

HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY



A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 96. ÉVF. 1. SZÁM • 2016
HUNGARIAN HYDROLOGICAL BULLETIN • VOL 96. NO 1. • 2016





Hidrológiai Közlöny

A Magyar Hidrológiai Társaság lapja
Megjelenik háromhavonként

F szerkeszt :

Fehér János

Szakszerkeszt k:

Ács Éva
Konecsny Károly
Nagy László

Szerkeszt bizottság elnöke:

Szóll si-Nagy András

Szerkeszt bizottság tagjai:

Ács Éva, Baranyai Gábor, Bezdán Mária,
Bíró Péter, Bíró Tibor, Bogárdi János,
Csörnyei Géza, Engi Zsuzsanna, Fehér
János, Fejér László, Fekete Balázs,
Gampel Tamás, Gayer József, Hajnal
Géza, Ijjas István, Istvánovics Vera, Józsa
János, Kling Zoltán, Konecsny Károly,
Kovács Sándor, Major Veronika, Melicz
Zoltán, Nagy László, Nováky Béla, Rákosi
Judit, Román Pál, Szabó János Adolf,
Szilágyi Ferenc, Szilágyi József, Szlávik
Lajos, Szolgay János, Sz cs Péter, Tamás
János, Vágás István, Vekerdy Zoltán

Kiadó:

Magyar Hidrológiai Társaság
1091 Budapest, Üll i út 25. IV. em.
Tel: +36-(1)-201-7655
Fax: +36-(1)-202-7244
Email: titkarsag@hidrologia.hu
Honlap: www.hidrologia.hu
A Kiadó képvisel je: Szlávik Lajos, a
Magyar Hidrológiai Társaság elnöke

Hirdetés:

Gampel Tamás, a Magyar Hidrológiai
Társaság f titkára
1091 Budapest, Üll i út 25. IV. em.
Telefon: (1)-201-7655 Fax: (1)-202-7244
Email: fotitkar@hidrologia.hu

Indexed in:

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr.
Fluidex; Geotechn. Abstr.; Meteor /
Geostrophys. Abstr. Sei.; Water Res.
Abstr.

Index: 25374
HU ISSN 0018-1323

Tartalomjegyzék

Szlávik Lajos: A Magyar Hidrológiai Társaság 100 éves centenáriumára	3
Szóll si-Nagy András: Harminc év	5
Fejér László: 125 éve kezd dött a Balaton kutatása	6
Sz cs Péter és Mikita Viktória: Felszín alatti vízkészleteink és a hidrogeológiai kutatások helyzete hazánkban	7
Kovács Attila, Marton Annamária, Tóth György és Sz cs Teodóra: A sekély felszín alatti vizek klíma-érzékeny- ségének országos lépték kvantitatív vizsgálata	21
Engi Zsuzsanna, Tóth Gábor, Somogyi Katalin, Lanter Tamás, Hercsel Róbert és Bozzay Ferenc: A Mura folyó kanyarulatvándorlásainak elemzése és hullámterének feliszapolódás-vizsgálata 2D modellezéssel	33
Konecsny Károly, Gauzer Balázs és Varga György: A 2006 tavaszán levonult nagy tiszai árvíz kialakulását befolyásoló hóviszonyok f jellemz i	49
Ilyés Csaba, Turai Endre és Sz cs Péter: 110 éves hosszúságú hidrometeorológiai adatsorok ciklikus paramétereinek vizsgálata	61
KÖSZÖNT	
Dr. Szigyártó Zoltán 90 éves	71
Dr. Szigyártó Zoltán munkássága	72
ÉLETUTAK	
Prof. Dr. Ijjas István	73
NEKROLÓG	
Dr. Literáthy Péter (1938-2015)	77
KÖNYVISMERTET	
A Tisza és árvizei	78
Szolnok és a Közép-Tisza-vidék vízügyi múltja. IV. (1975-2010)	79

Címlapfotó: Víz Zsigmond, Duna Múzeum.

A volt VITUKI Hidraulikai Laboratóriuma bejáratát korábban díszít
mozaikot sikerült megmenteni, jelenleg az esztergomi Duna Múzeum
udvarán tekinthet meg



Hungarian Hydrological Bulletin

Journal of the Hungarian Hydrological Society
Published three monthly

Editor-in-Chief:

János FEHÉR

Assistant Editors:

Éva ÁCS

Károly KONECSNY

László NAGY

Editorial Board Chairman:

András SZÖLL SI-NAGY

Editorial Board Members:

Éva ÁCS, Gábor BARANYAI, Mária BEZDÁN, Péter BÍRÓ, Tibor BÍRÓ, János BOGÁRDI, Géza CSÖRNYEI, Zsuzsanna ENGI, János FEHÉR, László FEJÉR, Balázs FEKETE, Tamás GAMPEL, József GAYER, Géza HAJNAL, István IJJAS, Vera ISTVÁNOVICS, János JÓZSA, Zoltán KLING, Károly KONECSNY, Sándor KOVÁCS, Veronika MAJOR, Zoltán MELICZ, László NAGY, Béla NOVÁKY, Judit RÁKOSI, Pál ROMÁN, János Adolf SZABÓ, Ferenc SZILÁGYI, József SZILÁGYI, Lajos SZLÁVIK, János SZOLGAY, Péter SZ CS, János TAMÁS, István VÁGÁS, Zoltán VEKERDY

Publisher:

Hungarian Hydrological Society
H-1091 Budapest, Úll i út 25., Hungary
Tel: +36-(1)-201-7655; Fax: +36-(1)-202-7244;
Email: titkarsag@hidrologia.hu ;
Web: www.hidrologia.hu
Represented by: Lajos SZLÁVIK, President
of the Hungarian Hydrological Society
Email: titkarsag@hidrologia.hu

Advertising:

Tamás GAMPEL, Secretary General of the
Hungarian Hydrological Society
H-1091. Budapest, Úll i út 25., Hungary
Phone: +36-1-201-7655. Fax: +36-(1)-202-7244
Email: fotitkar@hidrologia.hu

Indexed in:

Appl. Mech.; Rew. Chem.; Abstr.
Fluidex; Geotechn. Abstr.; Meteor /
Geostrophys. Abstr. Sei.; Water Res.
Abstr.

Index: 25374

HU ISSN 0018-1323

Contents

Lajos SZLÁVIK: On the centenary of the Hungarian Hydrological Society	3
András SZÖLL SI-NAGY: 30 years	5
László FEJÉR: The Lake Balaton research started 125 years ago	6
Péter SZ CS and Viktória MIKITA: The situation of groundwater resources and the related research activities in Hungary	7
Attila KOVÁCS, Annamária MARTON, György TÓTH and Teodóra SZ CS: Quantitative investigation of climate change impact on shallow groundwater conditions in Hungary	21
Zsuzsanna ENGI, Gábor TÓTH, Katalin SOMOGYI, Tamás LANTER, Róbert HERCSEL and Ferenc BOZZAY: Analysis of meander migration and 2D modeling of the silting up processes of the Mura river's foreshore area	33
Károly KONECSNY, Balázs GAUZER and György VARGA: Main characteristics of snow conditions affecting the development of the major Tisza River flood in the spring of 2016	49
Csaba ILYÉS, Endre TURAI and Péter SZ CS: Examination of cyclic parameters of 110 year long hydrometeorological datasets	61
BIRTHDAY GREETING	
Dr. Zoltán SZIGYÁRTÓ is 90 years old	71
Oeuvre of Dr. Zoltán SZIGYÁRTÓ	72
COURSES OF LIFE	
Prof. Dr. István IJJAS	73
OBITUARY	
Dr. Péter LITERÁTHY (1938-2015)	77
BOOK REVIEW	
The Tisza River and its floods	78
Historical Books of Water Management – Water management history of the Middle Tisza Region IV. (1975-2010)	79

110 éves hosszúságú hidrometeorológiai adatsorok ciklikus paramétereinek vizsgálata

Ilyés Csaba*, Turai Endre** és Sz. cs Péter***

*Miskolci Egyetem M. szaki Földtudományi Kar Környezetgazdálkodási Intézet, 3515 Miskolc, Egyetemváros
(E-mail: hgilyes@uni-miskolc.hu)

**Miskolci Egyetem M. szaki Földtudományi Kar Geofizikai és Térinformatikai Intézet, 3515 Miskolc, Egyetemváros
(E-mail: gfturai@uni-miskolc.hu)

***MTA-ME M. szaki Földtudományi Kutatócsoport, 3515 Miskolc, Egyetemváros
(Email: hgszucs@uni-miskolc.hu)

Kivonat

A földi vízkörforgalomban igen fontos szerepe van a periodikus jelenségeknek. Vízgazdálkodási szempontból igen nagy jelentősége lehet, ha sikerül kimutatni a szélsőséges időjárás viszonyok periodikus hidrológiai jelenségekre kifejtett hatását. Éves, havi és napi csapadékösszegeket használva, azok idősorából ciklikus paramétereket határoztunk meg négy különböző meteorológiai állomásra az ország teljes területén. Ezen periodikus komponensek felkutatásához 110 évnél hosszabb időtartamot határoztunk a frekvencia függvényében az amplitúdó és fázis szög paramétereket a Fourier-transzformáció egy analitikus változatát használva. Az eredményeket ezután mind külön-külön, mind együtt vizsgálva meghatároztunk domináns és mellékciklusokat az idősorokban, továbbá a Kárpát-medencét jellemző, regionális ciklusokat is feltártunk. A napi adatokat felhasználva az egy éves ciklus hosszának és amplitúdójának változását vizsgáltuk, illetve a legnagyobb periódus idővel rendelkező ciklus változásait is elemeztük. Az elemzés során egyértelműen kimutattuk az éves és féléves periodicitást a csapadék időbeliségében, majd további ciklusokat kutattunk fel, úgy mint az éves adatok elemzésénél a legnagyobb amplitúdóval rendelkező 5 éves, illetve a legnagyobb periódusidővel rendelkező 12 éves ciklust. Az eredmények alapján a legnagyobb periódusidejű ciklus hossza és amplitúdója egyértelműen csökkent a vizsgált időintervallumban.

Kulcsszavak

csapadék, ciklusok, spektrális elemzés, klímaváltozás, Fourier-transzformáció

Examination the cyclic parameters of 110 year long hydrometeorological datasets

Abstract

In the hydrological cycle of the Earth, the periodic components play an important role. It could be a great importance for groundwater management reasons to get to know better the cyclic properties of the meteorological extremes, which affect the hydrological cycle. The cyclic parameters of the annual, monthly and daily precipitation data have been calculated from precipitation data of four different meteorological stations in Hungary. The cycle parameters of these datasets were determined from 110 year long precipitation datasets, such as the frequency, amplitude and phase angle with an analytic version of Discrete Fourier-Transformation. The values obtained for the four stations have been compared, and regional or national cycles have been defined for the Carpathian-basin. Using the daily datasets, examination of the changes in the 1 year cycle and the changes of the longest cycle (cycle with the longest period of time) have been carried out. In our examination we showed the presence of one year long and half year long cycles as well as the third most dominant 5 year and the 12 year cycles, the longest periods. Our research revealed that the time period and the amplitude of the longest cycle have significantly decreased.

Keywords

precipitation, cycles, cyclic parameters, spectral analysis, climate, Fourier-transformation

BEVEZETÉS

A Földön nagyságrendileg $400\,000\text{ km}^3$ mennyiségű víz vesz részt a számos periodikus jelenséget mutató víz körforgalomban évente, amire hatással van a változó klímánk, illetve az ezzel együtt jelentkező meteorológiai szélsőségek (Sz. cs, 2012).

Magyarországon az ivóvíz 95%-a felszín alatti vízáradékból kerül kitermelésre, így egy változó klíma, és akár egy kis változás a víz körforgásában hatással lehet ezekre a vízáradékokra és azok utánpótlási viszonyaira is. Ezért ezen hatások és következmények vizsgálata igen fontos vízvédelmi és vízgazdálkodási kérdés az egész Kárpát-medencében.

A közelmúltban a Víz Világtanács (World Water Council) számos tanulmányban figyelmeztetett, hogy

a víz körforgásában változások tapasztalhatóak, a hidrológiai ciklusok rövidülnek. Az extrém meteorológiai események száma várhatóan növekedni fog, a száraz és csapadékos időszakok jobban elkülönülnek egymástól. A száraz évszakokban hosszabb csapadékmentes időszakokat prognosztizálnak, míg a csapadékos évszakban a csapadékesemények intenzitásában várható változás. A rövid idő alatt lezúduló nagy mennyiségű csapadékok számának növekedése várható, ami a beszivárgási kapacitás maximuma miatt a lefolyást fogja növelni, így összességében a talajvíztükört elérő víz mennyisége csökkenni fog (Szöllősi-Nagy, 2015).

A Miskolci Egyetemen számos kutatás során vizsgáljuk különböző hazai mintaterületeken a szélsőséges időjárás viszonyok hatásait és a beszivárgás folyama-

tát, az abban történő id belső változásokat. A klímaváltozás talajvízes rendszerekre történő hatását környezeti izotópos vizsgálatokkal elemezték 60 éves idő távra nézve (Szcs et al., 2015), míg a csapadék és talajvízjárás id belső változását a Bükk hegységben vizsgálták. Utóbbi vizsgálatok kimutatták, hogy míg a sokéves átlagok közel azonosak, a minimum és maximum karszt vízszint értékek távolsága az utóbbi időben megnövekedett (Szegediné et al., 2015).

A hidrológiai id sorok vizsgálatára számos módszer létezik, úgy, mint Fourier-transzformáció alapuló Lomb-Scargle periodogram (Kovács et al., 2010), vagy a Wavelet id soroelzés módszer (Nason és Sachs, 1999), illetve az analitikus diszkrét Fourier-transzformáció alapuló spektrális vizsgálat. A kutatásunk során mi az utóbbit használtuk, amellyel korábban már eredményesen vizsgálták a Bükk-Mátra hegységek hosszú idejű csapadék id sorait (Kovács és Turai, 2014a).

A hazai vízrajzi tevékenység a világ élvonalába tartozik. A korábbi kutatásokat alapul véve így 110 éves hosszúságú csapadék id sorokat vizsgálhattunk négy magyarországi nagyvárosból (Budapest, Debrecen, Pécs, Szombathely). Az elemzéshez a diszkrét Fourier-transzformáció alapuló spektrális elemzés módszerével az éves, havi és napi adatsorok periodikus komponenseit kerestük.

AZ ALKALMAZOTT MÓDSZER ELMÉLETI ALAPJA

A hosszú idejű megfigyeléseken alapuló hidrometeorológiai adatsorok id soroknak tekintett k , így különböző id sor elemzéses módszerekkel vizsgálni lehet azokat.

A módszerek két irányvonal mentén találhatók meg. Az egyik a klasszikus statisztikai trend analízis (Mosteller és Tukey, 1977), a másik a bonyolultabbnak tekinthető spektrális elemzés. E két módszer kiegészíti egymást, mivel a trend analízis a hosszú távú lineáris változást vizsgálja, addig a spektrális elemzés a periodikus, ciklikus komponenseket keresi egy adott id sorban. Spektrális elemzés során harmonikus függvényekkel leírható ciklikus komponenseket tudunk kimutatni.

Mivel látható, hogy ezen csapadék id sorok nagyszámú periodikus komponens is tartalmazhatnak, ezért a diszkrét Fourier-transzformáció alapuló spektrális elemzési módszert választottuk (Meskó, 1984; Panter, 1965). Az analitikus Fourier-transzformáció harmonikus függvényekkel számolva adja meg a komplex Fourier-spektrumot $F(f)$, amely egy valós és egy képzetes részből áll. A valós rész az alábbi összefüggéssel írható fel:

$$\text{Re}[F(f)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cos(2\pi ft) dt \quad (1)$$

A képzetes részt az alábbi összefüggés adja:

$$\text{Im}[F(f)] = - \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \sin(2\pi ft) dt \quad (2)$$

A komplex Fourier-spektrum a két rész alábbi komplex összegzésével adható meg:

$$F(f) = \text{Re}[F(f)] + j \cdot \text{Im}[F(f)] \quad (3)$$

Az $F(f)$ komplex Fourier-spektrum felírható exponenciális alakban is, két új valós spektrum megadásával:

$$F(f) = A(f)e^{j\phi(f)} \quad (4)$$

Ahol az $A(f)$ spektrumot amplitúdó spektrumnak, míg a $\phi(f)$ spektrumot fázisspektrumnak nevezzük. A két új valós spektrum a valós és képzetes spektrumok segítségével felírható az alábbi módon:

$$A(f) = \sqrt{\text{Re}^2[F(f)] + \text{Im}^2[F(f)]} \quad (5)$$

$$\phi(f) = \arctg \frac{\text{Im}[F(f)]}{\text{Re}[F(f)]} \quad (6)$$

Az amplitúdó spektrum az adott frekvenciájú komponensek súlyát adja, míg a fázisspektrum az adott frekvenciájú komponensek maximum helyének a regisztrátumok kezdő pontjától számított időbeli eltolódásokból határozható meg, ezen eltolódások és az adott periódusidő k arányát képezve.

Az általunk bevezetendő relatív amplitúdó spektrum ($AY(T)_{max}$) a különböző periódusidejű komponensek amplitúdó értékeit hasonlítja össze a fellelhető legnagyobb amplitúdó értékkel. Az így bevezetett relatív amplitúdó spektrum megmutatja, hogy a különböző periódusidejű ciklusok amplitúdója hány százaléka a maximális amplitúdónak.

A spektrális elemzéseknek két különböző megközelítése van. Az egyik a determinisztikus, a másik a sztochasztikus, amikor véletlennek tekintjük a jelet (Candy, 1985).

Alapvetően a földi meteorológiai folyamatok sztochasztikusak, azonban vizsgálatunknál mi úgy közelítjük meg, hogy a természeti törvényszerűségek által befolyásolt determinisztikus komponenseket kívánjuk feltárni az idő sorokban.

EREDMÉNYEK

A hosszú idejű meteorológiai adatsorokat az Országos Meteorológiai Szolgálat online adatbázisából (OMSZ, 2015) nyertük, amely öt magyarországi nagyváros meteorológiai id sorait tartalmazza, többek között napi, havi és éves csapadékösszegeket. A kiválasztott városok különböző földrajzi környezete jól szemlélteti és reprezentálja a Kárpát-medence időjárását. Mivel Budapest közép-magyarországi város a

medence közeps területének csapadékviszonyait reprezentálja, Debrecen az Alföld területén, az ország keleti végén található, Pécs a medence déli szélén, az Adria fel 1 nyitott területeket jellemzi, míg Szombathely az Alpok keleti végének, egyben az ország nyugati területeinek csapadékviszonyait mutatja be. Az adatbázisban fellelhet még Szeged állomás adatai is, ami Dél-Magyarország csapadékviszonyainak jellegzetességeit mutathatta volna be, azonban másfél éves adathiány miatt a vizsgálatból kizárásra került.

Az elemzés során az 50%-nál nagyobb relatív amplitúdó spektrummal rendelkező periódusok f ciklusként, míg a 20 % (néhány esetben 10%) és 50 % közöttiek mellékciklusként lettek meghatározva.

Éves csapadékösszegek

A vizsgálat során először az éves csapadékösszegek id soraiban kerestünk ciklikus paramétereket. Az 1901 és 2010 közötti regisztrációs időszak hossza $T_{reg}=110$ év, a mintavételi köz 1 év, így 110 adat található a négy adatsorban. A Nyquist frekvencia 2 év (Meskó, 1984), az ennél rövidebb periódusidővel rendelkező ciklusok spektrális elemzéssel nem mutathatók ki éves adatsorból. Az elvégzett spektrális elemzés segítségével kimutatott f és mellékciklusok periódusideit és relatív amplitúdóit az 1. táblázatban foglaltuk össze.

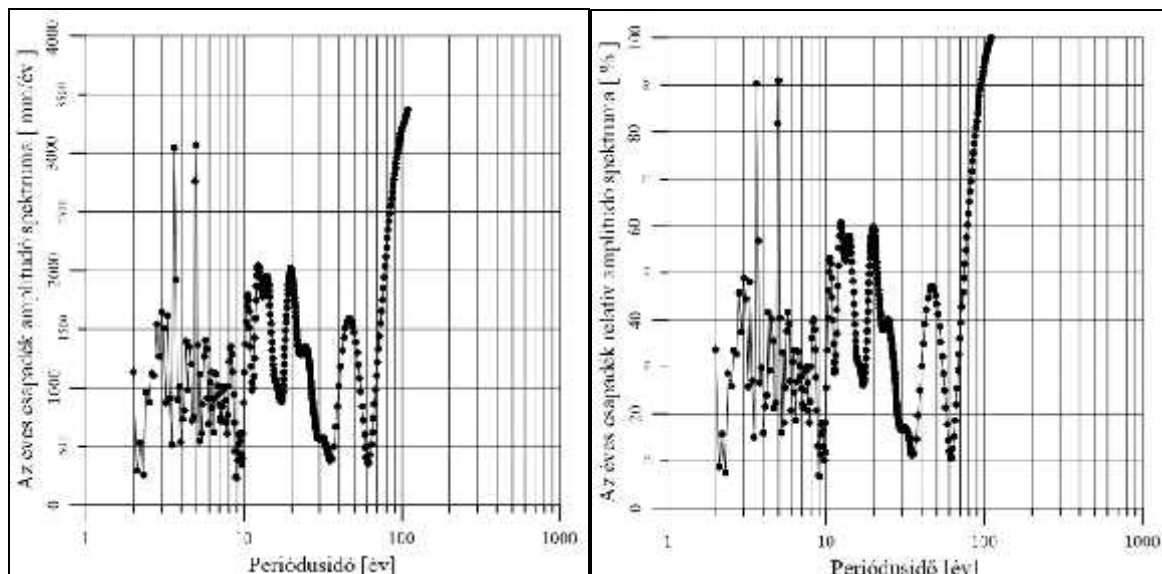
1. táblázat. Négy magyarországi nagyváros éves csapadékösszegeiben talált ciklusok

Table 1. Cycles found in the annual precipitation dataset of four Hungarian cities

Budapest		Debrecen		Pécs		Szombathely	
T [év]	$\frac{A(T)_{lok_{max}}}{A(T)_{abs_{max}}}$ [%]	T [év]	$\frac{A(T)_{lok_{max}}}{A(T)_{abs_{max}}}$ [%]	T [év]	$\frac{A(T)_{lok_{max}}}{A(T)_{abs_{max}}}$ [%]	T [év]	$\frac{A(T)_{lok_{max}}}{A(T)_{abs_{max}}}$ [%]
2,8	45,65	3,1	41,11	2,9	88,95	2,8	50,20
3	48,83	3,4	56,89	3,2	61,44	3	44,10
3,3	47,93	3,6	100,00	3,6	95,02	3,5	71,06
3,6	90,15	4,3	71,45	3,9	64,36	3,9	54,00
3,9	29,79	4,6	28,36	4,1	82,77	4,2	55,97
4,3	41,42	5	77,45	4,5	100,00	4,5	21,06
4,5	40,03	5,6	55,18	5	99,50	5	52,84
5	90,88	6,1	61,87	5,6	55,28	5,5	30,80
5,3	32,98	6,5	49,59	6,1	66,19	6,3	47,78
5,7	41,75	7	30,45	6,7	32,68	6,8	32,11
6,2	33,63	7,7	24,24	7,6	60,27	7,8	40,63
6,6	33,23	10,4	26,52	9,9	67,53	8,5	51,41
7,5	30,02	13,5	69,34	12	54,49	9,5	47,53
8,3	40,12	21,8	43,45	14,3	65,71	10,4	49,95
10,6	53,15	31,6	77,77	18,1	43,87	11,8	80,05
12,4	60,56	51	27,46	31,6	73,43	13,3	61,30
14	57,74			51	55,10	15,6	72,15
19,8	59,76					26,7	100,00
24,4	40,03					36	80,94
31,3	17,05					59	65,26
47	47,17						

Budapesten 21 ciklust sikerült kimutatnunk (1. ábra). Ezek nagy része f ciklus (15 db) és 6 mellékciklus. A legdominánsabban az 5 éves ciklus mutatkozik, majdnem 100 % relatív amplitúdó spektrummal ($A(T)_{max}$), azt követi a 3,6 éves, mint a második legdominánsabb. Több ábrán látható, hogy a 110 éves adatsor hossza sem elegendő az összes ciklus felkutatásához. A függvény értékeinek az x tengely nagyobb periódusidejeinél tapasztalható emelkedésből a 110

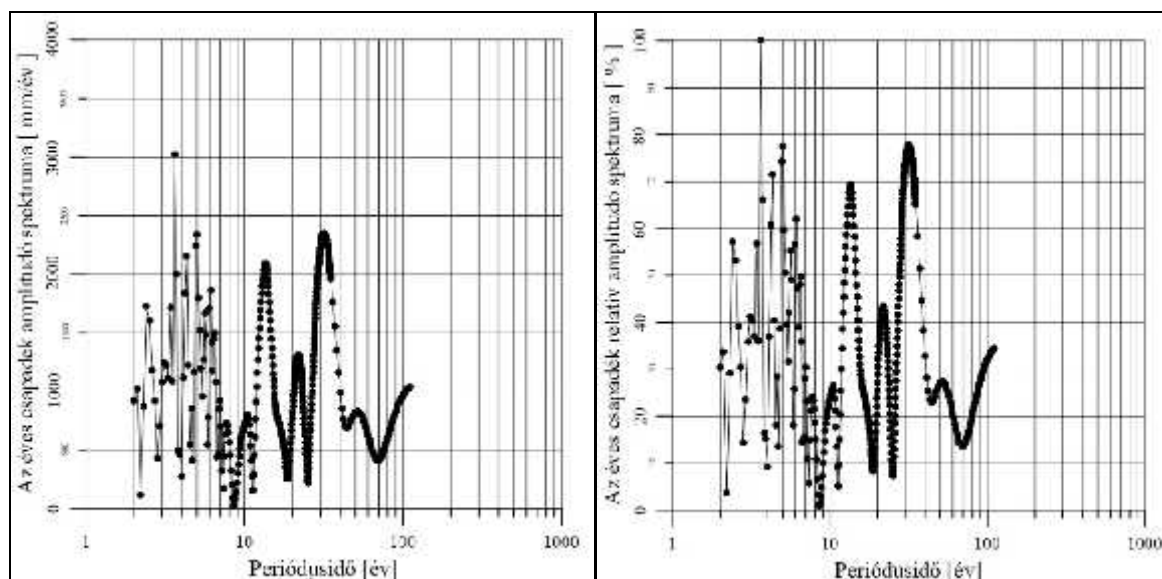
évesnél hosszabb ciklus is észrevehető, nagy mértékű amplitúdóval, azonban az értékek nem érnek el egy lokális maximumot, így ezen ciklus periódusideje nem meghatározható a rendelkezésre álló regisztrációs időszak adataiból. A kapott eredményeket két ábrán mutatjuk be, az egyikben a kapott amplitúdó értékek, míg a mellette lévő az általunk bevezetett relatív amplitúdó értékek szerint ábrázolva. A ciklusok sorrendbe állítását a relatív értékek alapján tesszük meg.



1. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó spektrum Budapesten 1901 és 2010 között
 Figure. 1. Amplitude and relative amplitude in Budapest between 1901 and 2010

Debrecenben 16 ciklust találtunk (2. ábra), melyből 18 volt f ciklus, 8 mellékciklus. Itt a 3,6 éves ciklus mutatkozott a legdominánsabbnak, 100% relatív amp-

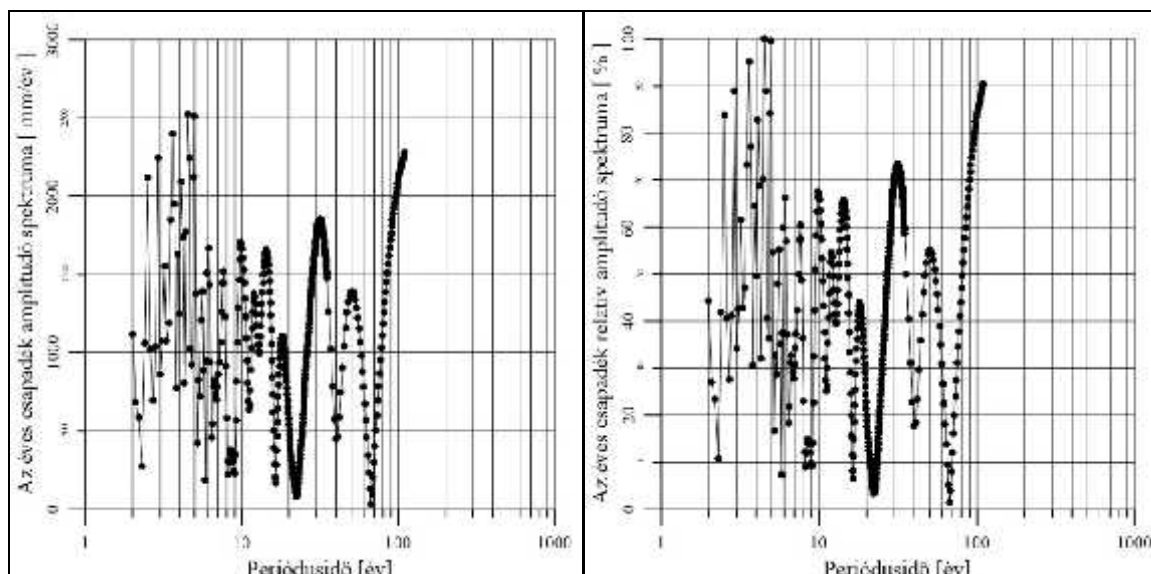
litúdó értékkel, a többi ciklus 27 – 77 % közötti érték-tartományba esett.



2. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó spektrum Debrecenben 1901 és 2010 között
 Figure 2. Amplitude and relative amplitude in Debrecen between 1901 and 2010

Pécsen 17 ciklus látható (3. ábra), egy kivételével mindegyik f ciklusként kezelhető. Ez azzal magyarázható, hogy Pécsen a csapadék időbeli alakulása sokkal kevesebb számú domináns ciklussal leírható, mint más mérőállomások közelében. Itt a 4,5 éves

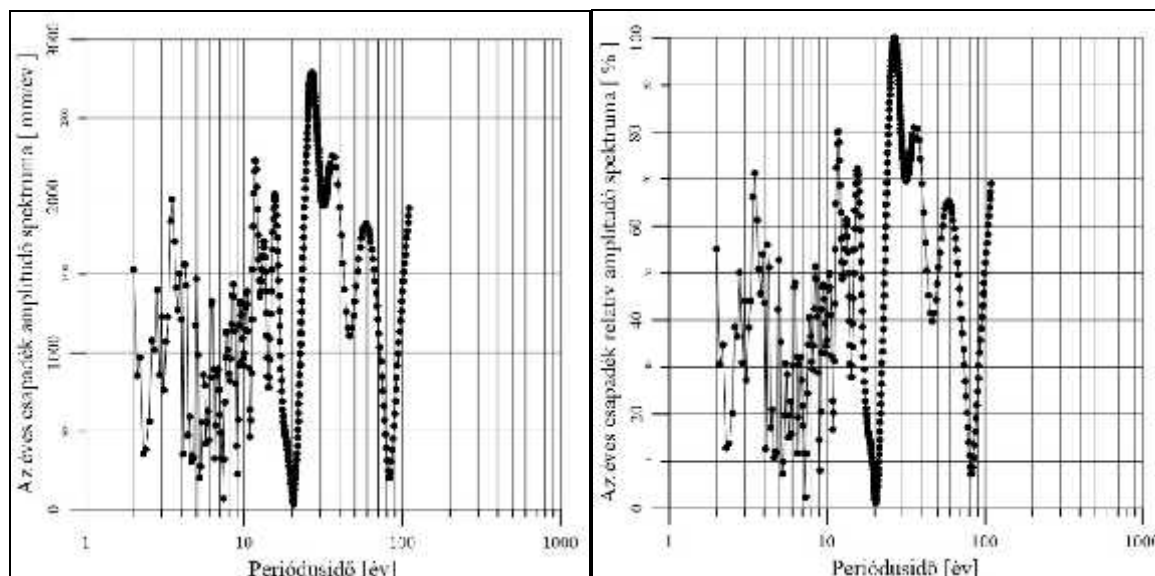
ciklus mutatkozott a legdominánsabbnak, amit az 5 éves követett szinte azonos relatív amplitúdó értékkel, míg a harmadik a 3,6 éves volt, több mint 90 %-os relatív amplitúdóval.



3. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó spektrum Pécsen 1901 és 2010 között
Figure 3. Amplitude and relative amplitude in Pécs between 1901 and 2010

Szombathelyen 20 ciklus került meghatározásra (4. ábra). Többségüket nem lehet összehasonlítani a többi városban kimutatott ciklusokkal, mivel a település különleges földrajzi elhelyezkedése miatt (az Alpok közelsége) az ország legcsapadékosabb vidékének számít, a csapadék id beliségében a ciklikusság nem annyira meghatározó, mint a többi esetben. Szombathelyen a legdominánsabban a 26,7 éves ciklus jelent-

kezett. Az 1. táblázatban látható, hogy a nagyobb relatív amplitúdó spektrummal rendelkező ciklusok a 10 és 60 év közötti periódusidő tartományból kerültek ki. Ez azt jelenti, hogy a hosszabb ciklusok nagyobb részben jellemzik a csapadék alakulását, a kis periódusidővel rendelkező ciklusok szinte alig jelentkeznek, dominánsan nem mutathatók ki.



4. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó spektrum Szombathelyen 1901 és 2010 között
Figure 4. Amplitude and relative amplitude in Szombathely between 1901 and 2010

A külön-külön történő elemzés után az adatokat mind a négy város esetében együtt vizsgálva, 7 olyan ciklust is találtunk, amely minden adatsorban megtalálható. Ezen ciklusok a következők, az átlagos relatív amplitúdó értékük sorrendjében:

5 éves $AY(T)_{\max} = 80,17 \%$

3,5 – 3,6 éves	$AY(T)_{\max} = 71,25 \%$
11,8 – 13,5 éves	$AY(T)_{\max} = 66,11 \%$
2,8 – 3,1 éves	$AY(T)_{\max} = 57,27 \%$
6,1 – 6,3 éves	$AY(T)_{\max} = 52,36 \%$
4,5 – 4,6 éves	$AY(T)_{\max} = 47,36 \%$
7,5 – 7,8 éves	$AY(T)_{\max} = 38,79 \%$

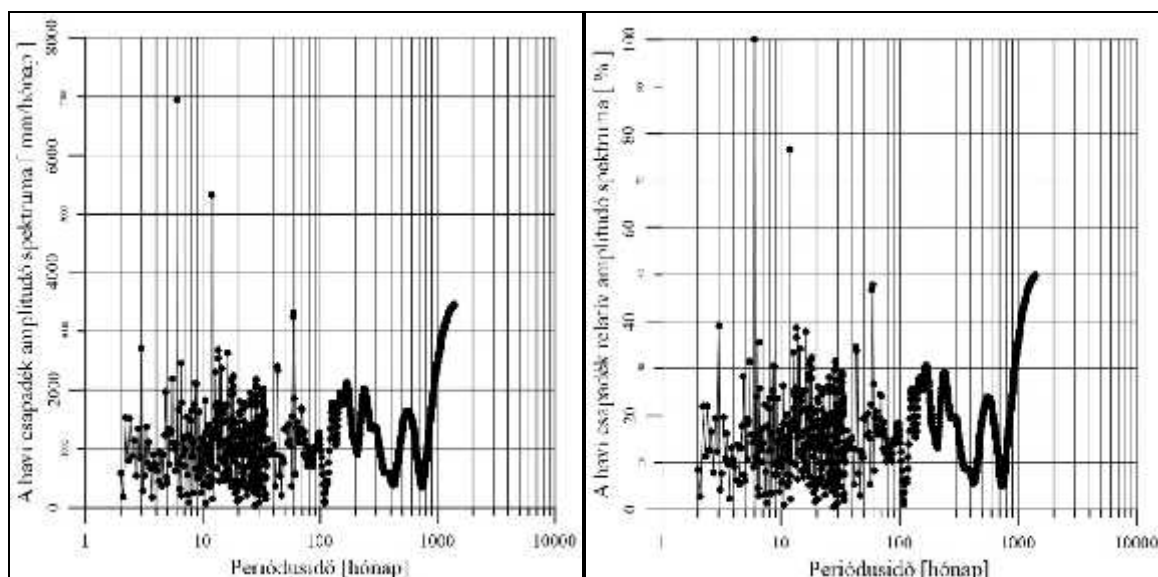
A városok földrajzi elhelyezkedése jól jellemzi az egész Kárpát-medencét, mivel négy különböző, egymástól távol lévő állomásról sikerült adatokat gyűjtenünk, így ezt a 7 ciklust tekinthetjük Közép-európai, vagy országos ciklusoknak is.

Havi csapadékösszegek

A regisztrációs időszak 1901. január és 2010. december közötti időszak, a regisztrációs időszak hossza $T_{reg}=1320$ hónap, a mintavételi köz 1 hónap volt, így

1320 mintát vizsgáltunk minden egyes városból. A Nyquist frekvencia ebben az esetben 2 hónap.

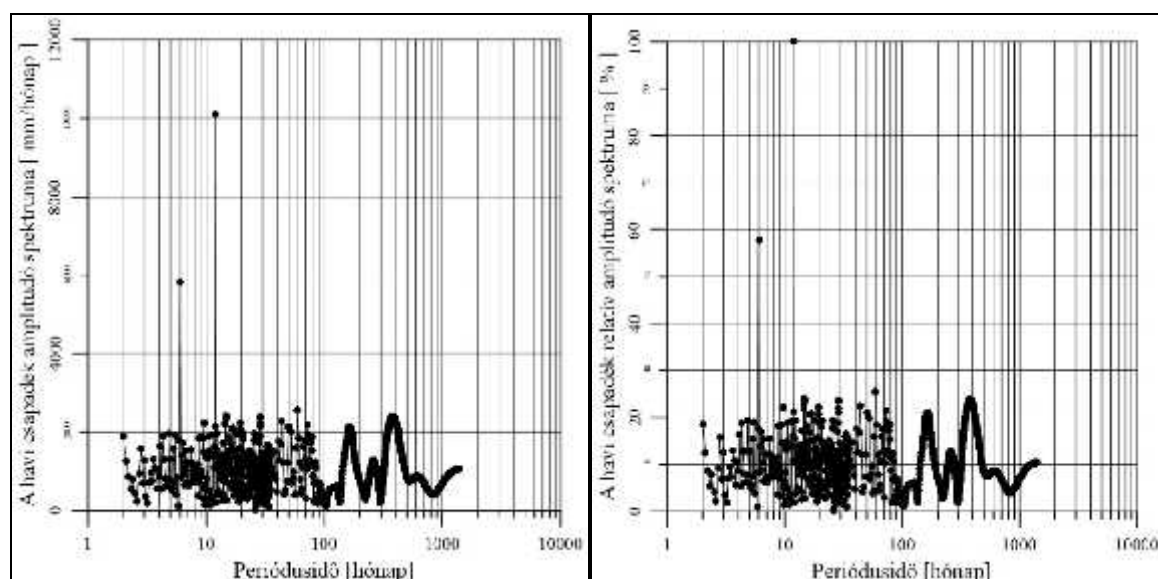
Budapesten 71 ciklust találtunk (5. ábra). Mint később látni lehet, az egyetlen hely, ahol a féléves ciklus dominánsabban jelenik meg az egy évesnél, az, ahol a relatív amplitúdó értéke mindössze 76.63 % volt csupán. Ezek mellett csak egy fél ciklus került még azonosításra, a többi mind mellékciklusként jelentkezett. Ezek közül dominánsnak tekinthető a 3; 13,7 és a 16,2 hónap hosszúságú ciklusok.



5. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó spektrum Budapesten 1901 január és 2010 december között
Figure 5. Amplitude and relative amplitude in Budapest between January 1901 and December 2010

Debrecenben 43 ciklus került kimutatásra (6. ábra). Ennél az állomásnál már az éves ciklus volt a legdominánsabb, 100 %-os relatív amplitúdóval, a második 57,64 %-al a féléves ciklus volt. A többi, mind a mellékciklus tartományba esett, azok közül is

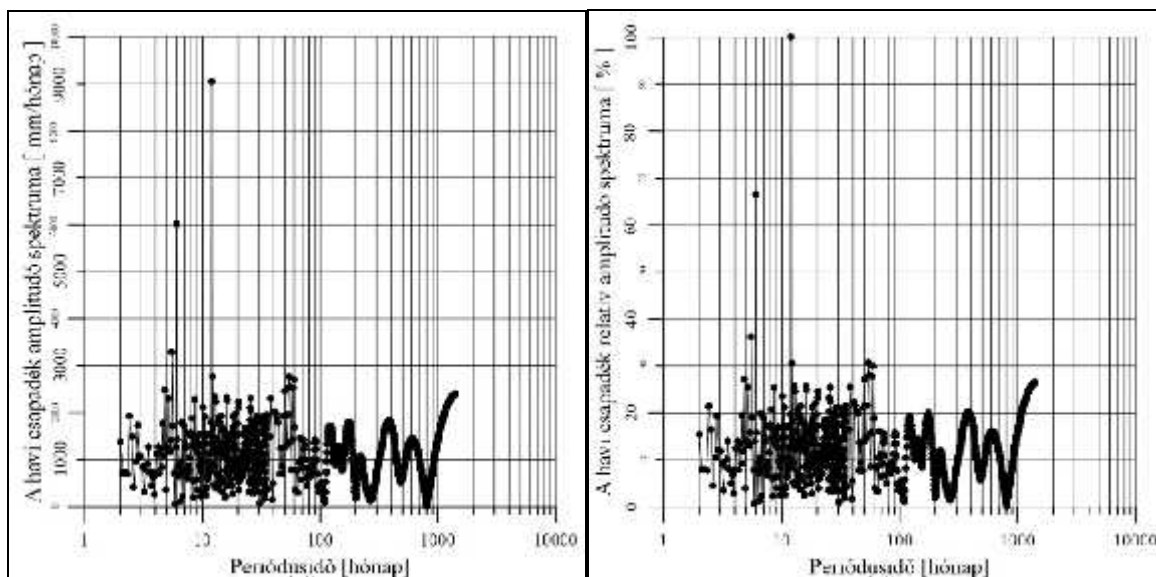
az 59, 4,7 és a 378 hónaposak szerepeltek nagyobb értékkel. A ciklusok nagy része a 20 % relatív amplitúdó érték alatt szerepelt, de ennek ellenére a csapadék id beliségeben figyelembe kell venni őket.



6. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó spektrum Debrecenben 1901 január és 2010 december között
Figure 6. Amplitude and relative amplitude in Debrecen between January 1901 and December 2010

Pécs városára 65 ciklust számoltunk ki (7. ábra). Az éves ciklus egyértelmű dominanciája mellett a féléves a debreceninél kicsit nagyobb, 66,53 %-al jelent meg. A többi ciklus mind a melléciklus tartó-

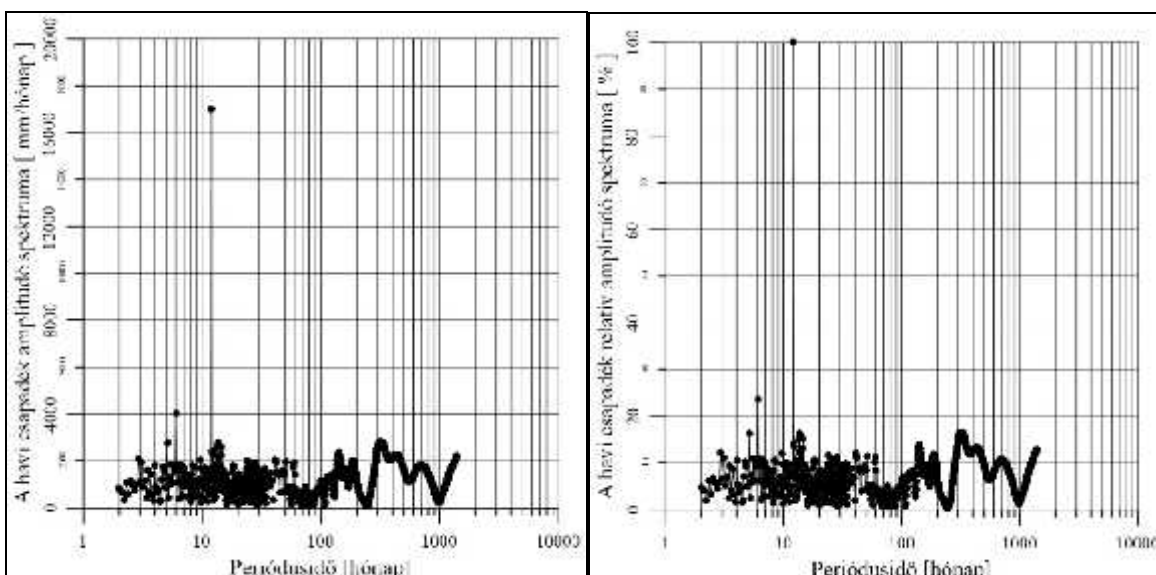
mányba esett, 14 – 50 % közötti relatív amplitúdó értékkel. A dominánsabb melléciklusok az 5,5; 54; 12,2 és a 60 hónap hosszúságúak.



7. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó spektrum Pécsen 1901 január és 2010 december között
Figure 7. Amplitude and relative amplitude in Pécs between January 1901 and December 2010.

Szombathelyen mindössze 19 ciklus került kimutatásra (8. ábra). Az éves ciklus 100 %-os relatív amplitúdója mellett a féléves csak 23,71 %-al jelentkezett, így már az is melléciklusnak számít. Ennél a város-

nál a 6 hónapos ciklikusság az id sorban már közel sem annyira domináns, mint a többi város esetében, a többi melléciklus mind 20 %-nál kisebb értékkel adódott.



8. ábra. Amplitúdó és relatív amplitúdó spektrum Szombathelyen 1901. január és 2010. december között.
Figure 8. Amplitude and relative amplitude in Szombathely between January 1901 and December 2010.

Mint az az ábrákból is látszik – főleg az utolsó Szombathelyi esetben – egy-két nagyobb, dominánsabb ciklus volt kimutatható az id sorokból, minden városnál a helyi sajátosságok megjelenésével. Szombathelyen az Alpok közelsége miatti más klimatikus viszonyok miatt szinte teljesen eltérő eredmény jött ki,

mint a többi városnál. A ciklikusság itt közel sem annyira domináns, mint a többi állomás esetében.

Az eredmények együttes vizsgálata után 13 ciklust találtunk meg mind a négy város id sor adataiban.

Ezek a következők, az átlagos relatív amplitúdó érték szerinti sorrendben:

1 éves	$AY(T)_{\max} = 94,16 \%$
0,5 éves	$AY(T)_{\max} = 61,97 \%$
4,92 – 5,00 éves	$AY(T)_{\max} = 28,61 \%$
1,13 – 1,15 éves	$AY(T)_{\max} = 23,14 \%$
1,2 – 1,21 éves	$AY(T)_{\max} = 23,08 \%$
3,42 – 3,67 éves	$AY(T)_{\max} = 22,83 \%$
0,4 – 0,43 éves	$AY(T)_{\max} = 22,76 \%$
2,36 – 2,39 éves	$AY(T)_{\max} = 21,85 \%$
4,17 – 4,5 éves	$AY(T)_{\max} = 20,88 \%$
11,75 – 13,67 éves	$AY(T)_{\max} = 19,34 \%$
2,8 – 3,17 éves	$AY(T)_{\max} = 17,35 \%$
6,08 – 6,25 éves	$AY(T)_{\max} = 15,21 \%$
7,58 – 7,67 éves	$AY(T)_{\max} = 10,56 \%$

Az eredményekből látható, hogy az éves ciklus egyértelműen a csapadék időbeli alakulásában a legdominánsabb, míg a féléves második helyen szerepel a többi eredményhez képest magas relatív amplitúdó értékkel. Az éves adatok vizsgálata alapján az 5 éves ciklus volt az időjárás alakulását leginkább meghatározó, itt harmadik helyen szerepel, amiket egy év körüli periódus idővel rendelkező ciklusok követnek közel azonos, 20 % körüli értékkel. A legnagyobb periódus idővel rendelkező országos ciklus a 12 év körüli, mivel a nagyobb periódus időben már akkora különbségeket tapasztaltunk az állomások eredményei között, ami alapján azokat azonosnak már nem lehetett tekinteni.

Az eredményeket összevetve korábbi vizsgálatokkal azt tapasztaltuk, hogy ezen ciklusok nagy részét korábbiakban is megtalálták regionális vizsgálatokkor. A nagyobb periódus idővel rendelkező ciklusok közül az 5; 3,6; 6,4-6,5; 7,4 és a 14,3 éves ciklusokat szintén kimutatták, amikor a Bükk-Mátra területére végeztek el hasonló számításokat (Kovács F. és Turai, 2014a). Ezek alapján elmondható, hogy ezen ciklusok valóban reprezentálják az ország csapadékviszonyait.

Havi csapadékösszegeket vizsgáltunk egy korábbi, Nyírség területére elvégzett kutatásban. Az ott elvégzett számításokhoz két Kelet-Magyarországi kisváros 52 éves havi adatsorát használtuk, amikben a 1; 0,5; 0,4-0,43; 1,13-1,15; 2,38 éves ciklusok szintén szerepeltek (Ilyés et al., 2015).

Napi csapadékösszegek

A hosszú távú változások vizsgálatához a napi csapadékösszegeket használtuk, arra a két kérdésre keresve a választ, hogy az évek folyamán hogyan változott az éves ciklus hossza, illetve a regisztrátumokból kimutatható legnagyobb periódus idővel rendelkező ciklus hogyan változott.

Amennyiben a Föld globális hidrológiai ciklusában tapasztalható változás, az mindenképp hatással van a csapadék időbeli alakulására. A közelmúltban számos cikk bemutatta, hogy a hidrológiai ciklus gyorsul, illetve rövidül, a bolygó éghajlata változókéonyabb lesz, és a csapadék éven belüli megoszlása több helyen

változik (Stocker et al., 2013; Bates et al., 2008), amely például jelentősen növelheti az árvízi kockázatokat.

A 110 év (40177 nap) hosszúságú adatsort 4 egyenlő hosszúságú időszakra osztva vizsgáltuk, amik a következők:

1. 1901. január 1. – 1928. július 2.
2. 1928. július 2. – 1956. január 1.
3. 1956. január 1. – 1983. július 2.
4. 1983. július 2. – 2010. december 31.

Mind a négy regisztrációs időszak egyenként 10045 mintát tartalmaz, a mintavételi köz 1 nap, a Nyquist frekvencia ekkor 2 nap.

Debrecenben az éves ciklus alakulásában minimális változást tapasztaltunk, az első és utolsó időszakban azonos hosszúságú, (366,6 nap) míg az évszázad közepén kis mértékben rövidebb volt (364,4 nap). Az amplitúdó érték is minimális változást mutat, 12 %-al növekszik.

Budapest esetében kismértékű növekedés tapasztalható, 366,5 napról 366,9 napra, de a második időszakban rendelkezik a legnagyobb éves ciklussal (368 napos periódus idővel), mindemellett négy egymástól nagy mértékben különböző amplitúdó került kiszámításra, ami a 20. század csapadékviszonyainak nagy mértékű diverzitását mutatja.

Pécsen a kis mértékű csökkenés mutatható ki, 366,8 napról 365,7 napra, habár a harmadik időszakban rendelkezik a leghosszabb éves ciklussal, ami 366,9 nap, míg a második a legrövidebbel, 363,7 nap. Az amplitúdóban enyhe növekedés mutatható ki.

Szombathelyen hasonló eredményt hozott a számítás, a leghosszabb éves ciklus az utolsó időszakban található (365,9 nap), míg a másodikban a legrövidebb (364,4 nap). Ennél az állomásnál az amplitúdóban csökkenés mutatkozik.

Az eredmények azt mutatják, hogy az éves ciklus változásában monotonitás egyáltalán nem mutatható ki, mind a periódusidő, mind az amplitúdó esetén. Több esetben enyhe növekedés volt az amplitúdóban, kivéve Szombathely városát, ahol csökkenést mutatunk ki. Összességében kijelenthetjük, hogy az éves ciklus nem mutat változást a vizsgált 110 év alatt, mindvégig egy hibahatáron belülnek tekinthető kis intervallumban mozgott a 365-366 napos periódusidő közelében.

Az idősorokban fellelhető leghosszabb periódusidővel rendelkező ciklus elemzése más eredményt mutatott. Debrecenben a leghosszabb ciklus 5576 napról 4386 napra csökken, a második időszakban a leghosszabb a ciklus, ott 5930 napos. Az amplitúdóban is hasonló változást tapasztaltunk, az első és második időszak között megduplázódik, de utána lecsökken a legkisebb értékére, 306,4225 mm/365 napra. Budapest esetében közel felére csökkent ez a ciklus, a leghosszabb a harmadik időszakban volt. Pécsen a debrecenihez hasonló eredmény mutatkozott a periódusidővel rendelkező ciklusok elemzése során.

dus id tekintetében, de az amplitúdó itt z és vehet észre a periódusid tekintetében, az megnövekedett 356,408 mm/365 napról 470,0534 amplitúdó 1208,7170 mm/365 napról 378,6933 mm/365 napra. Szombathely állomáson szintén fele- mm/365 napra csökkent.

2. Táblázat. A leghosszabb periódusid vel rendelkező ciklus változása

Table 2. The changes of period of time in the cycle with the longest period of time.

Id szak	Leghosszabb ciklus [nap]			
	Budapest	Debrecen	Pécs	Szombathely
1901. január 1. – 1956. január 1.	7998	5753	5157,5	3724
1956. január 1. – 2010. december 31.	6424	4654,5	3605	2789,5
<i>Periódusid változás [nap]</i>	-1574	-1098,5	-1552,5	-934,5

3. Táblázat. A leghosszabb periódusid vel rendelkező ciklus amplitúdó változása

Table 3. The changes of relative amplitude spectrum in the cycle with the longest period of time

Id szak	Leghosszabb ciklus [mm/365 nap]			
	Budapest	Debrecen	Pécs	Szombathely
1901. január 1. – 1956. január 1.	1139,7566	795,8804	739,9553	724,1627
1956. január 1. – 2010. december 31.	581,1618	637,4869	597,1862	532,4286
<i>Amplitúdó spektrum változás</i>	-49,01 %	-19,9 %	-19,29 %	-26,48 %

Mint az a 2. és 3. táblázatból látható, ha mindössze két részre osztjuk az id sort, sokkal tisztább eredményt kapunk. Mind a négy város esetében csökkenés mutatható ki a periódusid tekintetében, 20-25 %-os csökkenés számítható, míg Budapest városában közel megfelelő a ciklus amplitúdója.

Az eredmények alapján látható, hogy a leghosszabb periódusid vel rendelkező ciklus változik. Minden esetben rövidül, vagy egyre rövidebb ciklus mutatható ki, amplitúdó csökkenés mellett. Ennek magyarázata az id járás változékonyságában keresendő, a nagy periódusidejű ciklusok egyre kevésbé határozzák meg az id járás alakulását, ez látható az amplitúdó változásból. A periódusid csökkenése azt mutatja, hogy a hosszú periódusok valóban rövidülnek, s ennek következtében a változatosság növekszik.

ÖSSZEFOGLALÁS

Közelmúltbeli kutatások kimutatták, hogy a meteorológiai extrémítások száma megnövekedett. Az elrejelzések alapján a hidrológiai körfolyamatban változás tapasztalható és várható a jövőben is, továbbá a területi és időbeli csapadékeloszlásban is átalakulás várható (Szöllősi-Nagy, 2015). Ebben a kutatásban diszkrét Fourier-transzformáció alapuló spektrális elemzést használva a Kárpát-medencére jellemző hidrometeorológiai adatsorok periodikus komponenseit kerestük.

A számítások alapján 13 országos, vagy Közép-európai ciklust sikerült kimutatni a 110 év hosszúságú adatsorból, és nagyszámú más lokális ciklust azonosítottuk. A legdominánsabb az 5 éves ciklus jelent

meg minden város esetében, míg a leghosszabb periódusidejű a 11-13 év körüli ciklus. Utóbbi ciklust érdemes párhuzamba hozni a napfolttevékenység 11-12 év körüli többnyire periodikus alakulásával (Hathaway, 2015). Kínában statisztikai - korrelációs vizsgálatokkal találtak összefüggést a helyi éves csapadékösszegek és a napfolttevékenység között, 0,6 és 0,89 közötti korrelációs együttható értékek mellett, így feltételezhető, hogy ennek a ciklusnak magyarázata lehet Magyarország esetében is a napfolttevékenység hatása (Zhao et al., 2004). A napi csapadékösszegek vizsgálata alapján elmondható, hogy a csapadék időbeliségében található éves ciklus nem változik lényegesen, tulajdonképpen állandó, mivel ezt a ciklust csillagászati okok alakítják, a Föld forgása és helyzete a fő mozgatója. Azonban a leghosszabb periódusid vel rendelkező ciklus egyértelműen rövidült a vizsgált 110 év alatt. Ez az eredmény azt mutatja, hogy az id járás alakulásában a hosszú idejű periodicitás szerepe fokozatosan csökken a század vége felé haladva, a felkutatott ciklusok kevésbé dominánsak a század végén, mint a 20. század elején, a hosszú ciklusok periódusideje határozott csökkenést mutat.

A további kutatásoknak a célja, hogy a kimutatott ciklikusságot, illetve a dominánsabb egy évesnél nagyobb periódusidejű ciklusokat milyen meteorológiai folyamatokkal lehet magyarázni, illetve a kimutatott amplitúdók, periódusidők és a kiszámított fázisszögek segítségével elrejelzés is elvégezhető a területre (Kovács F. és Turai, 2014b).

IRODALOM

- Bates, B., Kundzewicz, W. Z., Wu, S., Paulutikof, J. (2008): *Climate Change and Water, IPCC Technical Paper VI*, Intergovernmental Panel on Climate Change
- Candy, V. J. (1985): *Signal Processing, The Model-based Approach*, McGraw-Hill Book Company
- H. Hathaway, D. (2015): The Solar Cycle, *Living Reviews in Solar Physics*, 12
- Ilyés Cs., Turai E., Sz. cs P. (2015): A Nyírség csapadék id sorainak statisztikus és ciklikus jellemzőinek változása, In: Dr. Bodzás, S. (szerk.): *M szaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2015 Konferencia el adásai Debrecen 2015* pp. 392-397.
- Kovács, F., Turai, E. (2014a): A Mátra-Bükkalja csapadék jellemzői ciklikus változása, prognózis módszer megalkotása, *Hidrológiai Közlemény*, 94. évf., 2014, 1. sz. pp. 35-45
- Kovács, F., Turai, E. (2014b): Cyclic Variation in the Precipitation conditions of the Mátra-Bükkalja Region and the Development of a Prognosis Method, *ARPN Journal of Science and Technology*, vol. 4. No.8. August 2014. pp. 526-540.
- Kovács J., Kiszely-Peres B., Szalai J., Kovácsné Székely I. (2010): Periodicity in Shallow Groundwater Level Fluctuation Time Series on the Trans-Tisza Region, Hungary. *Acta geographica ac geologica et meteorologica Debrecina* vol. 4-5, pp. 65-70. Debrecen, 2010
- Meskó A. (1984): *Digital Filtering Applications in Geophysical Exploration for Oil*, Akadémia Kiadó, Budapest
- Mosteller F., Tukey, J. W. (1977): *Data Analysis and Regression*, Addison Wesley Publishing Company
- Nason, G. P. and von Sachs, R. (1999): Wavelets in time-series analysis, *Philosophical Transactions of the Royal Society A-mathematical Physical and Engineering Sciences*, vol. 357, pp.:2511-2526, England
- Országos Meteorológiai Szolgálat Online Adatbázis (2015): http://met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/ (letöltve: 2015. június 1.)
- Panzer, F. P. (1965): *Modulation, Noise and Spectral Analysis – Applied to Information Transmission*. McGraw-Hill Book Company
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M. B., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M. (2013): *Climate Change 2013, The Physical Science Basis*, Chapter 12: Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility, Cambridge University Press
- Szegediné Darabos E., Miklós R., Tóth M., Lénárt L. (2015): A 2014/2015-ös év fontosabb kutatási irányai és eredményei a Bükkben, *Karsztfejlés és XX.* pp. 29-47, Szombathely
- Szöllősi-Nagy A. (2015): Water governance in the OSCE area – increasing security and stability through co-operation, *OSCE 23rd OSCE Economic and Environmental Forum*, First Preparatory Meeting, 26-27 January 2015.
- Sz. cs P. (2012): Hidrogeológia a Kárpát-medencében – hogyan tovább?, *Magyar Tudomány*, 2012. 5. HU ISSN 0025 0325, pp. 554-565.
- Sz. cs P., Kompár L., Palcsu L., Deák J. (2015): Estimation of the Groundwater Replenishment Change at a Hungarian Recharge Area, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, November 2015 vol. 10., pp. 227-236.
- Zhao, J, Han, Y-B, Li, Z-A (2004): The Effect of Solar Activity on the Annual Precipitation in the Beijing Area, *Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics*, vol. 4, 2004, No. 2. pp. 189-197.

SZERZŐK ADATAI

ILYÉS CSABA: az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen szerzett meteorológiai szakirányon földtudományi kutató alapképzését 2011-ben, majd a Miskolci Egyetemen végzett okleveles hidrogeológus mérnök-ként 2014-ben. Jelenleg a Miskolci Egyetem Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskola másodéves PhD. hallgatója a Környezetgazdálkodási Intézetben. F. kutatási területe a szélső események időjárás viszonyok elrejelzése, illetve ezek hatása a felszín alatti vízkészletekre.



TURAI ENDRE: 1978-ban szerzett kiegészítő bányamérnöki oklevelet geofizikus-mérnöki szakirányon, a Nehézipari M szaki Egyetem Bányamérnöki Karán. Ezt követően az egyetem (az 1990-es évektől Miskolci Egyetem) Geofizikai Tanszékén dolgozik gyakornokként, tanársegédként, adjunktusként, 1998-tól pedig egyetemi docensként beosztásokban. 1984-ben egyetemi doktori címet szerzett, 1994-óta a földtudomány kandidátusa, 1996-ban pedig a földtudomány területén kapott PhD fokozatot. 1993-ban kapta meg a gazdálkodási szakokleveles mérnök-közgazdász oklevelét, 2012-ben pedig a földtudomány

területén tudományágban habilitált (dr. habil). Oktatási és kutatási területe az elektromos és elektromágneses módszerek, a geofizikai adatfeldolgozás, a geofizikai kutatások gazdaságtana és a geoinformatika. Számos hazai és külföldi szakmai-tudományos testület tagja. 2012. júliusától a Miskolci Egyetem Geofizikai és Térinformatikai Intézet igazgatója, 2013. júliusától pedig a Geofizikai Intézet Tanszék vezetője.

SZ. CS. PÉTER: a Nehézipari M szaki Egyetem Bányamérnöki Karán szerzett kiegészítő geofizikus-mérnöki oklevelet 1988-ban. Oktatói és kutatói pályájának elején elszökött a Geofizikai Tanszék, majd az MTA Bányászati Kémiai Kutatólaboratóriumában dolgozott. 1993-ban Dr. Univ. címet, majd 1996-ban PhD doktori oklevelet szerzett. 2009-ben megszerzi az MTA doktora tudományos címet, illetve sikeresen habilitált a Miskolci Egyetemen. 1998 óta a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Tanszékén dolgozik. 2010-ben egyetemi tanári kinevezést kapott. Kétszeres Bolyai János Kutatási Ösztöndíjas, kétszeres Fulbright kutatói ösztöndíjas, egyszer pedig Széchenyi István Ösztöndíjat kapott. Publikációs tevékenységének elismeréseként háromszor adományozták részére a Széchenyi-Kardoss Elemér Díjat. Publikációinak száma mintegy 400.