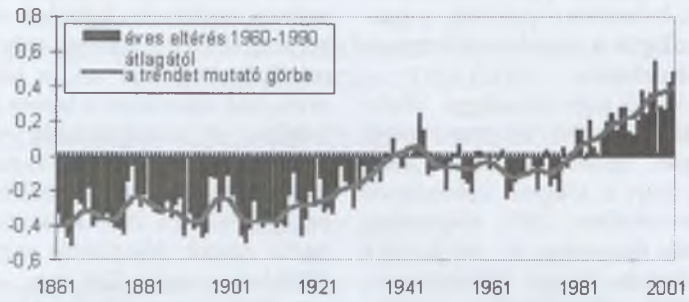
Magyarországon 2000 augusztusában 41,7 °C-al megdőlt az évszázados melegrekord, melyet az idei év adatai ismét túlszárnyaltak. Az elmúlt évben vonult le az eddigi legmagasabb árhullám a Tiszán, és ugyan ez év volt egyben 1961 óta az egyik legszárazabb év is.

Hogy melegezett-e Magyarország éghajlata az utóbbi évszázadban kérdésre az Országos Meteorológiai Szolgálat ábrája ad választ (lásd 3. ábra).

A KLÍMAVÁLTOZÁS TÖRTÉNELMI VONATKOZÁSAI

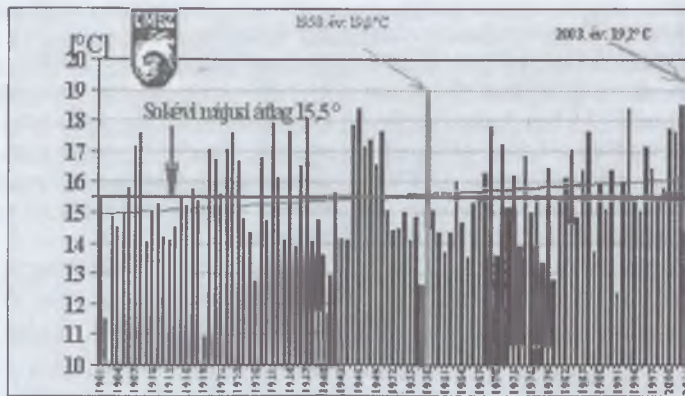
Az időjárás változás következményeit a történelmi középkorban az ún. kis jégkor szak mutatta. Az 1300-as évek közepétől ugyanis a Golf-áramlat hosszabb útvonalon melegebb vizet szállított az Északi-tengerbe. A jégtakaró egy része megolvadt, a hidegebb víz pedig lehűtötte a levegőt. Hidegebbre fordult az idő, s ez a lehűlés a 19. század elejéig egész Európát érintette, éhínséget és betegségeket idézett elő. A hollandiai csatornákat évente hónapokig borította jég, a hajók hónapokon keresztül voltak kénytelenek a kikötőkben vesztegelni. Svájcban pedig falut falu után sodortak el az egyre terjeszkedő gleccserek. Öt évszázad hideg

1. ábra



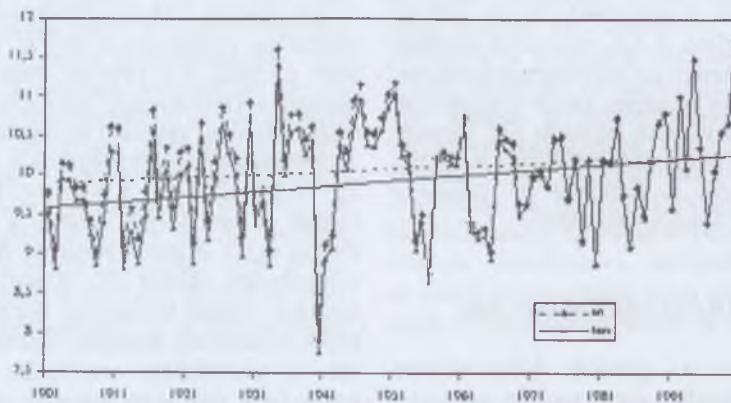
A hőmérséklet eltérés az 1960–1990 évek átlagától

2. ábra



A májusi középhőmérséklet alakulása Magyarországon

3. ábra



Eredeti és homogénizált évi középhőmérséklet adatsor (1901–2000)

esztendei az európai mezőgazdaság átalakulásával jártak, elterelték a világereszkedelelem központját a Földközi-tenger partjainak kikötőiből a nyugati kikötők irányába, és hozzájárultak az európai társadalmi feszültségek növekedéséhez, amelyek aztán a francia és más forradalmakban csúcsozódtak ki.

Az 1850 és 1893 közötti kis jégkorszak ugyan véget ért, de ez nem jelenti azt, hogy nem térhet újra vissza.

A MEZŐGAZDASÁGI TERMELÉS KETTŐS VESZÉLYEZTETETTSÉGE

A mezőgazdasági termelés legnagyobb bizonytalansági tényezője az időjárás, azon belül is a *csapadék szeszélyes előfordulása következtében kialakuló vízhiány vagy vízfölösleg (aszály és belvíz)*, melyek néha ugyanabban az évben, ugyanazon a területen korlátozzák és károsítják a termelést. A kettő közül a vízhiány okoz nagyobb veszteséget a mezőgazdaságnak, mivel az sokkal nagyobb összefüggő területet érint, míg a belvíz térbeni megjelenése mozaikos, így egy-egy kistérségnek, sőt termelőnek sem terjed ki az egész területére.

Az aszály

Az aszály rendkívül összetett természeti jelenség, ezért a különböző értelmezések elkerülése céljából érdemes tisztázni a fogalmát. Különbséget kell tenni a szárazság és az aszály között. Annak ellenére, hogy mindkettő az adott régió erős vízhiányát fejezi ki, nem szinonim fogalmak. A szárazság általános értelmű, nem hagyatkozik a környezet egyes elemeire, míg az aszály az élővilágban nagy mértékű kárt okozó természeti jelenség, amely az érintett területen az élőlények alapvető életfeltételeit meghatározó, tartós és nagymértékű vízhiányt okoz. Mezőgazdasági aszályról akkor beszélünk,

ha a csapadékhiány a talajnedvesség olyan mértékű csökkenéséhez vezet, ami a növények növekedését, fejlődését erősen gátolja, és ezzel nagyarányú termés-csökkenést okoz.

Az elsvatagosodás és az aszály elleni küzdelemről szóló ENSZ Egyezmény (UNCCD) meghatározása szerint Magyarország egész területe „aszállyal sújtott területek” tekintendő.

Az aszály előfordulásának valószínűsége Magyarországon egyes területein növekedő tendenciát mutat. Sőt, az elmúlt évtizedekben az aszály előfordulásának valószínűsége minden évszakban jelentősen nőtt. A rendkívüli aszályok előfordulásának valószínűsége főként az alföldi térségekben nagy. A Dunántúli domb- és hegyvidékeken csak mérsékelt aszályokra kell számítani. Az aszály Magyarországon egyes térségeiben például minden második évben előfordul. A súlyos aszályok előfordulásának az Alföld középső részén (Kecskemét–Déaványa–Szeged) a legnagyobb, gyakorisága 20–25%.

Az eddigi kutatások azt bizonyítják, hogy az aszály hatását a földhasználat módjának (vetésszerkezet, fajta, agrotechnikai módszerek stb.) ésszerű változtatásával bizonyos mértékig lehet mérsékelni. Ezeknek a módszereknek egy része az *extenzív gazdálkodás irányába hat* (vetésszerkezet-változtatás, szárazságtűrőbb, de kisebb potenciális termőképességű fajták, alacsonyabb tőszám, mérsékelt tápanyagpótlás stb.). Az is bebizonyosodott, hogy a vízellátottság előre alig prognosztizálható, szeszélyes változékonysága az egyik, ha nem a *legnagyobb rizikó tényező*. Abból a tényből, miszerint a természetlagok évenkénti ingadozása a szárazabb térségekben növekvő tendenciát mutat arra lehet következtetni, hogy a vízellátottsági anomáliák miatti termelési kockázat az agrotechnikai lehetőségek kihasználása mellett sem csökken, sőt az intenzív kultúráknál növekszik. Ebből következően *hosszú távon az öntözés szükségessége és jelentősége is fokozódik*.

Aszályos időszakok Magyarországon

Magyarországon a XIX. század elején kezdték összegyűjteni és közzétenni a különleges időjárási eseményekről szóló régi följegyzéseket. A kortársi visszaemlékezésekből, krónikákból, levelekből, egyházi feljegyzésekből, stb. az időjárásra és elsősorban annak szélsőségeire vonatkozó megállapításokat Réthly Antal (1962, 1970, 1998, 1999) dolgozta fel. Valamennyi, a szakirodalomban megemlített időjárási szélsőségről szóló följegyzésből jól nyomon követhetők az igen káros gazdasági hatások. *A régi aszályok sokkal tragikusabb következményekkel jártak, mint a maiak.*

Az áldatlan állapotok jellemzésére a legerősebb aszályokról néhány kiragadott példát ismertetünk az alábbiakban Réthly (1962, 1970) nyomán:

- 1022-ben olyan nagy volt a szárazság, hogy *semmi gabona nem termett.*
- 1363-ban példa nélküli az aszály és a terméketlenség. Nagy éhínség és éhhalál. *„A föld népe majd mind éhhalálra jutott.”*
- 1473-ban. *„A Duna annyira elapadt, hogy még Magyarországon is átgázolható volt. A törökök által jövének a Száván és beszáguldanak Magyarországra”* (Heltai).
- 1585-ben a szárazság miatt rémitő éhínség, kivált Debrecenben és Erdélyben. Januártól júniusig semmi eső nem esett. *A Hanságban a föld kiégett.*
- 1790-ben, Erdélyben a szárazság miatt olyan nagy volt az éhínség, hogy *az éhhalállal küzdő nép sás- és gyékénygökökből süített lepényen élődött.*

A XIX. század kiemelkedően legnagyobb aszálya a Kárpát-medencében 1863-ban alakult ki. Már a tavasz és a nyár is felettébb aszályos volt. Mind az őszi, mind a tavaszi vetésű gabonák kiszáradtak. A határ úgy nézett ki, mint az afrikai sivatag, lesülve, kiégve.

A XX. század első súlyosabb aszálya 1904-ben alakult ki az Alföldön.

Az 1930-as évek aszályosorozatai ismét ráirányították közvéleményünk figyelmét az Alföld éghajlatának lehetséges megváltozására.

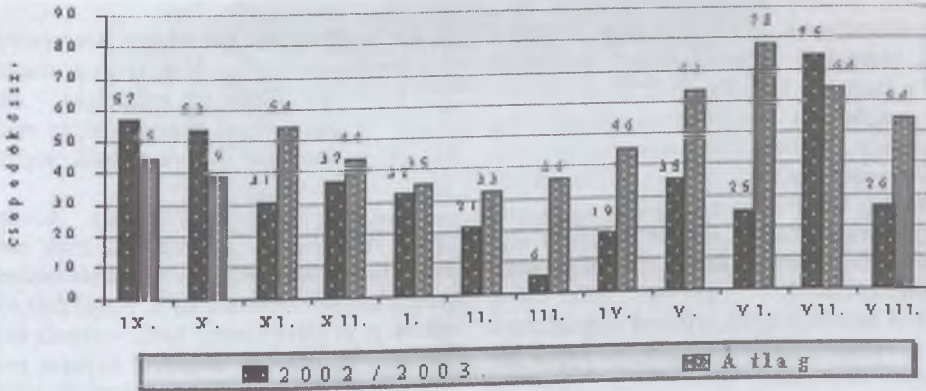
A második világháborút követő konszolidációt nehezítette az 1946. évi aszály, majd az 1950. évi aszály miatti rossz termés az élelmiszer-gazdaságban okozott komoly zavarokat. Ezek után az 1952. évi országos aszály a népgazdaság egészében elmélyítette a válságot, élelmiszer-hiány alakult ki. Újabb aszályos időszak az 1980-as években vette kezdetét. 1983 után minden évben volt aszály az ország egy-egy részén, de mértéke sehol sem érte el a súlyosat. A 90-es évek elején viszont csak 1991. év volt aszálymentes. A XX. század legsúlyosabb aszályos évének 1992 tekinthető. Ekkor az Alföld túlnyomó részén rendkívül súlyos helyzet alakult ki. Számítások szerint ebben az évben az aszály az ország területének közel 99%-át érintette valamilyen mértékben. A következő év ismét rendkívül aszályosnak bizonyult, az előző évinél alig valamivel kisebb területet érintett. 1993-ban szintén az Alföldet sújtotta a legerősebb aszály, a legerőteljesebben érintett térség a Tisza mente volt.

Ezt követően néhány mérsékelt aszályos és nedves év követte egymást, majd egy különleges év következett. A XX. század legutolsó évében, 2000-ben, az év elején a Tisza vízrendszerében rendkívüli árvíz vonult le, s hatalmas területeket öntött el a belvíz, a tavasz vége és a nyár eleje viszont igen aszályos volt. A 2002. és a 2003. év ismét aszályos volt. Az ez évi és a tavalyi csapadékatok jól szemléltetik a kialakult aszály súlyosságát (lásd: 4. ábra).

Az aszálykárok

A gazdasági hatások között kétségtelenül az aszálynak a mezőgazdaságra, azon belül is a növénytermesztésre gyakorolt káros hatásai állnak az első helyen. A vetéskori aszály késlelteti a szemelek csírázását, extrém

4. ábra



Havi csapadékösszegek (országos átlag) alakulása a sokévi átlaghoz viszonyítva (mm-ben)

esetben a szem egyáltalán nem csírázik ki. Az őszi gabonafélék esetében a késedelmes csírázásnak általában nincsen döntő hatása a termés mennyiségére csak abban az esetben, ha ez együtt jár korai tartós lehűléssel (október végi–november eleji fagyok). Ekkor az alacsony kelési százalék miatt csökken a hektáronkénti növényszám, amely drasztikus termés kieséshez vezet. *Az anyagi veszteségen kívül „másodlagos” környezeti kárként a talaj növényborításának csökkenése miatt ilyen területen a talajerózió is problémát okozhat.*

A 2000. év tapasztalatait elemezve megállapítható, hogy ennek az évnek a szélsőséges időjárása, ami ugyanazon esztendőben okozott árvizet, belvizet és különlegesen súlyos aszályt, a legtöbb kultúránál átlagon felüli termés kiesést eredményezett. Az őszi búza össztermése az 1990-es évek első feléhez viszonyítva 16%-os csökkenést mutatott, míg kukoricából az elmúlt öt év legkisebb termését takarították be. A termelők bejelentései szerint 1,3 millió ha szántó területet sújtott kisebb-nagyobb mértékű termés kiesés az aszály következtében. Az árualap hiány okozta árszínvonal növekedés 2001-ben is éreztette hatását. 2001. januárjában és februárjában az agrártermékek árszínvonala 23%-kal volt magasabb az egy évvel korábbinál.

Valamennyi kertészeti kultúra – talán a szőlőt és a gyógynövényeket kivéve – öntözést igényel, és azt meghálálja. Az aszály ebben az ágazatban jelentős termés- és bevételkiesést okoz, ha nincsen mód öntözésre.

Az aszály hatása az állattenyésztésre részint közvetlen, részint közvetett. Az állatok szenvednek a tartós melegben és a vízhiánytól. A legfőbb közvetett hatást a takarmányhiány okozza, valamint az állatállomány egészségi állapotára gyakorolt hatás, aminek nagy jelentősége van az állati produkció és az egész állattenyésztés termelésének gazdasági értéke szempontjából. Sajátos probléma a halászat vízellátása, főként a halastavaké, ahol a vízhiány jelentős károkat okozhat.

AZ ASZÁLY ENYHÍTÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

Az aszály elleni stratégia, védekezés, a kártétel csökkentésének és megelőzésének módszerei Láng István akadémikus nyomán az alábbiak:

1. *Öntözésfejlesztési és meliorációs beavatkozások.* A leghatékonyabb és egyben legdrágább módszerek. Ezen fejlesztési célú beruházások a klímaváltozás hatásait figyelembe vevő hosszútávú mezőgazdasági

program szerves részeként, és nem a mindenkori időjárás függvényében kell, hogy megvalósuljanak.

2. Megfelelő *talajműveléssel* biztosítani kell a csapadék termőtalajban történő tárolását, megőrzését. Lehetőség kínálkozik még az aszály részbeni kivédésére az okszerű, víztakarékos talajműveléssel, a megfelelő tápanyag utánpótlás biztosításával, a növényvédelmi munkák időben történő elvégzésével és a fémzárolt, jó minőségű vetőmaghasználatlaltal.

3. *A művelési ágak célszerű megválasztása*, a vetésszerkezet alakítása, az egyes növények arányainak módosítása jelentősen járulhat hozzá az aszálykárok csökkentéséhez.

4. *Szárazságtűrőbb növényfajták* elterjesztése az aszály által leginkább veszélyeztetett területeken.

5. Agrotechnikai és vegyszeres védekezéssel minimálisra kell csökkenteni a *gyomosodás mértékét*, ezáltal is csökkentve a talajban tárolt víz fogyását.

6. *A kertészeti ágazatban* biztosítani kell a szabadföldi zöldségtermesztési kultúrák öntözhetőségét. Gyümölcsültetvények telepítése alkalmával körültekintőbben kell figyelembe venni a kijelölt termőhely vízgazdálkodási tulajdonságait.

7. *Az erdőtelepítési terveknel*, a mezővédő erdősávok helyének meghatározásakor figyelembe kell venni azok aszálykár mérseklő hatását.

A talajművelés: A szántóföldi növénytermesztésben Gyárfás József (1917), a Campbell-módszer hazai alkalmazásának tapasztalatait a saját kísérleti eredményeivel kiegészítve értékelte a „Sikeres gazdálkodás szárazságban” (Magyar dry farming) c. munkájában. „Minden növény tarlóját azonnal törjük fel, ősszel minden bevetetlen földet mélyen műveljük meg, kerüljük az őszi szántás tavaszi – újbóli – felszántását, vetés alá megfelelően készítsük elő a talajt”. Megállapításai ma is időtállóak.

Az őszi szántással megteremthető a

beéredett és kedvező szerkezetet tartósabban megőrző talajállapot.

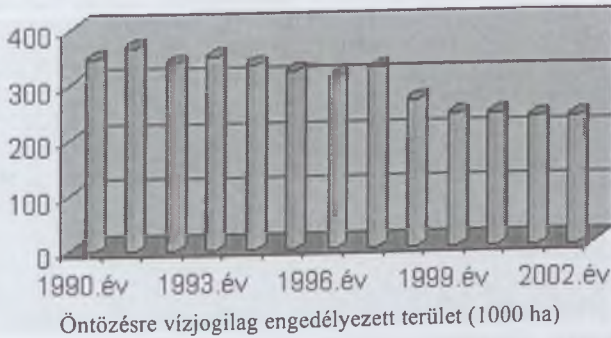
Az aszálykárok mérséklése szempontjából feltétlenül kerülendő a tavaszi szántás. Helyette – ha feltétlenül szükséges – csak lazítás végzendő: kultivátorok, közép mélylazítók, ásóboronák illetve tárcsák segítségével.

A fajtaválasztás, vetésváltás, növényszám: A száraz évek gyakoriságának megkétszereződése miatt a vetésváltás szerepe meghatározóvá vált a talajok vízgazdálkodásában. A jó elővetemény hatás – száraz évjáratban – az öntözés hatásával egyezik meg. A szántóföldi növényfajták *választéka* ugyan egyre bővül. A fajták között ennek ellenére áttételesen e tekintetben is van különbség. Az aszálykár mérséklése oly módon lehetséges, hogy a termőhelyi adottságok ismeretében választjuk ki a fajta-szortimentből a leginkább odaillo fajtát. A tenyészidő hosszának legnagyobb jelentősége a kukorica-termesztésben van. Az elmúlt évek tapasztalata alapján súlyosabb aszály esetén csak az igen korai és korai érésű hibridek szemtermése érte el a megfelelő szintet Magyarországon. A gyümölcsstermesztésnél az aszály kezelésének hosszútávú megoldását az aszálytűrőbb alanyok és fajták elterjesztése jelenti. *Az aszály-hatás enyhítésében jelentős szerepet játszik a körülményekhez igazodó (általában 5–15%-kal csökkentett), optimális növényszám is.*

Géntechnológiai lehetőségek: A növények szárazságtűrőségének fokozására lehetőség kínálkozik a géntechnológia alkalmazásával. Ezzel a világon – beleértve hazánkat is – több kutatócsoport foglalkozik. A kezdeti eredmények biztatóak, azonban azt tudni kell, hogy a szárazság és a stressztűrés többgénes tulajdonság, ezért ezeket a géneket nehezebb izolálni, ill. más kultúrnövényekbe átvenni.

Öntözés, melioráció: Az agrárium modernizációjának keretében végrehajtandó szerkezetváltás – az Európai Unió piacain jól értékesíthető, az Unió termékszerkezetébe illeszthető, főleg kertészeti és gyümölcs

5. ábra



fajták, vetőmag, egyes ipari növények termesztése és exportja – intenzív termesztéstechnológiát igényel, melynek alapja az öntözéses gazdálkodás. Az öntözés a piaci értékesítés termésbiztonságát, a termékek iránti egyre növekvő minőségi követelmények elérését biztosítja. A melioráció – mint a birtokpolitika és a vidéki térségek fejlesztésének része – a mezőgazdasági infrastruktúra fejlesztésével, a talajtermékenység megóvásával biztosítja a mezőgazdasági termelés alapjait.

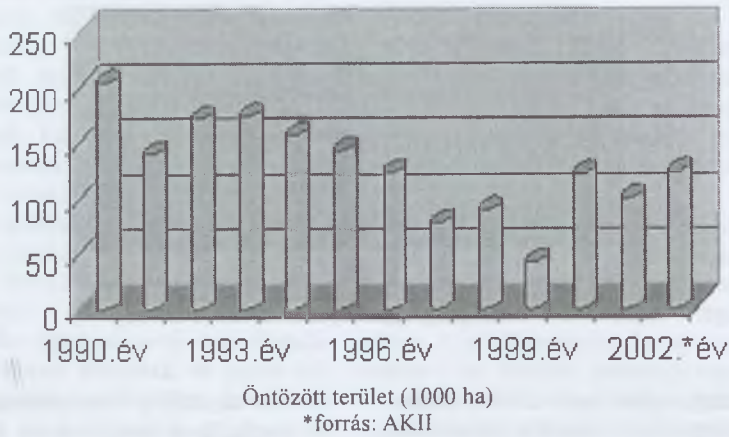
Az elmúlt évtizedeket áttekintve megállapítható, hogy kevés olyan esztendő található, amikor a csapadékviszonyok a termelési színvonal vízigényének megfelelően, optimálisan alakultak. *Mezőgazdasági területeinkre a kettős kárveszélyeztetettség a jellemző, azaz a vízbőség és az aszálykár egyazon területeket sújthatja. Ezért az öntözés és melioráció iránti igény ugyanazon területen együtt jelenik meg.*

A rendszerváltozást követően – elsősorban a birtokviszonyok változásának következtében – jelentősen csökkent az öntözésre vízjogilag engedélyezett terület nagysága.

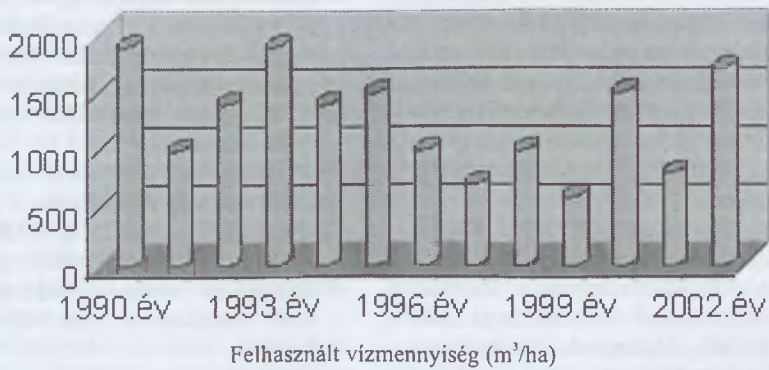
Az 1991. évi 366 ezer hektárról 2002-re 231 ezer hektárra módosult az öntözésre vízjogilag engedélyezett terület. Tíz év alatt mintegy 130 ezer hektár öntözési lehetőséget veszítettünk el, miközben évente mintegy 20–30 ezer hektáron folytak öntözési beruházások. A területcsökkenés okai összetettek. Ezek a következők:

- *Az öntözővíz szolgáltatás 1989-től szabadárú szolgáltatási tevékenységgé vált, ezáltal jelentősen növekedtek az öntözés költségei.*
 - *A termőföld, s ezzel együtt az öntözőberendezések tulajdonbaadásával együtt járt a nagyüzemi méretekre tervezett csatornák, műtárgyak gazdálanná válása, pusztulása, üzemén kívülre kerülése.*
 - *A termelés szervezeti átalakulása (nagyüzemek megszűnése), a területi elaprózódás miatt az új földhasználók nem üzemeltetik a korábbi, nagyüzemi méretekre tervezett berendezéseket, újak vásárlásához nem volt elegendő forrás.*
 - *A kizárólag öntözővíz szolgáltatási funkciót betöltő művek privatizációja. A még üzemben lévő művek korszerűtlenek, energiaigényesek, veszteséggel és költségesen üzemeltethetők.*
 - *Kevés termék árában ismeri el a piac az öntözés többletköltségét. Szűkült a gazdaságosan öntözhető növények köre. Zöldség, gyümölcs, vetőmag, szaporítóanyag, csemege kukorica, burgonya, néhány ipari növény pl. cukorrépa, dohány. A tömegtakarmányok szinte teljesen eltűntek az öntözési palettáról.*
- A ténylegesen megöntözött terület nagyságának alakulása jó tükröképet ad az öntözés és az aszály összefüggéseiről.

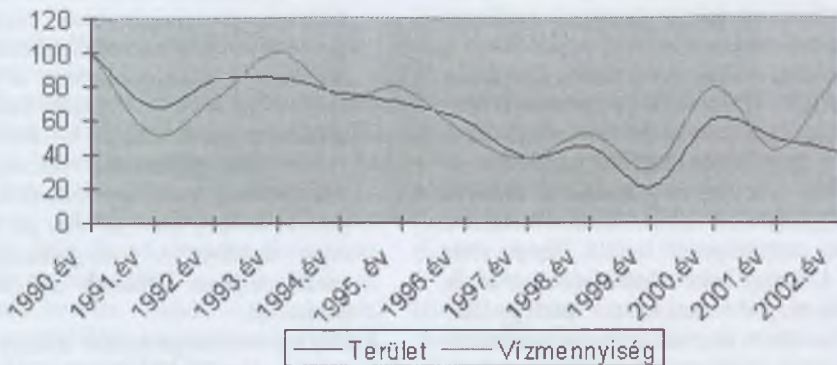
6. ábra



7. ábra



8. ábra



Az öntözött terület és a felhasznált vízmennyiség (1990 = 100)

A rendszerváltozást követő birtokszerkezet átalakulás hatására a *ténylegesen megöntözött terület nagysága az 1990. évi 205 ezer hektárról 1999-re 42 ezer hektárra zsugorodott*. A 2000. évi aszály hatásának tulajdonítható az újbóli növekedés. Az utóbbi öt évet vizsgálva az öntözött terület 80–110 ezer hektáros nagyságrendben állandósult. *Az egy hektáron felhasznált vízmennyiség azonban szélsőséges értékeket mutat. Követi a vízhiányt: magas ha aszály van, alacsony a csapadékos évszámokban.*

A hektáronként kiöntözött vízmennyiség 1990-ben elérte a 191 mm-t, 1999-ben mindössze 63 mm volt.

Az öntözött terület és a felhasznált vízmennyiség egymáshoz viszonyított változásából – összehasonlítási alapként az 1990. évet tekintve 100-nak, jól látható, aszályos időben a fajlagos vízfelhasználás növekedik és nem az öntözött terület.

Öntözésfejlesztés a nagy termelési értéket produkáló növényeknél (vetőmagtermesztés, szaporítóanyag-előállítás, intenzív kertészeti termelés; nagyértékű zöldség növények és gyümölcsfajok, burgonya, cukorrépa, kukoricatermesztés) és olyan területeken lehet gazdaságos, ahol a talajadottság kedvező. *Az öntözött viszonyok közötti termelés az összes növénytermelés értékének mintegy 20–25%-át adja. Ez annak köszönhető, hogy a kertészeti ágazatokban – ahol nagyobb az árbevétel – folytatnak öntözéses gazdálkodást.*

Mit tervezünk a következő években, illetve hosszú távon?

- *Az ország legjobb termőhelyi adottságaival rendelkező területeiről hiányzik a vízkészlet: Hajdúsági löszhát, Jász-ság, Bácskai dombság, Maros hordalékkúp stb. Ezekben a térségekben az öntözővíz biztosításához ki kell építeni az infrastruktúrát, uniós források felhasználásával.*
- *Víz- és energiatakarékos öntözési technológiák alkalmazása a Duna-Tisza közti homokhátságon, a terület vízháztartási helyzetéről készülő kormányhatározathoz kapcsolódóan.*

- *Folytatni kell a termelői beruházási szándékok támogatását az EMOGA forrásainak igénybevételeivel.*
- *A mezőgazdasági infrastruktúra fejlesztés keretei között, az öntözés infrastruktúrájának építését kiemelten, 75%-os támogatási kondíciók mellett tervezi az FVM támogatni az EMOGA forrásainak igénybevételeivel.*

Melioráció: A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás hatékony fegyvere. A melioráció kínálta eszközökkel a talaj állapothoz mérten a termelők nem élnek. A talajok vízgazdálkodási tulajdonságai romlanak, a talajerő kimerülőben van. Esélytelen az a termelő az aszálykárok megelőzésében, kivédésében, aki rossz állapotú talajjal indul a gazdasági évnék. A már említett mértékű aszálykárok egyik oka a szükségszerű meliorációs munkák elmaradása.

2002-ben 10 097 ha savanyú talaj, 20 ha szikes talaj és 383 ha homok talaj javítására került sor, 131 848 t javítóanyaggal, melyeknek hatóanyag-tartalma összesen 78 734 t volt. Mésztrágyázás 9085 ha-on történt, összesen 76 193 t hatóanyaggal. A felhasznált természetes anyag mennyisége 110 546 t volt. Ugyanakkor 2 millió hektár a savanyú talaj, több 100 ezer ha a szikes és a javítható homok.

Az Európai Unió tagállamainak intézkedései az aszály okozta károk enyhítésére többek között érintik a tagállamok kötelezően pihentetett területeinek meghatározott célú hasznosítását, a gazdáknak járó támogatások korábbi időpontra való átütemezését, intervenciós készletek megnyitását és a különösen nagy szárazság által okozott veszteségek kompenzációját.

A VÍZBŐSÉG

A vízbőség elsősorban a sík vidékek sajátos hidrológiai jelensége, mely hazánkban különös figyelmet érdemel, hiszen Magyarország területének több mint fele síkvidéki jellegű. A vízbőségből adódó problémák



Magyarország belvív-veszélyeztetettségi térképe (szerkesztette: Dr. Pálfi Imre)

főleg az Alföldön éleződtek ki, egyrészt e tájegység hatalmas és termékeny területe, másrészt különleges, a vízbőség képződését elősegítő természetföldrajzi adottságai miatt. A belvizek súlyos károkat okoznak a mezőgazdaságban, akadályozzák a településfejlesztést és az ipartelepítést, épületkárok forrásává válhatnak, helyenként megbéníthatják a közlekedést. Hazánkban a belvív által veszélyeztetett területek nagysága mintegy 44 000 km², az ország területének 47%-a. A szélsőségesen nagy belvizek Magyarország területén 4–5000 km²-es területeken okoznak károkat.

A vízbőség elleni védekezésre a jelenlegi agrotechnikai és műszaki beavatkozások adottak, míg az aszálykárok enyhítése – hatásainak bonyolultabb, összetettebb, más ágazatokra is kiterjedő és egymással összefüggő jellegéből adódóan – komplexebb feladat.

AZ ERDŐGAZDÁLKODÁS ÉS KLÍMAVÁLTOZÁS

Az *erdészetben*, az erdőgazdálkodásban az aszály jelenti a legnagyobb abiotikus károkozó tényezőt.

Az erdők különlegesen fontos szerepet töltenek be a globális ökológia terén, ezért az erdők és faültetvények sorsa adott régióban kiemelten érdekes az ott élő népesség és a világ globális élete szempontjából.

Az aszályval sújtott faállományokban gyakran elterjednek a rovar- és gombakártevők, valamint a másodlagos fertőzések.

Különös figyelmet kell szentelni az erdőtüzeknek, amelyek mérhetetlen gazdasági és ökológiai károkat okoznak. Az erdőtüzek a száraz és aszályos periódusok kísérő jelenségei.

A KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A NÖVÉNYVÉDELEM

A klíma globális méretű változása a növényvédelemben is egyre több változást idéz elő; eddig nem észlelt kártevők jelennek meg Magyarországon (pl. kukoricabogár, hársbodobács) vagy ritkán látott „vendégek” (pl. gyapottok-bagolylepke) özönlik el időszakosan termesztett kultúrnövényeinket és okoznak járványszerű pusztítást. A globális felmelegedés általános következményei mellett számolni kell a kártevők faji összetételének megváltozásával, új kártevők megjelenésével, valamint a védekezési technológiák átdolgozásával (Szász, 1995).

FELKÉSZÜLÉS A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS MEZŐGAZDASÁGI TERMELEST BEFOLYÁSOLÓ HATÁSAIRA

Az agrárstratégiánk

A XXI. század új kihívásai a mezőgazdaságban is jelentős feladatok, reformok megvalósítását teszik szükségessé. Ezek között szerepel az európai mezőgazdasági modell, a multifunkcionális mezőgazdaság gyakorlati megvalósítása. Ez különösen jelentős egy olyan országban, mint Magyarország, amelynek természeti, agro-ökológiai adottságai kiválóak, mezőgazdasági hagyományai gazdagok, ugyanakkor termelési földhasználati struktúrája megújításra szorul, vidéki térségei pedig jelentős problémákkal küzdenek. Az Európai Unióban már megcélzott új stratégiai fejlesztési irány, az úgynevezett „multifunkcionális” mezőgazdaság kialakításával Magyarország előtt jelentős távlatok nyílhatnak meg, különösen az EU csatlakozást követően.

Magyarország a csatlakozó országok közül elsőként kötelezte el magát az EU agrár-környezetvédelmi támogatási rendszerének teljes körű átvétele és alkalmazása mellett. Az EU csatlakozást követően a már meg-

kezdett programok kiterjesztésével és új támogatási célprogramok bevezetésével Magyarországon a mezőgazdasági termelés jelentős része *környezetbarát módszerekkel* folyhat, hozzájárulva a vidéki környezet és társadalom megőrzéséhez, fejlődéséhez és a „tisza talajon, környezetbarát módszerrel egészséges élelmiszert” gyakorlat kialakulásához.

A klímaváltozás okozta várható természeti, gazdasági és társadalmi hatásokat, az azokra adandó válaszokat be kell építeni a jelenleg is formálódó, a változásokat követő többfunkciós európai agrármodell egységes szerkezetébe. A jövő agrárstratégiájának főbb elemeit a következőkben foglalhatjuk össze:

- *Többfunkciós agrárgazdaság* létrehozása, mely betölti a minőségi, élelmiszerbiztonsági feltételeknek megfelelő termelési, környezetgazdálkodási, természetvédelmi és társadalmi, szociális feladatokat.
- *Fenntartható agrártermelés*, mely kifejezi azon társadalmi elvárást, mely alapján az előzőekben megfogalmazott elvárásoknak térben és időben együttesen megfelelő termelési struktúra alakul ki.
- *Ökoszociális mezőgazdaság megteremtése*, mely alapján a hátrányos természeti adottságokkal rendelkező régiók a helyzetükből leginkább elérhető optimális feltételek mellett gazdálkodhatnak.
- *Alkalmazkodó mezőgazdasági struktúra és tájterhelés* bevezetése biztosítja az adott termelésbe vont terület és a táj összhangját oly módon, hogy az adott környezethez illeszkedő termelési struktúra kerül bevezetésre, figyelembe véve a terület mezőgazdasági termeléssel való terhelhetőségét.
- *Versenyképes mezőgazdaság* termelés alkalmazása, amely a megfelelő termelési technológiák alkalmazásán túlmenően, az egyenlő esély elvének al-

kalmazása mellett, agrárpiazi szabályozást és ellenőrzést igényel.

Ezen elveket kell kiegészíteni a klímaváltozásra való felkészülés elemeivel melyek az alábbiak:

a) Biztosítani kell az aszálykárok elleni eredményes intézkedésekhez olyan korszerű *információs rendszer kiépítését*, mely az aszály nagy valószínűséggel történő előrejelzéséhez szükséges alapadatokat szolgáltatja.

b) *Kockázatsökkentő biztosítási rendszer* bevezetése válik szükségessé.

c) Fontos feladat a klímaváltozással, annak környezeti és ökonómiai hatásaival foglalkozó *tudományterület felsőoktatási intézményekben történő gondozása*. A klímaváltozással foglalkozó tudományos műhelyekben potenciálisan olyan szellemi értékek és termékek jöhetnek létre, amelyek diákokat és kutatókat vonzanak ezen intézményekhez.

Az uniós csatlakozásból adódó lehetőségek

Az Unió által képzett különböző pénzügyi alapok felhasználására Magyarország elkészítette a *Nemzeti Fejlesztési Tervet (NFT)*. Az NFT az ország gazdasági és társadalmi helyzetének átfogó elemzése alapján meghatározta azokat a fejlesztéspolitikai célokat és prioritásokat, amelyek megvalósítását a Strukturális Alapok forrásai a 2004–2006 időszakban támogatják. Az NFT átfogó célkitűzése az EU átlaghoz viszonyított jövedelemkülönbség csökkentése. Ennek eléréséhez a stratégia a gazdaság versenyképességének javítását, a humán erőforrások jobb kihasználását, a környezet javítását és a kiegyensúlyozott regionális fejlődés elősegítését határozta meg specifikus célként.

Az NFT részét képezi az *Agrár- és Vidékfejlesztési Operatív Program (AVOP)*, mely az Európai Mezőgazdasági Orientációs és Garancia Alap (EMOGA) orientációs rész-

legéhez kapcsolódik. A program továbbviszi és beépíti a hazai agrártámogatási rendszer előremutató, a fentiekkel konzisztens elemeit, számol az előcsatlakozási programok (Phare, SAPARD) adta lehetőségekkel, az e programok keretében megvalósuló fejlesztésekkel.

Az AVOP tartalmazza az öntözésfejlesztési és meliorációs beruházások támogatását is. Az eddigi beruházás támogatásokhoz képest új vonása a támogatási rendszernek, hogy megkülönböztet gazdaságon belüli fejlesztéseket és kollektív, több gazdaságot érintő fejlesztési célú beruházásokat.

A *Mezőgazdasági beruházások támogatása fejezet* tartalmazza a gazdaságon belüli öntözésfejlesztési és meliorációs beruházások támogatásának feltételeit, melyek főbb vonatkozásaiban azonosak az eddigiekben alkalmazott rendszerrel. A támogatás mértéke a beruházás ÁFA nélküli értékének 40 százaléka.

A *mezőgazdasághoz kötődő infrastruktúra fejlesztése fejezet* foglalja magába a kollektív, több gazdaságot érintő öntözővizszolgáltató művek és földbirtok fejlesztési, meliorációs beruházások támogatását, melynek mértéke – igazodva az európai normákhoz – a beruházás ÁFA nélküli értékének 75 százaléka.

A két fejezet eltérő támogatottságát indokolja a hazai öntözővizszolgáltató művek rossz, elhanyagolt állapota, valamint a jó termőhelyi adottságú, de nem megfelelő vízellátottságú területek infrastruktúra fejlesztési igénye.

Az AVOP brüsszeli elfogadása folyamatban van. Ellenőrzését az Európai Bizottság szakértői végzik. Ahhoz, hogy az Európai Unió Strukturális Alapaiból részesedhessünk, szükséges egy *Program-kiegészítő Dokumentum (PKD)* kidolgozása, amelynek célja az AVOP-ban foglaltak részletesebb, pályázat-orientált leírása (ki, mire, milyen tartalommal stb. pályázhat), így teremtve szorosabb kapcsolatot a pályázó és a programban résztvevő nemzeti hatóságok között. A PKD elfogadása, illetve módosítása a

Program Monitoring Bizottság feladata, de a dokumentumot *tájékoztató jelleggel* az Európai Bizottsághoz is el kell küldeni. Módosítására évente kétszer van lehetőség.

Az Operatív Program intézkedéseinek végrehajtásáért a Közreműködő Szervezetek felelősek. Az AVOP esetében a Közreműködő Szervezet a *Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal (MVH)* lesz. Ez a Hivatal 2003. július 1.-től az Agrárintervenció

Központ és a SAPARD Hivatal összevonásával jött létre. AZ MVH kezeli a SAPARD, majd később az EMOGA Garancia és Orientációs részlegéből érkező forrásokat is.

Jelenleg a pályázati felhívások kidolgozásán munkálkodnak. Elképzeléseink szerint az ország uniós csatlakozásáig a SAPARD program keretében, majd azt követően az AVOP feltételeinek megfelelően juthatnak uniós támogatáshoz a magyar gazdák.

MÓDSZERTANI ALAPVETÉS A HAZAI TÁJAK KLÍMAÉRZÉKENYSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSÁRA A FELTÉTELEZETT KLÍMAVÁLTOZÁSRA TEKINTETTEL

KERÉNYI ATTILA–CSORBA PÉTER

ÖSSZEFOGLALÁS

A tájak klímaérzékenységeinek meghatározásához két tényezőcsoportmodult figyelembe venni: 1. a tájat ért klimatikus hatásokat (ezek közül kiemeltük a hőmérsékleti és a nedvességi viszonyokat); 2. a tájtényezőket. Kiválasztott mintaterület a Zempléni-hegység D-i részén mindössze 9 km², amin nagy részletességű vizsgálatokat végeztünk, melynek eredményeként a földtani, talajtani, domborzati, eróziós, éghajlati és növényzeti viszonyokat 1:10 000-es méretarányú térképeken és kartogramokon ábrázoltuk. A térképeket fedésbe hozva, és melegebbé, valamint szárazabbá váló klímát feltételezve, a hasonló adottságú tájfoltokat körülhatároltuk. Ehhez felhasználtuk az 1. táblázatban feltüntetett adatokat, illetve határértékeket. Mindezek alapján térképünkön 5 klímaérzékenységi kategóriát ábrázoltunk. A klímaváltozásra nem érzékeny területeken a talaj egész évben megfelelő mennyiségű vizet raktározott. Az egyre érzékenyebb területek felé haladva a talaj nedvességtartalma a csapadékhiányos időszakokban egyre szélsőségesebben lecsökkent, s az ilyen tájrészletek gyorsan kiszáradtak.

Tanulmányunkban elemeztük egy országos klímaérzékenységi térkép szerkesztésének lehetőségét. Megállapítottuk, hogy ehhez az alaptérképek egy részének megújítására, s az alapadatok frissítésére lenne szükség.

BEVEZETÉS

A természeti tájak komplex földrajzi rendszerek, amelyek a tájtényezők (geológiai, domborzati viszonyok, klimatikus hatások, vízrajzi és talajtani adottságok, természetes élővilág) egymásrahatásával dinamikusan változnak, egyedi sajátosságaik mégis tartósan fennmaradnak, s ezek alapján megkülönböztethetők más tájaktól.

Az ember társadalomba szerveződésével, az emberiség lélekszámának növekedésével az egyre növekvő termelés és fogyasztás jellemző a történelem során. A társadalom regionálisan különböző feltételek mellett mindig az adott táj vagy tájak potenciálját hasznosítja tagjainak ellátásához. Ezzel átforgalmazza a természeti tájat, és építményeivel, termelő tevékenységeivel a táj részévé válik. Sokszor a tájképet is maga az ember

határozza meg: jellegzetes építményei, a felszínt tagoló mezőgazdasági táblái és parcellái, az azokat elválasztó élősvények és/vagy utak és még számos antropogén elem, ezek méretei és kombinációi egyedi arculatot kölcsönöznek a tájnak.

A tájak működését azonban alapvetően a természeti tényezők határozzák meg, és az emberiség ellátásához szükséges potenciálokat ezek biztosítják. Már a történelmi korban kiderült, hogy egyes tájak érzékenyebbek az emberi beavatkozásokra, a tájpotenciál túlzott igénybevételére, mint más tájak. Érzékenynek bizonyultak pl. a mediterrán mészkőhegységek, amelyekben a vékony talaj könnyen áldozatul esett az erózióknak, ha letermelték róluk az erdőt. Más hatások azonban csak sokára okoznak érzékelhető változást a tájban. Emberi léptékkel mérve lassú lehet pl. a másodlagos szikesedés fo-

lyamata vagy a levegőszennyezés erdőpusztulást okozó hatása.

Az emberi tevékenységek rendkívül sokfélék, és sok esetben nem ismerjük pontosan a tevékenységek lehetséges következményeit. Különösen nehéz ezeket a következményeket megbecsülnünk, ha a hatások sokszoros áttételeken keresztül érvényesülnek. Ilyennek tekinthetjük az *antropogén klímaváltozást* is, amely az IPCC 21. századi klímaforgatókönyvei szerint elsősorban sebességével térhet el a természetes klímaváltozásoktól. A társadalomnak fel kell készülnie az esetleges gyors klímaváltozásra. *A mezőgazdaság szemszögéből azt kell megtudnunk, hogy a különböző természeti tájakban milyen változások várhatók, és e változásokhoz hogyan tud alkalmazkodni a mezőgazdasági gyakorlat.*

Tanulmányunkban azt kívánjuk bemutatni, milyen lehetőségek nyílnak a hazai tájak klímaérzékenységének meghatározására.

Mennyiben befolyásolja az ehhez szükséges adatbázist a feldolgozás méretaránya? Milyen módszertani fejlesztésre van szükség a mezőgazdaság számára jól hasznosítható országos áttekinthető térkép elkészítéséhez?

A TÁJÉRZÉKENYSÉG MEGHATÁROZÁSÁNAK ELMÉLETI ALAPJAI

Tájérzékenységen a tájnak azt az alapvető tulajdonságát értjük, hogy külső hatásokra a táji adottságoktól függően különböző mértékben – részben vagy egészben – megváltozik, illetve a hatásoknak kisebb-nagyobb mértékben ellenáll. A külső hatásra történő változás nem mindig jelenik meg közvetlenül a tájképben, de változás megy végbe a táj működésében, és ez idővel a tájkép módosulásához is vezet.

A tájérzékenység kifejezésére két tényezőcsoportot kell értékelnünk:

1. a tájat ért hatásokat,
2. a tájtényezőket.

A táj klímaérzékenységének meghatározásához az első tényezőcsoporttal kapcsolatban azt kell tehát tudnunk, hogy milyen változás következhet be a klímában. *Varga-Haszonits* (2003) tanulmányában a szakirodalom alapján összegzi a hazánk területén lehetséges klímaforgatókönyveket. Miközben egy esetleges klímaváltozás az éghajlat szinte valamennyi tényezőjében változást hoz, a változás várható jellegét mégis szinte mindig egy-két meghatározó tényező módosulásával fejezik ki, mégpedig *a hőmérséklet* és *a nedvességi viszonyok* alakulásával. Így beszélünk pl. melegebbé és nedvesebbé, vagy melegebbé és szárazabbá váló éghajlatról. Az egyes éghajlati paraméterek változásának mértékét a klímamodellek elég nagy hibahatárral (szórással) adják meg, de az igazi problémát az jelenti, ha a változás iránya sem biztos.

A továbbiakban ezért úgy járunk el, hogy az egyik (a hazai kutatók többsége által valószínűnek tartott) klímaváltozási forgatókönyvet vesszük alapul, s azt vizsgáljuk meg, hogy egy kiválasztott táj hogyan reagál a várható hőmérsékleti és csapadékváltozásokra, ill. az ennek eredményeként kialakuló nedvességi viszonyokra.

A tájat ért hatások akkor elemezhetők, ha megfelelően ismeretek az egyes *tájtényezők*. Azt is figyelembe kell venni, hogy ugyanarra a hatásra az egyes tájtényezők különbözőképpen reagálnak, sőt *ugyanaz a tájtényező* helyről helyre is másképpen viselkedhet. Nem nehéz belátni pl., hogy a domborzat, mint a táj külső megjelenését alapvetően meghatározó tényező nagymértékben befolyásolja a besugárzást. Egy déli kitettségű meredek lejtő (azonos talajtani és egyéb tényezők mellett) sokkal hamarabb kiszárad, mint egy északi. Szárazabbá váló klímán ez a déli lejtő még érzékenyebb lesz a kiszáradásra, mint a korábbi, nedvesebb viszonyok között. Ehhez hasonló okok miatt a tájtényezők tulajdonságait térképeken és kartogramokon kell ábrázolnunk, hogy a területi különbségeket is elemezni tudjuk.

EGY KISTÁJRÉSZLET KLÍMAÉRZÉKENYSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

Varga-Haszonits (2003) már említett tanulmányára hivatkozva, vizsgálatainkhoz a következő klímaforgatókönyvet vesszük alapul. A hőmérséklet fokozatosan emelkedik a továbbiakban is. Ezzel párhuzamosan a nedvesség csökken: mind a csapadékmennyiség, mind a talajban visszamaradó nedvesség. Az extrém jelenségek közül nő a szélsőségesen magas hőmérsékleti értékek gyakorisága, megnő a száraz időszakok hossza és intenzitása.

A kiválasztott mintaterületünk Tokaj-Hegyalja déli részén Tokaj városától mintegy 8 km-re ÉK-re fekszik; mindössze 9 km² kiterjedésű, és a földrajzi szakirodalomban Bodrog-keresztúri-félmedenceként vált ismertté. Ezen a területen tanszékünk jogelődje nagy részletességű tájanalízist végzett (Pinczés, 1993, Pinczés–Kerényi, 1984, 1987). A terepkutatások és laboratóriumi vizsgálatok több ezer adatát 1:10 000-es méretarányú térképeken és kartogramokon ábrázolták az alábbiak szerint:

- geológiai térkép,
- fedőréteg-vastagság térkép,
- genetikus talajtérkép,
- fizikai talajféleség kartogram,
- humusz kartogram (mennyiség és minőség is),
- pH- és mészállapot kartogram,
- vízgazdálkodási kartogram,
- lejtőkategória térkép,
- lejtőkitettségi térkép,
- talajeróziós térkép,
- eróziós árkok kartogramja,
- félkvantitatív eróziós térkép,
- kvantitatív eróziós térkép (1:2880),
- besugárzási térkép,
- hóolvadási térkép,
- fagyveszélyességi térkép,
- földhasznosítási térkép.

A klímaérzékenység megállapítása szempontjából lényegesnek minősíthető a kora ta-

vasztól őszi tartó terepvizsgálat-sorozattal, amelynek során 14 helyen háromszoros ismétléssel tettünk talajmintákat szárító-szekrényes nedvességmeghatározás céljára. A minták 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75 és 100 cm mélyről származtak. (Kivételt képeztek azok a helyek, ahol a talaj ennél vékonyabb volt, s a szálban álló kőzet megakadályozta a mintavételt.) Megjegyezzük, hogy a területen állandó vízfolyás nincs, és a talajvíztükör 30 m mélyen helyezkedik el, így a talajvíznek nincsen szerepe a növényzet ellátásában.

Első lépésben kiválasztottuk azokat a térképeket, kartogramokat, amelyeket a táj klímaérzékenysége szempontjából a legfontosabbnak tartottunk:

1. A talajok *vízgazdálkodási kartogramja* tartalmazta a víznyelés és vízáteresztés területi különbségeit. A vízáteresztést a talajok B szintjéből vett bolygatatlan mintákon is megmértük, így a víz mélyebbre szivárgásának sebességét is ismertük. Ezekon kívül szerepeltek a kartogramon a szántóföldi vízkapacitás és a hasznos víz értékei. Nem kétséges, hogy mindezek a talajtulajdonságok egy szárazabbá váló éghajlatban alapvetően fontosak.

2. *Fedőréteg-vastagság térkép.* Miután a mintaterület túlnyomó részén a talajképző kőzet laza pleisztocén üledék, a talajréteg vastagságán kívül a fedőréteg-vastagság is meghatározza a tárolható nedvesség mennyiségét. A mélyen gyökerező szőlő esetében több méter vastag talaj- és üledékrétegben raktározott víz hasznosítható a növény számára. A fűrásmintákból meghatároztuk a mélyebb szintek mechanikai összetételét, így közelítő képet kaphattunk az itt raktározható nedvesség mennyiségéről.

3. *Besugárzási térkép.* A lejtőkategória és a lejtőkitettségi kartogram alapján egy októberi napra készített besugárzási térkép megmutatta azokat a helyeket, amelyeken a legnagyobb sugárzási energia a leggyorsabb evapotranspirációt okozhatja. Természetesen ez csak egy – bár nagyon fontos – tényező, s

a valóságos evapotranspiráció a felszín tulajdonságaitól, a növényfajától és a talajvastagságtól is függ. A hóolvadási térképpel összevetett és kisebb mértékben módosított besugárzási térkép a domborzat geometriai paraméterein kívül a felszín egyéb tulajdonságait is tükrözte.

4. *Földhasznosítási térkép.* A természetű növények, a telepített erdők és a természetközeli növénytársulások területi elterjedése egyrészt az említett evapotranspirációt befolyásoló szerepük miatt fontos. Másrészt a növények szárazságtűrő képessége is lényeges a szárazabbá váló klímában. Harmadik kiemelendő funkciójuk az erózió elleni védelemben van. Ez utóbbi tulajdonságuk különösen az elvékonyodó talajtakarón jelentős. Félkvantitatív és kvantitatív talajeróziós térképünk s az utóbbihoz kapcsolódó matematikai feldolgozás (Kerényi, 1984, 1987, 1991) megerősítette azt a szakirodalomból ismert tény, hogy szoros összefüggés van a természetű növény és a talajerózió mértéke között. (Adatokat kaptunk arra vonatkozóan, hogy a mintaterületen melyik növény és milyen talajművelési mód védi a legjobban a talajt s melyik a legkevésbé, ill. milyen ezek területi eloszlása (Kerényi, 1991).

A felsorolt térképek illetve kartogramok közvetve tükrözték az egyéb táji adottságokat is.

A talajok vízgazdálkodása például függ a talajtípustól, a humusztartalomtól, a mechanikai összetételtől és az erózió mértékétől.

A fedőréteg-vastagság függ a közettani és a lejtőviszonyoktól, az erózió mértékétől.

A besugárzást meghatározza a földrajzi szélesség (a mintaterület kis kiterjedése miatt ez azonosnak tekinthető), a lejtő meredeksége és kitettsége, valamint a felhőzet. Ez utóbbi a szárazabbá és melegebbé váló klímában csökkenni fog, tehát a besugárzás erősödésével kell számolnunk, ugyanakkor a területi megoszlást elsősorban a domborzat említett paraméterei határozzák meg.

A földhasznosítás függ a talajtípustól s az

általán determinált talajtulajdonságoktól (humusztartalom, pH, vízgazdálkodás, erózió stb.), a domborzati adottságoktól, a besugárzástól, de a társadalmi-gazdasági viszonyok is lényegesen befolyásolhatják. (Ez utóbbiak legtöbbször csak időlegesen, mert nem lehet tartósan a természeti adottságok ellenére természeteni a társadalom által preferált növényeket.)

Mіндеzen okok miatt a szintézis második lépésében a fenti négy térkép illetve kartogram adatait az 1. táblázat szerint öt osztályba soroltuk. Mintegy kontrollként néhány más kartogram adatait is besoroltuk az adott osztályba. A határértékeket Szabolcs I. (1966), Pinczés Z. (1981), Justyák J.–Tar K. (1973, 1974) és Tar K. (1979) munkái alapján állapítottuk meg.

Azt találtuk, hogy a fedőréteg-vastagság, az agyagtartalom, a humuszréteg-vastagság, a hasznosvíz-értékek a félmedence alsó részétől felfelé haladva szisztematikusan csökkennek. A 2. osztályban a humuszréteg-vastagság a lejtőhordalék-talajok miatt „ugrik ki”. Ezzel ellentétesen változik a talajerózió, a lejtőszög, a besugárzás és a talaj vízáteresztő képessége. Ezek esetében csak az A szint humusztartalmának változásában volt „rendellenesség”. Ennek az a magyarázata, hogy a hegyek meredek lejtőin természetközeli a vegetáció, így a felszíni talajréteg humusztartalma viszonylag magas, a humuszminőség azonban gyenge, mivel a humuszosodás folyamatát időnként a talajerózió akadályozza. A legkisebb lejtésű területeken az erózió hiánya miatt zavartalanabban játszódhatott le a humuszképződés, bár itt a talajművelés módosította a humifikáció folyamatát. Az akkumulációs térszíneken elsősorban a durvább talajszemcsék rakódtak le, s csak kevés humuszos rész, így a lejtőhordalék-talajok humusztartalma kisebb, mint a neutrális felszíneken.

A földhasznosítási térkép kivételével a többi hármat fedésbe hozva határozottan kirajzolódtak a táblázatban jelölt osztályok területei. Ellenőrzésképpen a többi kartogramot is fedésbe hoztuk a már kialakulóban

1. táblázat

A klímaérzékenységet befolyásoló főbb tényezők határértékei az öt érzékenységi osztályban

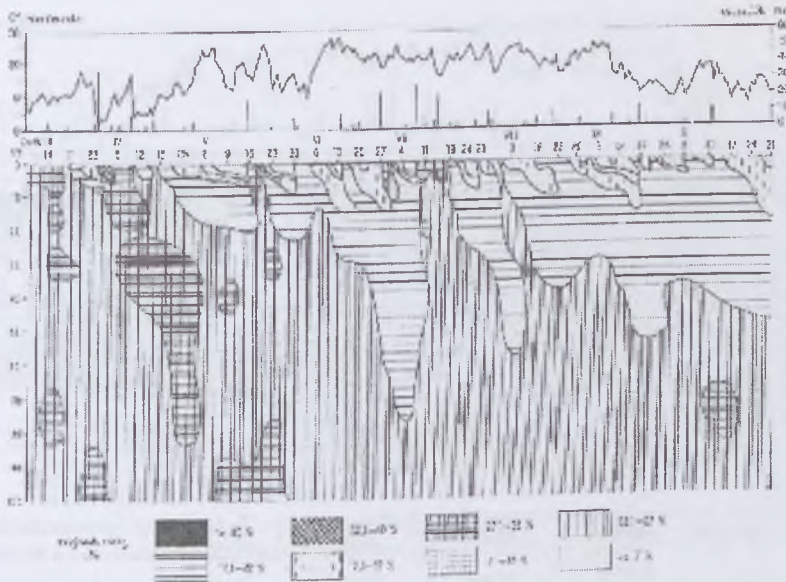
Osztály	Fedő-réteg vastagsága (m)	Agyagtartalom az A szintben (%)	Humusz-réteg (cm)	Humusztartalom (%)	Víz-áteresztés (mm h ⁻¹)	Hasznos-víz (cm) 30 cm-es talaj rétegben	Besugárzás (MJ m ⁻² nap ⁻¹)	Földhasználat	Talajerózió	Lejtőszög (°)
1	5<	25<	40–60	2–3	30–70	6,3<	15,3>	takarmány-növények, burgonya, kaszáló, szőlő	nincs	5>
2	3–5	20–25	60–100	1–2	70–100	5,4–6,3	15,3–15,9	szőlő, takarmány-növények, takarmányrépa	mérsékelt	5>
3	1–3	15–20	20–40	1–2	70–100	4,5–5,4	15,9–16,5	szőlő	közepes	5–10
4	0,5–0,3	10–15	10–20	2–3	100–300	3,6–4,5	16,5–17,1	bozót, rét, ugar, öreg szőlő	erős	10–20
5	0,3>	10>	5–15	3<	300<	3,6>	17,1–17,7	erdő, bozót	nagyon erős	20<

1. ábra



A bodrogkeresztúri mintaterület klímaérzékenységi térképe. Klímaváltozásra 1. nem érzékeny, 2. mérsékelten érzékeny, 3. közepesen érzékeny, 4. erősen érzékeny, 5. igen erősen érzékeny terület. Az I, II, III. a talajnedvesség-vizsgálatok helyei

2. ábra



A klímaérzékenységi térkép (1. ábra) I. mérőhelyének kronoizopléta diagramja. A felső grafikonon a csapadék és a hőmérséklet alakulását mutatja márciustól októberig. Talajnedvesség súlyszázalékban.

lévő munkatérképünkkel. Azt tapasztaltuk, hogy a kategória-határok közel futnak egymáshoz. Egy-egy homogénnek látszó területen belül azonban előfordultak kisebb-nagyobb elütő foltok. A hasznosvíz-értékek pl. az 1. osztályon belül néhány foltban „2. osztályúak” voltak. Egy-egy tömörödött talajú parcellán pedig a 2. osztály területén belül 70 mm/óra alatti vízáteresztési értéket is mértünk. A fedés ilyen esetekben is 70–80%-os volt. A határvonalak sávokat rajzoltak ki, amelyek közepén húztuk meg a klímaérzékenységi osztályok előzetes határait.

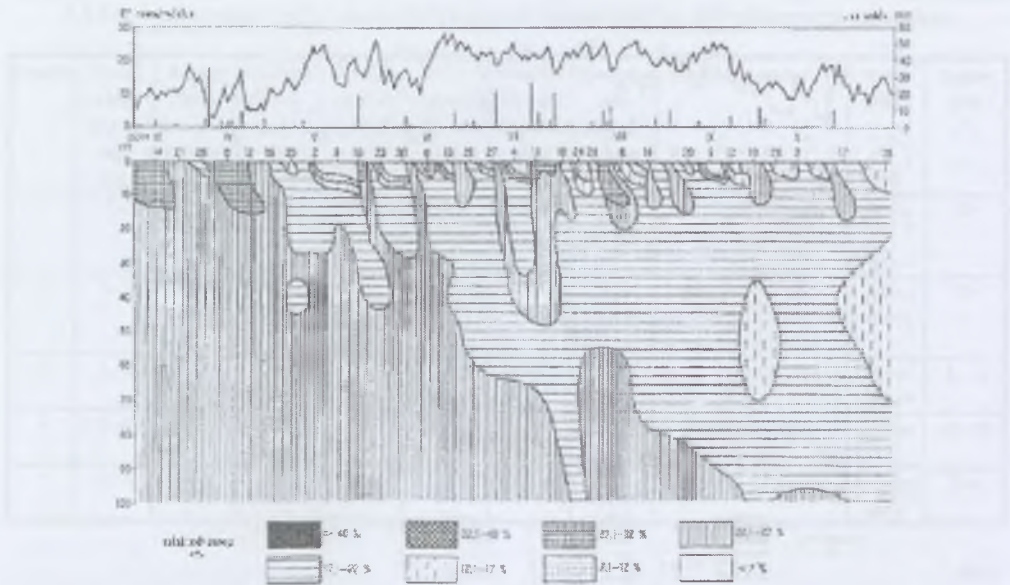
Utolsó lépésként ezt a munkatérképet fedésbe hoztuk a földhasznosítási térképpel, s a már kialakult foltokon belül megállapítottuk az uralkodóan termesztett növényeket. Az 1. táblázatban az adott osztályokban feltüntetett növények az osztály területének legalább 70%-át alkotják, vagyis jól reprezentálják a tényleges földhasznosítást. A természeti adottságoknak nem felel meg az 1. és 2. osztályban nagy területen termesztett

szőlő: egyrészt a fagyveszély, másrészt a kedvezőtlenebb besugárzás miatt (gyengébb minőség). Itteni nagy arányának társadalmi-gazdasági oka van (szövetkezetek létrehozása, nagyüzemi szőlőtermelés).

Mindezek után az alábbi klímaérzékenységi osztályokat különböztettük meg térképünkön (1. ábra).

1. osztály: klímaváltozásra nem érzékeny
2. osztály: mérsékelten érzékeny
3. osztály: közepesen érzékeny
4. osztály: erősen érzékeny
5. osztály: nagyon erősen érzékeny területek

Az 1. ábrán feltüntetettünk három helyszínt, ahol a talajnedvesség változásait tavasztól késő őszig (március 1.–október 31.) vizsgáltuk, s az eredményeket a hőmérséklet- és csapadékváltozásokkal együtt a 2., 3. és 4. ábrán ábrázoltuk. (A 14 vizsgált helyszín közül – terjedelmi okok miatt – csak háromnak az eredményeit tudjuk bemutatni.)



A klímaérzékenységi térkép (1. ábra) II. mérőhelyének kronozopléta diagramja. A felső grafikon a csapadék és a hőmérséklet alakulását mutatja márciustól októberig. Talajnedvesség súlyszázalékban.

A „klímaváltozásra nem érzékeny” kategória talajában a csapadék tavasszal az egész szelvényt átmedvesítette, s ez a nedvesség az 50 cm-nél mélyebb rétegekben gyakorlatilag egész évben megmaradt (2. ábra).

A „klímaváltozásra közepesen érzékeny” területek talajában a nedvesség a nyár derekára (júliusra) jelentősen lecsökkent, s a száraz őszi hónapokban kritikusan alacsony nedvességellátottság is kialakult (3. ábra).

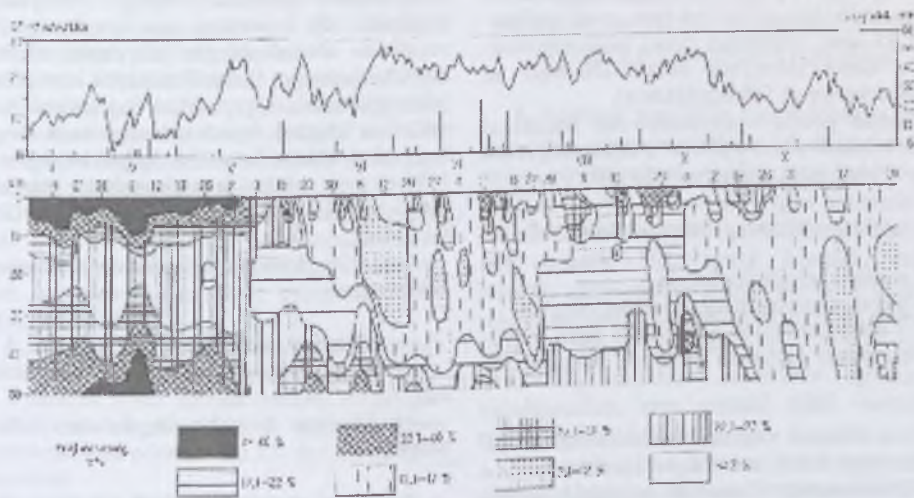
A „nagyon erősen klímaérzékeny” területeken a talajszelvények erodálódtak, így vastagságuk általában nem haladta meg az 50 cm-t. A talaj rendkívül érzékenyen reagál a csapadékváltozásokra (4. ábra). Míg kora tavasszal akár a túlnedvesedésre is hajlamos, a nyári időszakban gyorsan kiszárad, igen kevés vizet képes raktározni. A klímaérzékenységhez a talajtulajdonságokon kívül a lejtő meredeksége és kiettsége, a talajképző közet víztartó képessége és a felszín növényborítottsága járult hozzá legnagyobb mértékben.

AKLÍMAÉRZÉKENYSÉG ORSZÁGOS TÉRKÉPEZÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

Az előzőekben bemutatott, részletes táj-analízisen alapuló térképezési módszer nem vihető át változtatás nélkül egy országos térkép megszerkesztésére. Első teendőként azt látjuk szükségesnek áttekinteni, hogy milyen középtáji léptékben felhasználható országos adatbázis található a különböző tájtényezőkről.

1990 óta a tájfeldrajz legegységesebb adatforrása a Magyarország kistájainak katasztere (Marosi–Somogyi, 1990). Ebben megtalálhatók az ország mind a 204 kistájának – általában 50–500 km²-nyi felszínrészek – természetföldrajzi, valamint a művelésügyi megoszlását bemutató alapadatok. Térképek azonban nem tartoznak a leírásokhoz, lényegében egy statisztikai adatbázis, pl. földhasználat tekintetében értelemszerűen az 1980-as évek végére jellemző helyzetet tükrözi.

4. ábra



A klímaérzékenységi térkép (1. ábra) III. mérőhelyének kronoizopléta diagramja. A felső grafikon a csapadék és a hőmérséklet alakulását mutatja márciustól októberig. Talajnedvesség súlyszázalékban.

Az országos klimatikus tájérzékenységi tervezéshez a legmegfelelőbbek az országos áttekintő térképek és kartogramok, lehetőleg 1:500 000-es méretarányban. Ilyen források közül kiemelkedik az 1989-ben megjelent Magyarország nemzeti atlasza. Első megközelítésben elfogadhatók az atlaszban szereplő 1:1 000 000 méretarányú lapok is. A nemzeti atlaszsal kapcsolatban az jelenthet gondot, hogy az itt szereplő térképek is az 1980-as évek közepéig terjedő meteorológiai, hidrológiai, földhasználati adatsorokon alapulnak, s épp az említett, változásra hajlamosabb tényezők esetében nem elhanyagolhatóak az eltelt 20 év alatt bekövetkezett változások.

További szóba jöhető térképi adatforrások közül az Országos Meteorológiai Szolgálat által a közelmúltban, évszám nélkül kiadott Magyarország éghajlati atlaszának finom kivitelezésű térképeit sajnos a méretarányuk miatt középtáji szinten már nehéz használni.

A szakirodalomban még számos más felhasználható térkép található, de ezek országos áttekintésre kevésbé alkalmasak, mert tartalmuk, minőségük egyenetlen.

Megoldás volna az űrfelvételek ilyen irányú felhasználása. A ma forgalomban lévő űrfelvételek felbontása több mint megfelelő a középtáji értékeléshez, s az egyes hullámhossz-csatornák tematikus adatbázisa kiválóan alkalmas több, számunkra fontos tényező – pl. felszínfedettség, felszínközeli rétegek nedvességtartalma, felszínhőmérséklet stb. – vizsgálatára. Bár van tudomásunk pl. mezőgazdasági terméshozambecslésre, vagy belvízborítottság áttekintésére készített országos szintű űrfelvételelemzésekről, ezek nem nyilvános adatbázisok. Mindenesetre az űrfelvételek segítségével időigényes feladat lenne a szükséges aktualizált térképek előállításuk.

Jelenleg tehát a megfelelő léptékű térképi adatforrások gyakorlatilag a nemzeti atlaszban található lapokra korlátozódnak.

Úgy véljük, hogy középtáji szinten történő, első tájérzékenységi áttekintésre egy kevés kategóriát tartalmazó: „igen érzékeny – érzékeny – gyengén érzékeny – nem érzékeny” típusú relatív minősítéseket bemutató térképet kellene szerkesztenünk.

Alapul véve a Magyarország nemzeti atlaszában szereplő tájbeosztási térképet, az ott körülhatárolt 35 hazai középtájra nézve meghatározhatjuk a klímaérzékenység relatív erősségét az alábbi térképlapok felhasználásával.

A tájak geológiai és domborzati adottságai közül a hőmérséklet-, illetve a nedvességváltozásra történő érzékenység szempontjából

- a felszíni kőzetek, illetve üledékek minőségét,
- a relatív reliefkülönbséget,
- a domborzatagoltság mértékét, valamint
- a tömegmozgásos folyamatok általi veszélyeztetettséget bemutató térképek használhatók fel.

Ilyen térképek vannak a nemzeti atlaszban, pl. relatív relief térkép, mérnökgeológiai térkép, de a tájfeldrajzi monográfiásorozat megfelelő kötetiben az ország jelentős területére vonatkozóan nagyobb részletességgel is rendelkezésre állnak az ilyen típusú adatok. Domborzati tényezők közül a legklímaérzékenyebbek a lejtőstabilitás tekinthető. Erre nézve az utóbbi években sok új adat látott napvilágot (Szabó, 1996), de összességében úgy látjuk, hogy középtáji szinten az 1970-es években készített 1:500 000-es méretarányú geomorfológiai térkép (szerk. Pécsi) megfelelő kiindulópontként szolgálhat, s csak viszonylag kisebb kiegészítések, adatpótlások szükségesek.

Természetes, hogy a tájalkotó tényezők között a klímaváltozás szempontjából különleges szerepe van az éghajlati elemek minősítésének. A nemzeti atlaszban számos térkép található ebben a fejezetben, sajnos többségük 1:6 000 000, vagy 1: 4 000 000 méretaránya miatt középtájainknak megfelelő területfoltok esetében már csak korlátozott pontossággal használhatók. Néhány esetben kielégítő lehet a kistájataszter és a tájfeldrajzi monográfiakötetek adatbázisa, de ezek térképi interpretálása rendkívül időigényes, és nem is minden esetben megfelelő pontosságú.

A hőmérséklet-, illetve a nedvességváltozásra történő tájérzékenység megítélésének vízföldrajzi komponensei közül az Alföldre vonatkozóan

- a tájak állandó vagy időszakos vízborítottságának mértékére és
- a talajvíztükör mélységére van szükség.

A nemzeti atlaszban a fajlagos lefolyást, a maximális és minimális talajvízmélységet, a vegetációs időszak átlagos talajvízmélységét, a belvízborítotttságot ábrázoló térképek közvetlenül felhasználhatóak. Ugyanakkor épp ezekkel kapcsolatban lehetnek fenntartásaink, hiszen ismert, hogy pl. a Duna–Tisza-közi homokhátságon az 1990-es évek mérései jelentős, méteres nagyságrendű talajvíztükör-változást regisztráltak (Pál-fai, 1994).

A táj klímaérzékenységének talajtani összetevőjére nézve:

- a hidromorf talajok aránya,
- a kiszáradásra érzékeny, sekély talajok aránya,
- a könnyen felmelegedő, fedetlen talajok aránya.

A nemzeti atlaszban meglévő genetikus talaj-térképről, a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak térképéről, illetve a talajok vízgazdálkodási típusairól készített lapokról valamint a talajeróziós térképről megfelelő pontossággal kiszámítható. Ezekből az arányokból meg lehet becsülni, hogy az adott középtáj talajtakarójának klímaérzékenysége mely relatív kategóriába sorolható.

A hőmérséklet-, illetve a nedvességváltozásra történő érzékenység növényzeti összetevőjére nézve a minősítéshez nélkülözhetetlenül szükség van:

- a víz-, illetve nedvességigényes természetes növényzet arányának,
- az öntözésigényes agrokultúrák arányának és
- a védett természeti területek topográfiai helyzetének és kiterjedésének ismeretére.

Ehhez a nemzeti atlasz természetes növénytakarót, az erdőtípusokat, a természetvédelmet és a mezőgazdasági kultúrák természetésének területi elrendeződését bemutató térképei használhatók fel, az utóbbi tényező esetében azonban jelentős korrekció szükséges.

Leginkább ehhez a témához kapcsolható a nemzeti atlasz egyik számunkra leginkább figyelemre méltó térképe, amely „A kistájak természeti adottságainak értékelése a szántóföldi növénytermelés szempontjából” címet viseli (szerk. Mezősi). A szerző 12 tényező súlyozott összevonasából minősítette a hazai kistájakat. Az általa számításba vett tényezők között több olyan sze-

repel, amely a klímaérzékenység szempontjából is fontos. Így pl. a tereplejtés, a hőellátottság, a vízellátottság, a talajértékszám stb.

Tájaink klímaváltozással kapcsolatos érzékenysége ma már középtáji szinten is függ attól, hogy milyen mérvű a beépítettség, a különféle mesterséges anyagokkal lefedett lakó- ill. infrastukturális felszínek aránya.

Ennek megállapításához a nemzeti atlasz nem kínál túl sok támpontot, de a kistájkataszter tartalmaz adatokat a beépítettség mértékéről. Ezek az adatok viszonylag egyszerű módon térképre vihetők.

A középtájak klímaérzékenységének megállapításához igen jól használható adalékkal szolgál a nemzeti atlasz tájtypus térképe. Az ott szereplő tájtypus megnevezések ui. sok tekintetben iránymutatók az adott terület hő- és nedvességviszonyairól.

Egy olyan tájtypus esetében, mint pl. a „Buckaközi medencék magas talajvízállással, lápos réti, ill. szikes réti talajokkal” egyértelmű, hogy klímaváltozás szempontjából igen érzékeny területről van szó.

Úgy gondoljuk, hogy az összegző eredménytérkép, a *magyarországi középtájak klímaérzékenységi térképe* tartalmazhatna egy tapasztalati súlyozást is. A tájak többségénél ui. eldönthető, hogy a táj működésében mely táji komponensnek van erősebb szerepe, pl. a Hernád-völgyben tömegmozgások által erősen sújtott domborzat, a nagyvárosi agglomerációk peremzónájában a beépítettség az a tényező, amely nagyobb súllyal veendő számításba a végső minősítéskor.

TOVÁBBI FELADATOK AZ ORSZÁGOS KLÍMAÉRZÉKENYSÉGI TÉRKÉP ELKÉSZÍTÉSÉHEZ

A felsorolt tényezők közül tehát a geológiai típus, a geomorfológiai adottság, a természetes növénytakaró, esetleg a talajnedvesség-adatok, a vizes élőhelyek, egyes agrokultúrák tekintetében állnak rendelkezésre jól használható adatok. Hiányosnak érezzük, vagyis komoly alapkutatási igénye van pl. a talajvíztükör változását, a talajfedettséget és a beépítettséget érintő minősítésnek. A táji szintű összesítés, súlyozás módszere ugyancsak kidolgozatlan, erre szintén több esettanulmányt kellene készíteni.

Hosszabb távon érdemes lenne egy országos számítógépes térképi és adatbázist létrehozni, amelyben a gyorsabban változó alapadatokat folyamatosan aktualizálni kellene.

A fentiekben vázolt országos klímaérzékenységi térkép megvalósítása felé oly módon lehetne megtenni az első lépéseket, hogy néhány eltérő adottságú középtájat kijelölve kísérleti jelleggel el kellene készíteni azok klímaérzékenységi térképét az említett 1:500 000-es méretarányban. A térképszerkesztés során meggyőződhetnénk az alaptérképek használhatóságáról, illetve pontos képet kaphatnánk a felmerülő adathianyáról.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) JUSTYÁK J.–TAR K. (1973): Investigation on ratio of direct and global radiation amounts. Part I. Radiation-ratio on a horizontal surface and on a southern slope – *Acta Geogr. Debr.* 12. 127–148. pp.
- (2) JUSTYÁK J.–TAR K. (1974): Investigation on ratio of direct and global radiation amounts. Part II. Radiation-ratio on a horizontal surface and on an eastern and western slope – *Acta Geogr. Debr.* 13. 125–137. pp.
- (3) KERÉNYI A. (1981a): A Bodrogkeresztúri-katlan fontosabb taljai és azok vizgazdálkodása. (Wichtigere Böden des Halbbeckens von Bodrogkeresztúr und ihre Wasserwirtschaft.) In *Geoökológiai viszonyok néhány sajátossága Tokajhegyalján*, Szerk.: BREZOVCSIK L. 85–97. pp.
- (4) KERÉNYI A. (1984a): Quantitative Mapping of the Furrowed Form of Recent Erosion, In *Geographical Essays in Hungary Budapest*. (Ed. ENYEDI GY.–PÉCSI M.) 287–302. pp.
- (5) Kerényi A. (1994a): A környezet eltartóképessége. In JÁKI K. szerk.: *Földünk-környezetünk*, 131–148. pp.
- (6) KERÉNYI A.–CSORBA P. (1991): Assessment of the Sensitivity of the Landscape in a Sample Area in Hungary for Climatic Variability – *Earth Surface Processes and Landforms*, 16. 663–673. pp.
- (7) MAROSI S.–SOMOGYI S. szerk. (1990): Magyarország kistájainak katasztere I–II. – MTA FKI, Budapest 1023 p.
- (8) MAROSI S. (1986): Tájkutatói irányzatok, tájtérkékelés, tájtypológiai eredmények különböző nagy-

- ságú és adottságú hazai típusterületeken – Elmélet-Módszer-Gyakorlat, MTA, FKI, Budapest, 35. 120 p. (9) MERSICH I. szerk. (1992): Magyarország éghajlati atlasza – OMSZ, Budapest (10) PÁLFAI I. szerk. (1994): A Duna–Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái – Nagyalföld Alapítvány kötetei 3. 126 p. (11) PÉCSI M. szerk. (1989): Magyarország nemzeti atlasza Budapest (12) PÉCSI M. szerk. (1990): Magyarország tájfeldrajzi monográfiáisorozata 1967–1988 – 1–6. kötet (13) PINCZÉS Z. (1993): Táj kutatás – tájvédelem – In JÁKI K. szerk. 1993. Aktuális problémák a földrajztanításban, Ped. Szakma Megújítási Projekt és Magazin Kiadó, Budapest, 21–23. pp. (14) PINCZÉS Z.–KERÉNYI A. (1984): Die Kryoplanation und ihre bodenkundlichen Beziehungen auf Bergfussgebiet – Acta Geographica Debrecina 21. (1982) 5–25. pp. (15) PINCZÉS Z.–KERÉNYI A. et al. (1987): Bodenvernichtung infolge einer unrichtigen Terrainregulierung – Acta Geographica Debrecina, 23. 125–144. pp. (16) SZABÓ J. (1996): Csuszamlásos folyamatok szerepe a magyarországi tájak geomorfológiai fejlődésében – Kossuth Egyetemi Kiadó, Habilitációs értekezés, 223 p. (17) SZABOLCS I. szerk. (1966): A genetikai üzemű talajterképezés módszertanja – OMMI, Budapest, 351 p. (18) TAR K. (1979): Radiation–ratio on a horizontal surface and on a northern slope – Acta Geogr. Debr. 14–15. pp. 31–42.

AZ ÜVEGHÁZHATÁS, A GLOBÁLIS FELMELEGEDÉS ÉS A LÉGKÖRI SZÉNDIOXID-TARTALOM ÖSSZEFÜGGÉSÉRŐL

ZÁGONI MIKLÓS

Kovács Ferenc akadémikus, tanszékvezető egyetemi tanár úr, az MTA rendes tagja, a Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Tanszékének vezetője, a Miskolci Egyetem rektora legutóbb két dolgozatban foglalkozott a globális felmelegedés, az üvegházhatás és a légköri széndioxid-tartalom összefüggéseivel:

Kovács Ferenc: *Az üvegházhatás és a globális felmelegedés egy kérdéséről* – kézirat, 2003.

Kovács Ferenc: *Milyen gázok és aeroszolok okozzák valójában az ún. üvegházhatást* – kézirat, 2003.

Mínt hogy mindkét dolgozatában kiemelt helyen volt szíves egy korábbi kis tanulmányomra hivatkozni, helyesnek találtam, ha írására részletesebb formában reflektálok.

„Az üvegházhatás és a globális felmelegedés egy kérdéséről” című cikk *Összefoglalása* megállapítja:

„Az üvegházhatás kérdésköre már egy évszázada ismert fogalom, általában egyes légköri gázok (CO_2 , H_2O , CH_4 , ...) szerepét elemzik a szerzők. Ugyanakkor a Föld (a földi légkör) felmelegedése, illetőleg lehülése egy milliárd évre vonatkozóan kimutatható jelenség. A 'nagy jégkorszakok' során $5-10^\circ\text{C}$ -os lehülések, majd ezeket követően nyilván hasonló mértékű felmelegedések voltak, a 'kis jégkorszakok' (pl. 15–18. század) során $1-4^\circ\text{C}$ fokos lehülés. A földi-légköri változások elemzése kimutatta, hogy az emberi (lét) tevékenység előtt is igen jelentős változások voltak a klímában. A mért, illetőleg számszerűen is regisztrált hőmérsékleti adatok 1861-től ismeretesek.”

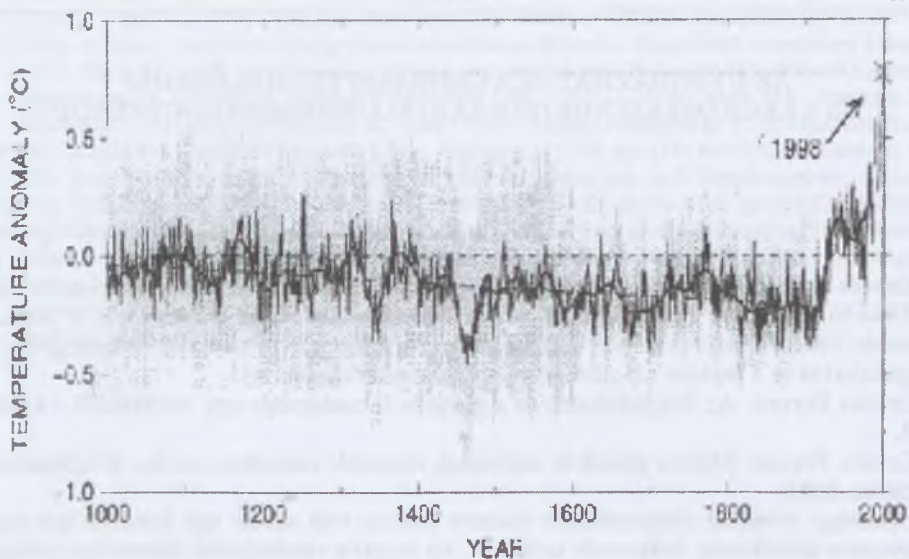
A „kis jégkorszakok” $1-4$ fokos hőmérsékleti tartománya túl tágnak tűnik. A hivatkozott 15–18. századi kilengés mind globálisan (1), mind Kelet-Európában (2) belefér az $1-1,5^\circ\text{C}$ -os határok közé. (Lásd: 1. és 2. ábra.)

A „nagy jégkorszakok” esetében pedig figyelemre méltó, hogy (az elmúlt 2 millió évben) az $5-10$ fokos ingások java része tipikusan a mainál *alacsonyabb* hőmérsékleti tartományokban ment végbe:

A hőmérséklet csak kivételesen rövid ideig tartózkodott a mainál $1-1,5$ fokkal magasabb sávban (amit megerősít a tanulmány 1. és 2. ábrája is). Ezért az IPCC által jóslott $1,5-4,5^\circ\text{C}$ melegedés a XXI. századra (3) könnyen olyan magasságokba viheti a Föld átlaghőmérsékletét, ahol még sohasem járt, s amely sávban való viselkedésére semmiféle történeti tapasztalatunk nincsen.

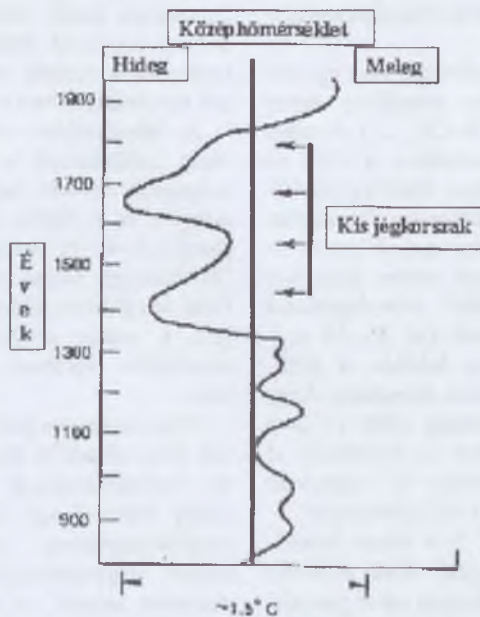
Nem ismeretes például, hogy képes-e olyan még különféle belső vezérlések és fékező visszacsatolások hatására visszatérni, avagy beindul egy öngerjesztő, emelkedő, megfékezhetetlen melegedési folyamat. Ennek bekövetkezési valószínűsége nem pontosan ismert, az emberiségre benne leselkedő veszély azonban óriási; a kettő szorzata túl nagy szám ahhoz, hogy figyelmen kívül hagyjuk.

1. ábra



A hőmérséklet változása az elmúlt ezer évben

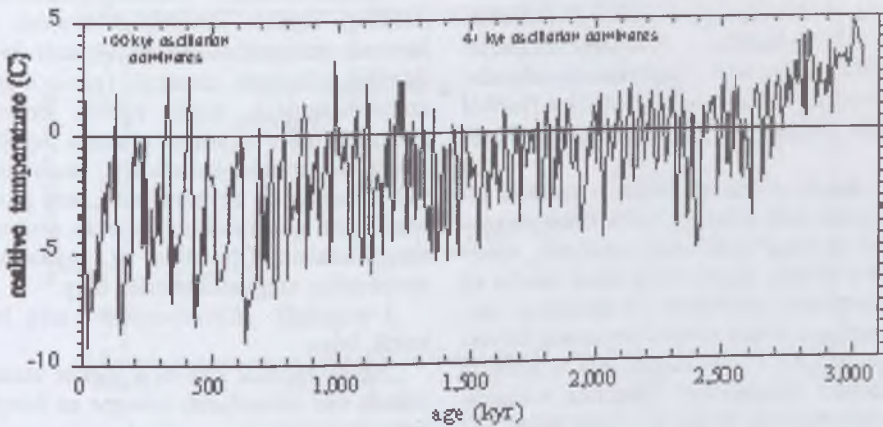
2. ábra



Éghajlatingadozások Kelet-Európában az elmúlt ezer év folyamán

Éghajlatingadozások Kelet-Európában az elmúlt ezer év folyamán

3. ábra



A hőmérséklet változása az elmúlt 3 millió évben

Az Összefoglaló második bekezdése szerint

„Az évszázados kutatások eredményei szerint a CO₂ felszabadulásnak csak kis része származik az emberi (ipari) tevékenységből, az ipari országokban általában 5–15%. A teljes légkör (Föld) CO₂ tartalmát az emberi tevékenység által kibocsátott (antropogén) CO₂ alig (1–2%) befolyásolja. A tanulmányban bemutatott elemzés (fűtőanyag felhasználás – É-i félteke hőmérsékleti változása) alapján a fűtőanyag felhasználás mennyisége és a globális hőmérséklet alakulása között nem mutatható ki kapcsolatot.”

Az első két állítás számadatai helyesek, interpretációja azonban téves. A szenciklusban megjelenő CO₂ felszabadulásnak valóban mintegy 5–15%-a származik az emberi ipari tevékenységből, a többi a málló kőzetek, a bomló növényi anyag, a talaj és az óceánok lélegzése, valamint esetenként vulkáni tevékenység következménye. Azonban ez az 5–15%-os mennyiség a természetes körforgásban részt vevő évezredes egyensúlyi állapothoz (keletkezéshez és elnyelődéshez) képest **TÖBBLET**.

Úgyisintén igaz, hogy a földi légkör teljes CO₂-tartalmát az emberi tevékenység

által kibocsátott (antropogén) CO₂ 1–2%-kal növeli – azonban **ÉVENTE**. Ez ahhoz vezet, hogy a teljes légköri széndioxid-tartalom az emberi kibocsátás következtében ötven éven belül **MEGDUPLÁZÓDHA**T.

A dolgozat „Következtetések” c. részére rátérve, ezek közül az **első megállapítja**:

„a napsugárzás erősségét és területi (regionális) eloszlását a Földmozgás paraméterei és a naptevékenység determinálja, a Föld-pálya paramétereinek ciklikus változása a napsugárzási energia mértékét 15%-al is módosíthatja.”

A szoláris állandót (a légkör külső határának 1 m²-es felületére 1 másodperc alatt jutó sugárzási energiát) a Nap sugárzási paraméterein kívül a Föld mozgásának geometriája határozza meg. Számításba jön a Naprendszer egészének együttforgása a Tejútrendszerrel, és vándorlása a Tejútrendszeren belül. Az összegzett mozgás mintegy 250 millió éves periódust jelent, amelynek során a Nap kozmikus porfelhőkön halad át, s ez befolyással lehetett a nagyjából ugyanilyen periodicitást mutató jégkorszaki alapciklusra. Mintegy 26 ezer éves visszatéréssel jelentkezik a Föld forgástengelyének precessziós mozgása. A Hold pályasíkjának a Földével bezárt ötfokos hajlásszögből eredő

eltérítő forgatónyomaték által okozott „nutáció” 18 és fél éves periódussal jelentkezik. Éven belüli periódus a földpálya ellipszoidalakjából származó naptávolság-változás. Mindezek együttesen befolyásolják a Naptól a Földre érkező energia nagyságát és eloszlását.

Az elmúlt évszázad elején a szoláris állandó értékében mintegy 0,4% (mozgásgeometriai okokkal nem magyarázható) emelkedést észleltek. Egyes elemzések szerint ez a napsugárzás valószínű növekménye, mások szerint a javuló mérési pontosság következménye. Az 1930-as évek óta a szoláris állandóban fluktuáción túlmutató változás nem mutatható ki, értéke $S = 1390 \text{ W/m}^2$. (4)

A naptevékenység hatását gondosan elemezte *Theodore Feldman* (5). Összefoglaló ábrája alapján *Spencer Weart* megállapítja, hogy az 1850-es évek óta megfigyelt melegedés görbéjének menete jól illeszkedik a légköri széndioxid mennyiségéhez, az alap-tendenciára ülő kisebb fluktuáció követi a napfolt-tevékenység változásait:

A „Következtetések” második pontja megállapítja, hogy

„A Föld légkörében lejátszódó változások, a hőmérséklet emelkedését-csökkenését, a légkör 'átláthatóságát' az ún. üvegházhatású gázok (H_2O , CO_2 , CH_4 , NO_x , aerosol részecskék) jelentős mértékben meghatározzák”

Ezzel nem lehet vitánk (bár megemlítenénk az N_xO , az O_3 , valamint a CFC–HCFC gázok szerepét is).

Annál inkább *a harmadikkal, mely szerint* „a légkörben található széndioxid mennyiségét döntő részben az emberi tevékenységtől független – a talajból származó – kőzetképződési és kőzetmállási folyamatok határozzák meg, az antropogén származású CO_2 mennyisége a teljes légköri széndioxidnak nem jelentős része”.

A légkörben található széndioxid mennyiségét azonban a kőzetképződési és kőzetmállási folyamatok mellett a növényzet mennyisége is döntően meghatározza, és ehhez járul hozzá az emberiség fosszilis tüzelőanyag-felhasználása, amelyből az elmúlt százötven

év kibocsátásának felhalmozódásával a jelenlegi légköri széndioxid-tartalom egyharmada származott. Az elmúlt száz év statisztikai adatainak összege (gáz-, olaj- és szénfelhasználás, tüzifa égetés, benzinfo-gyaszítás) teljes egyezést mutat a légkörben megjelent többlet-széndioxid mennyiségével. Lehet ezt az egyharmadot „nem jelentős rész”-ként aposztrofálni, de csak szubjektív megítélésként. Objektíve az egyharmados növekmény megkerülhetetlen tény.

A negyedik „Következtetés” arra hivatkozik, hogy

„egyes szerzők szerint a légkör víztartalmának van jelentősebb szerepe az üvegházhatás kialakulásában, mások szerint a széndioxidnak”

Ezzel kapcsolatban állítható, hogy a légkör víztartalmának van egyértelműen jelentősebb szerepe az üvegházhatás kialakulásában, mint a széndioxidnak. A Föld 33 fokos többlet-hőmérsékletéhez (amely a légköri gázok üvegházhatásának következménye) a vízgőz mintegy 21 °C-kal, a széndioxid kb. 7 °C-kal járul hozzá (további 2 és fél fok írható a troposzferikus ózon, másfél a dinitrogén-oxid, közel 1 fok a metán és mintegy fél fok a CFC–HCFC-gázok szám-lájára). (6)

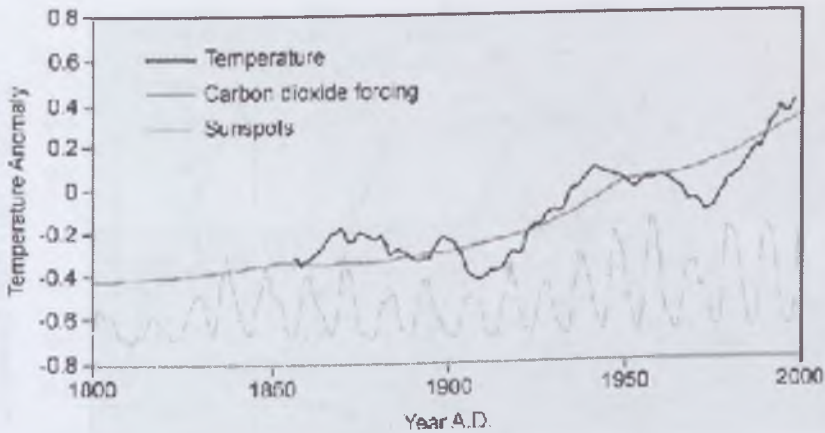
A vízgőz azonban ún. erősen változó összetevő. A széndioxid a *hosszú tartózkodási idejű*, illetve a *részben emberi eredetű* üvegházhatású gázok között a legjelentősebb (*teljesen* emberi eredetűek például az említett halogénezett és hidrogénezett fluorok, melyeknek természetes forrásuk nincs, és amelyek némelyike rendkívül hosszú – több ezer év – légköri tartózkodási idejű).

Az ötödik pont szerint

„az üvegházhatás kialakulásában az antropogén (emberi, ipari) származású CO_2 -nek csak 2%-os hatása van.”

A 33 °C üvegházhatású melegedéshez való eddigi 2 százalékos emberi hozzájárulás értéke 0,66 °C, ami jó közelítéssel azonos a mért globális felmelegedéssel. Ez is mutatja, hogy a további antropogén hatás komoly következményekkel járhat.

4. ábra



A hőmérséklet, a légköri széndioxid és a napfolt-tevékenység az utóbbi 200 évben

A hatodik állítás vitathatatlan:

„a földtörténet során jelentkező nagy lehűlések és felmelegedések (jégkorszakok) időszakában az emberi-ipari tevékenység nem játszott szerepet.”

Azonban fontos megismételni, hogy a földtörténeti korok nagy hőmérséklet-ingadozásai döntő részben a mainál *hidegebb* éghajlat mellett zajlottak le: nagy lehűlések után felmelegedés következett. De nincs tudomásunk arról, hogy bizonyosan bekövetkezne-e a visszahűlő fázis fordított sorrend (a mai, történetileg igen magas hőmérsékleti szintről induló további erőteljes felmelegedés) után is.

Figyelemre méltó, hogy egyes vizsgálatok szerint (7) lassú lehűléseket gyors felmelegedések követtek az alacsonyabb hőmérsékleti tartományban az elmúlt 170 ezer évben.

Kérdés, hogy miképp megy végbe (végbemege-e egyáltalán) a folyamat visszafelé magasabb hőmérsékletek mellett.

Attérve a hetedik következtetésre:

„az utóbbi 150 év meteorológiai és tüzelőanyag (szén, olaj, gáz) felhasználási adatai nem igazolják a hőmérséklet-változás (globális felmelegedés) közötti kapcsolatot.”

Az állítást a szerző cikkének 8. ábrája

alapján vonja le (A tüzelőanyag felhasználás és a globális hőmérséklet alakulása 1930–1990 években). Az ábrát a szerző utólagos szíves engedelmével megismertem:

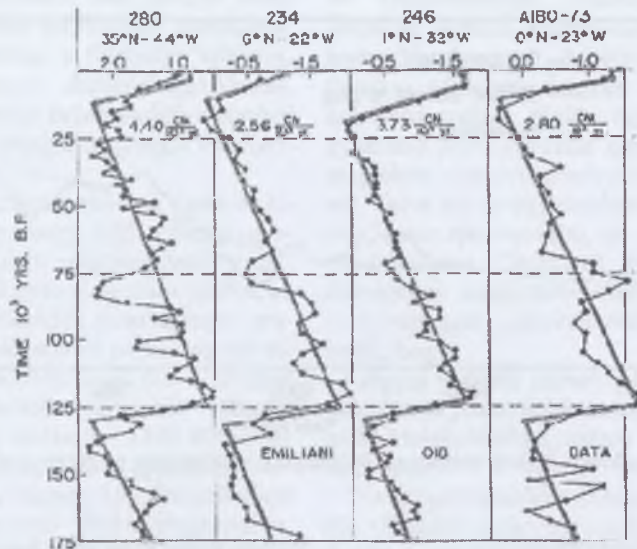
Az 1940 és 1975 közötti ismert hőmérsékleti fluktuációt követően (mely a globális hőmérsékleti rendszer inerciájából, idő-dilatációjából, az egyensúlyt fenntartani próbáló negatív visszacsatolások működéséből, vagy külső hatásokból eredhet) az ábra kimutatja az emelkedő hőmérsékleti reakciót a meredeken emelkedő vezérlésre. Megjegyzem, a hőmérséklet grafikonján indokolatlan a kiátlagolt érték emelkedésének megtörése, visszagörbülése az 1980-as évek végén, sőt, ha az 1990-től máig tartó időszakokkal kiegészítenénk, további meredek emelkedést tapasztalnánk (az öt globális melegrekordot döntő év – 1998, 2002, 2003, 2001 és 1995 – mindegyike az utóbbi évtizedben következett be):

A nyolcadik állítás:

„az utóbbi százötven év során jelentkezett 0,4–0,6 °C közötti globális hőmérséklet emelkedésnél az emberi (10 ezer év) és a földtörténeti múltban – emberi-ipari hatások nélkül is – lényegesen nagyobb hőmérséklet változások voltak”

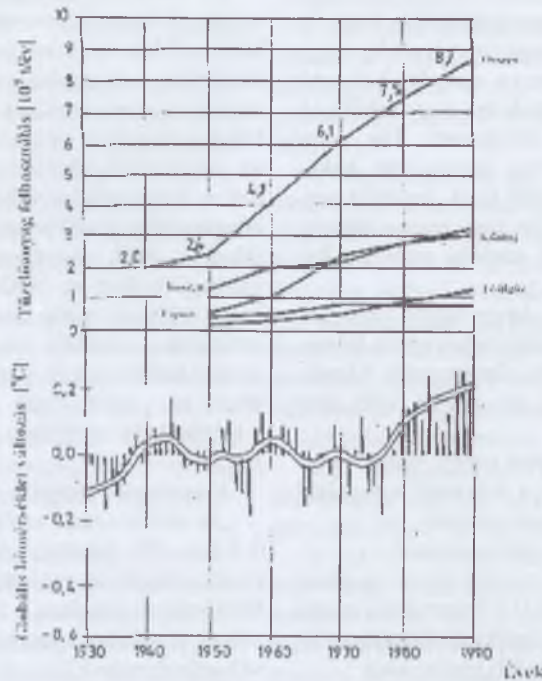
Hozzávéve a kilencediket:

5. ábra



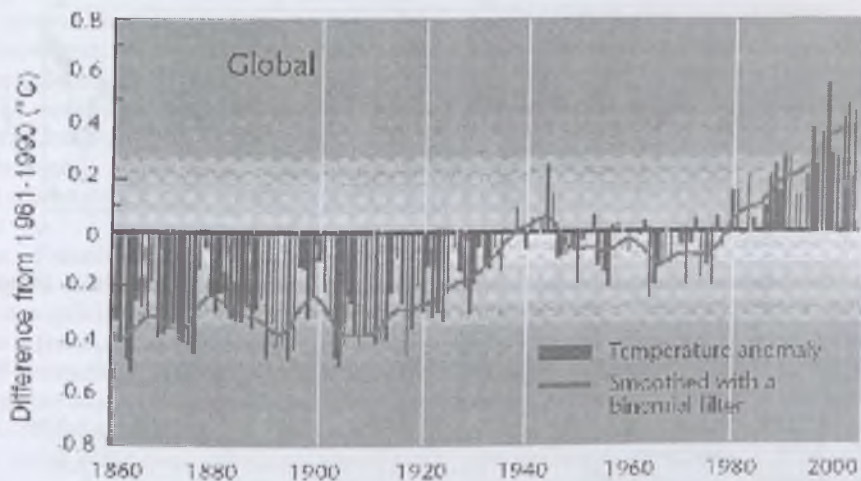
A hőmérséklet menete izotópos vizsgálatok alapján az elmúlt 175 ezer évben

6. ábra



Forrás: Kovács Ferenc: Az üvegházhatás és a globális felmelegedés egy kérdéséről – kézirat, 2003

7. ábra



A globális hőmérséklet eltérése az 1961–1990-es évek átlagától az elmúlt 140 évben (8)

„ezen változások (évenkénti ugrások) bekövetkezésére nincs pontos magyarázat.”

Az emberi és földtörténeti múltban bekövetkezett változásoknak négy fontos jellemzőjük volt:

a) általában lassan (nem éves-évtizedes, hanem évszázados-évezredes) időtávon következtek be;

b) megközelítőleg valamiféle periodikus-ciklikus rendszerbe illeszkedtek;

c) szoros összefüggést mutattak a légkör mindenkori széndioxid-tartalmával;

d) jellemzően a mainál *alacsonyabb* hőmérsékleti tartományokban játszódtak le.

Ezzel szemben az 1850-es évektől megfigyelhető tendencia *egy évezredes lassú természetes lehűlési trendet tört meg és fordított élesen az ellenkezőjébe* (ld. ismét az 1. ábrát).

A „Következtetések” tizedik pontja szerint:

„fentiek alapján minden természettudományos alapot nélkülöz az a nézet, hogy a globális hőmérséklet emelkedés okozója a fosszilis energiahordozókat felhasználó ipari létesítmények (erőmű, gépkocsi, stb.) CO₂ kibocsátása. (Lásd: földtörténeti múlt, ill. az

utóbbi háromszor ötven éves szignifikánsan elkülönülő időszak)”

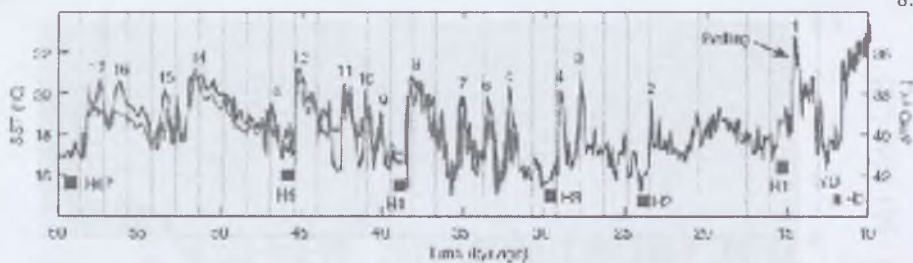
A fentiek alapján ez a következtetés nem állja meg a helyét. Az eddig kifejtett gondolatmenet erőteljes természettudományos alapokon nyugszik, a vitatott feltevésekkel szemben jól dokumentált természettudományos tényeket és állításokat tudunk bemutatni. A tudományos vitáknak természetesen folytatódniuk kell, folytatódni is fognak, azonban az nem jelenthető ki, hogy a vitában elfoglalt egyik nézőpont, nevezetesen az, amely a globális felmelegedés és a széndioxid-kibocsátás összefüggését állítja, minden természettudományos alapot nélkülözne.

A tizenegyedik következtetés azt veti fel, hogy

„a fosszilis ásványi nyersanyagok energetikai arányának (ami jelenleg az OECD országok átlagában 60%) csökkentésére a termionukleáris fúziós energia felhasználásáig – az atomenergián túlmenően – aligha lesz számottevő lehetőség.”

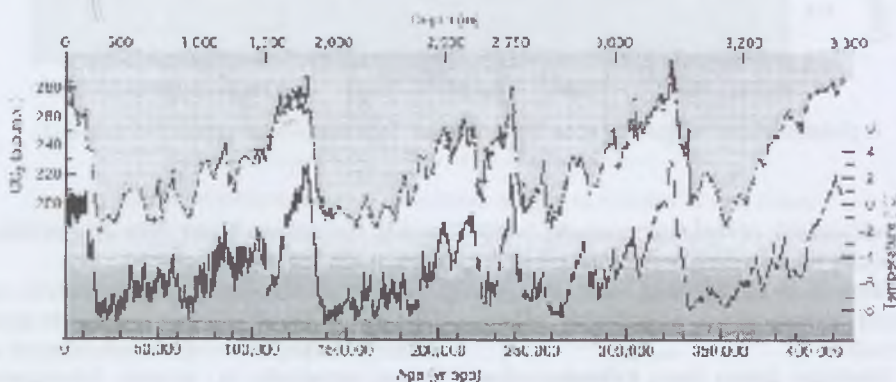
Ez a jövőkép nem számol a megújuló erőforrások (nap-, szél-, biomassza-) felhasználásának várható növekedésével. Egyes országokban (pl. Hollandia) ez az arány

8. ábra



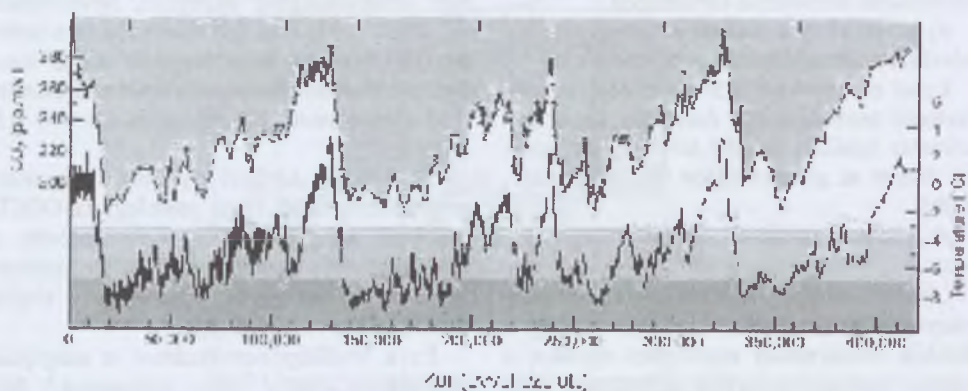
A hőmérséklet változása az elmúlt 60 ezer évben glöndlandi jégminták izotópos vizsgálata alapján (9)

9. ábra

A hőmérséklet és a CO₂-koncentráció összefüggése az elmúlt 400 ezer évben (10)

10. ábra

3.4 ● (11)

Az előző ábrára bejelöltük a CO₂-koncentráció mai értékét, melyet 1850 óta (az akkori 280 p.p.m.v. értékről) ért el

máris magasan az OECD-átlag fölött található. Ugyanakkor más országok, pl. Nagy-Britannia, intenzív energiahatékonysági technológia-fejlesztő programok beindítását tervezi, és széndioxid-kibocsátásának a kiotói elvárásoknál lényegesen erőteljesebb visszafogását ígéri.

A tizenkettedik következtetés azt állítja, hogy

„a fosszilis energiahordozók (tüzelőanyagok) felhasználásának számottevő korlátozása/csökkentése nem kívánatos hatással lenne a fenntartható fejlődésre.”

A fenntartható fejlődés éppen a fosszilis energiahordozók felhasználásának számottevő korlátozását tételezi fel illetve kívánja meg, mind a fogalom definíciója, mind tartalmi vonatkozásai értelmében. Eképpen értékeli ezt az Európai Közösség lezárult 5. és most induló 6. Környezetvédelmi Akcióprogramjának elemzése, valamint a fenntartható energiahasználattal kapcsolatos direktívái is (ld. pl. Az Európai Unió Fenntartható Fejlődési Stratégiája).

A „Következtetések” utolsó, 13. pontjában egyetértünk:

„indokolt lenne, hogy a közvélemény minden eleme/része racionálisan értékelje a természeti tényeket, nem visszaélve a szenzációt keresők törekvéseivel. (A korszerű szén-lignit erőművek ugyanis nem füstöt okádnak, hanem vízgőz H₂O pára távozik a kéntelenítő rendszerből.)”

Annyit azért hozzátések, hogy sajnos a vízgőz, vízpára is üvegházhatású gáz.

Attérve Kovács Ferenc akadémikus új másik dolgozatára, mely a *Milyen gázok és aeroszolok okozzák valójában az ún. üvegházhatást* címet viseli, megállapítható, hogy a két munka igen sok átfedést tartalmaz. Ez utóbbi három fő állítás köré csoportosítható:

1. A kiotói megállapodás érvénybe lépése vajmi keveset változtatna a klíma jövőbeli alakulásán („nem lesz érdemleges hatásuk”, „csak kismértékű csökkenést okoznak”, ill. „30 másik kiotói egyezmény lesz majd szükséges” a felmelegedés korlátozására).

2. Az éghajlat szélsőségesebbé válását

egyelőre nem lehet tudományos tényként kezelni (egyres helyeken csökkent a szélsőséges időjárási események száma, a tornádók mennyiségében és erejében nem mutatható ki számottevő változás, sőt esetenként csökkenés mutatkozik, a trópusi ciklonok nem váltak erőteljesebbé, melegrekordok mellett hidegrekordok is mutatkoznak, ill. egyes időszakokban a globális hőmérséklet is csökkent az elmúlt évszázadban).

3. A Földre érkező sugárzási energiát meghatározó, a felmelegedést és az eljegesedést okozó fő tényezők kevésbé a légkör gázainak összetétele, inkább a Nap sugárzásának paraméterei és földpálya különböző geometriai elemei (pályaelemek változása, a Föld sarkainak eltolódása, a Föld-pálya excentricitásának változása, a Föld tengelyszögének változása, a Föld forgástengelyének mozgása, a Föld viláűrbeli helyének hőmérséklete, a Föld-tengely dőlése az ekliptikához képest, a sarkok helyzete a Föld felszínén, a Föld-pálya alakja, különösen annak excentricitása, a kontinensek és a tengerek alakja és kiterjedése, a Föld felületének borítottsága (vegetáció), a tenger és légáramlatok iránya, a napéjgyenlőség helyzete stb.).

Ezek a megállapítások összességében, sőt legtöbbje külön-külön is érvényes tudományos megállapítás. Nem vitatható, hogy a jóslott 1,5–4,5 Celsius-fokos globális felmelegedést a kiotói korlátozás nem fékezne meg, még ha valamennyi ország szigorúan be is tartaná az előírásait.

Nem vitatható az sem, hogy az összkép szintjén nem állapítható meg az időjárás szélsőségesebbé válása, bár a Meteorológiai Világszervezet 2003. decemberi jelentése szerint matematikai statisztikai elemzésekkel a szélsőséges események gyakoriságának növekedése kimutatható (8).

És végül különösen nem vitatható az a felsorolás, amely a Földre érkező napsugárzás csillagászati és geometriai meghatározóit foglalja össze. A kérdés az, hogy ezekben bekevert-e az elmúlt harminc-ötven-százötven évben olyan léptékű változás,

amely indokolná a tapasztalt felmelegedést. Egyértelműen állítható, hogy a Föld mozgásában, pályájában, azaz a kozmikus geometriában nem tapasztalható olyan változás, amely az elmúlt évtizedekben a mért nagyságrendű felmelegedést okozhatta volna. A XX. század elején egyes megfigyelések szerint 0,4%-kal nőtt a Napsugárzás energiája. Mások szerint azonban ez a változás csupán a pontosabb megfigyeléseknek, az új típusú mérési eljárásoknak (mesterséges holdak) köszönhető.

Azonban meglehetősen tudományos bizonyossággal állítható, hogy az elmúlt harminc évben a naptévékenység ilyen változása nem következett be, holott az 1970-es évek közepe óta megfigyelt melegedés tempója háromszorosan haladja meg a XX. század egésze alatt észlelt felmelegedés sebességét.

Így összességében a dolgozat végkövetkeztetésével sem tudok egyetérteni, mely szerint

„a Földre érkező hőmennyiséget alapvetően a Napsugárzás alakulása, a Földpálya paraméterek ciklikus változása determinálja, valamint az is, hogy a Föld felszíni jelenségek és változások döntő módon befolyásolják az üvegházhatást, annak alakulásában az antropogén származású széndioxidnak minimális hatása van csak.”

Az utolsó mondatban azonban nincs köztünk vita:

„A széndioxid felszabadulás, a nettó mérleg alakulása kérdésében szubjektív vélemények, aktuális lobby érdekek mellőzése lenne kívánatos.”

Utóirat:

A *Nature* legutóbbi számai (2004. január 8., január 15., január 22.) további anyagokban foglalkoznak a klímaváltozás témájával. Az elsőben *Chris D. Thomas* és kutatócsoportja a Leeds-i egyetemről – a 2050-ig várható 0,5–3,0 Celsius-fokos felmelegedés által okozott fajkihalások veszélyére figyelmeztetve – nem csupán a további széndioxid-kibocsátás korlátozását, hanem *a már a légkörben levő széndioxid kivonását* is fontosnak tarja (11).

A másodikban *Stephen H. Schneider*, az amerikai klímakutatás legismertebb alakja *Spencer R. Weart* *The Discovery of Global Warming* (A globális felmelegedés felfedezése) c. könyvét ismerteti, érdekes vonatkozásokkal (Schneider egy könyve megjelent magyarul is (12)).

A január 22.-i számban a svájci *Christoph Schär* és hat munkatársa (Légkör- és Éghajlattudományi Intézet, Zürich) arra a következtetésre jutott, hogy a 2003-as európai nyári forróság igen kis matematikai valószínűségű esemény volt, még akkor is, ha az elmúlt másfél évszázadban mutatkozó felmelegedést tekintetbe vesszük. Egy regionális klímamodell segítségével kimutatták, hogy a globális felmelegedéshez a szélsőséges hőmérsékleti események gyakoribbá válása tartozik, azaz nem csupán a statisztikus eloszlás középtérének eltolódása a magasabb hőmérsékletek felé, hanem az eloszlásfüggvény kiszélesedése is. Számunkra fontos megállapításuk, hogy a változás maximuma Közép- és Kelet-Európában várható (13).

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) M. MANN et al., *Geophysical Research Letters* 26 (1999), p. 761. (2) VARGA-HASZONITS ZOLTÁN: Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scenáriók, „AGRO-21” Füzetek, 2003. 31. szám, 9. o. (3) IPCC Harmadik Helyzetértékelő Jelentés, 2001. (4) CZELNAI RUDOLF: Bevezetés a meteorológiába, Tankönyvkiadó, 1979, 74. o. (5) FELDMAN, T. S. (1993): „The Ancient Climate in the Eighteenth and Early Nineteenth Century.” In: *Science and Nature. Essays in the History of the Environmental Sciences*, edited by Michael Shortland. Oxford: British Society for the History of Science. (6) RÁKÓCZI FERENC: Életterünk a légkör. Egyetemi tankönyv, Mundus Kiadó,

- Budapest, 1998. (7) Broecker & van Donk: Reviews of Geophysics and Space Physics (1970) p. 171. (8) WMO Statement On The Status Of The Global Climate in 2003. Geneva, 16 December 2003. (9) STEFAN RAHMSTORF: Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. *Nature* 419, 207–214 (2002) (10) PETIT, J. R. et al.: Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* 399, 429–436 (1999). (11) CHRIS D. THOMAS et al.: Extinction risk from climate change. *Nature* 427, 145–148 (8 January 2004). (12) STEPHEN H. SCHNEIDER: A nagy földi laboratórium. Világ-Egyetem sorozat (sorozatszerkesztő Láng István akadémikus), Kulturtrade Kiadó, 1997. (13) CHRISTOPH SCHÄR et al: The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* 427, 332–336 (22 January 2004)

ÚJSZERŰ MEGKÖZELÍTÉS A HOSSZÚ TÁVÚ ELŐREJELZÉSBEN

FEKETE IMRE

Nagy érdeklődéssel olvastam a fenntartható fejlődéssel és a klímaváltozással kapcsolatos véleményeket, tudományos megállapításokat, tanulmányokat. Különösen felkeltette az érdeklődésemet a globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az arra adandó válaszok témájában tervezett kutatási projekt MTA–KvVM közös kutatási projektként történő indítása.

Hosszú idő óta dolgozom egy alternatív meteorológiai elmélet kidolgozásán, ezért szükségesnek láttam hozzászólni a témához, hátha a hosszú távú meteorológiai előrejelzések témakörében készült tanulmányomban foglaltak is segítenek minél szélesebb látókörből megvitatni a lehetőségeket és az adandó válaszokat, amivel előmozdítható a döntéshozók válaszainak megalapozásában.

1. A JELENLEGI ÁLLAPOT

Mint közismert a meteorológia tudománya azt a nézetet vallja, hogy a meteorológiai jelenségek hosszú távú előrejelzésére nincsen lehetőség, mert a légkörben a kezdeti állapot a továbbiakra nézve meghatározó jelentőségű, azt kis mértékben megváltoztatva jelentős eltérést eredményezhet a légkör állapotában. Ugyanakkor a kezdeti állapot minden jellemzőjét egy adott pillanatban nem lehet megmérni. Ebből természetszerűen az következik, hogy előrejelzési lehetőség gyakorlatilag nem létezik. A tudományos álláspont azért kínál egy módszertani kibúvót az időkorlát alól a közép és hosszú távú statisztikai módszerek gyakorlata révén.

Igaz, hogy ezzel a módszertípussal elfogadható valószínűségű eredményeket nem lehet felmutatni, de ez idő szerint nincsen jobb lehetőség. A biztató jövő szempontjából újabban megemlítik az előre jelezhetőségi időkorlát áttörésére az éghajlati rendszer lassúbb folyamatainak kihasználását. Ebből a szempontból a Csendes-óceán térségében fellépő ún. ENSO (El Nino-Southern Oscillation) jelenséget szokták említeni. Álláspontjuk szerint az ENSO előrejelzésben a megfelelően módosított interaktív óceánlégkör cirkulációs modellek használható eredményeket szolgáltatnak. De úgy gondolják, hogy a statisztikai módszerek egyeduralmát ezen időskálákon még valószínűleg jó ideig nem veszélyeztetik a determinisztikus módszerek.

Ez a helyzet arra ösztönzött, hogy a kozmikus módszerek irányában próbálkozzam, ami annál inkább is kézenfekvőnek látszott, mivel az időjárás változásának leglényegesebb vonatkozásai eleve a Föld égitest voltával függnek össze. Így például az évszakos változások a Föld forgástengelyének $23,5^\circ$ -os ferdeségével függnek össze. A nappalok és éjszakák hosszának a változásai a tengely körüli forgás mellett ugyancsak ide vezethetők vissza. És ide vezethető vissza a szoláris éghajlati övek kialakulása is. Az apszis vonal forgása miatt a perihélium helye az ekliptikán állandóan változik, s így a Föld különböző évszakokban kerülhet napközbe, ill. naptávolba. De ezen kívül nyilvánvalóan hatása van a Föld és a Hold közös tömegközéppontjuk körüli keringésük során keletkező állandóan változó erőhatásoknak is.

A meteorológus szakmai körök tagadják, hogy az utóbbi jelenségnek is lenne a földi időjárás alakítására, változásaira hatása. Ebben komoly támpontot jelentett az, hogy a fizikai stúdiumok között hosszú idő óta ismert egy olyan formula, amelyik támogatja ezt az álláspontot. Nevezetesen arról van szó, hogy többek között *Budó Ágoston és Póza Jenő* által írt és többszöri kiadást megért egyetemi tankönyvben kidolgozásra került egy formula az árapály nagyságának meghatározására. A formula kidolgozásánál abból indultak ki, hogy a fizika által megfogalmazott, a tömegpontra illetve kiterjedt merev testre vonatkozó elveket alkalmazni lehet a Föld és a Hold közötti kölcsönhatás vizsgálata során. Ez véleményem szerint kétségesnek tekinthető, ugyanis *Bartha György* az 1966-os Csillagászati Évkönyvben megjelent cikke „A FÖLD ASZIMMETRIKUS FELÉPÍTÉSE” címet viseli és annak a feltételezésnek ad nyomatékot, hogy a Föld szilárd magja a földmágneses térrel együtt forog és középpontja 300–400 km-re excentrikusan helyezkedik el. Bár ez is csak egy hipotézis, azonban igen sok tényező támogatja, így aligha hagyható figyelmen kívül akkor, ha a Földet tömegpontként akarjuk szerepeltetni egy kozmikus kölcsönhatásban a Föld és a Hold közötti kölcsönhatásban. Figyelembe kell venni, hogy itt csak a két égitestet összekötő egyenessel párhuzamos erők alkotnak számottevő nagyságrendet, de nem lehet figyelmen kívül hagyni a két égitest tömegeloszlását. Ugyancsak problematikusnak tekinthető az, hogy *Bartha György* szerint, a Föld külső erőhatásokkal és tehetetlenségi erőkkel szemben folyadékként viselkedik, amit egyszerűen bizonyít a pólusokon kialakult lapultság és az a tény, hogy az egyenlítői keresztmetszete is ellipszis. Következésképpen kétes értékűnek tűnik a számítás eredményeként közölt megállapítás, amely szerint a föld felszínén a nehézségi gyorsulás nyolcmilliárdod részénél is kisebb lenne az árapály hatás értéke. Erre az elvonatkoztatásra feltehetően azért volt szükség, mert sem a Föld sem a Hold

tömegeloszlását nem tudjuk jelenlegi ismereteink szerint kiszámítani. A pontosság kedvéért meg kell említenem, hogy a Hold által okozott gyorsulás megfelel a megadott értéknek, azonban a $P = M \times A$ összefüggés alapján a feltételezhető tömegeloszlás szerinti lokális erőhatás jóval nagyobb lehet az ott megadott értéknél. Ráadásul ez a formula a körmozgás révén előálló árapályhatást tárgyalja. Ez az árapályhatás állandó jellegénél fogva nem képes a légkörben változásokat előidézni. A légköri mozgásrendszerek mozgató rugója eddigi tapasztalataim szerint a távolságváltozásokból következő sebességváltozás. Annak számítására ill. kimutatására viszont ez a formula nem alkalmas. A számítási mód eredeti céljának ettől függetlenül jól megfelelhet. A tanulmányomban kifejtett empirikus számítási eljárás viszont lehetővé teszi a gyakorlatban is megfigyelhető mozgásrendszerek és a számított erőhatások korrelációjának kimutatását.

2. A KOZMIKUS HATÁSOK VIZSGÁLATA

Szakmai indítatásból mindennek előtt *a csapadékosság tekintetében kerestem összefüggéseket az égitestek mozgása és az időjárás között.* Ugyanis nagyon fontos lenne, hogy megfelelő előrejelzés álljon rendelkezésre annak eldöntésére, hogy mikor készüljünk fel egy jelentős árhullám fogadására, és mikor várható száraz periódus, amikor az öntözés feltételeit kell biztosítani. Egy ideig csak a közvetlen megfigyelés útján, majd az események bonyolultsága miatt egyre inkább az égitestek mozgását részletesen leíró, a csillagászati évkönyvekben közzétett táblázatok alapján kezdtem vizsgálni az esetleges korrelációkat.

Ezek során elsőként a Hold legrövidebb periódusának a vizsgálatával kezdtem a téma feldolgozását. Alapállásom az volt, hogy az időjárás mozgásrendszerei kapcsolódnak a Föld–Nap ill. a Föld–Hold távolságváltozásokhoz, és mint ahogy a Föld Nap körüli

keringése során a földpálya perihélium vándorlásával összefüggésben az évszakok időben eltolódnak, analóg módon a holdpálya perigeuma 8 850 339 év alatt direkt irányban való körbe fordulásával kapcsolatban is várhatóan tűntek bizonyos változások. Évenként történő elmozdulásnak megfelelően, a Hold által okozott időjárás-változásnak is fokozatosan el kell tolni a körbefordulás során. Számításaim szerint a földpálya és a holdpálya apszisvonala a Föld minden Nap körüli keringése alkalmával kétszer egy irányba esik, kétszer pedig merőleges lesz egymásra. Ily módon a Nap perturbáló hatására, mivel a Föld apszisvonala is direkt irányú forgást végez, egy-egy évre 3548 csúcs esik. Vagyis évente mintegy 47 nappal eltolódik. Ez a változás viszonylag rövid idő alatt zajlik le, így közvetlen megfigyeléssel ellenőrizhető a kapcsolódó időjárás-változás. Megfigyeléseim szerint ebben a rövid idejű változásban érzékelhető korreláció (de nem pontos ismétlődés) tapasztalható.

A hosszabb távú változások hatásainak feltárása csak az adatok részletes vizsgálata alapján végezhető el. Ezért hosszabb távú adatállományra volt szükségem. A csillagászati évkönyvek sorozatát kellett összegyűjtenem ahhoz, hogy a Nap és a Hold pozíció adatainak a sorozata rendelkezésre álljon. Ezek a csillagászati évkönyvek táblázatainak kimásolása révén könyvtárakból megszerezhetők voltak. Így el lehetett kezdeni a részletes vizsgálódásokat.

A korábbiakból is kiderül, gondolataim lényegében arra épülnek, hogy a Föld és a Hold ellipszis pályán történő keringése során egymáshoz és a Naphoz viszonyított távolságuk állandó változása a vonzóerők állandó változásával jár, aminek folyamatosan hatása van a légkör állapotára. A változással együtt járó tömegátrendeződés – annak gyorsasága miatt – nem következhet be úgy, hogy az egész Föld alakja változik, ezért azt feltételeztem, hogy ennek hatása a legrugalmasabb közegben, a légkörben okoz jelentősebb elmozdulásokat. Mivel a Föld légkörében nem egy mozgásrendszeri elem működik,

hullámrendszer kialakulását kellett feltételeznem. Vagyis azt, hogy a Föld és a Nap ill. a Föld és a Hold közti távolság folyamatos változása ezeknek megfelelő árapályhullámokat indukál a Föld légkörében. Ha az időjárási mozgásrendszereket felfoghatjuk hullámrendszerekként, akkor ezeket eredeztethetjük is az ily módon keletkezett árapály hullámokból. Vagyis a feladat most már az, hogy keressünk egy olyan hullámrendszert, melynek paraméterei megfelelnek mind a távolságváltozások, mind az időjárás-változások törvényszerűségeinek.

3. A HULLÁMRENDSZER KIVÁLASZTÁSA

Mivel a Földgömb egy zárt egység, csak egész számú hullámból álló rendszerek jöhetnek szóba. Vagyis olyan hullámhosszat kellett választanom, amelyik páros egész számban elhelyezhető a Föld kerületén. De meg kell felelnie annak a követelménynek is, hogy Európa felett is jelenjen meg egy duzzadó pontja. Ezeket figyelembe véve jutottam a 45°-os hullámhosszú állóhullámokból álló hullámgyűrű feltételezéséhez. Ez úgy nézne ki, hogy egy hullámgyűrű formájában magas és alacsony nyomású duzzadó pontok és a köztük lévő csomópontok váltakozó elrendezése mellett, egész számú teljes hullámból álló hullámgyűrű létezne, melyben az alacsony és magasnyomású duzzadó pontok is egyenlő számban vannak jelen egy szélességi kör teljes hosszában. A kezdő (Egyenlítő menti) hullámgyűrűt Északi és déli irányban ellentétes fázisú hasonló felépítésű hullámgyűrűk követik egészen a pólusokig. Ily módon 22,5°-os duzzadó pontok alakulnak ki, és figyelembe véve azt, hogy a Föld felületén egy foknak 111,11 km felel meg, egy duzzadó pont átmérője 2500 km-nek adódik, ami megfelel az időjárási mozgásrendszerek átlagos méretének. Megfigyeléseim szerint két párhuzamos hullámrendszer létezik. A Hold pályája nem párhuzamos sem az Egyenlítő-

vel, sem az Ekliptikával. A megfigyeléseim során az a tapasztalat alakult ki, hogy a feltételezett hullámrendszer a Hold útja során két önálló hullámrendszerre alakulva, két egymás mellett létező mozgásrendszert alkot a légkörben. Természetesen a Föld Nap körüli keringésének következtében hasonlóan két harmonikus mozgásrendszer jön létre. Végeredményben a hullámrendszer létrehozó hatás két elemének, a távolságváltozásnak és a deklináció értékváltozásainak a hatására alakul ki a két meghatározó hullámrendszer, mind a Nap, mind a Hold által keltett hullámok esetében.

4. HULLÁMRENDSZEREK A LÉGKÖRBE

Az előzőekből kiderül, az árapály erők pontos meghatározására nincsen módunk, mert nem ismerjük a három égitest tömegeloszlását. Ezért itt csak elvi meghatározások kerülhetnek szóba. Gyakorlatilag a Hold illetve a Nap irányába, és ezekkel 180° -os szöget bezáró irányban két változó intenzitású térbeli megoszló erőhatás keletkezik az égitestek tömegvonzásának és a tehetetlen tömeg mozgásának hatására. Ezeknek az erőhatásoknak illetve ezek növekményeinek mint gerjesztő erőknél a következőkben a légkörben hullámmozgás indukálódik. Az így keletkező hullámok a légkörben állóhullámként jelennek meg, és a légkör fizikai természetéből következően gömbhullám jellegűek. Ez a folyamat úgy zajlik, hogy a növekvő erőhatás során a nehézségi gyorsulás (az erőhatásnak megfelelő eloszlásban) csökken, ezért a légkör felemelkedik, a csökkenő erőhatás során viszont a nehézségi gyorsulás értéke növekszik és a légkör ezen a helyen (az erőhatásnak megfelelő eloszlásban) süllyed. A felemelkedés ritkulással, a süllyedés pedig sűrűsödéssel párosul. A ritkulás során befelé áramlás, a sűrűsödés során pedig kifelé áramlás történik. A Coriolis-erő hatására viszont az északi féltekén a befelé áramlás hatására az óramutató járásá-

val ellentétes, a kifelé történő áramlás során viszont az óramutató járásával megegyező irányú örvénylés indul meg. Természetesen a déli féltekén fordítva alakul az örvénylések iránya. A légköri képződmények azonban nem csak a gerjesztő erők közvetlen hatására alakulnak ki. Mint ahogy előbbieknél szóba került, a gerjesztő erők hatására a légkörben meghatározott hullámhosszú állóhullámok képződnek és ezek az Egyenlítővel párhuzamos hullámgyűrűket alkotnak. A hullámgyűrűk ellenkező fázisú duzzadó pontokból és közbeeső csomópontokból épülnek fel. Az egyenlítőtől a pólusokig váltakozó fázisú hullámgyűrűk alkotják a teljes hullámrendszert. Így aztán a légköri mozgásrendszeri képződmények azok fázisainak megfelelően minden duzzadó ponton kialakulnak és együttesen alkotják a légköri időjárási mozgásrendszereket. A Nap és a Hold hatására keletkező mozgásrendszerek a légkörben szuperonáldódnak és egységes mozgásrendszert képeznek. Mivel a Föld keringési síkja (az Ekliptika) nem párhuzamos az Egyenlítővel és a Hold pályája is eltér az Egyenlítőtől, megfigyeléseim szerint nem egy mozgásrendszer keletkezik a légkörben, hanem kettő. Mégpedig az egyik a deklináció sinus függvényével a másik pedig a deklináció cosinus függvényével arányos módon. További energia értékváltozás következik be azáltal, hogy a felemelkedő meleg légtömeg nem csak a gerjesztő erő hatására, hanem a hőmérséklet különbség hatására is tovább mozog, növelve ezzel a kialakult mozgásrendszer energia tartalmát. Elgondolásom szerint ez lehet az oka annak, hogy a különböző szélességeken keletkező mozgásrendszerek energia tartalma sokszor jelentősen eltér egymástól (pl. trópusi ciklonok esetében).

5. A HULLÁMRENDSZER MEGHATÁROZÁSA

A hullámhossz lényegében adott, az előbbieknél kifejtett feltételek alapján 45° . Mivel a gömbfelületen a távolság ívhossz-

ként lenne megadható, célszerűbbnek látszik a hullámhosszat központi szögként megadni. Ez az adat egyértelmű és független a sugár értékétől, ugyanis a keletkező hullámrendszer magasságát pontosan (a légkör pillanatnyi fizikai állapotának ismerete hiányában) nem tudjuk meghatározni, mert az a rugalmas légkörben a sűrűség és a légköri nyomás függvénye. A hullám amplitúdója számítással lenne meghatározható, de a pontos számításához nem ismerjük a gerjesztő árapályerő pontos értékét, ezért empirikus úton vagyunk kénytelenek azt meghatározni. Ebben segített a rengeteg megfigyelésből származó tapasztalat. A Nap és a Hold által keltett hullámok amplitúdóinak összegezését pedig grafikusán végeztem el oly módon, hogy a Nap által keltett árapályhatás grafikonjára, mint vivő frekvenciára raktam fel a Hold árapályhatásának értékeit. Ezáltal egy olyan grafikonhoz jutottam, melynek értékei arányosak a légköri mozgásrendszerek intenzitásával, és mind a Hold, mind a Nap által keltett erőhatások értékét ill. azok összegzését tartalmazza. Most már csak az a kérdés, hogy hol, a Föld melyik részén értelmezhető ez az érték? Természetesen mivel az évkönyvekből vett, a számításaink alapját képező adatok a Greenwichi meridiánra (0h UT.) vonatkoznak, számításaink eredményei is ott, illetve a $p \times \sin x$ esetén az Egyenlítőtől számított negyed hullámhossznyira, $p \times \cos x$ esetén pedig az Egyenlítőn. Az Egyenlítő szélességi értelemben kezdő helyzetnek számít, mivel a Coriolis erőnek is ez a zéruspontja. Az Egyenlítővel párhuzamos hullámgyűrűk esetében pedig 22,5°-ra ellentétes, 45°-ra pedig azonos fázisú értékeik jelennek meg. Ezen túl mindkét hullámrendszer esetében az előbbi szögtávolságonként (22,5°) ellentétes értelmű hullám gyűrűk alakulnak ki egészen a pólusokig. Ezek a hullámrendszerek nem statikusan a Föld egy pontjához kötötten működnek, hanem követik a Hold keringő mozgását Ny–K-i irányban. Ezért a grafikonok amplitúdói a „0” meridián hosszúságában állandóan változnak.

6. A GLOBÁLIS JELENSÉGEK VIZSGÁLATA

A meteorológia szakmai elitje nagy várakozással tekint az óceán-légkör kölcsönhatásának vizsgálata elé, amit a légkör általános cirkulációjának és a világóceán vízkörzésének kapcsolata szempontjából végeznek. Ez az elgondolás tulajdonképpen az ENSO-jelenség megismerése kapcsán merült fel. Úgy gondolták, hogy ez a globális jelenség az óceán magas hőtároló tulajdonsága révén jelenik meg a légkörben, és kihat a teljes légkör viselkedésére.

Az én tapasztalataim mást mutatnak. Bár a két párhuzamos hullámrendszer hatásának megfigyelése meglehetősen nehéz, bizonyos helyzetek mégis magukra vonták a figyelmet. Nagyon érdekes például, hogy a jelentősnek tartott ENSO epizód évében, 1997. második felében és 1998-ban az általam szerkesztett $p \times \cos x$ görbe értékei szinte kizárólag csak a negatív tartományban fordultak elő. Ugyanakkor a $p \times \sin x$ értékei a jelzett időszakban csak a pozitív értékekben jelentek meg számottevő nagyságrendben. És ebben az időszakban a Hold pályájának deklináció-értékei minimálisak, vagyis 18,5° körüli értékeket vesznek fel. Természetesen azt is megfigyeltem, hogy más években ilyen tartós elkülönülés nem volt tapasztalható. Külön érdekessége a dolognak, hogy a $p \times \cos x$ -görbe maximuma az Egyenlítő felett van (0° szélesség), és így nem alakulhat ki a duzzadó pontokon sem ciklon sem anticiklon, mivel az Egyenlítőnél északra a Coriolis-erő az óramutató járásával ellentétes, az Egyenlítőnél délre pedig az óramutató járásával megegyező irányba téríti el a mozgás irányát. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a csökkenő árapályhatás következtében (növekvő légnyomásértékek mellett) kis ingadozástól eltekintve nyugatkeleti irányú áramlás alakul ki a szóban forgó időszakban az Egyenlítő térségében Greenwichnél és Peru előterében is. Csökkenő árapályhatás esetén pedig ennek az ellentétje történik, azaz kelet-nyugati áram-

lás alakul ki a légkörben a jelzett helyeken. A többi ENSO-anomália során a deklináció értékek maximumai a 97–98. évtől eltérően a következőképpen alakultak:

1965-ben	22°58'–26° között,
1972–73. évben	26°49'–23°48' között,
1982–83. évben	21°50',
1992. évben	24°50'–22°27' között.

Ha ugyanakkor a távolságváltozási görbe maximális értékei is arra az időszakra estek, amikor a deklináció értéke 22°30' fölött alakult, ez az eset is eredményezhetett El Nino anomáliát. Ugyanis a két hullámrendszerben ez a helyzet ugyanolyan fázisú hullámok keletkezéséhez vezet, mint ha a deklináció értéke a +11,25 és a -11,25° között lenne. Ebben az esetben a másik feltétel az, hogy a távolságváltozási görbe maximális értékei is szinkronban legyenek. Ez a feltétel pedig adottnak tűnik azáltal, hogy annak periódus-ideje 8,85 év, és 1964–1973–1982–1992. évek között ennyi időeltérés van. Az 1997–98. évek és 1992 között viszont csak 4–5 év telt el. Ez a helyzet arra utal, hogy itt a távolságváltozási görbe ellentett értelmű szélsőértéke játszott szerepet és a két szélsőérték között 4,42 év a különbség. Természetesnek tűnik viszont, hogy az 1997–98. évi szélsőérték-helyzet generálja az igazi anomáliát, mert egyértelműen ez volt az elmúlt időszak legintenzívebb anomáliája. Így lehetséges, hogy ezzel az összefüggés sorral megoldódhat az ENSO-jelenség előre jelezhetősége. Talán nem kell évtizedeket várni, hogy az óceán-légkör együttes kutatása alapján új elmélet születhessenek ennek kiderítésére. Meg kell még állapítanom, hogy 1997–2001, illetve 2002. évek között is eltelt a kritikus 4,42 év, és a Hold deklináció értéke 22°27'–25°45' között alakult 2001. és 2002. évek során. Tehát ezek szerint ez a két év is magában hordozza az El Nino évek jellegzetes tulajdonságait. Igaz, annyiban el is tér azoktól, hogy a két görbe maximumai eltérő amplitúdó értékekkel állnak szemben egymással.

Meg kell azonban állapítani, hogy jelentős anomáliák előfordulására sor kerülhet nem csak ezekben az években, hanem más években is. Ugyanis az azonos fázisú hullámok halmozódásából más években is kialakulhatnak kiugró nagyságú szélsőértékek. Ezeket azonban nem lehet a hullámok sablonos összevetéséből kimutatni, hanem a konkrét értékek összevetése révén kell a kiugró szélsőértékeket és azok helyét meghatározni, mégpedig pl. a NAO-index alkalmazása során szerzett tapasztalatok segítségével. Ezáltal viszont Európában bármilyen, az időjárással összefüggő fordulat előrejelzése megoldható lehet.

Ha tehát ilyen alapon kezdjük vizsgálni az ENSO-ra és a NAO-ra vonatkozó korrelációkat, feltehetően több és pontosabb információhoz juthatunk, mint eddig. És ebből, illetve az eddigiekből talán a jelenlegi ismeretek alapján is megállapítható, hogy a jelenség *nem kaotikus, hanem periodikus!* Tehát előre jelezhető.

7. A HOSSZÚ TÁVÚ ELŐREJELZÉS LEHETŐSÉGEI

Amint az előzőekből látható, az ENSO-jelenség előrejelzése megoldható és ezáltal egy sor területen adott lehet az időjárás tendenciái hosszú távú előrejelzésének lehetősége. Bár ez nem az időjárás pontos előrejelzését jelenti, de sok esetben annál is fontosabb lehet meghatározott területekre várható szélsőséges időjárási helyzetek előrejelzése.

Ugyanakkor számítani lehet a közép és hosszú távú előrejelzésben a szerkesztett grafikonok alkalmazásaira is. Ennek érdekében bemutatom a két görbe számítására az elgondolás folyamatában kialakult empirikus formulát:

$$P = f \times m \times M/r^3$$

ahol f = a tömegvonzás állandója

m = a Hold tömege

M = a Föld tömege

r = a Föld-hold távolság napi értéke.

Az így számított érték lényegében a térbeli megoszló erő eredőjének tekinthető. A változó intenzitású térbeli erő átlagértékét csak egy becsült tényezővel történő osztás révén kaphatjuk meg, mivel nem ismerjük az eloszlási görbe egyenletét. Ha a dinben kapott eredményt 10^7 négyzetméterrel osztjuk, az eredményt hektopascalban kapjuk. Ilyen módon minden naponkénti holdtávolságra kiszámítjuk a képlet szerinti értéket, majd rendre kivonjuk őket egymásból. Ezáltal a vonzóerő napi növekményének értékeihez jutunk. A Hold nem az Egyenlítővel párhuzamosan mozog, ezért a Föld légkörében nem egy, hanem két harmonikus hullámmozgást indukál egyidejűleg. Ezeket a $p \times \sin x$, ill. a $p \times \cos x$ összefüggés segítségével számítom ki, ahol $x = 111,111 \times 3,14 \times d/2500$ d a deklináció napi értéke.

Az így számított értékek alapján szerkesztett grafikonok tartós megfigyelése azt mutatta, hogy az időjárás-változások ezek szélsőértékénél következtek be. Vagyis akkor, amikor a görbék iránytangensei előjelet váltottak. Ez pedig egyértelműen arra utal, hogy ezeket a görbéket ismét deriválni kell ahhoz, hogy közvetlenül az időjárási mozgásrendszerek változásait tükrözzék. És amikor a deriválást (a 2003. évi grafikonokon) elvégeztem, szinte meglepő módon olyan új görbékhez jutottam, amelyek most már teljességgel összhangban vannak ezekkel a mozgásrendszerekkel.

Az előrejelzés lehetőségére vonatkozó megoldások tulajdonképpen statikus megállapítások egy dinamikus rendszerben. A folyamatnak egy pillanatnyi helyzetét mutatják. Az időjárás a valóságban egy komplex folyamat, tehát a pillanatnyi helyzetkép nem adhat róla tökéletes képet. Eddig még nem sikerült megtalálnom az ábrázolásnak azt a módját, amelyik lehetővé tenné azt, hogy dinamikájukban tudjuk szemlélni a várható légköri folyamatokat. Ez képezi a következő megoldandó feladatot. A grafikonok változásait megjelenítve a hullámrendszerek hálózatában, a Föld bármely területére bármely időpontra előállítható lenne az időjárási

mozgásrendszerek képe az időjárás napi jelentéseinek analógiájára. Ehhez hozzájárul az is, hogy Európa térségében a mellékelt térképeken, melyeket a hullámrendszerek paramétereinek megfelelően szerkesztettem, megjelenítettem az áramlások irányát is. Ez a fejlemény nagy előrelépést jelenthet a dinamizálás tekintetében is, hiszen ezek után már csak azt kell megoldani, hogy a program a görbék vezérlése révén a virtuális térképen a vezérlésnek megfelelő módon mozgatva a mozgásrendszernek megfelelő ábrákat, a négy alapeset között, folyamatosan mutassa a pillanatnyi helyzetet és az annak megfelelő áramlási képet. Ezzel olyan helyzetet teremtettem, melynek révén a kellő gyakorlattal és adatháttérrel rendelkező meteorológus szinte a jelenlegi napi jelentéseknek megfelelő színvonalú előrejelzést készíthet akár egy évre vonatkozóan is. Természetesen ehhez az is szükséges, hogy a program a nagyságrendeket is tudja értékelni és követni.

Megfigyeléseim szerint a mérsékelt övezetben a hőmérsékletváltozás hatására létrejövő légnyomásváltozás görbéjére rakódnak rá az árapály-hatásból következő változások, és ezek együttesen alkotják az időjárási mozgásrendszereket kiváltó légnyomás-különbségeket. A 2003. évre készített grafikonra felraktam a napi egy alkalommal mért légnyomás-értékeket (ceruzás ábra, saját műszeren leolvasott értékek). Ezek nem egyeznek meg előbbieik amplitúdó-értékeivel. Ez természetes is, hiszen a grafikonok a 45° és a 67° szélességen várható amplitúdó-értékekre vonatkoznak a 0° vagy a $22,5^\circ$ szélességen, a mért légnyomás-értékek pedig Pécs földrajzi helyzetére vonatkoznak. De ugyanakkor lehetőséget adnak az egy éves megfigyelések alapján az alábbi következtetések levonására: a tavasszal és ősszel mért légnyomás-értékek amplitúdói nagyobbak, és többnyire magasabb szinten jelennek meg mint a számított görbék értékei, nyári értékei viszont kisebbek és alacsonyabb szinten jelennek meg mint a számított grafikonok értékei. Ebből következően a grafikonok

akkor tükrözik helyesen a valós helyzetet, ha nem egyenes tengelyre, hanem az évszakos légnyomásváltozásnak megfelelő görbe tengelyre rakjuk fel a görbék amplitúdó értékeit. Vagyis mind a tengely meghatározásánál, mind az amplitúdó értékek számításánál figyelembe kell venni a légkör hőmérséklet-változás miatti sűrűségváltozását. Ez a következő feladatnak tekinthető. Megoldása további pontosítást, finomítást jelenthet.

De ezek a görbék jelenlegi állapotukban is jó közelítéssel mutatják a szomszédos mozgásrendszerei gyűrűk adott térségre érvényes elemek (ciklonok, anticiklonok) helyzetét és nagyságát. A két görbe útján négy alapesetre vonatkozó térképei segítségével gyakorlatilag jól meghatározható, hogy egy adott napon, egy adott helyen milyen mozgásrendszerei elemek fogják alakítani a térség időjárását és milyen szélmozgások várhatók egy adott területen. A sűrűség és annak megfelelő légnyomás változás kidolgozása és érvényesítése után a grafikonok a valós (illetve többszörösen átlagértékek szerepelése miatt ahhoz közeli) légnyomás-változásokat fogják tükrözni, tehát azok vezérlésével modellszerűen követhetők lesznek a tényleges mozgásrendszerei folyamatok a négy alapeset között is. Akkor az időjárás előrejelzése már folyamatában történhet, vagyis azok alapján már csak számítástechnikai feladat lesz az új szemléletű időjárás-változási modell megszerkesztése. Ebben jelentős segítséget adhat az ENSO és a NAO-jelenségek vizsgálata is.

Mindenesetre meg kell itt állapítani, hogy az említett grafikonok nem adnak közvetlenül felhasználható időjárás paramétereket. Azokat tulajdonképpen a megkapott mozgásrendszerei elemek alapján a meteorológusnak kell generálnia.

A meteorológiai előrejelzések jelenlegi módszerei igen korlátozottak abból a szempontból, hogy csak a folyamatban lévő tendenciák extrapolálása révén, annak működési határáig képesek követni az időjárás folyamatokat. Új tendenciákat csak azoknak a légkörben történő megjelenésük után tud

figyelembe venni. A légkör kezdeti állapotára épülő matematikai modellek erre képesek. De ha elfogadjuk az e tanulmány során igazolt tény, miszerint az időjárás mozgásrendszerei változásai szoros kapcsolatban állnak az árapályerők változásaival és a hőmérséklet változással összefüggő légnyomásváltozásokkal, akkor a kezdeti állapot meghatározása lényegesen egyszerűbb mérési és számítási módszerekkel lesz megközelíthető és pontosabb meghatározást biztosíthat, a jelenlegi eljárásoknál és lényegesen hosszabb időtartamra. Vagyis kiterjeszhető lesz az időjárás előrejelzésének időtartama, és növelhető a pontossága valamint a megbízhatósága. Ahogy *Érdi Bálint* a *Természet Világa* című folyóirat 134. évf. 5. számában írt „Bolygórendszerek kaotikus dinamikája” című cikkében kifejti, a bolygómozgások is kaotikusak bizonyos feltételek között. Ebből következően pl. a Föld helyzetének előrejelzését elfogadható pontossággal csak 10 millió éves időtartamra lehet megoldani. Minden esetre az egy évre készített pozíció-számítások elegendően pontosak lehetnek ahhoz, hogy a kifejtett számítási eljárásnak megfelelő eljárásokat rájuk alapozhassuk. Sőt úgy gondolom, hogy néhány évtizedre is elegendő pontosságot kaphatunk ilyen számításokhoz. Az évszakos hőmérsékletváltozásokat, illetve az ezekből következő levegő sűrűség változásokat pedig a hosszú távú átlagok alapján építhetjük be számításainkba. Ha ezeket tekintjük kezdeti adatoknak a légköri mozgásrendszerei előállításához, a valósághoz hű ill. azokhoz igen közeli eredményekre számíthatunk az igény szerinti távon. Vagyis ha megtartjuk a rövidtávú előrejelzések jelenlegi sikeresen működő módszereit, hosszú távra pedig a „kozmosz meteorológia” új elméletét alkalmazzuk, a jövőben bármely távra megfelelő előrejelzési módszerrel rendelkezhetünk, ráadásul egy jó kontroll is rendelkezésünkre állhat.

Mindezek mellett figyelembe kell venni, hogy – különösen hosszú távon – az időjárás klimatikus hatások is befolyásolják.

Ilyen tényezőnek kell tekinteni pl. a globális felmelegedés következtében létrejövő változásokat, illetve más, az éghajlatot jelentősen befolyásoló hosszú távú tényezőket.

8. A KLIMATOLÓGIAI VONATKOZÁSOK

Az előzőekben leírtak, hogy a görbék amplitúdói a Föld és a Hold helyzetétől mozgásuk jellegétől függenek. Ezek egyike a Hold pályamenti sebessége, illetve a Föld - Hold közti távolság változása, a másik pedig a holdpálya deklináció értékének változása. A pályamenti sebesség és a Föld-Hold közti távolság változása minden keringés során egy kis és egy nagy szélsőérték (perigeum és apogeum ill. a hozzájuk kapcsolódó sebesség értékek) között változik. Mivel azonban az apszis 8,85 év alatt körbefordul, ez alatt az időszak alatt a szélsőértékek is egy-egy minimum és maximum érték között változnak. Ugyanakkor a pálya deklináció-értékei 18,61 év alatt változnak két szélsőérték között. Ez a háromféle változás, ami a meghatározó tényezők között zajlik, olyan rendkívüli variációs lehetőséget jelent a görbék amplitúdó értékére, hogy közvetlen kimutatható ismétlődésre csak igen ritkán kerülhet sor. Nem is beszélve Föld mozgásának periódusairól, vagyis nyugodtan megállapíthatjuk, hogy pontos ismétlődés szinte egyáltalán nem fordulhat elő. Tehát ha elfogadjuk, hogy a Nap, a Föld és a Hold közötti távolságváltozások szerepet játszanak a Föld időjárásának alakulásában, akkor azt is látnunk kell, hogy pontos ismétlődések csak rendkívül ritkán alakulhatnak ki az időjárásban is. Vagyis a hasonlóságon alapuló módszerek önállóan nem tesznek lehetővé pontos előrejelzést, de jó szolgálatot tehetnek a más módszerekkel készített előrejelzések kiegészítéseként, ellenőrzési jelleggel.

Az ENSO és a NAO-jelenség, a Hold és a Föld mozgásának különböző távú periódusai mind jelentős változásokat okozhatnak a földi klímában. De ezek hatása szinte kivétel

nélkül megjelenik az árapály-számításokban, így azok hatásával nem kell külön foglalkozni. Vannak azonban olyan hatások is melyek függetlenek ezektől a számításoktól, így azok hatását figyelembe kell venni. Például a sokat emlegetett üvegházhatás, a széndioxid arányának a légkörben történő megnövekedése, az általános felmelegedés is okozhat változásokat. Sajnos ez a tényező nem mérhető változásokat eredményezhet. De elég sokan vitatják is, hogy egyáltalán játszhat-e kiemelkedő szerepet a klímaváltozásokban. Ugyanis a Föld légkörének hőmérsékletét elsősorban a víz, vízgőz és a vízgőz okozza. Mégpedig rendkívül sokoldalúan. Ha a Föld légkörének hőmérséklete melegszik, megnövekszik a párolgás, ami igen energiaigényes folyamat. Ennek fokozódása során megnövekszik a felhőképződés ami akadályozza a napsugarak behatolását, és ezzel akadályozza a további felmelegedést. Ha a Föld légkörének hőmérséklete csökken, a relatív páratartalom növekedése következtében megnövekszik a kicsapódás, melynek során a párolgási hő felszabadulva emeli a környezet hőmérsékletét. Ugyancsak dióhéjban elmondható, hogy 0° alatt a víz megfagyva ad le jelentős mennyiségű fagyási hőt. Hőt von el a környezetéből amikor megolvad. Ez a folyamat lényegesen hatékonyabban működik közre a légkör hőmérsékletének szabályozásában, mint a tengervízben gyorsan oldódó széndioxid, amit az asszimiláció során a növényvilág is felhasznál. A Föld légköre önszabályozó tulajdonságokkal rendelkezik, tehát csak jelentős módosító tényezők képesek a légköri viszonyokat észrevehető mértékben megváltoztatni.

Ujabbán egyre gyakrabban jelennek meg hírek arról, hogy különböző kutató csoportok megállapításai kétségbe vonják a napállandó állandó jellegét. Ezzel kapcsolatban az 1990-es évek közepén én is elgondolkodtam ennek egyfajta lehetőségén. A Vasárnapi Hírek 1992. 12. 20.-i számában közöltek egy riportot *Vaszilij Kovalenko* volt orosz űrhajós ezredessel. A riportban az ezredes azt a

kérdést feszegette, hogy a bolygópályák fókuszpontjában nem a Nap geometriai középpontja, hanem a Naprendszer tömegközéppontja van, és ennek a ténynek hatása van a Föld klímájára is. Mivel a riportban nem került kifejtésre, hogy ő ezt milyen módon képzelte el, megpróbáltam egy saját elképzelést kialakítani. Mindenek előtt megpróbáltam kiszámítani, hogy mekkora lehet az eltérés a Nap geometriai középpontja és a Naprendszer tömegközéppontja között. A bolygók keringési síkjára (Ekliptika) merőleges eltérés elég kicsi, és a probléma szempontjából közömbös, a számítások egyszerűsítése érdekében csak a keringési síkban történő elmozdulások számítását végeztem el évi egy-két időpontra. A számítások eredményét felraktam a Nap koordináta rendszerére, és a mellékelt ábrán jelenítettem meg. Mint az ábrán látható 1991-től 1996-ig folytonosan távolodott a tömegközéppont a geometriai középponthez képest. Becsült adatok alapján tovább folytattam a számításokat és annak eredményeit is ábrázoltam az említett rajzon. Mint látható, annak tanúsága szerint, a tömegközéppont 1998-tól fokozatosan közelít a geometriai középponthez, és várhatóan 2004–2005 után már ismét a Nap geometriai határára belül helyezkedik el. A 2004. évi csillagászati évkönyv adatai alapján megismételt számítások azt jelzik, hogy a tömegközéppont még 2003. év vége felé újra a Nap geometriai határain belül van. Ilyen körülmények között várható, hogy az esetleges gravitációs hatás megjelenik a földi időjárás esetleges módosulásában. Bár ez az időtartam elég rövid ahhoz, hogy biztos következtetéseket lehessen levonni az időjárási-klimatológiai konzekvenciákat illetően, elgondolkodtam azon, hogy milyen következményei lehetnek a két középpont egymáshoz viszonyított ilyen jellegű mozgásának. Röviden meg kell említeni a Nap energia termelésének a lényegét.

A csillagok energia termelése (jelenlegi ismereteink szerint) köztudottan a termonukleáris folyamatokon alapszik. Mint ahogy *Kulin György* „A Távcső világa” című köny-

vében olvasható: „A fősorozatbeli kistömegű csillagok anyagának gravitációs nyomását már viszonylag alacsonyabb, 4–10 millió °C-os hőmérsékletnek megfelelő gáz és sugárnyomás is kiegyensúlyozza. Az ilyen csillagok energiaforrása nem nagy intenzitású proton-proton ciklus. A szén-nitrogén ciklus 10–50 millió °C-os hőmérsékleten zajlik le. A Nap és naptömegű csillagok energiájának nagy részét intenzívebb proton-proton ciklus, kisebb részét a szén-nitrogén ciklus adja. A folyamat intenzitásáról pedig a következők olvashatók: „Az atommagfolyamatok intenzitása magas hatványkitevőn függ a hőmérséklettől, ezért nevezik ezeket a folyamatokat termonukleáris reakcióknak. A reakció intenzitása a proton-proton-ciklusban a hőmérséklet 4–6. hatványával, a szén-nitrogén-ciklus esetén a 16–20. hatványával arányos. Az energia termelés így a csillagok viszonylag szűkebb, legforróbb részére korlátozódik. Egy természetes atomerőmű van a csillagok belsejében, amely évmilliárdokig működik. „A Nap belső erőművében vélhetően mindkét ciklus működése folyamatban van. Sőt esetleg más energiatermelő ciklusok is elképzelhetők. Az energiatermelő folyamatok működése rendkívül lassú, igen hosszú időre van szükség egy hélium atom létrejöttéhez.

Az így termelődő energia sugárzás és konvekció útján, igen bonyolult folyamat során jut a felszínre. A téma kibontakoztatásához nem kívánom itt részletezni ezt a folyamatot. A dolog lényege, amit ezzel kapcsolatban fontosnak tartok elmondani az, hogy az energiaáramlás sebességét jelentősen befolyásolja a Nap anyagának gravitációs ereje. A Nap közvetlen közelében, de azon kívül megjelenik egy a Nap tömegénél kicsivel nagyobb virtuális tömeg (a Naprendszer tömegközéppontja), akkor annak feltehetően következménye lehet az, hogy árapály-ereje csökkenti a Nap anyagának gravitációs terhelését, vagyis a termelődő hőmennyiség a korábbinál gyorsabban, rövidebb idő alatt és nagyobb mennyiségben juthat a felszínre. Akkor abban az időszak-

ban amikor ez fenn áll, a Nap hőszugárzása intenzívebb lehet az átlagosnál. Vagyis előfordulhat, hogy ilyen időszakokban a Föld felszíne az átlagosnál jobban felmelegszik és ha ez a periódus elég hosszú, bizonyos mértékű globális felmelegedést tapasztalhatunk.

De mi történhet ennek a helyzetnek a megszűnése után?

Először is nyilvánvalóan visszaáll a Nap normális sugárzási intenzitása. Viszont ha az előző periódus hosszú ideig tartott, lehetséges, hogy a Nap a termelnél több energiát sugárzott, és akkor lehűlhetett az energia termelő-központ hőmérséklete, aminek az lehet a következménye, hogy lecsökken az energiatermelés sebessége. Talán nem túlzás feltételezni, hogy ebben az esetben a korábbiakhoz képest, és az átlagosnál is alacsonyabb intenzitású sugárzásra kerülhet sor, miután a csillag anyagának gravitációs ereje az előzőeknél erőteljesebben juthat érvényre. Ha ez az állapot elég hosszú ideig áll fenn, szükség lehet a vízgőz fordított működésének fellépésére, azaz meg kell akadályoznia a légkör gyors ütemű lehűlését, amit a levegőben lévő vízgőz egy részének kicsapódása révén, a rejtett hő részének visszaadásával érhet el. Ily módon a viszonylag rövid ideig tartó sugárzáscsökkenést a vízgőz szabályozó szerepe kiegyensúlyozza, és csökken a légkör vízgőztartalma, ami további szabályozási lehetőséget jelent azért, hogy kevesebb felhőképződésre nyújt lehetőséget. Ugyanakkor ez az időszak bizonyos csapadék többletet produkál, aminek ugyancsak vannak időjárási következményei. Viszont ha a sugárzáscsökkenés hosszú ideig tart, lassú globális lehűlés esetleg kiejégkorszak, nagyon hosszú lehűlés esetén pedig akár komolyabb jégkorszak is kialakulhat.

Rendkívül rövid az időszak ahhoz, hogy a Naprendszer tömegközéppontjának jelenlegi mozgásából egyértelmű következtetést vonhassunk le. Az előbbieken előadott fejtegetést ezért csupán egy esetleges fejleménynek tekintem, de ezzel azért szeretném felhívni a figyelmet arra, hogy jelenleg a tudomány

által elfogadott, a globális felmelegedés okául deklarált üvegházhatás elmélete mellett más lehetőség is szóba jöhet a Föld klímájának jelenlegi és jövőbeni alakulása okozójaként. Mindenesetre 2010-ig kiderülhet, hogy esetleg ennek a jelenségnek is jut-e szerep a Föld globális felmelegedésében, vagy valóban csak az üvegházhatású gázok játszanak kizárólagos szerepet ebben az egyre inkább nyugtalanító jelenségben. Természetesen más a feladata az emberiségnek akkor, ha az eddigiektől eltérő megállapításra jutunk.

Több olyan elgondolkodásra csábító dolog van a már ismert jelenségek között is, ami az említett folyamatot látszik erősíteni. Például az a *Czelnai Rudolf* egyik cikkében szereplő megállapítás, hogy az elmúlt másfél évszázad öt legmelegebb éve: 1998, 2002, 2003, 2001, és 1995 volt. Hiszen ezek mindegyike arra az időszakra esett amikor a Naprendszer tömegközéppontja a Nap geometriai határain kívül volt. Ugyancsak zavarba ejtőnek tűnik a Csillagászati Évkönyvben *Illés Erzsébet* által ismertetett megállapítás, miszerint a Plútó légkörének a felszíni légnyomása háromszorosára nőtt, hőmérséklete pedig 2°-al lett magasabb 2000-ben 1988-hoz képest. Igaz, a feltételezett okok között nem szerepel a Nap sugárzásában esetleg meglévő rendellenesség. Még egy szokatlan jelenség, hogy minden idők leghevesebb napkitörése volt 2003. október 28.-án, az eddigi csúcskitörés pedig 1989-ben volt. Van egy olyan jelenség az égi mechanikában, hogy ha egy kisebb égitest egy nagyobbat egy bizonyos mértéknél jobban megközelít, a kisebb tömegű égitest (belső szilárdságának függvényében) a nagyobb tömegű égitest árapály hatása révén feldarabolódik. Azt a távolságot, ahol ez bekövetkezik Roché-határnak nevezik.

Nem képzelhető el, hogy a Nap a Naprendszer tömegközéppontjához közeledve feldarabolódna, hiszen csak egészen elenyésző különbség van kettejük tömege között. De egy kissé szabadon engedett fantáziával elképzelhető, hogy a Nap fellazuló gravitá-

ciós ereje révén a szokásosnál nagyobb tömegű napszél és plazma áramlik ki belőle ilyen alkalommal. És ennek látványos következménye lehet egy, még a mérsékelt övi területekről is jól látható sarki fény. 1989-ben és 2003 októberében egyaránt közeledett egymáshoz a Nap és a Naprendszer tömegközéppontja.

Ha a bolygók mai helyzetét megfigyeljük, megállapíthatjuk, hogy a tömegközéppontnak a Nap geometriai határán kívülre kerülésére úgy 10-év múlva, a Jupiternek az Uránusz és Neptunusz eredője irányába kerülése során, majd ismét mintegy 10-év múlva a Szaturnusszal egy irányba kerülése alkalmával lehet esély.

Ilyen esetekben lehet a Nap jelenleg tapasztalt rendellenes működésére számítani. De akkor is csak igen rövid időtartamra.

Ez ugyan most csak egy halvány feltételezés lehet, de ha van összefüggés az említett jelenségek között, akkor fel kell készülnünk a Nap csökkenő sugárzási intenzitásának várható hatásaira.

Lehetséges, hogy a következő évtizedekben minden kitermelhető energiahordozóra szükségünk lesz ha nem akarunk fázni.

Tisztelt Olvasó!

Az „AGRO-21” Kutatási Programirodában és a vitairat szerzőjénél az alábbi mellékleteket tekintheti meg az érdeklődő:

1. A légköri hullámrendszerek meridionális metszete.
2. Eurázsiai kiemelt terület térképe az áramlási viszonyok sémáival, négy alapesetre.
3. A Nap és a Naprendszer középpontjának helyzetét bemutató ábra.
4. A 2003. évi grafikon derivált változata.

A mellékleteket terjedelmi okok miatt nem állt módunkban megjeleníteni.

9. ZÁRSZÓ

Mint az eddigiekből is kitűnik, lényegében egy teljesen új, az eddigiekhez szinte semmi-
ben nem hasonló elmélet körvonalazódott abból az eredeti elgondolásból, hogy a Föld és a Hold ellipszis pályán történő keringése végső soron meghatározza a Föld légkörének mozgásrendszereit, illetve a mozgásrendszerek jelentős részét. Hosszú ideig tartó megfigyeléseim igazolták és kibontakoztatták ennek a mechanizmusnak a lényegét, kiszűrték a téveszmék időszakos hatásait.

Bebizonyították, hogy az időjárás – ha nem is egyszerű módon és nem is 100%-osan, de akár hosszú távra is – előrejelezhető. Ebből én a legfontosabbnak nem is a közvetlen előrejelzést, hanem elsősorban a várható anomáliák területi elhelyezkedésének előrejelzési lehetőségét tartom. Azt hiszem nem kevésbé fontos az sem, hogy jelenleg helyesen ítéljük meg a klímaváltozás jellegét, irányát, és jól határozzuk meg a szükséges tennivalókat.

„Mivel ez az új elmélet lényegében kozmikus adatok feldolgozásán alapul, az így kialakult elméletet „ kozmikus meteorológia” elnevezéssel illetném.

HÍREK – ESEMÉNYEK

A FELSZÍN ALATTI VIZEK HASZNOSÍTÁSÁT KORLÁTOZÓ ÖKOLÓGIAI KRITÉRIUMOK

Az MTA–KvVM Tudományos Együttműködési megállapodás „A fenntartható vízgazdálkodás tudományos megalapozása” című projektjének keretében – projektvezető *Somlyódy László* akadémikus – a fenti címmel tartottak rendezvényt 2003. december 17-én a Műegyetemen. A délelőtti és kora délutáni előadásorozat keretében az alábbiak hangzottak el:

Simonffy Zoltán: Felszín alatti vízkészletek hasznosításának feltételei az EU Víz Keretirányelv szemléletével

Takács András Attila: Felszín alatti vizektől függő ökoszisztémák térképezése – eddigi eredmények

Aradi Csaba: A felszín alatti vizek és az ökoszisztémák kapcsolata Kelet–Magyarország síkvidéki feláramlási területein

Ambrus András: Makrogerinctelenek állapota és a vízjárás kapcsolata hegy- és dombvidéki kis vízfolyásokon

Liebe Pál: Forráshozamok változása a meteorológiai tényezők függvényében és vízkitermelés hatására

Führer Ernő: Felszín alatti vizektől függő erdők előfordulásai Magyarországon

Szalóki Sándor: Öntözés nélkül termesztett növények talajvízből származó vízigénye

Délelőtt *Ligetvári Ferenc*, délután *Alföldi László* elnökölt. Az előadásokat élénk vita követte, melyek kiadványként megjelennek.

Az előadók sokszínűen közelítették a témakört, ami már a címekből is kiderül. Az előhangzottak keretében a víztest, a víztest mélységhatára, a hasznosítható vízkészlet – vízkivétel – utánpótlás, az ember szerepe, a talajvíz kérdésköre kapott hangsúlyt.

A figyelmes hallgatónak az bizonyosan feltűnt, hogy tulajdonképpen az ökológiai kritériumokról, valamint az ökológiai kritériumok és a felszín alatti vizek hasznosításának az összefüggéséről meglehetősen kevés szó esett az egyébként igen színvonalas rendezvényen.

Cs. L.

ÖTLETBÖRZE

A „VAHAVA” projekt keretében mintegy 20–25 tudományos és műszaki bizottságban (MTA–MTESZ) ötletbörzét tartottak. Így került sor az elsők között az MTA Agrokémiai és Talajtani, valamint a Növénytermesztési Bizottság együttes ülésére, ahol más napirendi pontok között a projektről is beszélgettek. (Az ülés ideje, helye: 2004. január 20., Budapest, MTA Székház.)

Jolánkai Márton az MTA Növénytermesztési Bizottságának elnöke ismertette a globális klímaváltozással kapcsolatos projektet.

Láng István akadémikus a globális klímaváltozással kapcsolatban kiemelte, hogy a mostani ötletbörze (brain-storming) hátrafelé tekint, azaz az eddigi ismeretek birtokában keresi a kérdésekre a választ. Nagyon fontos, hogy bármely korábbi hasonló vonatkozású hazai és külföldi projektektől ez a VAHAVA program alapvetően két dologban tér el, egyrészt a projekt széleskörű szakmai véleményekre alapoz, másrészt a program kidolgozásában érvényesítik a fenntarthatóság elvét.

Várallyay György akadémikus MTA Agrokémiai és Talajtani Bizottságának elnöke a talajtan és agrokémia területéhez tartozó, klímaváltozással összefüggő eredményekre és összefüggésekre mutatott rá. A globális klímaváltozással, azok hatásaival nagyon sok tudományág foglalkozik, sok tudományterületet érint, így többek között a talajtani kérdéseket is. A globális klímaváltozások egyrészt kiterjednek a levegő összetételére, a hőmérséklet napi, havi és éves menetére, valamint a csapadék mennyiségére, megoszlására és formájára. Felmerül kérdésként, hogy a globális klímaváltozás mit jelent. Lehet-e azt a Föld minden területén egyformán és egyforma mértékben bekövetkező hatásként felfogni. Ez egyértelműen nem jelenthető ki. Az azonban bizonyos, hogy a klímaváltozás a tengervízszint növekedését eredményezi, megváltozik ugyanakkor a gleccserek határa, a jégsapkák nagysága, valamint változik az állandó fagy határa is, melyeknek együttes következményeként az alsóbb fekvésű delta és egyéb területek vízborítás alá kerülhetnek.

A tengervízszint emelkedése a talaj sóforgalmát is befolyásolja. Emiatt bizonyos területeken másodlagos szikesedés következhet be. A hőmérséklet és csapadék változása hatással van a talajképződési folyamatokra. Rámutatott, hogy a különböző éghajlatváltozási scenáriók szerint változik a területi vízmérleg, melynek hatására módosul az adott terület természetes és mesterséges kultúrnövény flórája is. Változik a területhasználat is. A területi vízmérleg, a növénytakaró és a területhasználat változása egyrészt hatással lehet a felszíni lefolyásra, amely növeli az eróziós veszélyt, másrészt befolyásolja a talajvízviszonyokat, melyek következtében változik a talaj sóforgalma. A klímaváltozás hat a talaj szervesanyagforgalmára, ami nagyon jelentős mértékben megváltoztathatja a talaj tulajdonságait.

Rajkai Kálmán említette, hogy 1994-ben a MTA–TAKI egy olyan kutatási programhoz csatlakozott, amelynek célja az akkori klímaváltozás hatásainak talajtani, talajművelési és növénytermelési szempont szerinti értékelése volt. Ennek keretében modellt dolgoztak ki,

amely modellt kedvező hatékonysággal lehetett hasznosítani. Ezeket az eredményeket a jelenlegi programban is eredményesen lehetne használni.

Cselőtei László akadémikus hozzászólásában kitért arra, hogy a klímaváltozásban fontos széndioxid (CO₂) megkötés lehetőségeihez mit nyújtanak a zárt termesztői közegben történő széndioxid trágyázás eddigi eredményei. Kiemelte, hogy a széndioxid-koncentráció erősen változott a napszaktól függően.

Bocz Ernő közölte, hogy a 30 éves vízellátottsági szolgálat eredményei jól hasznosíthatók a projektben. Rámutatott, hogy a rendkívül bonyolult hatásokat célszerű tartamkísérletekben értékelni és vizsgálni. A tartamkísérletek közül az OTK és egyéb kísérletek eredményeinek hasznosítására hívta fel a figyelmet.

Győri Zoltán véleménye szerint a klímaváltozás jelentős hatással lehet a növények kémiai összetételére, minőségére. Jelenleg is a DE ATC Mezőgazdaságtudományi Karán francia együttműködéssel vizsgálják a növényi termékek minőség alakulását, de a jövőben célszerű lenne e vizsgálatokat szélesebb körre kiterjeszteni.

Kovács Gábor történeti visszaemlékezésében azt húzta alá, hogy *Tessedik Sámuel* az 1700-as évek végén, 1800-as évek fordulóján Kondoros mellett olyan aszályos évjáratokat írt le, amelyben a kiégett legelőkön egész nyájak haltak éhen. Akkor is volt nagy szárazság, melyhez az akkori szakemberek alkalmazkodtak, így többek között a lucerna meghonosításával, amely kitűnő szárazságtűrő faj. Kiemelte, hogy a növénynevelők folyamatosan keresik azokat a génforrásokat, amelyekkel a növények, az egyes fajok szárazságtűrő képességét javítani lehet. Fontosnak tartotta, hogy a gyepek összetételének átalakításában alkalmazkodjanak a klímaváltozáshoz.

Kovács Géza a modellezők nevében felajánlotta a különböző modellek használatának lehetőségét, melyeket a Debreceni Egyetem és a kertészeti egyetemi karokon széles körűen alkalmazhatnak.

Szell Endre elmondta, hogy a VAHAVA tájékoztatókban különösen kedvező volt hallani arról, hogy integrált megközelítésről van szó, amelyben a változás–hatás–válasz hármas egysége valósul meg, azaz komplex szemléletet követ a projekt. Az aszály ellen a leghatékonyabb, legaktívabb beavatkozást az öntözés jelenti. A komplexitás azonban azt is magában foglalja, hogy az öntözés mellett egyéb agrotechnikai eszközöket (pl. talajművelés, gyomirtás, fajtamegválasztás, stb.) is passzív módon alkalmazni kell. Hivatkozott *Ruzsányi László* professzor munkájára, aki megállapította, hogy az egyes elővetemények mennyi vizet hagynak maguk után vissza a talajban, és ennek alapján kiemelte a vetésváltás fontosságát.

Várallyay György akadémikus fontosnak tartotta megemlíteni azt, hogy tudatosítani kell a társdiszciplínák képviselőinek gondolkodásában, hogy ma Magyarországon a talaj tudja a legnagyobb vízmennyiséget tárolni, és ezzel a hatalmas vízmennyiséggel a klímaváltozás esetén is számolni kell. Nagyon fontos az, hogy a talajt olyan állapotban (pl. talajműveléssel) tartsuk, amely a talaj vízbefogadó és víztartó képességét javítja.

Máté Ferenc elmondta, hogy a klímaváltozással kapcsolatosan rendkívül sok a bizonytalanság, de talán egy bizonyosság megállapítható, nevezetesen, hogy a szélsőséges időjárási jelenségek gyakorisága megnőtt, és kutatásaikban a Balaton vízgyűjtő területein is érzékelik ezt. A szélsőséges csapadékmennyiség miatt nő az erózió veszély, és erre a klímaváltozással összefüggésben oda kell figyelni. A jövőben a talajvédelemre nagyobb figyelmet szükséges fordítani. Összeállítottak olyan szabályozórendszert, amely a támogatás odaítélésének feltételeként a megfelelő talajvédelmi agrotechnikai beavatkozásokat támasztja alá.

Fülek György egyrészt kiemelte a szervesanyag-forgalom változásának klímaváltozással összefüggő hatásait, amelynek eredményeként, következményeként csökken a talaj pufferkapacitása. Tehát agrotechnikai szempontból rendkívül fontos, hogy figyelembe vegyék a

megfelelő szervesanyag visszapótlást. Az istállótrágya használata mellett ilyen lehet a komposztálás is. Másrészt a klímaváltozással összefüggésben a talaj tápanyag-szolgáltatási mechanizmusa is megváltozik, amit nagyon fontos a tápanyag-visszapótlásnál figyelembe venni. Rámutatott arra, hogy a középkorban hazánkban nagyon fejlett volt a vízgazdálkodás, elsősorban a rét- és legelőgazdálkodással összefüggésben, amely több és fejlettebb volt mint a foki gazdálkodás. Véleménye szerint ezeket az ismereteket és eredményeket a programban is hasznosítani kellene.

Szentpétery Zsolt említette, hogy a klímaváltozással összefüggésben a különböző agrotechnikai változások hatása, hatékonysága, az alkalmazkodás jelentős mértékben a műszaki háttértől függ. Fontosnak tartotta azt, hogy olyan gépvásárlásokat, beszerzéseket kell kormányzati úton támogatni, amelyek elősegítik a víztakarékos talajművelés megvalósítását.

Várallyay György ezzel összefüggésben említette, hogy a műszaki fejlesztési kérdés, ezen belül is a talajművelő gépek megválasztását úgy kell megoldani, hogy a termőhelyet vegyék figyelembe.

Antal József különösen fontosnak tartotta, hogy a talaj-víz-növény kapcsolatrendszerben gondolkodjunk, de figyelemmel kell lennünk arra is, hogy milyen egy adott terület állattartó képessége, vagyis célszerű lenne a programot a növényi tudományterületek mellett az állattenyésztéssel is bővíteni.

Csathó Péter arról szólt, hogy a tartamkísérletek eredményeiből az évjáráthatások és a tápanyagkezelések-évjáratok kölcsönhatásai is egzaktan megállapítható. Sújtó aszályos évjáratban a műtrágyázás a kontroll termés szintje alá csökkentheti a termés mennyiségét.

Kádár Imre ugyancsak a szántóföldi kísérletek fontosságát és azok eredményeinek felhasználhatóságát hangsúlyozta a projekt megvalósításában.

Dombóvári János felszólalásában a talajvédő erdősávok hatását a mikroklíma szempontjából emelte ki.

Izsáki Zoltán a tartamkísérlet szerepét a tápanyagforgalom és az évjárat hatásának megítélésében említette.

Sisák István arról beszélt, hogy a klímaváltozás a szélsőségek növekedésével jár együtt, amely fokozza az erózióveszélyt. A Balaton medencéjében három kísérleti helyen vizsgálják ennek a folyamatnak a hatásait.

Lehoczky Éva a talaj-növény rendszer sajátos elemeként a gyomnövények szerepére mutatott rá a klímaváltozással összefüggésben, megemlítve, hogy a klímaváltozás hat a gyomflóra összetételére is.

Debreczeni Béláné a szervesanyag-gazdálkodás fontosságát, annak széndioxid megkötésben betöltött szerepét húzta alá. A múlt században a szakirodalomban az istállótrágyát széndioxid-trágyázásnak tekintették. Az istállótrágyát meghaláló növények alá szükséges kijuttatni. Fontos a visszamaradt növényi maradványokkal való szervesanyag-gazdálkodás hatékonyságának javítása.

Fülek György fontosnak tartotta az erdősávok szerepét a klímaváltozással összefüggésben, amelyet a zöldfolyosók rendszerének kiépítésével indokolt kiegészíteni. Ma már öntözést olyan növényeknél is a természetstechnológia részének kell tekinteni, amelyek korábban nem voltak azok, de a termelési biztonságuk ma már ezt megköveteli (pl. a mustár).

Szell Endre véleménye szerint az erdősítés, az erdősávok nagyon fontosak a megfelelő mikroklíma kialakításában. Ugyanakkor az erdő – bizonyos részeken – csökkenti a talaj vízkészletét.

Hoffmann Sándor véleménye szerint a GMO növények esetében a jobb szárazságtűrést ezek megítélésénél figyelembe kell venni, ami a csökkenő vízmennyiségek takarékos felhasználása szempontjából fontos.

Neszmélyi Károly a fajtaminősítés rendszerével kapcsolatosan elmondta, hogy azok morfológiai, botanikai, genetikai tulajdonságokon nyugszanak és ez a jövőben sem változik alapvetően. Sajnálatos módon a fajtaminősítés nem foglalkozik azzal, hogy melyik fajták rendelkeznek jobb adaptációs képességgel.

Széll Endre ehhez hozzáfűzte, hogy az államilag elismert fajták kísérlete viszont rendkívül hasznos segítséget nyújt a szárazságtűrő fajták, hibridek kiválasztásában.

Mika János véleménye szerint a frontok gyakorisága nem változott, az éghajlati övezetek eltolódása pedig nem egyszerű kérdés, és a Föld nem minden területén lehet bizonyítható. A klímaövezetek változása sok tényező által befolyásolt. Azt azonban többé-kevésbé bizonyosan lehet állítani, hogy a felmelegedéssel kapcsolatosan megszorodnak a szélső értékek. Ugyanakkor a szélső értékek gyakoriságának növekedése nem minden meteorológiai paraméterre igaz.

Hepp Ferenc kiemelte, hogy a korábbi évszázadokban is előfordultak száraz periódusok. A korábbi irodalmakban hangsúlyozták, hogy mintegy 20–21 évenként fordultak elő a korábbi évszázadokban száraz periódusok.

Jolánkai Márton a fajtamegválasztás fontosságára hívta fel a figyelmet a változó klímához való alkalmazkodási folyamatban.

Az ötletbörze zárásaként *Láng István* kiemelte, hogy rendkívül hasznosak voltak a javaslatok, amelyek eredményesen épülhetnek be a programba. A felvetésekre részletesen nem tért ki, de néhány általános konklúzió között megállapította, hogy fontos annak tisztázása, hogy mely ismeretek biztosak, melyekre nem tudjuk a választ. Az eddigi tudományos ismeretek óriási információs potenciált jelentenek amit szükséges hasznosítani. Ebben a folyamatban közéleti és politikai erőkkal kell kapcsolódnunk, hiszen ezek biztosítják azt, hogy a projekt eredményei megfelelő mértékben és hatékonysággal hasznosuljanak. Nagyon fontos, hogy a projekt választ adjon az alkalmazkodás módjairól, hiszen az elemzések, az értékelések éppen a gyakorlati összefüggésben tölthetik be valódi szerepüket. Sajnálatos, hogy ma a társadalmi és gazdasági területeken számos vonatkozásban akkor történik intézkedés – amely kapkodáshoz vezet –, amikor a probléma már előidéződött. A VAHAVA program eredményeként hosszú távú intézkedési programot szükséges kidolgozni, amely nemcsak a mezőgazdaságra, hanem egyéb kapcsolódó területekre is kiterjed és a gazdasági, politikai, közéleti szférával egészül ki.

Kismányoky Tamás a tartamkísérletekkel kapcsolatosan előterjesztést tett. Hangsúlyozta, hogy a tartamkísérletek nemzeti értékeket képviselnek. Jelenleg legnagyobb gond az alapfinanszírozás megoldása. Ehhez egy olyan beadványt kell készíteni az FVM-hez, amely összefoglalóan tartalmazza a tartamkísérleteket. Európában jelenleg 417 tartamkísérlet van, amelyből Magyarországon 75 kísérlet található, ezzel kiemelkedő szerepet játszunk a tartamkísérleti projektek megvalósításában. Európában a legrégebbi a rothamstedti (1843), de ez közé tartozik a hallei (1878) is. A beadványban először az összeállítást kell elkészíteni, amely a tartamkísérletek kataszterét tartalmazza. Ehhez valamennyi tartamkísérletet működtető intézmény, egyetem, kutatóintézet segítségét kérte. Ennek az adatbázisnak a birtokában készíti el a bizottság a beadványt, amely a kísérletek működtetésének alap pénzügyi feltételeit teremti meg.

Pepó Péter

TÁJÉKOZTATÓ A VAHAVA PROJEKTRŐL AZ MTA KÖRNYEZETTUDOMÁNYI BIZOTTSÁGA ÉS A CEEWEB KONFERENCIÁJÁN

2004. január 19-én zajlott az MTA székházában az MTA Környezettudományi Bizottsága és a CEEWEB* (Central and East European Working Group for the Enhancement of Biodiversity – Közép- és Kelet-Európai Munkacsoport a Biodiverzitás megőrzéséért), konferenciája a Riói (1992) ENSZ egyezmények magyarországi végrehajtásának helyzetéről.

Az elnöklő *Meskó Attila* akadémikus, főtitkárhelyettes, az MTA Bizottság elnöke és *Schmuck Erzsébet* a CEEWEB elnöke megnyitója után *Persányi Miklós* KvVM miniszter az egyezmények célkitűzéseiről, hazai végrehajtásukról, a kapcsolódó problémákról beszélt előadásában.

Abdul-Majeid Haddad, Task manager (UNEP, Nairobi) a UNEP szerepével foglalkozott a globális egyezmények végrehajtásában.

A *Biológiai Sokféleség Egyezmény* nemzetközi és hazai végrehajtásáról, akadályokról és a továbbiakra utaló javaslatok témakörhöz felkért hozzászólóként *Haraszthy László* helyettes államtitkár (KvVM, Természetvédelmi Hivatal), valamint *Vida Gábor* akadémikus, igazgató (MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet) szóltak a biodiverzitás kérdéseiről.

Az *ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény* problematikához felkért hozzászóló *Faragó Tibor* főcsoportfőnök (KvVM), majd *Láng István* akadémikus a VAHAVA projekt vezetője, *Csete László* („AGRO-21” Kutatási Programiroda) és *Jolánkai Márton* (MTA Természettudományi Főosztálya) tartottak tájékoztatót a projekt céljairól, módszereiről, az eddigi munkáról. Több más mellett elhangzott, hogy hasonló külföldi kezdeményezésektől eltérően a projektben nemcsak kutatók, hanem a szakemberek széles köre vesz részt a munkában és a klímaváltozás-hatások-válaszok témakört a fenntarthatóságban kívánják integrálni. Szó volt arról is, hogy a klímaváltozást illetően csak a bizonytalanság biztos, s ezért a válaszokban való állásfoglalás, döntések kockázata pillanatnyilag nagy, amit széles határértékű változattal lehet ellensúlyozni. A tájékoztató előterjesztője hangsúlyozta, hogy klímaváltozás várható hatásainak válaszaiban a tudatos előrelátó alkalmazkodás a kulcs. Az alkalmazkodást tágran értelmezve, a riói egyezmény szellemének megfelelően nemcsak a CO₂-vel, hanem a klímaváltozás valamennyi tényezőjével, körülményével foglalkoznak a projektben.

A *sivatagosodás elleni küzdelemről* szóló *ENSZ egyezmény végrehajtásáról* témakörhöz felkért hozzászólóként *Kolossváry Gábor* főosztályvezető, (FVM), *Kulauzov Dóra* (KvVM, UNCCD nemzeti koordinátor), *Veres László* egyetemi tanár (BKÁE, UNCCD szakértői csoport tagja) és *Várallyay György* akadémikus (MTA TAKI) vett részt a konferencia munkájában.

Végül az egyezmények fenntarthatósági összefüggéseivel foglalkozott *Gyulai Iván* igazgató (Fenntartható Fejlődésért Intézet), majd *Meskó Attila* zárszavával ért véget a konferencia.

* A természetvédelemmel foglalkozó nem-kormányzati szervezetek nemzetközi hálózata, alapítva 1993-ban Magyarországon.

Figyelmet érdemel a Konferencia két szervezési mozzanata. A felkért hozzászólókhoz azonnali kérdéseket intézhettek a résztvevők, illetve elmondhatták véleményüket, ami kellemesen érintette az eleve hosszúra tervezett (10,00–15,00 óra) programot. Az viszont kifejezetten előnytelen volt, hogy csúszott az időütemezés, ami mérsékelte az érdeklődést és a részvételt.

Cs. L.

VAHAVA KONFERENCIA

Az MTA Elnökségi Környezettudományi Bizottság és a VAHAVA projekt (változás-hatás-válaszadás) 2004. február 23.-án az MTA Dísztermében lezajlott konferenciáján a témakör két kérdésköre szerepelt a napirenden. *Meskó Attila* akadémikus, főtítkárhelyettes szellemes elnöki megnyitóját követő két előadás kötötte le a több mint száz érdeklődő figyelmét, ami érthető, mert két avatott szakértő nyújtott át- és betekintést az érintett témakörök nemzetközi háttéréről. A klímaváltozás nemzetközi ügyeivel *Faragó Tibor (KvVM)* több mint 20 éve foglalkozik, s a nemzetközi rendezvények résztvevőjeként a részletek és háttér események beavatott ismerője, *Feiler József (KvVM)* pedig a témakörben folyó nemzetközi tárgyalások hazai képviselője. A programnak megfelelően *Faragó Tibor (KvVM)* az éghajlatváltozással foglalkozó nemzetközi folyamat kibontakozásával, feszültségeivel és fontosabb mozzanataival foglalkozott, *Feiler József (KvVM)* pedig a kibocsátási jogok kereskedelméről tartott előadást, abból a nézőpontból közelítve, hogy ez is az emberi eredetű klímaváltozás mérséklésének egyik eszköze lehet. (Az előadásokra az „AGRO-21” Füzetekben a későbbiekben visszatérünk.)

A két előadást követően kérdések és vitázó megjegyzések hangzottak el. Ezek között *Kovács Ferenc* akadémikus (Miskolc) például múltbéli eseményekkel és különféle meghökkenítő kérdésfeltevésekkel az antropogén hatások szerepét, annak súlyát vitatta, míg *Mika János (OMSZ)* a klímaváltozás három előrejelzési módszeréről szólva a harmadikat, a múltból levezetett jövőképet minősítette alkalmatlannak.

Láng István akadémikus zárszava elsősorban a problémakör összetettségét tükrözte. Említette, hogy a több termelés – több fogyasztás – több hulladék – több káros emisszió folyamat, semmiképpen sem fenntartható. Utalt *Jacques Chirac* elnök Johannesburgban elhangzott beszédének részletére, miszerint a 6 milliárdot számláló emberiség egészének mai fejlettszinten történő igénykielégítésre két bolygóra lenne szükség.

Hangsúlyozta, hogy a CO₂ csökkenés egyúttal a fosszilis energiaforrások megtakarítását is jelenti, ami az érem másik oldala.

A nemzetközi keretegyezmények mellett országos szintű stratégiák is szükségesek. Minden polgárt érdeklí saját, gyerekei, unokái jövője. Ezeket a válaszra váró igényeket is ki kell elégíteni. Ennek érdekében, a prognózisokon folyó viták mellett, keressük a válaszokat arra, hogy hogyan lehet megelőzni, csökkenteni, felszámolni a lehetséges károkat, kényelmetlenségeket. Feltételezhető továbbá az is, hogy a következő 20 évben is lesznek szélsőséges ingadozások, extrém jelenségek. Mindehhez szükséges a nemzetközi stratégia tudományos alapozása – erre irányul a VAHAVA – melyhez meg kell nyerni a társadalom széles körű rétegeinek támogatását.

TRENDS OF CLIMATE HAVING TAKEN PLACE IN THE 20TH CENTURY AND TO BE EXPECTED IN THE 21ST CENTURY ON THE TERRITORY OF HUNGARY

By
BARTHOLY, JUDIT – PONGRÁCZ, RITA – MATYASOVSKY, ISTVÁN –
SCHLANGER, VERA

In order to make an appropriate forecast of climate for the future, it is essential to analyse the trends and fluctuations of climate having taken place in the past. Therefore, first of all, temperature and precipitation conditions of the last 100 years were investigated. Model results of the IPCC Third Assessment Report (2001) and theoretical studies suggest that many regions of the world will become highly vulnerable to global warming. According to the authors' earlier studies these vulnerable regions include two sub-regions of the Carpathian Basin, namely, the Great Hungarian Plain, and the Balaton–Sió watershed area. A detailed climate scenario analysis for these two vulnerable sub-regions has been carried out at a double CO₂ concentration level using a stochastic downscaling method nested in joint ocean-atmosphere global circulation models (GMC). Finally, the regional climatic change (including expected temperature and precipitation conditions) has been analysed for the entire country using the MAGIC/SCENGEN package (Wigley et al., 2000), which includes global emission scenarios (IPCC, 2001), and allowed of comparing several GCM outputs for Hungary.

CLIMATE FORECAST FOR THE 2005–2025 PERIOD

By
DOMONKOS, PÉTER

Little is known about the causes of climatic change to enable a highly reliable climatic forecast of narrow value range to be made for the near future. In spite of this deficiency, however, it is worth while making knowledge acquired in this field applicable for practical purposes. In the author's opinion based on objective arguments, on the one hand, and subjective judgement, on the other hand, only little deviation from the 1951–2000 climate has been expected during the next twenty years. Only summer temperatures and precipitation will be an exception; in other words, during the next two decades summers will be dryer and hotter than during the second half of the previous century. However, values observed during the 1981–2003 period seem a good basis for estimates of summer climatic conditions in the near future. Several factors seem to prove that the frequency of draught will increase in

Hungary. Also, inequalities of precipitation in time will increase, which will result, however, not only in frequent lack of water but sometimes also in its periodical surplus.

The job of the climate researcher cannot consist only in telling a few estimated corner values. The expert application of climatic knowledge may be useful also on several phases of preparing economic decisions.

REFLECTIONS ON CHANGE/IMPACT/RESPONSE POSSIBILITIES INVESTIGATED ON TOMATO AS A MODEL PLANT

By
CSELÓTEI, LÁSZLÓ

The main trend of climatic change consists in the increase of temperature, and in weather extremes correlated to it. As a result, crops constituting the raw material for the canning industry have to be regularly irrigated. Taking the specificities of the prevailing crop cultivation techniques into consideration, it can be expected that in Hungary sprinkler irrigation will dominate also in the future, whereas both the number of waterings and the amount of irrigation water may increase. In case of extreme draught this kind of water supply does not cover the needs of the plants, wherefore yields may be lower than in years with optimum weather conditions. However, the processing of experimental data from another aspect indicates that the reduction in the volume of dry matter, which is significant from the point of view of the canning industry, may be lower than the reduction in the gross volume of the raw crop. Namely, in case of regular irrigation the dry matter content of the crop is usually lower than in case of a single watering.

As for the free-range production of food tomato, the possible unfavourable effects of changing ecological conditions, such as too intense radiation connected with a higher temperature of the plants, can be moderated by means of screens put on trellis. This reduces also the hazard of a possible damage caused by storm and hail. The application of this technique enables considerably more irrigation water to be used, whereas drop irrigation permits of a far better satisfaction of the water requirements of the plants. Irrigation with nutrient solution improves nutrient supply. All this, along with trellis tomato cultivation, enables higher yields to be obtained as compared with canning tomato cropping.

As for forcing, the position of super-intense tomato growing during an extended period of time, which includes also part of the winter period, is influenced by the availability of cheaper heat energy (thermal water). In this field the water and nutrient supply of the plants can already be solved by means of using nutrient solution for irrigation.

CLIMATIC CHANGE AND INSECTS

By
KOZÁR, FERENC – SZENTKIRÁLYI, FERENC – KÁDÁR, FERENC – BERNÁTH, BALÁZS

The area of some insect species has considerably expanded northward. The population dynamics of the species investigated has changed to a different degree. In case of some species the number of individuals has considerably increased, whereas in case of the rest it has not changed.

The authors suggest some species as indicators for observing the impact of climatic change on organisms.

Since climatic change has extraordinary economic and ecological importance, its further biological impact has to be studied, both in agricultural and wildlife areas, much more comprehensively and extensively than so far.

Taking the four climatic change scenarios formulated by Zoltán Varga-Haszonits (see “AGRO-21” Füzetek, 2003. 31) into consideration, following prognoses are likely on the basis of results obtained so far:

1. The present annual mean temperature will permanently remain, along with the frequency of climatic anomalies observed during the last years. In this case the relatively slow northward expansion and multiplication of thermophile insects observed so far will continue.

2. The annual mean temperature of Hungary will increase by 1.5 °C, but the frequency of climatic anomalies observed during the last years will not change. In this case the immigration and multiplication of thermophile insects will accelerate. The magnitude of pest gradations will rise.

3. The present annual mean temperature will permanently remain, but the frequency of climatic anomalies observed during the last years will be significantly greater. Considerable falls in winter temperatures may slow down the northward expansion and multiplication of thermophile insects. On the other hand, summers warmer than the average will cause mass multiplication of multi-generation insects and increase the number of their generations. The frequency of pest gradations will rise.

4. The annual mean temperature of the country will increase by 1.5 °C, and climatic anomalies will take place much more frequently. Here, response is partly similar to scenarios No. 2 and 3. The more frequent immigration of thermophile insects will continue, their multiplication may be slowed down by cool winters but promoted by hot summers, including also the prospective increase in the number of generations. On the other hand, a number of hygrophile and even mesophile insects may disappear from the fauna of Hungary.

CLIMATIC CHANGE AND HUNGARIAN AGRICULTURE

By
NÉMETH, IMRE

Climatic impacts have very sensibly affected both agriculture and forestry in Hungary. Extremes have occurred much more frequently, and there were cases when flood and internal water, drought, sporadic deluge-like rainfall, and frost have taken place in the same year. E. g., in 1990 and 1992 drought alone caused a damage of over HUF 60 billion. Again, draught caused damage in 1993 and 2000 on an area of 2.7 and 1.3 million hectares, respectively. Climatic impacts cause severe damage not only in the field of agriculture and forestry but also of energetics, settlements, rural development, traffic, etc. There are well-known techniques and technologies in agriculture which enable damage caused by climatic impacts to be prevented and/or moderated, but they have to be implemented and prepared for. The scientific co-operation of the Ministry of Environmental Protection, the Hungarian Academy of Science, and the Ministry of Agriculture and Rural Development is very promising.

TASKS OF HUNGARIAN AGRICULTURE AND FORESTRY DERIVING FROM THE CLIMATIC CHANGE

By

BIACS, PÉTER – KOCSONDI, CSABÁNÉ – DOBOS, GYÖRGY

Climatic change – or, more exactly, the trend of warming, the frequency of years of draught, and anomalies of the weather, the existence of which is proven also by the present paper – can be accepted as a matter of fact. Therefore arrangements for the control of both draught and excess precipitation must be made. There are manifold means for this purpose, just as the phenomena of the climatic change are very various too. The main strategic task is to prevent draught or at least reduce the damage caused by it. Such measures are recommended for this purpose as: the alteration of tillage; the modification of the ratio of cultivated crops; the introduction of new plant varieties resistant to draught; and the development of irrigation and amelioration. Endeavours formulated in the programme of environmental protection in agriculture are also very helpful in respect of the strategy in question. Another task is to improve the information system and transform the assurance system. Preparations for the climatic change can be based on diverse (both domestic and EU) financial resources.

METHODOLOGICAL FUNDAMENTALS OF THE DETERMINATION OF THE SENSITIVITY OF HUNGARIAN REGIONS TO CLIMATE IN CONSIDERATION OF THE PRESUMABLE CLIMATIC CHANGE

By

KERÉNYI, ATTILA – CSORBA, PÉTER

Two groups of factors must be taken into consideration when determining the climatic sensitivity of regions: 1. climatic impacts affecting the region (with special emphasis on temperature and humidity), and 2. regional factors. The area of the sample field situated on the southern part of Zemplén mountains, North Eastern Hungary, is only 9 km², thus enabling detailed investigations and experiments to be carried out. As a result, the geological, pedological, geo-morphological, erosion, climatic, and vegetation conditions were demonstrated on 1:10,000 maps and cartograms. After having superimposed the maps, and supposing a warmer and drier climate, region patches with similar conditions were delimited. Data and limit values presented in Table 1 were used for this purpose. Five climate sensitivity categories were determined on their basis. On areas not sensitive to climate the soil stored an adequate amount of water throughout the year. In the course of getting to more sensitive areas the moisture content in the soil decreased more extremely during periods with low precipitation. Consequently, these parts of the region dried up rapidly.

In the present paper the authors have analysed the possibilities of drawing up a climate sensitivity map for Hungary. It has been stated that the renewal of some of the basic maps and the updating of basic data are required for this purpose.

ON THE CORRELATION BETWEEN GREENHOUSE EFFECT, GLOBAL WARMING, AND ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE CONTENT

By
ZÁGONI, MIKLÓS

Prof. Ferenc Kovács, Head of the Department of Mining and Geotechnics of the Miskolc University, Ordinary Member of the Hungarian Academy of Science, Rector of the Miskolc University, has recently dealt with the interactions of global warming, greenhouse effect, and atmospheric carbon dioxide content in two papers:

Kovács, Ferenc: On an issue of greenhouse effect and global warming (manuscript, 2003);

Kovács, Ferenc: Which gasses and aerosols are really responsible for the so-called greenhouse effect? (manuscript, 2003).

Since he has kindly referred in both papers to a former short study of the author, the latter feels appropriate to reflect upon the papers of Prof. Kovács in detail.

CONTENTS

STUDIES

<i>Bartholy, Judit – Pongrácz, Rita – Matyasovszky, István – Schlanger, Vera</i> : Trends of climate having taken place in the 20 th century and to be expected in the 21 st century on the territory of Hungary	3
<i>Domonkos, Péter</i> : Climate forecast for the 2005–2025 period	19
<i>Cselőtei, László</i> : Reflections on change/impact/response possibilities investigated on tomato as a model plant	36
<i>Kozár, Ferenc – Szentkirályi, Ferenc – Kádár, Ferenc – Bernáth, Balázs</i> : Climatic change and insects	49
<i>Németh, Imre</i> : Climatic change and Hungarian agriculture	65
<i>Biacs, Péter – Kocsondi, Csabáné – Dobos, György</i> : Tasks of Hungarian agriculture and forestry deriving from the climatic change	70
<i>Kerényi, Attila – Csorba, Péter</i> : Methodological fundamentals of the determination of the sensitivity of Hungarian regions to climate in consideration of the presumable climatic change	84

DISCUSSION

<i>Zágoni, Miklós</i> : On the correlation between greenhouse effect, global warming, and atmospheric carbon dioxide content	95
<i>Fekete, Imre</i> : A new approach to long-term forecast	106

NEWS – EVENTS

<i>Csete, László</i> : Ecological criteria limiting the utilisation of subsurface water	118
<i>Pepó, Péter</i> : Idea exchange	119
<i>Csete, László</i> : Information of the VAHAVA project on the conference of the Commission of Environmental Science of the Hungarian Academy of Science and CEEWEB	123
<i>Csete, László</i> : VAHAVA Conference	125
Summary	126

SZÁMUNK SZERZŐI

- Bartholy Judit**, az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A. Tel.: 209-0555/6605. Fax: 372-2904. E-mail: bari@ludens.elte.hu)
- Bernáth Balázs**, a Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézet fiatal kutatója (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 391-8630, Fax: 391-8655, E-mail: bbernat@arago.elte.hu)
- Biacs Péter**, a Magyar Élelmiszerbiztonsági Hivatal mb. főigazgatója (1035 Budapest, Miklós tér 1. Tel.: 368-8815, Fax: 387-9400, E-mail: peter.biacs@mebih.gov.hu)
- Cselőtei László**, akadémikus, ny. egyetemi tanár (1114 Budapest, Fadrusz u. 12. Tel.: 466-9831)
- Csete László**, c. egyetemi tanár, az „Agro-21” Kutatási Programiroda vezetője (1061 Budapest, Andrassy út 23. Tel./Fax: 342-7571, E-mail: csetel@mail.datanet.hu)
- Csorba Péter**, a Debreceni Egyetem Természettudományi Kar Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék egyetemi docense, tanszékvezető (4032 Debrecen, Egyetem tér 1. Tel.: 52/512-900/27-43, Fax: 52/512-945, E-mail: csorbap@delfin.unided.hu)
- Dobos György**, a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Mezőgazdasági Főosztály főtanácsosa (1055 Budapest, Kossuth L. tér 11. Tel.: 301-44-77. Fax: 301-4668, E-mail: dobosg@posta.fvm.hu)
- Domonkos Péter**, éghajlat kutató (1155 Budapest, Vasvári Pál u. 5. Tel.: 419-2774, 06/20/9911-774, E-mail: dpeterfree@freemail.hu)
- Fekete Imre**, ny. mérnök (7621 Pécs, Teréz u. 1. Tel.: 72/315-218)
- Kádár Ferenc**, a Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézet tudományos kutatója (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 20/572-5200, Fax: 391-8655, E-mail: 10432kad@ella.hu)
- Kocsondi Csabáné**, a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Mezőgazdasági Főosztály főosztályvezető-helyettese (1055 Budapest, Kossuth L. tér 11. Tel.: 301-4095, Fax: 301-4668, E-mail: csabane.kocsondi@fvm.hu)
- Kerényi Attila**, a Debreceni Egyetem Természettudományi Kar Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék egyetemi tanára (4032 Debrecen, Egyetem tér 1. Tel.: 52/512-945, Fax: 52/512-945, E-mail: kerenyi@delfin.unided.hu)
- Kozár Ferenc**, a Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézet tudományos tanácsadója (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 391-8624, Fax: 391-8655, E-mail: h2405koz@ella.hu)
- Matyasovszky István**, az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék egyetemi docense (1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A. Tel.: 209-0555/6609, Fax: 372-2904, E-mail: matya@ludens.elte.hu)
- Németh Imre**, miniszter, Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (1055 Budapest, Kossuth L. tér 11. Tel.: 331-0545, Fax: 3002-0413, E-mail: nemethimre@posta.fvm.hu)
- Pepó Péter**, a DEAC Mezőgazdaságtudományi Kar Növénytermesztési és Tájökológiai Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető, dékán (4032 Debrecen, Böszörményi út 138. Tel.: 52/508-462, Fax: 52/508-463, E-mail: pepopeter@helios.date.hu)
- Pongrácz Rita**, az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék egyetemi tanársegéde (1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A. Tel.: 209-0555/6615, Fax: 372-2904, E-mail: prita@elte.hu)
- Schlanger Vera**, az Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati Osztály munkatársa (1024 Budapest, Kiteibel Pál u. 1. Tel.: 346-4769, Fax: 346-4687, E-mail: schlanger.v@met.hu)
- Szentkirályi Ferenc**, a Magyar Tudományos Akadémia Növényvédelmi Kutatóintézet tudományos munkatársa (1022 Budapest, Herman O. u. 15. Tel.: 391-8630, Fax: 391-8655, E-mail: h2404sze@ella.hu)
- Zágoni Miklós**, az Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Tudománytörténet és Tudományfilozófia Tanszék egyetemi adjunktusa (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A. Tel.: 372-2923, Fax: 372-2924, E-mail: mzagoni@ludens.elte.hu, www.eghajlatvaltozas.hu)