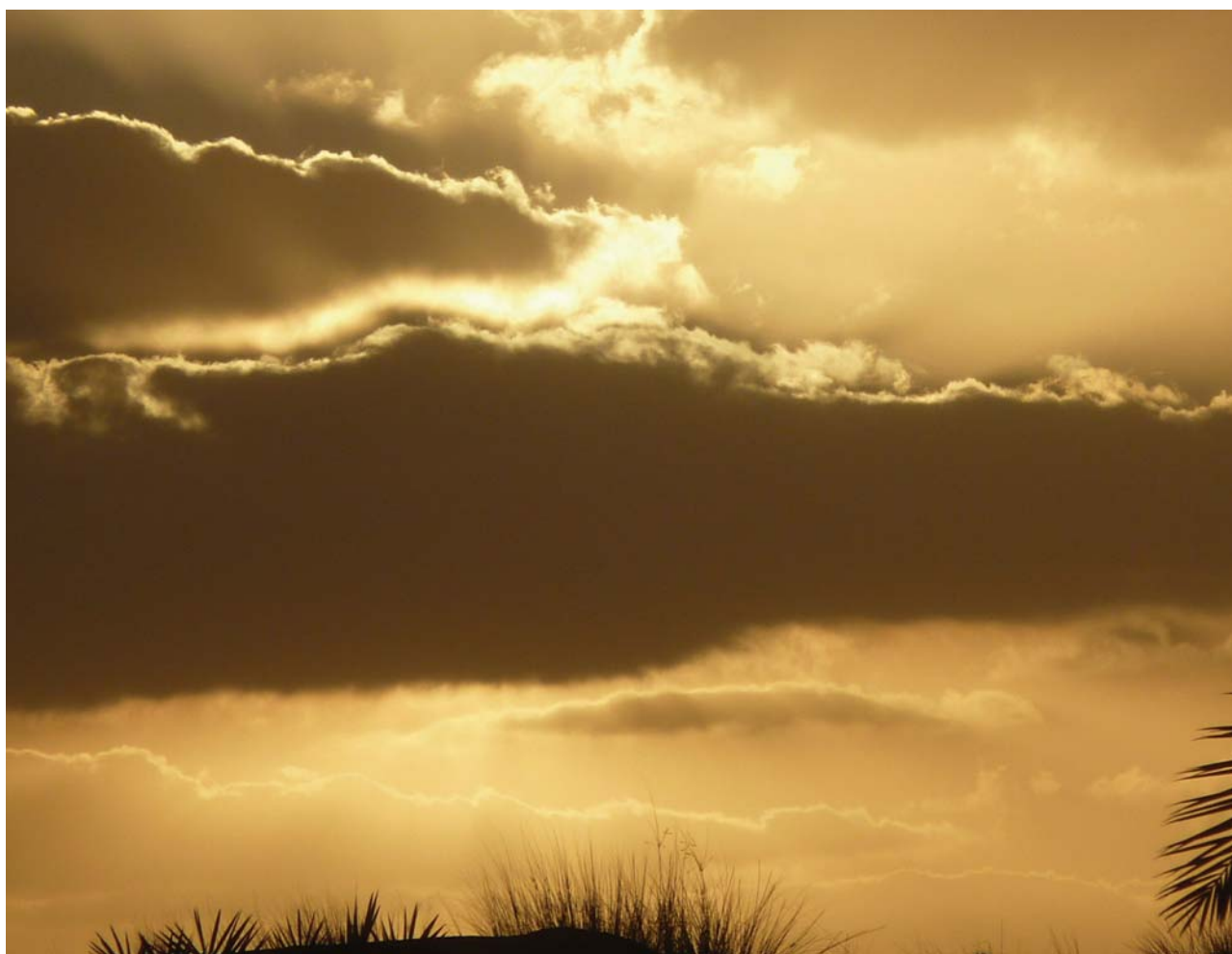


LÉGKÖR

56. évfolyam

2011. 2. szám



Felelős szerkesztő:

Dunkel Zoltán

a szerkesztőbizottság elnöke

Szerkesztőbizottság:

Bartholy Judit

Bihari Zita olvasó szerkesztő

Haszpra László

Hunkár Márta

Móring Andrea éghajlati összefoglaló

Sáhó Ágnes technikai szerkesztő

Somfalvi-Tóth Katalin kislexikon

Szudár Béla

Tóth Róbert

ISSN 0 133-3666

A kiadásért felel:

Dunkel Zoltán

az OMSZ elnöke

Készült:

HM Térképészeti Nonprofit Kft.

nyomdájában

800 példányban

Megjelent: 2012. január

Felelős vezető:

Németh László

üv. igazgató

Évi előfizetési díja 1760 Ft

Megrendelhető az OMSZ

Pénzügyi és Számviteli Osztályán

1525 Budapest Pf. 38.

E-mail: legkor@met.hu

TARTALOM

CÍMLAPON

Sivatagi naplemente, Jenki Szilvia, 2011. február 13.

Vissy Károlyra emlékezünk46

Bartha Imre: Búcsú Farkas Mihálynétól48

Az Országos Meteorológiai Szolgálat közleménye48

TANULMÁNYOK

Molnár József és Izsák Tibor: Trendek és töréspontok a léghőmérséklet kárpátaljai időszakaiban49

Lelovics Enikő, Pongrácz Rita, Bartholy Judit és Dezső Zsuzsanna:

A budapesti városi hősziget elemzése: műholdas és állomási mérések összehasonlítása55

Babolcsai György: A 850/1000 hPa-os relatív topográfián alapuló halmazállapot-előrejelzés új módszere60

Szűcs János: Városi légszennyezettség vizsgálata terjedési modell alkalmazásával65

Zsikla Ágota: A 2010 évi balatoni és velencei-tavi viharjelzési szezonról69

Koppány György: Kérdőjelek klímaügyben73

KRÓNIKA

Üveges Zoltán: A vecsési katasztrófa76

Hágen András: Kossuth Lajos éghajlati jövőképe78

Prof. dr. Mészáros Ernő tisztelegése Vissy Károly György ravatalánál81

Tóth Tamás megemlékezése Vissy Károly György ravatala előtt82

Balogh Beáta: A Magyar Meteorológiai Társaság hírei83

Móring Andrea: 2011 tavaszának időjárása84

Somfalvi-Tóth Katalin: Kislexikon86

Varga Miklós: Történelmi arcképek, Bárány Friesenhof Gergely87

LIST OF CONTENTS

COVER PAGE

Sunset in the desert, Szilvia Jenki, Hungary, 13 February 2011

Memory of Károly Vissy46

Imre Bartha: Memory of Ms. Mihályné Farkas48

STUDIES

József Molnár and Tibor Izsák: Trends and Break Points in the Time Series of the Air Temperature in Transcarpathia49

Enikő Lelovics, Rita Pongrácz, Judit Bartholy and ZsuzsaDezső: Analysis of the Budapest Heat Island: Comparison of Satellite- and Ground-based Measurements55

György.Babolcsai: A New Method for Forecasting the State of Precipitation Based on 850/1000 hPa Relative Topography60

JánosSzűcs: Examination of City Air Pollution by Applying Diffuse Model ..65

Ágota Zsikla: About the Stormwarning Season at the Lake Balaton and Velencei69

György Koppány: Questions Concerning Climate Affairs73

CHRONICLE

Zoltán Üveges: A local catastrophe76

András Hágen: Climatic Vision of Lajos Kossuth78

Memory of Károly Vissy by Prof.dr. Ernő Mészáros81

Memory of Károly Vissy by Tamás Tóth82

Beáta Balogh: News of MMT – Hungarian Meteorological Society83

Andrea Móring: Weather of Spring 201184

Katalin Somfalvi-Tóth: Pocket Encyclopaedia86

Miklós Varga: Historical Portraits: Gergely Friesenhof87

TRENDEK ÉS TÖRÉSPONTOK A LÉGHŐMÉRSÉKLET KÁRPÁTALJA IDŐSORAIBAN

TRENDS AND BREAK POINTS IN THE TIME SERIES OF THE AIR TEMPERATURE IN TRANSCARPATHIA

Molnár József*– Izsák Tibor**

II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Földtudományi Tanszék,
90 202 Beregszász, Kossuth tér 6., Ukrajna
*jozsi@kmf.uz.ua, ** tiboras@kmf.uz.ua

Összefoglalás: A vizsgálatokhoz három állomásnak (Beregszász, Ungvár és Rahó) az utóbbi 40 évre vonatkozó havi átlagos hőmérsékleti adatait használtuk fel. A lineáris trendelemzés mind a három állomás évi középhőmérsékleti adatsorában szignifikáns emelkedő trendet talált, a töréspontvizsgálat pedig szignifikáns töréspontokat mutatott ki: Beregszász és Ungvár esetében az ugrásszerű emelkedés 1998 és 1999 közé eset, Rahón 1988 és 1989 közé. A havi átlagok esetében elsősorban a nyári hónapok melegeződése bizonyult szignifikánsnak. Összevetve a trendek, illetve a töréspontok által tagolt részátlagok illeszkedését a vizsgált hőmérsékleti adatsorokra, az utóbbiak bizonyultak jobbnak. A módosulás tehát statisztikai vizsgálataink szerint inkább közelíthető diszkrét, mint fokozatos folyamatként. **Kulcsszavak:** éghajlatváltozás, Kárpátalja, lineáris trendek, töréspontok, illeszkedés.

Abstract: For the studying of the warming tendencies in Transcarpathia monthly mean temperature records were used from three meteorological stations (Berehove/Beregszász, Uzhhorod/Ungvár and Rakhiv/Rahó) for the last 40 years. The trend analysis found significant ascendant linear trends in the annual mean temperature series of every examined station, while the break point test detected significant break points: in Berehovo and Uzhhorod a leap took place between 1998 and 1999, in Rakhiv – between 1988 and 1989. In case of monthly means first of all the warming of summer month proved significant. As compared the fitting of trends and partial means distributed by break points to the studied temperature time series, the latter proved better. Therefore, the modification of temperature in Transcarpathia can be interpreted rather like discrete than gradual process. **Keywords:** climate change, Transcarpathia, linear trends, break points, fitting of approximation.

Bevezetés

A globális felmelegedés tényét a meteorológus szakma berkein belül ma már alig vitatja valaki. Egyértelműen állást foglalt a kérdésben az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület Negyedik Értékelő Jelentése is, amely annak globális lineáris trendjét az 1906–2005-ös évszázadra $0,74\text{ °C}$ -ban határozta meg (IPCC, 2007). Az utóbbi 25 évben pedig a hőmérsékletemelkedés átlagos évtizedes üteme elérte a $0,19\text{ °C}$ -ot (The Copenhagen Diagnosis, 2009). Egy 2008-as USA-beli felmérés eredményei alapján az éghajlatkutatók többsége (88%-a, az éghajlatváltozással foglalkozóknak pedig a 97%-a) abban is egyetértett, hogy az emberi tevékenység jelentősen hozzájárul a földi átlaghőmérséklet változásához

(www.gallup.com/poll/1615/Environment.aspx).

A melegedés regionális sajátosságai szembeötlő eltéréseket mutatnak a globális tendenciáktól és jelentős változékonyságot akár egy-egy ország területén belül is. Így, miközben Ukrajna területén a hőmérséklet módosulása alapvetően a globálissal összhangban zajlott, az ország északi részén a XX. századra vonatkozó lineáris hőmérsékleti trendek meghaladták az 1 °C -ot, a Krím déli partján pedig ugyanakkor 0 °C körül alakultak (Ukrán Hidrometeorológiai Központ, 2009). Ma-

gyarország területén szintén a globálissal szinkronban történtek a változások, amelyek $0,76\text{ °C}$ -ot tettek ki az 1901–2004-es időszakban (Szalai et al., 2005). Az utóbbi évtizedekben a változások mindkét ország területén felgyorsultak, az 1970-es évek óta $1,0\text{--}1,3\text{ °C}$ körüli értékeket érve el. Magyarországon az utóbbi évtizedekben a nyarak melegeződése volt erőteljesebb, szemben Ukrajnával, ahol a téli hőmérsékletek emelkedtek meredekebben (Lipinszkij et al., 2008).

A melegedés jellege, jövőbeli alakulása, valamint regionális sajátosságai további izgalmas, megoldandó kérdéseket tartogatnak, tág teret biztosítva a kutatómunkának. Ide kapcsolódik a jelen tanulmány is, amely a kárpátaljai léghőmérséklet utóbbi évtizedekben tapasztalt emelkedését, illetve annak jellegét elemzi.

Adatbázis és módszerek

A vizsgálatokhoz három állomásnak az utóbbi évtizedekre vonatkozó havi hőmérsékleti adatait használtuk. Kiválasztásuknál szempont volt, hogy reprezentálják a megye alföldi (Beregszász, t. sz. f. magassága 115 m), hegylábi (Ungvár, 112 m), valamint hegyvidéki részét (Rahó, 531 m) is (gmc.uzhgorod.ua). A beregszászi és rahói adatok, amelyeket az ottani meteorológiai állomástól, illetve a Kárpátaljai Megyei Hidrometeorológiai Központtól kaptunk, az 1970–2009-es időszakot ölelik fel, az

ungváriak pedig, amelyeket internetes forrásból (www.ncdc.noaa.gov/oa/mpp/freedata.html) töltöttünk le, az 1973–2009-est.

Vizsgálataink során az alábbi kérdésekre kerestünk választ:

- van-e a hőmérsékleti idősorokban szignifikáns lineáris trend?
- kimutathatók-e az idősorokat viszonylag homogén, egymástól szignifikánsan eltérő szakaszokra tagoló töréspontok?
- vajon a trendek, vagy a szakaszbontások írják le szabatosabban a vizsgált hőmérséklet-módosulásokat?

A lineáris trendek realitásának az eldöntésére a leginkább elterjedt Pearson-féle korrelációs együtthatót alkalmaztuk, bár, a statisztikai szakirodalom a Pearson-korreláció realitását az összevetendő valószínűségi változók normális eloszlásához köti (Ezekiel, Fox, 1970). Esetünkben pedig az egyik korrelálandó számsor nem is valószínűségi változó, hanem az évszámok egyenletes eloszlású sora. Ezt figyelembe véve szükségesnek láttuk a korreláció ellenőrzését a normális eloszlást nem kívánó nemparaméteres Spearman-korrelációs együtthatók meghatározásával is.

A Spearman-korrelációs együttható (r_s) az idősor elemeinek a növekvő sorba rendezett mintában elfoglalt sorszáma (z_i) és az időrendi sorszáma (i) közötti kapcsolat szorosságát mutatja:

$$r_s = \frac{\sum \left(z_i - \frac{n+1}{2} \right) \left(i - \frac{n+1}{2} \right)}{\sqrt{\sum \left(z_i - \frac{n+1}{2} \right)^2 \sum \left(i - \frac{n+1}{2} \right)^2}},$$

ahol n – az idősor elemszáma.

Az idősorokban esetlegesen végbement hirtelen, ugrásszerű változások, vagyis töréspontok feltárására a statisztikai szakirodalom számos módszert kínál (Molnár, 2003), például:

- a részátlagok összevetése a Student-féle t -próbával;
- a szórások minimalizálásának módszere;
- az anomáliák kumulatív összegzése;
- a Pettitt-féle nemparaméteres próba;
- a jel-zaj arány vizsgálata.

A többféle módszer közül a részátlagok Student-féle t -próbával történő összevetését választottuk. Az eljárás azon a feltevésen alapul, hogy az ugrásszerű változás időpontjánál elválasztott időszakok átlagának eltérése nagyobb a más időpontoknál elválasztottakénál. Az átlagok összevetésére a t -értéket használtuk (Pécze, 1979):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}},$$

ahol $\bar{x}_1$ és $\bar{x}_2$ – a két időszak átlagai, n_1 és n_2 – az elemszámok, adott esetben az évek száma az egyes részidőszakokban, S – a két minta közös szórása, amely a minták σ_1 és σ_2 szórásának és elemszámának ismeretében az alábbi képlettel számítható:

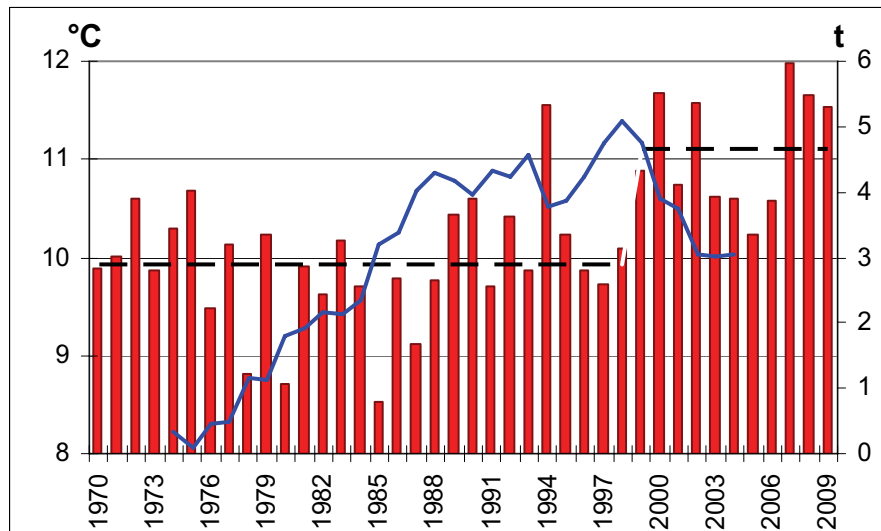
$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}.$$

Megjegyezzük, hogy a t -próba alkalmazhatósága az összehasonlítandó minták normális eloszlásához kötött. Az elvégzett Kolmogorov–Smirnov-próba alapján az évi, évszakos, illetve havi hőmérsékleti átlagértékek eloszlása a vizsgált periódus alatt a normálistól szignifikánsan egyik esetben sem tért el.

Az eljárás során a vizsgált idősorokat változó hosszúságú két szakaszra bontottuk az elválasztó pont csúsztatásával. A szakaszok hosszát 5 évben minimalizáltuk, ezért az első megvizsgált választópont az 1974/75-ös volt, ami az 1970–1974-es és az 1975–2009-es részekre osztotta a teljes periódust. Kiszámítottuk a fent említett Student-féle t -próba-hoz használt t -értéket a két szakasz átlagaira. Ezután a választópontot egyesével léptettük előre az időben, változtatva a két részidőszak hosszát. Ezek átlagait minden lépésnél összevetettük, a t -érték meghatározásával. Az utolsó választópont 2004 és 2005 közé esett, betartandó az előzőekben megfogalmazott feltételt az időszakok minimális hosszával kapcsolatosan.

Az eredményül kapott $|t|$ -értékek közül a maximális jelzi a két hozzá tartozó részidőszak átlagának legnagyobb eltérését, tehát ez tekinthető töréspontnak. Ha az adott abszolút t -érték a vonatkozó szabadsági fok (ez a konkrét vizsgálatnál 38) esetén 95%-os szinten szignifikáns eltérést jelzett a szakaszátlagok között, a hozzá tartozó választópontot szignifikáns töréspontnak tekintettük. Megjegyezzük, hogy az abszolút t -értékek maximumának eloszlása némileg eltérhet egy abszolút t -érték eloszlásától, következésképpen a Student-féle t -próba kritikus értékénél valamivel magasabb kritikus érték adódna a maximumokra, ennek meghatározása azonban nehéz feladat.

Az 1. ábra segítségével szemléltetjük a töréspont kijelölését a gyakorlatban a Beregszászi Meteorológiai Állomás évi átlaghőmérsékleti idősora példáján. A $|t|$ a maximumát az 1998-as évnél éri el, és mivel értéke a kívánt szinten szignifikáns, 1998 és 1999 fordulóját szignifikáns töréspontnak tekintettük.



1. ábra. A Beregszászi Meteorológiai Állomás évi átlaghőmérsékleti idősorában jelentkező töréspont t -próba segítségével történő kijelöléséhez használt diagram. Oszlopdiagrammal ábrázoltuk a hőmérséklet évi átlagait a vizsgált időszak alatt (bal oldali skála, °C). A folytonos vonal az adott évvel végződő és az azt követő időszak átlagának összevetésére használt abszolút t -értékeket mutatja (jobb oldali skála). A szaggatott vonal a töréspont által elválasztott részütemzők szakaszát jelöli.

A vizsgálatok a hőmérsékleti idősorokban úgy trendeket, mint töréspontokat feltártak. Annak eldöntésére, hogy a végbement változásokat melyikük segítségével írhatjuk le pontosabban, azaz fokozatosan vagy ugrás-szerűen zajlottak-e azok le, az eltérések négyzetösszegeinek összevetését alkalmaztuk.

Ennek megfelelően meghatároztuk az adott idősorra fektetett lineáris trendegyenes x_{ti} értékeit az $i = 1, 2, \dots, n$ évekre, majd az egyes évek x_i értékeiből kivontuk azokat. Az eltérések négyzeteit összeadva kapott szám (S_{tr}) jellemzi a trendegyenes illeszkedésének jóságát: kisebb érték jobb illeszkedésnek felel meg.

$$S_{tr} = \sum_{i=1}^n (x_i - x_{ti})^2.$$

A továbbiakban meghatároztuk az idősor legmarkánsabb, k és $k+1$ közé eső töréspontja által kijelölt két szakasz átlagos értékét ($\bar{x}_1$ és $\bar{x}_2$). Az egyes évi értékek megfelelő részátlagtól vett eltéréseinek négyzetösszegét képeztük (S_{tp}), ami a szakaszátlagokkal való közelítés illeszkedésének a jóságát méri (a jobb illeszkedést ebben az esetben is a kisebb értékek mutatják):

$$S_{tp} = \sum_{l=1}^k (x_l - \bar{x}_1)^2 + \sum_{m=k+1}^n (x_m - \bar{x}_2)^2,$$

ahol $l = 1, 2, \dots, k$ és $m = k+1, k+2, \dots, n$.

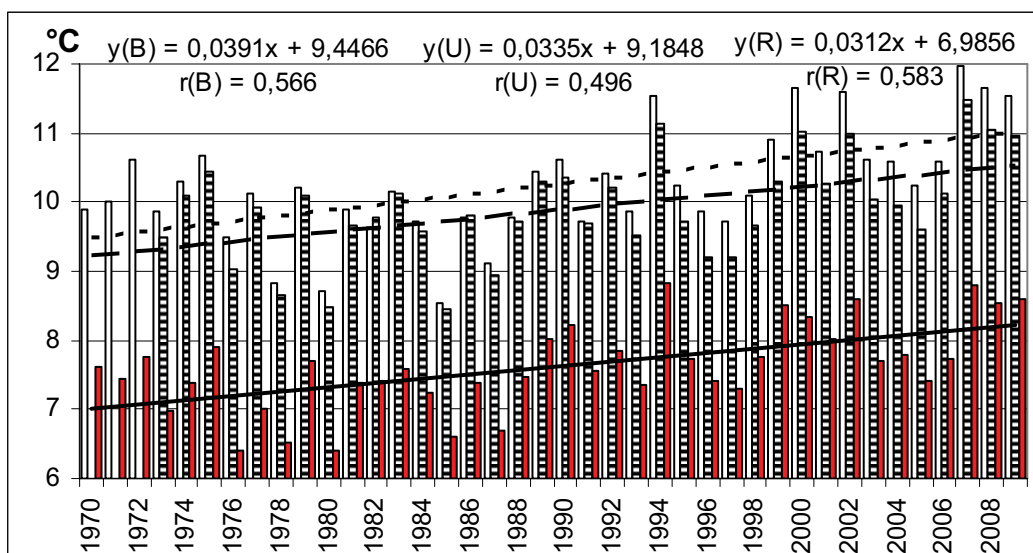
Az illeszkedések jóságának összehasonlítására a két négyzetösszeg arányát alkalmaztuk:

$$g = \frac{S_{tr}}{S_{tp}}.$$

Ha $g < 1$, akkor a lineáris trend illeszkedik jobban, ha $g > 1$ – a töréspontok által elválasztott átlagok.

Eredmények

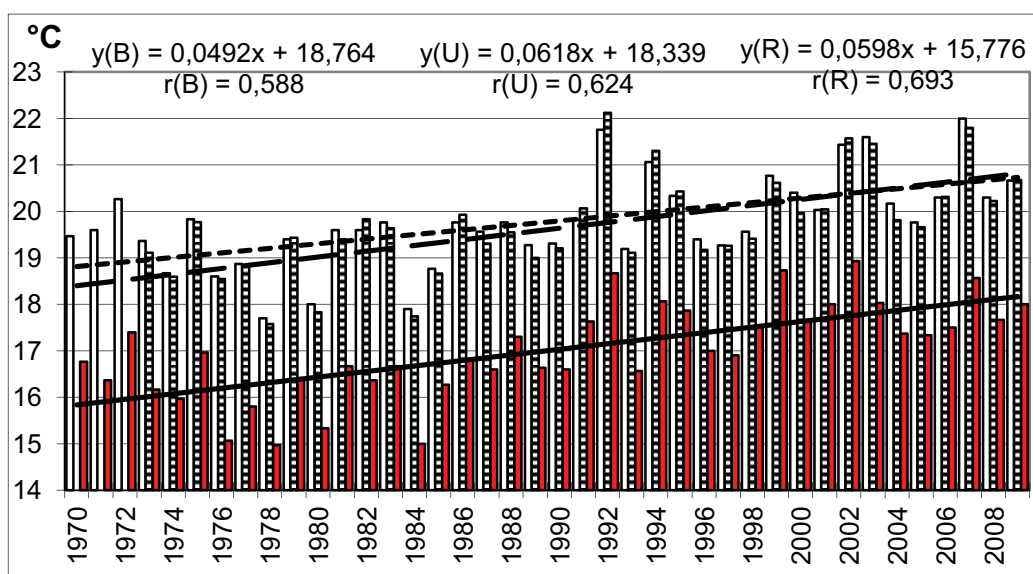
A lineáris trendelemzés mind a három állomás évi középhőmérsékleti adatsorában szignifikáns emelkedő trendet talált – a Pearson-féle korrelációs együtthatók értéke mindegyik esetben meghaladta a 95%-os szignifikancia szintnek megfelelő 0,31-es értéket (2. ábra). A módszereknél részletezett megfontolásokból ellenőrzésképpen kiszámított nemparaméteres Spearman-féle korrelációs együtthatók ugyancsak mindhárom esetben szignifikánsnak találták a trendeket. Az alkalmazott lineáris közelítés a vizsgált 1970–2009-es időszakra vetítve Beregszász esetében 1,6 °C-os, Ungvár vonatkozásában 1,3 °C-os, Rahón pedig 1,2 °C-os hőmérsékletemelkedést tárt fel. Ez összhangban van más kutatások eredményeivel, amelyek szintén a globálisan meghaladó mértékű felmelegedést detektáltak a Kárpát-medence térségében (Szalai et al., 2005). A beregszászi átlagok meredekebb emelkedésében valószínűleg a városhatás fokozódása játsza a döntő szerepet, ugyanis a vizsgált periódus alatt, nevezetesen a múlt század 80–90-es éveinek a fordulóján, a meteorológiai állomás környékét beépítették.



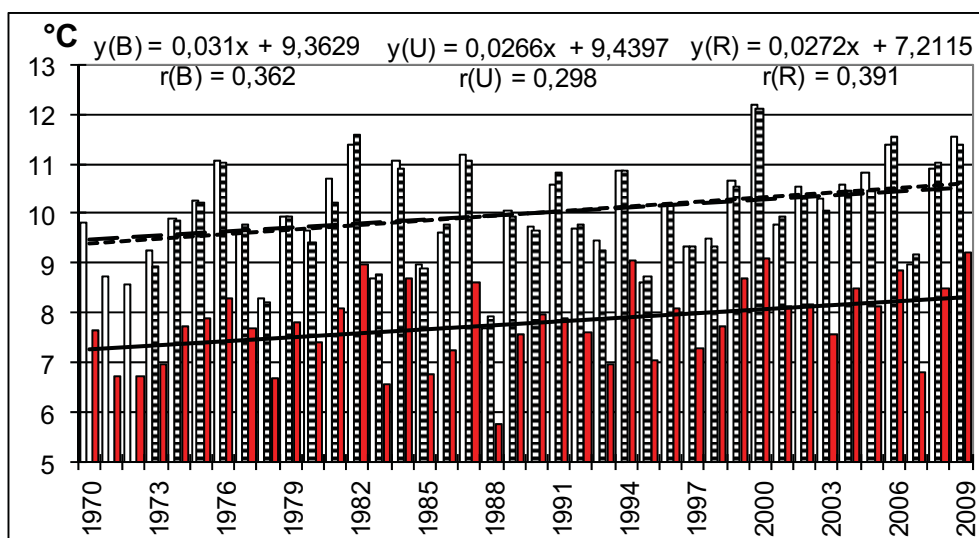
2. ábra. A beregszászi (üres oszlopok), ungvári (csíkos oszlopok) és rahói (kitöltött oszlopok) évi középhőmérsékletek alakulása az 1970–2009-es időszakban. Az idősorokra illesztett trendegyenéseket Beregszász esetében rövidre szaggatott, Ungvár esetében hosszabbra szaggatott, Rahónál folytonos vonal jelöli. Az ábrán feltüntettük az egyes idősorok lineáris trendegyenleteit, valamint a korrelációs együttható (r) vonatkozó értékeit.

Tekintsük át az évi átlaghőmérsékletek idősoráiban feltárt melegedési trendek évszakos megoszlását! Az évszakos átlaghőmérsékletek kiszámításánál az összefüggő téli hónapokat vontuk össze, így, például 1985 decemberre 1986 januárjával és februárjával alkot egy évszakot. Az évszakok közül a legjelentősebb melegedést nyáron sikerült detektálni. A nyár mindhárom vizsgált állomáson szignifikánsan melegedett, a korrelációs együttható értéke magasan a kritikus érték (0,31) fölöttinek, 0,6 körülnek bizonyult, a hegyvidéki Rahón érve el a maximumát (3. ábra). A nyarak melegedésének az elemzett 40 éves időszakra vonatkozó értéke – lineáris trend feltételezése mellett – Beregszászban 2,0, Ungváron – 2,5,

Rahón – 2,4 °C volt, azaz az éves átlagokét jóval meghaladta, ami a magyarországi sajátosságokkal mutat párhuzamokat (Szalai *et al.*, 2005). Két állomás, Beregszász és Rahó esetében 95%-os valószínűségi szinten szignifikánsan emelkedtek az őszi átlaghőmérsékletek is (4. ábra). A teljes vizsgált 40 éves periódusra vonatkoztatva a lineáris közelítés a síkvidéket reprezentáló városban 1,2, a hegyvidékiben 1,1 °C-os melegedést valószínűsít. Az őszi átlagok ungvári emelkedése valamelyest elmaradt a kívánt valószínűségi szinttől. Vizsgálataink a téli és a tavaszi hőmérsékleti idősorokban egyik város esetében sem találtak szignifikáns változást, miközben Közép-Ukrajnában a téli melegedés bizonyult a legmarkánsabbnak (Ukrán Hidrometeorológiai Központ, 2009).



3. ábra. A beregszászi (üres oszlopok), ungvári (csíkos oszlopok) és rahói (kitöltött oszlopok) nyári átlaghőmérsékletek alakulása az 1970–2009-es időszakban. Az idősorokra illesztett trendegyenéseket Beregszász esetében rövidre szaggatott, Ungvár esetében hosszabbra szaggatott, Rahónál folytonos vonal jelöli. Az ábrán feltüntettük az egyes idősorok lineáris trendegyenleteit, valamint a korrelációs együttható (r) vonatkozó értékeit.



4. ábra. A beregszászi (üres oszlopok), ungvári (csíkos oszlopok) és rahói (kitöltött oszlopok) őszi átlaghőmérsékletek alakulása az 1970–2009-es időszakban. Az idősorokra illesztett trendegyenéseket Beregszász esetében rövidre szaggatott, Ungvár esetében hosszabbra szaggatott, Rahónál folytonos vonal jelöli. Az ábrán feltüntetjük az egyes idősorok lineáris trendegyenleteit, valamint a korrelációs együttható (r) vonatkozó értékeit.

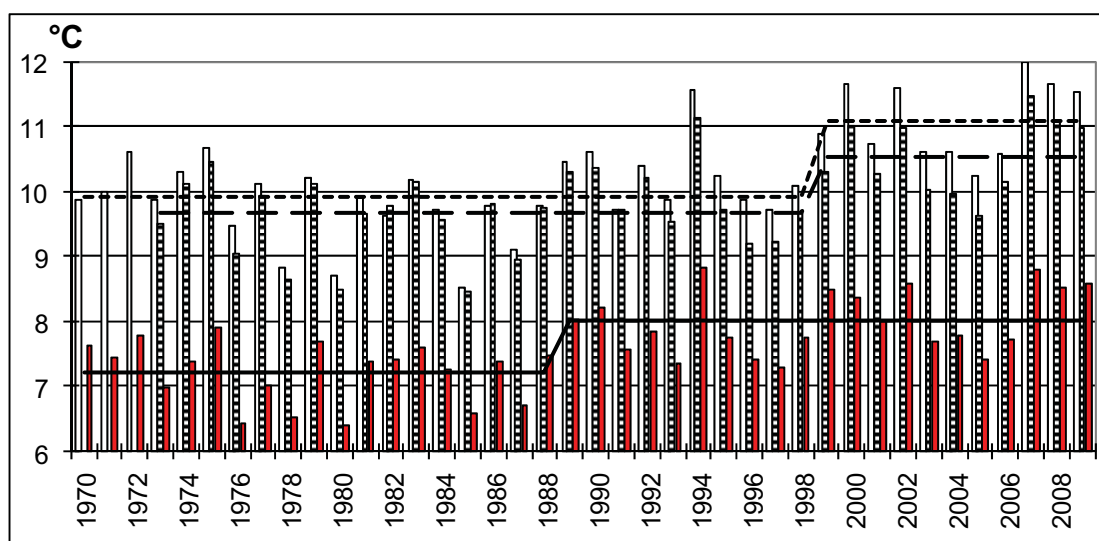
A következő lépésben azt vizsgáltuk, vajon milyenek a három város havi középhőmérsékleteinek a trendjei.

Az évszakos trendekhez szorosan igazodva, 95%-os valószínűségi szinten szignifikánsnak bizonyult mindhárom kárpátaljai város mindhárom nyári hónapra vonatkozó hőmérsékleti idősorának az emelkedő trendje. A felmelegedés mértéke júliusban adódott a legmagasabbnak: Beregszászban 40 évre vonatkoztatva 2,4, Ungváron 3,2, Rahón 2,5 °C-nak. Jelzésértékűen emelkedett továbbá Ungváron és Beregszászban az áprilisi, Rahón az októberi, Ungváron a novemberi átlaghőmérséklet.

Megjegyezzük, a Spearman korrelációs együtthatók értékei az évszakos és a havi adatsorok elemzésénél is

megerősítették a Pearson-féle r -értékek alapján feltárt szignifikanciákat, kiegészítve a szignifikáns trendek listáját a rahói áprilisi középhőmérsékletekkel.

Térjünk át a három város hőmérsékleti idősorainak a töréspontelemzésére! A Student-féle t -próba segítségével végrehajtott töréspontvizsgálat az évi átlaghőmérsékletek mindhárom adatsorában szignifikáns töréspontot mutatott ki: Beregszász és Ungvár esetében az ugrásszerű emelkedés 1998 és 1999 közé eset, Rahón 1988 és 1989 közé (5. ábra). A töréspontok által elválasztott szakasz-átlagok legnagyobb mértékben – 1,2 °C-kal – Beregszászban különböznek, míg Ungváron és Rahón csupán 0,8 °C-kal.



5. ábra. A beregszászi (üres oszlopok), ungvári (csíkos oszlopok) és rahói (kitöltött oszlopok) évi középhőmérsékletek alakulása az 1970–2009-es időszakban. A megtört vízszintes szakaszok az idősorokban detektált szignifikáns töréspontok által elválasztott részátlagokat jelenítik meg Beregszász esetében rövidre szaggatott, Ungvár esetében hosszabbra szaggatott, Rahónál folytonos vonal segítségével.

Kiterjesztve a töréspontelemzést az évszakos átlaghőmérsékletekre, az 1970–2009-es időszakban szignifikáns töréspontokat találtunk a tél kivételével mindegyik idősorában, mindhárom állomáson. A feltárt töréspontok mindegyike után emelkedtek az évszakos átlaghőmérsékletek. Tavasszal a két alföldi város hőmérsékleteiben 1998 és 1999 között következett be az átlaghőmérsékletek ugrásszerű emelkedése, miközben Rahón 1999 és

A hőmérsékletemelkedés feltárt lépcsőzetes jellege annak lehet a következménye, hogy a melegedési folyamat valószínűsíthető fő okozóján, az üvegházhatás fokozódásán kívül – amely jelenleg viszonylag folyamatos jellegű – más, szakaszosan jelentkező éghajlat-alakító tényezők (interannuális légköri–óceáni oszcillációk, naptevékenység, vulkáni működés stb.) hatása is tükröződik benne.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Beregszász	–	–	–	1997/ 98	–	1991/ 92	1986/ 87	1991/ 92	–	1974/ 75	1995/ 96	–
Ungvár	–	–	–	1982/ 83	–	1991/ 92	1986/ 87	1991/ 92	–	–	1995/ 96	–
Rahó	1987/ 88	–	–	1997/ 98	1999/ 2000	1990/ 91	1986/ 87	1987/ 88	–	1974/ 75	1995/ 96	–

1. táblázat. A beregszászi, ungvári és rahói havi átlaghőmérsékletek 1970–2009-es idősorában feltárt szignifikáns töréspontok időpontjai. A hiányjel azt jelzi, hogy az adott város megfelelő havi idősorában a vizsgálat nem talált szignifikáns töréspontot.

2000 között emelkedett leginkább az átlag. Nyáron viszont az ungvári hőmérséklet járása inkább a rahóival volt szinkronban: mindkét esetben 1990/91-es töréspontot sikerült detektálni, miközben Beregszászban ez egy évvel későbbre tolódott. Az őszi átlagok töréspontja mindhárom városban azonos időre, 1998/99-re esett.

A havi átlagok idősorai közül az alkalmazott t -próbás módszer mindegyik vizsgált város esetében többen is detektált töréspontokat (1. táblázat). Ezek kivétel nélkül magasabb átlaghoz való átmenetet mutattak. A havi értékek közül a nyáriak mindegyikénél jelentkezett szignifikáns töréspont mindegyik vizsgált állomáson. A havi töréspontok időben nem estek egybe az évikkel. Mindhárom városban szinkronban jelentkezett az 1986/87-es töréspont a júliusi, valamint az 1995/96-os a novemberi havi átlaghőmérsékletekben.

Végezetül, összevetve a trendek és a töréspontok által tagolt részátlagok illeszkedési jóságát a vizsgált hőmérsékleti adatsorokra, választ kerestünk arra a kérdésre, hogy vajon a hőmérsékletmódosulások Kárpátján folytonos vagy diszkrét statisztikai modellel közelíthetők-e jobban. Az évi átlagokon elvégezve a módszereknél leírt g értékének a meghatározását, azt mindhárom állomás esetében egynél nagyobbak találtuk ($g_B = 1,20$, $g_U = 1,07$, $g_R = 1,12$), ami az utóbbit, azaz a folyamat diszkrét jellegét húzza alá inkább. A magasabb g -érték Beregszász esetében valószínűsíti leginkább a felmelegedés szakaszos jellegét. A melegedési folyamat egyenlőtlen jellegére tágabb térségünkben más vizsgálatok is rámutatnak (Ukrán Hidrometeorológiai Központ, 2009).

Az évszakos átlagok elemzését elvégezve, a kép hasonlóan adódott, bár valamivel kisebb g -értékekkel, kivéve a rahói nyári hőmérsékleteket ($g = 1,19$). A havi átlagok vizsgálata ugyancsak inkább a változások szakaszos jellegét valószínűsítette minden esetben, 1,01 és 1,20 közötti g -értékek mellett.

Irodalom

- Ezekiel, M., Fox, K.A., 1970: Korreláció- és regresszióanalízis. Lineáris és nem-lineáris módszerek. – Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest. 594 p.
- IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lipinszkij V.M., Sznyizsko Sz.I., Oszadcsij V.I., Babicsenko V.I., Martazinova V.F. (Ліпінський В.М., Сніжко С.І., Осадчий В.І., Бабіченко В.І., Мартазінова В.Ф.), 2008: Глобальні зміни клімату та їх прояв в Україні. In: Географія в інформаційному суспільстві. 36. наук. праць. У 4-х тт. ВГЛІ Обрії, Київ. Т. I. pp. 141–147.
- Molnár J., 2003: A légnyomási mező szerkezete és módosulása a Kárpát-medence térségében. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem, Debrecen. 166 p.
- Szalai S., Konkolyiné Bihari Z., Lakatos M., Szentimrey T., 2005: Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig OMSZ, Budapest. www.met.hu/downloads.php?l=egh_doc&f=Magyarorszag_eghajlatanak_nehany_jellemzoje_1901-tol.pdf
- Péczy Gy., 1979: Éghajlat. Szeged. Utánnyomás: Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest 1996. 336 p.
- The Copenhagen Diagnosis, 2009: Updating the World on the Latest Climate Science. I. Allison, N.L. Bindoff, R.A. Bindaschadler, P.M. Cox, N. de Noblet, M.H. England, J.E. Francis, N. Gruber, A.M. Haywood, D.I. Karoly, G. Kaser, C. Le Quéré, T.M. Lenton, M.E. Mann, B.I. McNeil, A.J. Pitman, S. Rahmstorf, E. Rignot, H.J. Schellnhuber, S.H. Schneider, S.C. Sherwood, R.C.J. Somerville, K. Steffen, E.I. Steig, M. Visbeck, A.I. Weaver. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC). Sydney, Australia. 60 p.
- Ukrán Hidrometeorológiai Központ (Український гідрометеорологічний центр), 2009: Глобальна зміна клімату – сучасні погляди та тенденції. www.meteo.com.ua/articles/62