

Keszthelyi meteorológiai adatok alapján végzett homogenitás és extrémitás vizsgálatok

Összefoglalás

A vizsgálat célkitűzése a klímaváltozás kapcsán napjainkban sokat idézett időjárási szélsőségek elmúlt 30 évbeli (1976–2005) változásainak keszthelyi időjárási adatsor alapján történő áttekintése volt. Ehhez néhány hőmérsékleti- és csapadék extrém indexet elemeztünk a WMO ajánlásának rendkívül széles listájából, melyek felhasználását és értékelését korábban *Bartholy és Pongrácz* (2005) Magyarország több állomására már áttekintett. A közelmúlt évtizedeiben Keszthelyen szignifikáns növekedés a hőségnapok és fagyos napok számában volt tapasztalható. A vizsgált nedvesség ellátottságot tartalmazó indexek közül a legalább 0,1 mm csapadékú napok számának csökkenése volt statisztikailag igazolható.

A vizsgálat időtartama alatt a keszthelyi meteorológiai állomást egyszer áthelyezték, ezért az extrém-indexek számítása előtt megvizsgáltuk, hogy a két mérőhelyen mért adatsorok eltérnek-e egymástól, vagy statisztikailag azonosnak tekinthetők-e. Párhuzamos mérés a két mérőhelyen csak a tenyészidőszak során (április 1.–október 31.) volt 1973–1994 között. Az összehasonlítás statisztikai elemzése alapján megállapítható, hogy a 22 évből 18 év esetében az adatsorok azonosnak tekinthetők. A négy évjáratból egy esetben adathiány akadályozta az értékelést.

Irodalmi áttekintés

A globális klímaváltozás hazai scenáriói szinte kivétel nélkül felmelegedést prognosztizálnak Magyarországra területére. *Bartholy és Schlanger* (2004) modelleredményei alapján 2050-re 0,8–2,8°C-os, 2100-ra 1,3–5,2°C-os a várható hőmérséklet emelkedés mértéke hazánkban. Az *Európai Környezetvédelmi Ügynök-*

ség 2004-ben kiadott 2. jelentése Európában 2100-ra 2,0–6,3°C felmelegedést prognosztizál. Addig, amíg a várható felmelegedésről egyetértés körvonalazódik a téma kutatói között, a csapadékváltozás esetében ez nem ennyire egyértelmű. Mérsékeltbb hőmérsékletemelkedést sokan kapcsolnak össze csapadékcsökkenéssel (*Bartholy et al.* 2005), de nagyobb mértékű felmelegedésnél a bizonytalanság erősen növekszik. 0,5 K globális hőmérsékletemelkedés esetére *Mika* (2002) Magyarország tekintetében –40 mm, míg 1 K globális hőmérsékletemelkedésnél –66 mm csapadékcsökkenést prognosztizál. 4 K melegedésnél a csapadékváltozást pozitívnak prognosztizálja, mértékét +40–400 mm-ben adja meg. A csapadék mennyiségének előrejelzési bizonytalansága mellett nem fér kétség a szélsőséges időjárási események bekövetkeztére vonatkozó becsléseknél. Ez azért lényeges, mert a globális felmelegedés következtében a szélsőséges éghajlati események regionális skálán bekövetkező gyakorisági vagy intenzitásbeli változásai lényeges szerepet játszanak az éghajlat ökológiai és társadalmi rendszerekre gyakorolt hatásaiban (*Bartholy és Pongrácz* 2005). A szerzők a szélsőséges éghajlati eseményeket jellemző legfontosabb extrémindexeket Magyarország több állomására az 1990-es évek végén nemzetközi összefogással alakult WMO CCI/CLIVAR munkacsoport ajánlásai alapján definiálták. Eredményeik alapján a Kárpát-medencére a XX. sz. második felében egyértelműen a melegedés a jellemző, s a csapadék extrém értékek gyakorisága szintén egyértelműen növekszik. Ezzel szemben a teljes lehullott csapadék mennyisége csökkenő tendenciát mutat (*Bartholy és Pongrácz* 2005).

Már a nagyobb léptékű éghajlati besorolást nyújtó Trewartha-féle éghajlati osztályozás szerint is hazánk

éghajlatára (kontinentális éghajlat hosszabb meleg évszakkal) a hőmérséklet szeszélyes időbeli alakulása, az egyes évszakok, hónapok időjárásának nagy területi és időbeli változékonysága jellemző. Emellett az ország egyes tájegységeinek időjárásában fellépő változatosság sem elhanyagolható. Ennek a sokrétűségnek mélyebb megismeréséhez szeretnénk adalékokat szolgáltatni, melyben a keszthelyi időjárási szélsőségek közelmúltbeli alakulását tekintettük át, ami szerves folytatását képezi a korábbi, havi középhőmérsékleti- és csapadékösszeg adatsorok elemzéseit tartalmazó publikációinknak (*Kocsis és Anda* 2005, 2006).

Az elemzéshez felhasznált meteorológiai adatok, helyszínek

Vizsgálatainkban két keszthelyi meteorológiai állomáson 1976–2005 között mért napi maximum- és minimumhőmérsékleteket és napi csapadékösszegeket használtuk. A megfigyelések időbeni eloszlása a két állomásnál az alábbiak szerint alakult.

1966–1995 között az Országos Meteorológiai Szolgálat legrészletesebb időjárás megfigyeléseket lehetővé tevő Observatóriuma végezte a meteorológiai megfigyeléseket a városban, akkor perifériálisnak számító, alacsony beépítettségű területen. Az OMSZ döntése alapján ez az állomás 1995-ben megszűnt, és funkcióinak egy részét a jelenlegi Pannon Egyetem Tanyakereszten elhelyezkedő Agrometeorológiai Kutatóállomása vette át.

Az Observatórium megszűnése után közel egy évig manuális megfigyelés folyt Tanyakereszten, míg az Observatóriumban még működött az automatizált mérés.

Majd a Kutatóállomáson automatizált mérések kezdődtek 1996-tól a MILOS-500-as automata klímaállomá-

más telepítésével. Ezt az automatát 2001-ben felváltotta a QLC-50 típusú automata mérőállomás. Keszthelyen, a tenyészidőszak során az akkori Agrártudományi Egyetem területére telepített, speciális megfigyeléseket is lehetővé tevő klímaállomás az 1970-es évek elején kezdte tevékenységét. A kezdetben 2–3 fő észlelővel működő állomás személyi állománya az 1990-es évek végére egyre csökkent, s szerepét átvette a korábban említett, sugármérővel is felszerelt automata állomás.

A két eltérő mérőhelyként szolgáló meteorológiai állomás egymástól vett távolsága légvonalban mindössze 1,4 km (*Balaton Ortofotók 2003* című kiadvány légifelvétel alapján mérve) (1. kép).



1. kép. A két mérőhely a Balaton Ortofotók (2003) c. kiadvány légifelvételén. A közöttük lévő távolság légvonalban 1,4 km.

Az állomások tengerszint feletti magassága szinte megegyező, az Observatóriumé 114 m, a Tanyakereszté 116 m. Az állomások Balatontól mért távolságában sincs jelentős eltérés, légvonalban az observatórium kb. 260 m-re, a tanyakereszté állomás kb. 500 m-re helyezkedik el a vízparttól. A két állomás fekvésének hasonlósága felvetette a két helyen mért léghőmérsékleti adatok homogenitásának napi bontású vizsgálatát. Áthidalhatatlan problémát jelentett az Agrometeorológiai Kutatóállomás április 1.-jétől október 31.-ig történő üzemeltetése, mely a téli hónapokban mért adatok

közti kapcsolatok elemzését nem tette lehetővé.

Korábban a havi adatokra vonatkozó homogenitás vizsgálatot (MASH) az OMSZ keretében Szalai és Szentimrey (2001) elvégezte, de a napi adatokra az elemzés nem tért ki, s a rendelkezésre álló módszerek is meglehetősen hiányosak. A tenyészidőszakra vonatkozó adatokból (ápr. 1.–okt. 31. közötti időszak) a két állomás napi középhőmérsékleteit hasonlítottuk össze, s a közöttük lévő kapcsolatot statisztikailag is elemeztük.

Az eredeti adatsorban, az 1973–1994 időszakra vonatkozóan a napi középhőmérsékletek számítása a két mérőhely mérési programjából adódóan eltérő volt. Az összehasonlíthatóság érdekében (azonos műszer és eljárás) mindkét helyen a napi középhőmérsékletet az azonos eljárással és azonos típusú hőmérővel detektált maximum- és minimum-hőmérséklet alapján határoztuk meg $[(T_{\max} + T_{\min})/2]$. Az azonos hőmérő és számítási módszer alkalmazása lehetővé tette a két állomás adatainak összehasonlítását, és annak vizsgálatát, hogy okozott-e törést az adatsorban az állomás mintegy 1,4 km-es áthelyezése, vagy a két mérőhelyen mért léghőmérséklet adatok azonos adatsor részeinek tekinthetők-e.

A két állomás napi középhőmérsékleteinek évjáratonkénti összehasonlítását a STATA statisztikai programcsomag alkalmazásával végeztük. Ha az adatpárokra illesztett origón átmenő lineáris regressziós egyenes meredeksége szignifikánsan nem tér el 1-től, akkor a két adatsor azonosnak tekinthető, vagyis a program által meghatározott 95%-os konfidencia intervallumba beleesik az 1-es meredekség.

A csapadékadatok esetében a kutatók nem tartják szükségesnek a homogenizálást (Mika 2003), így a vizsgálatokhoz az eredeti, mért napi csapadékösszegeket használtuk. Itt szükséges megjegyezni, hogy az alkalmazott csapadékmérő a vizsgált időszakban a Hellmann rendszerű csapadékmérőről automata csapadékmérőre változott 1996-tól. Az automata bizonyos időjárási helyzetekben (nyári nagycsapadékok) többször kevesebb csapadékot mér, ezért többször a párhuzamos mérésre meghagyott Hellmann rendszerű csapadékmérő értéke alapján korrigáltuk eredményeinket.

A WMO CCI/CLIVAR munkacsoport index-ajánlásai alapján, melyek közül többet hazánkban először Bartholy és Pongrácz (2005) dolgozott fel, vizsgálatainkban az 1. táblázatban közöltek alkalmaztuk.

Sorszám	Jelölés (ECAD)	Az extrémindex definíciója	Egysége
1.	Rx1	Az év során mért legnagyobb 1 nap alatt lehullott csapadékmennyiség	mm
2.	RR10	Nagy csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 10\text{mm}$)	nap
3.	RR20	Extrém csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 20\text{mm}$)	nap
4.	Rx5	Az év során mért legnagyobb 5 nap alatt lehullott csapadékösszeg	mm
5.	RR5	Adott csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 5\text{mm}$)	nap
6.	RR1	Adott csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 1\text{mm}$)	nap
7.	RR0,1	Adott csapadéku napok száma ($R_{\text{nap}} \geq 0,1\text{mm}$)	nap
8.	ETR	Éves hőmérsékleti ingás (az év során mért $T_{\max} - T_{\min}$)	°C
9.	Tx30GE	Hőségnapok száma ($T_{\max} \geq 30^\circ\text{C}$)	nap
10.	Tx35GE	Forró napok száma ($T_{\max} \geq 35^\circ\text{C}$)	nap
11.	HWDI	Hőhullám hossza (legalább 5 egymást követő napon át $T_{\max} = T_{\max}^n + 5^\circ\text{C}$, ahol T_{\max}^n az 1971–2000-es normálidőszak átlagos T_{\max} értéke)	nap
12.	FD	Fagyos napok száma ($T_{\min} < 0^\circ\text{C}$)	nap
13.	SU	Nyári napok száma ($T_{\max} > 25^\circ\text{C}$)	nap
14.	Tn20GT	Túl meleg éjszakák száma ($T_{\min} > 20^\circ\text{C}$)	nap
15.	Tx0LT	Téli napok száma ($T_{\max} < 0^\circ\text{C}$)	nap
16.	Tn-10LT	Zord napok száma ($T_{\min} < -10^\circ\text{C}$)	nap

1. táblázat. Alkalmazott extrémindexek (WMO CCI/CLIVAR munkacsoport ajánlásai alapján, Bartholy és Pongrácz, 2005 nyomán)

	95%-os konfidencia intervallum		R ²
1973	0,99	1,02	0,98
1974	0,99	1,03	0,97
1975	0,97	1,02	0,96
1976	0,99	1,03	0,97
1977	0,98	1,03	0,97
1978	0,95	1,01	0,96
1979	0,99	1,04	0,98
1980	0,97	1,01	0,98
1981	0,93	0,98	0,96
1982	0,97	1,01	0,98
1983	0,98	1,02	0,98
1984	0,81	0,94	0,76
1985	0,95	1,01	0,97
1986	0,96	1,01	0,97
1987	0,95	0,99	0,97
1988	0,96	1,01	0,96
1989	0,92	1,01	0,91
1990	0,95	1,00	0,97
1991	0,97	1,01	0,98
1992	0,99	1,03	0,98
1993	0,94	0,99	0,96
1994	0,98	1,02	0,98

2. táblázat. A STATA által számított origón átmenő lineáris regressziós egyenes meredekségére vonatkozó konfidencia intervallum alsó és felső határa és az R² értéke. A statisztikailag eltérő évjáratokat vastagon kiemeltük. Az adathiányos évet dőlt betűvel jelöltük.

Az extrémindexek értékeinek változását lineáris trend illesztésével határoztuk meg. Statisztikailag igazolt változásnak azt tekintettük, ha az 5%-os szignifikancia szinthez tartozó kritikus R² értéket (**1,1303**) a lineáris trendhez tartozó R² érték meghaladta. A számításokat MS Excel programmal végeztük, s a szignifikancia vizsgálatnál a lineáris korrelációs együtthatóra (r) vezettük vissza az R²-et.

Eredmények

A két eltérő mérőhely számított napi középhőmérsékletei az 1973–1994 közötti időszak (április 1-től október 31-ig) 22 évjáratából 18 esetben azonosak voltak, mert az adatsorokra illesztett origón átmenő lineáris regressziós egyenes meredeksége nem tért el szignifikánsan az 1-től. 4 év esetében találtunk statisztikailag igazolható eltérést, melyből egy évben az ok egyértelműen az adathiány volt. A maradék három évben az eltérés nem volt túlságosan magas, s a lineáris regressziós egyenes meredekségére vonatkozó konfidencia

intervallum felső határértéke nagyon közel esett az 1-hez. Az egyes évekre vonatkozó konfidencia intervallumokat és a konfidencia intervallum határai közé való esés szignifikanciáját jelölő R² értéket (mely 5%-on szignifikáns minden év esetében) a 2. táblázat összegzi.

A 22 év két mérőhelyen mért adatainak összevetése alapján megállapítható, hogy azok azonos adatsor részének tekinthetők, ezért a léghőmérséklet napi közepeinek homogenizálásától eltekintünk. A két állomás napi középhőmérséklet adatsorai összekapcsolhatók, az 1,4 km-es távolságra történt állomásáthelyezés nem okozhatott jelentős inhomogenitást.

Az időjárás változékonyságát kifejező számos index közül statisztikailag igazolható változást mindössze három index esetében detektáltunk (3. táblázat). A közelmúlt mintegy három évtizedében a 0,1 mm-es csapadékot meghaladó napok számában (R_{nap} ≥ 0,1 mm), a hőségnapok számában (T_{max} ≥ 30°C) és a fagyos napok számában (T_{min} < 0°C) volt statisztikailag igazolható eltérés. A 3. táblázat az egyes extrém indexek mellett az adatsorokra illesztett lineáris trendegyenesek meredekségét, és a szignifikanciára utaló R²- értékeket is tartalmazza. A szignifikáns eltérés jelenlétére csillaggal utaltunk.

Meglepetésként szolgált, hogy csak

Sorsz.	Jelölés	Trendegyes meredeksége	R ²
1.	Rx1	0,07	0,001
2.	RR10	0,01	0,001
3.	RR20	0,07	0,102
4.	Rx5	0,48	0,037
5.	RR5	-0,1	0,019
6.	RR1	-0,02	0,001
7.	RR0,1	-2,12	0,521*
8.	ETR	0,16	0,124
9.	Tx30GE	0,55	0,187*
10.	Tx35GE	0,07	0,118
11.	HWDI	-0,01	0,001
12.	FD	0,7	0,166*
13.	SU	0,59	0,111
14.	Tn20GT	-0,01	0,006
15.	Tx0LT	0,14	0,018
16.	Tn-10LT	0,11	0,025

3. táblázat. Az egyes extrém indexek változási tendenciáinak együtthatói (* - 5%-os szinten szignifikáns változás)

a 0,1 mm napi csapadékot meghaladó csapadékmennyiségű napok számában mutatkozó csökkenés igazolható statisztikailag. Ennek értéke viszont igen jelentős, 21 nap 10 évenként. A sokak által citált magasabb napi csapadékhözamú esetek száma az adatsor értékelése alapján rendkívül alacsony R² értékekkel Keszthelyen az utóbbi három évtizedben változatlanok tekintendők.

A korábbi publikációban közzétett Keszthely 130 éves (1871–2000) csapadék adatsorában nem találunk egyértelmű bizonyítékokat a globális klímaváltozás részét képező, a közép-európai területeken várható csapadékcsökkenési tendenciák helyi megnyilvánulására (Kocsis és Anda 2005). A csapadék mennyisége mellett annak évi eloszlás-változása aggodalomra adhat okot főképpen a mezőgazdaságban tevékenykedők számára, hiszen Keszthely esetében tavaszi csapadékbevitel csökkenése mutatható ki (Bem és Kocsis 2006). Ha az utóbbi években tapasztalt - bár csak tendencia jellegű - átlag alatti éves csapadékmennyiség mellett a nyáron tapasztalható jelentősebb csapadékcsökkenés megmarad, a mezőgazdaságban feladatként jelentkezhet az aszályra való megfelelő felkészülés, hiszen a tenyészidőszak csapadékhiánya már önmagában is termés kiesést okozhat. Ha a szükségesnél alacsonyabb csapadékmennyiség magasabb hőmérséklettel is párosul, még komolyabb károk érhetik a termelőket, hiszen minőségben és mennyiségben egyaránt előnytelen hatással van az ilyen időjárás a növénytermesztésre.

Keszthelyen szignifikánsan növekedett a hőségnapok és a fagyos napok száma. Ebből egyértelműen következtethetünk az elmúlt évtizedek hőmérsékleti szélsőségeinek korábbiakat meghaladó változásaira. 10 éves időtartamra vonatkoztatva a hőségnapok számának gyarapodása 5 és fél nap, míg a fagyos napok számának növekedése 7 nap. Ezek az adatok azt is sugallhatják, hogy a két szélsőérték az évi hőmérsékleti átlag-

ban akár ki is egyenlítheti egymást, ezért a szélsőértékek tanulmányozására a korábbiaknál nagyobb figyelmet érdemes szentelni.

A csapadék mennyiségének és a hőmérséklet értékének, valamint azok szélsőségeinek ismerete közérdekűvé tarthat számot Keszthelyen. A Balaton jelenléte szinte kizárólagos jövedelemforrást nyújt a városban idegenforgalmi szolgáltatásokból élők számára, akiknek egyáltalán nem mindegy az időjárás által szorosan behatárolt tóvízszint alakulása, s a közérzetet és nyaralási kedvet befolyásoló hőségnapok számának változása. Korábbi, 100 éves homogén adatsorra kiterjedő vizsgálataink alapján nyáron szignifikáns hőmérsékletemelkedés mutatható ki (Kocsis és Anda 2006), mely Keszthely esetében kedvező hatással lehet a balatoni turizmusra.

Itt jegyezzük meg, hogy az 1976–1990-es időszakban a forró napok száma mindössze 4 volt, ettől lényegesen eltér a 1991–2005-ös időszak, ahol összesen 21 forró nap volt. Jelenleg a nyári napok számának emelkedése a meghatározott szignifikancia szinten nem bizonyult statisztikailag igazolhatónak, de az R^2 nagyon közel áll a kritikus értékhez, s már csekély módosulás is átbillentheti a változást a statisztikailag igazolható kategóriába. Ha a szignifikancia szintjét 10%-ra emelnénk, (kritikus R^2 érték: 0,1005) az eredmény már szignifikáns volna. Ekkor, bár 10%-ra nőtt hibával, a nyári napok számának növekedése 90%-ban bebizonyosodna. Ez szintén nem jelent negatív hatást a tó-közeli turizmusban.

A helyi lakosság saját tapasztalatából tudja, hogy a keszthelyi idegenforgalmi bevételek mértékét nagy mértékben befolyásolja a nyár során tapasztalható időjárás. Ebből a szempontból kedvező tendencia a hőségnapok számának szaporodása, a nyári középhőmérséklet emelkedése. A mezőgazdasági termelők szempontja ezzel ellentétes, s a legtöbb termesztett növény számára kedvezőtlen a vegetációs periódus idején megszaporodó

hőségnapok száma. Következtetésünk a fentiek miatt kettős; míg a környéken a turizmusból élők számára a közelmúlt előnyös változást jelenthet, addig sajnos vesztesei is lehetnek az esetleges módosulásoknak.

Megállapítások

Vizsgálatunkban Keszthely közelmúltbeli időjárását az időjárási szélsőségek alakulása szempontjából tekintettük át. Ehhez néhány hőmérsékleti- és csapadék extrém indexet elemeztünk a WMO ajánlásának rendkívül széles listájából, melyek felhasználását és értékelését korábban Bartholy és Pongrácz (2005) Magyarország több állomására már áttekintett. Az adatsor két eltérő földrajzi helyzetű keszthelyi meteorológiai állomásról származott, ezért első lépésben az azonos módszerrel és hőmérővel mért napi középhőmérsékletek homogenitását tekintettük át. 1973–1994 között a tenyészidőszakokban mért, rendelkezésünkre álló párhuzamos adatokat elemezve arra a következtetésre jutottunk, hogy a vizsgált 22 évből 18 esetében a két mérőhelyen mért adatok azonosnak tekinthetők, így a továbbiakban a két mérőhely adatait homogénnek, összekapcsolhatónak tekintettük.

Statisztikailag igazolható (5%-os szignifikancia szinten szignifikáns) változást mindössze három index esetében detektáltunk: a 0,1 mm-t meghaladó csapadékú napok számában ($R_{nap} \geq 0,1$ mm), a hőségnapok számában ($T_{max} \geq 30^\circ C$) és a fagyos napok számában ($T_{min} < 0^\circ C$). A nyári napok számának emelkedése a meghatározott szignifikancia szinten nem bizonyult statisztikailag igazolhatónak.

Igazolódni látszik az a feltevés, miszerint a szélsőséges időjárási jelenségek megszorodása Keszthely esetében is igaz. Mindkét hőmérsékleti szélsőséget kifejező index esetében (hőségnapok és fagyos napok száma) változás jelentkezett, azonban a pozitív hőmérsékleti szélsőségnél a módosulás nagyobb.

A csapadék extrém indexek esetében összefoglalóan azt mondhatjuk, hogy Keszthelyen csökkenőben van a csapadékos napok száma. A hosszú idősoros elemzés az éves csapadék-összegben szignifikáns változást nem mutatott ki, tehát gyakorlatilag a statisztikailag még változatlan csapadékmennyiség az év során várhatóan kevesebb nap alatt fog lehullni, így az egy nap alatt lehullott csapadék az eddiginél nagyobb mennyiségű, illetve esetenként intenzívebb lehet.

**Bem Judit, Kocsis Tímea,
Anda Angéla, Soós Gábor
Pannon Egyetem, Meteor. és
Vízgazd. Tanszék, Keszthely**

Irodalom

- Balaton Ortofotók /2003/ Pécs (Szerk: Székely László)
- Bartholy J. – Mika J. – Pongrácz R. – Schlanger V. /2005/: A globális felmelegedés éghajlati sajátosságai a Kárpát-medencében. In: Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon, Alinea Kiadó – Védjegyet, Budapest: 131.
- Bartholy J. – Pongrácz R. /2005/: Néhány extrém éghajlati paraméter globális és Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. AGRO-21 füzetek, 40.: 70-93.
- Bartholy J. – Schlanger V. /2004/: Az éghajlat regionális modellezése. Természet Világa 135. évf., II. különszám: 40-44.
- Bem J. – Kocsis T. /2006/: A keszthelyi csapadékmennyiségek változásai és extrémításai a XX. században. A környezeti ártalmak és a Légzőrendszer XVI. országos konferenciája, Hévíz
- Impacts of Europes Changing Climate /2004/ EEA Report No. 2., Luxembourg
- Kocsis T. – Anda A. /2005/: Az éves csapadékmennyiség változásának tendenciái Keszthelyen, 130 év mérése alapján. Léggör 50. évf. 2.: 16-20.
- Kocsis T. – Anda A. /2006/: Keszthely léghőmérséklete a XX. században. Léggör 51. évf. 1.: 21-24.
- Mika J. /2002/: A globális klímaváltozásról: Egy meteorológus kutató szemszögéből. Fizikai Szemle 52.: 258-268.
- Mika J. /2003/: Regionális éghajlati forgatókönyvek: tények és kétségek In: AGRO-21 Füzetek 2003/32.: 11-24.
- Szalai S. – Szentimrey T. /2001/: Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században? Berényi Dénes Jubileumi Ünnepege Előadásai, Debrecen: 203-214.