MŰSZAKI TUDOMÁNY AZ ÉSZAK-KELET MAGYARORSZÁGI RÉGIÓBAN 2017

KONFERENCIA ELŐADÁSAI

Nyíregyháza, 2017. június 01.

Szerkesztette:
Edited by

Dr. Bodzás Sándor

Kiadja: **Debreceni Akadémiai Bizottság Műszaki Szakbizottsága**

ISBN 978-963-7064-35-7

Debrecen 2017

A konferencia szervezői:

A Magyar Tudományos Akadémia Debreceni Területi Bizottság (DAB) Műszaki Szakbizottsága,

a Nyíregyházi Egyetem

A konferencia fővédnöke:

Dr. Kiss Ferenc
a Nyíregyházi Egyetem rektorhelyettese

A Konferencia Programbizottsága:

Ráthy Istvánné Dr., *elnök*
Dr. Bodzás Sándor, *titkár*

Dr. Békési Bertold	**Dr. Turai Endre**	**Dr. Kovács Zoltán**
Dr. Szigeti Ferenc	**Dr. Szegedi Péter**	**Dr. Musinszki Zoltán**
Dr. Kerekes Benedek	**Dr. Lengyel Antal**	**Dr. Dezső Gergely**
Dr. Dudás László	**Dr. Pokorádi László**	**Dr. Poós Tibor**
Dr. Tóth Lajos	**Dr. Lámer Géza**	**Dr. Battáné Dr. Gindert – Kele Ágnes**
Dr. Molnár Viktor	**Dr. Hagymássy Zoltán**	**Dr. Czédli Herta**

A konferencia kiadvány összeállításában segítséget nyújtottak a Debreceni Egyetem Gépészmérnöki Tanszékéről:

Balsa Péter tanszéki mérnök,
Békési Zsolt tanársegéd,
Nemes Csaba, Nemes Dániel, Neisz Dávid demonstrátorok

TARTALOMJEGYZÉK

TOKAJI Imre, ANTAL Tamás, KEREKES Benedek, SZŐLLŐSI István
A KONVEKTÍV VÍZELVONÁS HATÁSA A SZÁRAZTÉSZTA FŐBB FIZIKAI PARAMÉTEREIRE
1

BALLA Zoltán, TAMÁS András, VÁNTUS András, HAGYMÁSSY Zoltán
KÜLÖNBÖZŐ MŰTRÁGYÁK FIZIKAI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA
12

BALSA Péter, GÉRESI Zoltán Gergő, BODZÁS Sándor
METSZŐKEREKES FOGVÉSÉS SZÁMÍTÓGÉPES TECHNOLÓGIAI TERVEZÉSE
18

BERÉNYI László
FELNŐTTKÉPZÉSI MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI FELADATOK SZERVEZÉSÉNEK EGYES KÉRDÉSEI
25

BODNÁR István
NAPELEM KARAKTERISZTIKÁK HŐMÉRSÉKLETFÜGGÉSÉNEK MEGHATÁROZÁSA LABORATÓRIUMI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT
32

BUDAY Tamás
A DEBRECENI IVÓVÍZ- ÉS MEGFIGYELŐ KUTAK ADATSORAIBÓL MEGHATÁROZHATÓ HŐMÉRSÉKLET-MÉLYSÉG ÖSSZEFÜGGÉSEK
40

CZÉDLI Herta, VARGA Zsolt
HALLÉPCSŐK MŰSZAKI ÉS ÖKOLÓGIAI ELEMZÉSE
48

DARABOS Enikő, TÓTH Márton, LÉNÁRT László
JELLEGGÖRBÉK ALKALMAZÁSA LASSAN ÉS GYORSAN UTÁNPÓTLÓDÓ KÉSZLETEK HATÁRAINA MEGÁLLAPÍTÁSÁRA A BÜKK HEGYSÉGBEN
51

DEMETER Andrea
AZ ÁLLAM FELSŐOKTATÁSRA FORDÍTOTT KIADÁSAINAK, MINT BERUHÁZÁS MEGTÉRÜLSÉNEK A VIZSGÁLATA
60

DEZSŐ Gergely, SZIGETI Ferenc, KÓSA Péter
A GYÁRTÁSI ORIENTÁCIÓ HATÁSA AZ ANYAG HÚZÁSSAL SZEMBENI ELLENÁLLÁSÁRA ADDITÍV GYÁRTÁSSAL KÉSZÍTETT ALKATRÉSZEK ESETÉN
68

DÓCS Roland, JOBBIK Anita
TERMÉSZETES POROZUS RENDSZEREKBEN ÁRAMLÓ FOLYADÉKOK ESETÉBEN JELENTKEZŐ NYOMÁSVESZTESÉGEK VIZSGÁLATA
74

DUDÁS László, ARDAY Viktor
FORGÓDUGATTYÚS BELSŐÉGÉSŰ MOTOROK ELŐNYEINEK ÉS HÁTRÁNYAINAK ELEMZÉSE A HAGYOMÁNYOS MOTOROKKAL ÖSSZEVETVE
82

ERDŐSY Dániel, TÓTH Lajos
ZENEI HANGOK SZÁMÍTÓGÉPES FELISMERÉSI MÓDSZEREI
90

FALUDI Tamás, MOLNÁR Viktor
AZ ELLÁTÁSILÁNC-KOORDINÁCIÓHOZ KAPCSOLÓDÓ STRATÉGIAI DÖNTÉSTÁOGATÁSI TERÜLETEK
98

FARGÓ ENIKŐ, BUDAY TAMÁS
KŐZETEK HŐVEZETÉSI TÉNYEZŐJÉNEK MEGÁLLAPÍTÁSA TŰSZENZORRAL
105

FEHÉR Krisztina, KAVAS László, ÓVÁRI Gyula, DVARGA Béla
ÚJ MENTŐRENDSZEREK ÉS ELJÁRÁSOK AZ IRÁNYÍTHATATLANNÁ VÁLT REPÜLŐESKÖZÖK VÉSZELHAGYÁSÁRA
112

FENYVESI Csaba, POKORÁDI László
TERVELLENŐRZÉSI ESETTANULMÁNYOK ELEMZÉSE AZ ERŐMŰVI BIZTONSÁG SZEMPONTÁBÓL
120

HEGEDŰS Krisztián
VÁLTOZÁSOK A REPÜLŐGÉP MEGHAJTÁSOK TERÜLETÉN
129

ILYÉS Csaba, ILYÉSNÉ MOLNÁR Emese
CSALÁDI VÁLLALKOZÁSOK PÉNZÜGYI MAGATARTÁS FORMÁI ÉS A GENERÁCIÓVÁLTÁS
137

ILYÉS Csaba, TURAI Endre, SZŰCS Péter
110 ÉVES CSAPADÉKADATOK VIZSGÁLATA SPEKTRÁLIS ANALÍZISSEL ÉS WAVELET-ELEMZÉSSL
146

ISKI Patrik, BODNÁR István
FÁS SZÁRÚ BIOMASSZÁBÓL TÖRTÉNŐ VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS MODELLEZÉSE ÉS HATÉKONYSÁGVIZSGÁLATA
154

JANIK József, VERMES Pál
A KARBANTARTÁS MINT ÉRTÉKTEREMTŐ TEVÉKENYSÉG
162

110 ÉVES CSAPADÉKADATOK VIZSGÁLATA SPEKTRÁLIS ANALÍZISSEL ÉS WAVELET-ELEMZÉSSEL

EXAMINATION OF 110 YEARS ANNUAL RAINFALL DATA USING SPECTAL ANALYSIS AND WAVELET ANALYSIS

ILYÉS Csaba[1], TURAI Endre[2], SZŰCS Péter[3]

[1]PhD. hallgató, tudományos segédmunkatárs, hgilyes@uni-miskolc.hu
[1]Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, H-3515, Miskolc-Egyetemváros,
[1]Miskolci Egyetem, MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, H-3515, Miskolc-Egyetemváros.

[2]CSc, Dr. habil., intézetigazgató egyetemi docens, gfturai@gold.uni-miskolc.hu
[2]Miskolci Egyetem, Geofizikai és Térinformatikai Intézet, H-3515, Miskolc-Egyetemváros.

[3]DSc, Dr. habil., tanszékvezető egyetemi tanár, dékán, kutatócsoport vezető, hgszucs@uni-miskolc.hu
[3]Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, H-3515, Miskolc-Egyetemváros,
[3]Miskolci Egyetem, MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, H-3515, Miskolc-Egyetemváros.

Kivonat: *A csapadék adatok Debrecen területén mért 110 éves havi és évi mintavételezésű idősorinak spektrális és wavelet elemzését mutatja be a dolgozat. A spektrumokból kiolvasott 10 és 18 determinisztikus ciklus felhasználásával 2030-ig előrejelzést készítettünk az évi csapadék várható időbeli változásáról. A wavelet elemzéssel azt vizsgáltuk, hogy egy-egy adott ciklus mely években volt domináns, illetve hogy egy-egy év csapadék adatát mely ciklusok határozták meg.*

Kulcsszavak: *spektrális analízis, domináns ciklusok, előrejelzés 2030-ig, wavelet elemzés.*

Abstract: *The paper shows the spectral and wavelet analysis of a 110-year-old and annual sampling time series of rainfall data measured in Debrecen. By using the 10 and 18 deterministic cycles read out from the spectra, a prediction of the expected change in the annual rainfall was made by 2030. We investigated the years in which each cycle was dominant and the cycles that determined the precipitation data in a given year using wavelet analysis.*

Keywords: *spectral analysis, dominant cycles, prognosis to 2030, wavelet analysis.*

1. BEVEZETÉS – A KUTATÁS CÉLJA

A felszín alatti vizek utánpótlódásában a lehullott csapadék mennyisége a legmeghatározóbb, ezért fontos, hogy ezen paramétert minél jobban ismerjük, a csapadék idősorokban található szabályozottságot figyelni tudjuk, mivel a hidrológiai cikluson keresztül bármilyen változás a csapadékok eloszlásában hatással van az utánpótlódás során a felszín alatti vizek mennyiségére és minőségére is. Kutatásunk célja ezért diszkrét Fourier-transzformáción alapuló spektrális elemzéssel a determinisztikus komponensek felkutatása volt a hosszú idejű csapadék adatsorokban Debrecen területén. A periódusok felkutatása után azokból becslést készítettünk, illetve megvizsgáltuk azoknak időfüggését is, azaz, hogy mely időszakokban figyelhető meg az adott ciklus dominánsabban, és mely időszakban kevésbé.

2. AZ ELEMZÉSI MÓDSZEREK MATEMATIKAI ALAPJAI

A fejezetben röviden bemutatjuk spektrális elemzés és az ezen alapuló előrejelzés (prognózis), valamint a wavelet analízis matematikai alapjait.

2.1. A spektrális elemzés

Az időbeli regisztrátumok spektrális képét (spektrumát) az alábbi - a szakirodalomból jól ismert [1], [2], [5] Fourier transzformációval állíthatjuk elő:

$$Y(T) = \int_{t=-\infty}^{\infty} y(t) e^{-j\frac{2\pi}{T}t} dt \,, \tag{1}$$

ahol:

t – az idő, a regisztrátum független változója,
$y(t)$ – a regisztrátum (időtartománybeli jel),
j – a képzetes egység,
T – a periódusidő, a ciklus időbeli hossza,
$Y(T)$ – az időjel (regisztrátum) spektruma.

Az $Y(T)$ komplex spektrum valós spektrumok segítségével a következő két úton állítható elő.

$$Y(T) = Re[Y(T)] + j\, Im[Y(T)] \,, \tag{2}$$

$$Y(T) = A(T) e^{j\Phi(T)} \,, \tag{3}$$

ahol:

$Re[Y(T)]$ – a valós spektrum, a komplex spektrum valós része,
$Im[Y(T)]$ – a képzetes spektrum, a komplex spektrum képzetes része,
$A(T)$ – az amplitúdó spektrum, a komplex spektrum amplitúdója,
$\Phi(T)$ – a fázis spektrum, a komplex spektrum fázisa.

Az amplitúdó és a fázis spektrumokat a valós és a képzetes spektrumok ismeretében határozhatjuk meg:

$$A(T) = \sqrt{Re[Y(T)]^2 + Im[Y(T)]^2} \,, \tag{4}$$

$$\Phi(T) = arctg \frac{Im[Y(T)]}{Re[Y(T)]} \,. \tag{5}$$

2.2. A spektrális alapon történő előrejelzés

Az előző alfejezetben ismertetett spektrumokból meghatározhatók a domináns periodikus komponensek (ciklusok). Ezeket determinisztikus jeltartalomként kezelve, matematikailag a jövőt jelentő időtartományban is kiszámítható a várható regisztrátum [4]:

$$y(t)^{det} = \breve{Y} + \frac{2}{T_{reg}} \sum_{i=1}^{I} A_i \cos\left(\frac{2\pi}{T_i}(t - t_0) + \Phi(T_i)\right) \,, \tag{6}$$

ahol:

$y(t)^{det}$ – a determiniszikus komponensek alapján számított regisztrátum,
$\breve{Y}$ – a regisztrátum várható értéke,
T_{reg} – a regisztrátum hossza,
T_i – az i-edik ciklus periódus ideje,
t_0 – a regisztrátum kezdeti időpontja,
I – a determinisztikus ciklusok száma,
A_i – az i-edik ciklus amplitúdója,
$\Phi(T_i)$ – az i-edik ciklus fázisa.

2.3. Wavelet analízis konvolúciós alakszűréssel

A regisztrátumban keresett ciklusok alakját harmonikus függvényekkel (szinusz, koszinusz) írhatjuk le. Az így előállított hullámcsomagok (waveletek) és a regisztrátumok konvolúciós szűrésével [7] a regisztrátum minden időpontjában meghatározhatjuk az adott ciklus súlyát ($y^{wavelet\text{-}tr.}$) a jelben.

$$y^{wavelet-tr.}(t) = \int_{\tau=-\infty}^{+\infty} x(\tau)y(t-\tau)d\tau = \int_{\tau=-\infty}^{+\infty} y(\tau)x(t-\tau)d\tau, \quad (7)$$

ahol:

$y(t)$ – a regisztrátum,
$x(t)$ – a wavelet.

Komplex írásmód esetén valós és képzetes wavelet-et használhatunk, amelyek egymáshoz képest 90 fokos (a vonatkoztatási idő $T_i/4$ időtolását) fázistolást eredményeznek.

A tetszőleges i-edik ciklus waveletei az alábbiak:

valós wavelet - $$x(t) = cos(\frac{2\pi}{T_i}t) \quad (8)$$

képzetes wavelet - $$x(t) = sin(\frac{2\pi}{T_i}t). \quad (9)$$

2.4. Wavelet analízis keresztkorrelációs függvény felhasználásával

A wavelet analízis keresztkorrelációs függvény [7] segítségével is elvégezhető, ha az x(t) wavelet és az y(t) regisztrátum keresztkorrelációs függvényét képezzük:

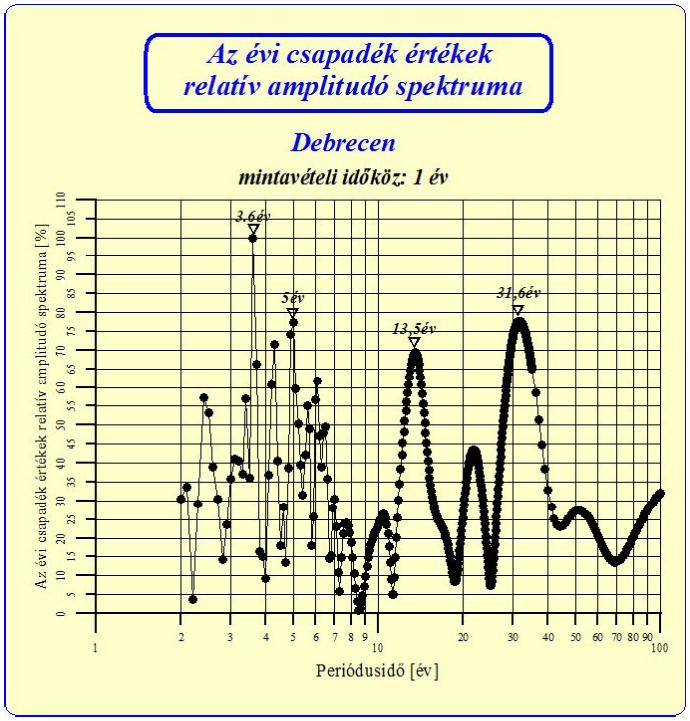
$$R_{xy}(t) = \frac{1}{T_{reg}} \int_{\tau=t_{min}}^{t_{max}} x(\tau)y(t+\tau)dt, \quad (10)$$

A normált keresztkorrelációs függvény segítségével a ciklus előfordulásának a 0-1 intervallumban képzett súlyát határozhatjuk meg:

$$R_{xy}^{(N)}(t) = \frac{R_{xy}(t)}{Max\{R_{xy}(t)\}}. \tag{11}$$

3. A SPEKTRÁLIS ELEMZÉS EREDMÉNYEI

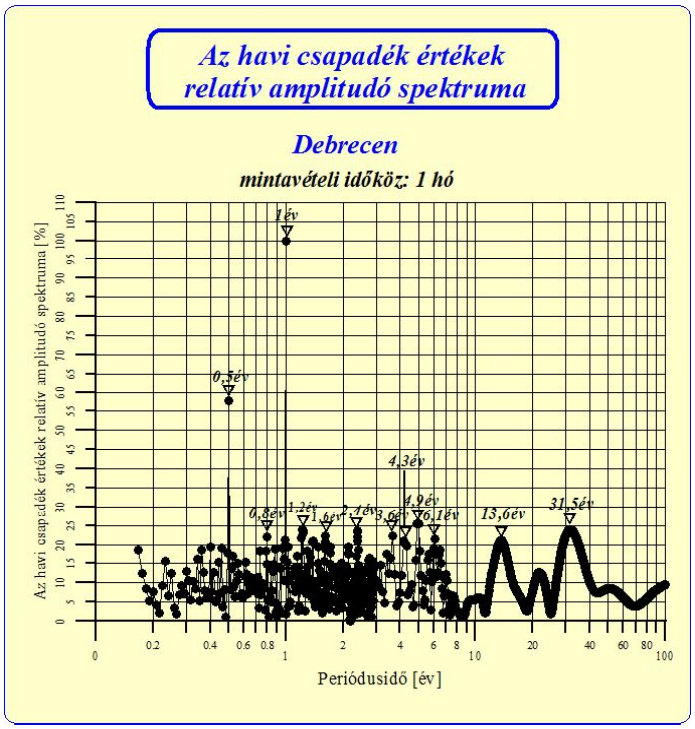
A spektrális elemzést eredményét Debrecen területére mutatjuk be az 1901 és 2010 közötti 110 éves csapadék idősorok esetében. A Fourier transzformációt saját fejlesztésű DFT programmal [6] végeztük. Az 1. ábrán az éves mintavételi közű regisztrátum amplitúdó spektruma található.



1. ábra. Az 1 éves mintavételi időközű regisztrátum amplitúdó spektruma

Az 1. ábrán látható, hogy a spektrum maximumához viszonyított 50%-nál nagyobb relatív amplitúdókkal tíz főciklus mutatható ki. Ezek közül a 3.6 éves periódus súlya (amplitúdója) a legnagyobb. A főciklusok időbeli periódus hosszai az amplitúdóik csökkenő sorrendjében a következők: 3.6 év, 3.6 év, 5 év, 4.3 év, 13.5 év, 6.1 év, 2.4 év, 3.4 év, 5.6 év és 6.5 év. A 20% - 50% relatív amplitúdó tartományban nyolc (21.8 éves, 3.1 éves, 2.1 éves 7 éves, 4.6 éves, 51 éves, 10.4 éves és 7.7 éves) un. mellékciklus található.

Az 1 éves mintavételezésű regisztrátum Nyquist periódus hossza 2 év. A regisztrátumból – ahogy az az 1. ábrán látszik – csak ettől a Nyquist periódustól hosszabb ciklusok mutathatók ki. A rövidebb ciklusok kimutatásához kisebb mintavételi idejű regisztrátum szükséges, ezért a havi mintavételi időközű regisztrátum esetre is kiszámítottuk az amplitúdó spektrumot (2. ábra). Az ábráról leolvasható, hogy a legnagyobb súlya Debrecen területén a csapadék értékek 110 éves alakulásában az 1 év hosszúságú ciklusnak van. Az 1 éves ciklus mellet még a féléves ciklus mutatható ki főciklusként, az 50% feletti relatív amplitúdó tartományban. A 0.8 éves, az 1.2 éves és az 1.6 éves ciklusok kisebb súllyal (a 20% - 50% relatív amplitúdó intervallumban) jelentkeznek. A 2 évesnél hosszabb, 2.4 éves, 3.6 éves, 4.3 éves, 4.9 éves, 6.1 éves, 13.6 éves és 31.6 éves ciklusok természetesen ebben az esetben is kimutathatóak mellékciklusként.



2. ábra. A havi mintavételi időközű regisztrátum amplitúdó spektruma

4. A 2011-2030 KÖZÖTTI IDŐSZAKRA VONATKOZÓ PROGNÓZIS

A spektrális elemzéssel meghatározott domináns ciklusokat determinisztikus komponensként értelmezve, a [3], [4] publikációkban bemutatott módon, az 1901 és 2010 közötti regisztrátumot tanítási időszakként használva, meghatároztuk a csapadék várható alakulását Debrecen területén, a 2011 és 2030 közötti időszakra. A prognózis eredményét a 3. és a 4. ábrákon mutatjuk be, ahol a fekete görbék az eredeti regisztrátumot, a színesek pedig a prognózis eredményét jelölik.

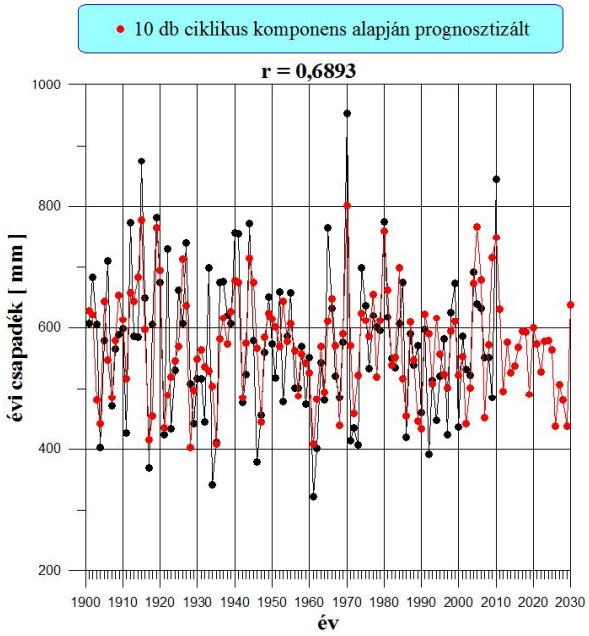
A 3. ábrán a 10 db főciklus alapján számított előrejelzés látható. Az ábrán feltüntettük a tanítási időszakra meghatározott korrelációs együttható (r = 0.6893) értékét.

A 18 db ciklus alapján becsült csapadék prognózist a 4. ábra mutatja, ahol a korrelációs együttható értéke az eredeti regisztrátum és a determinisztikus ciklusok összege között erősebb (r = 0.7339), mint a 10 db ciklust tartalmazó prognózis esetében.

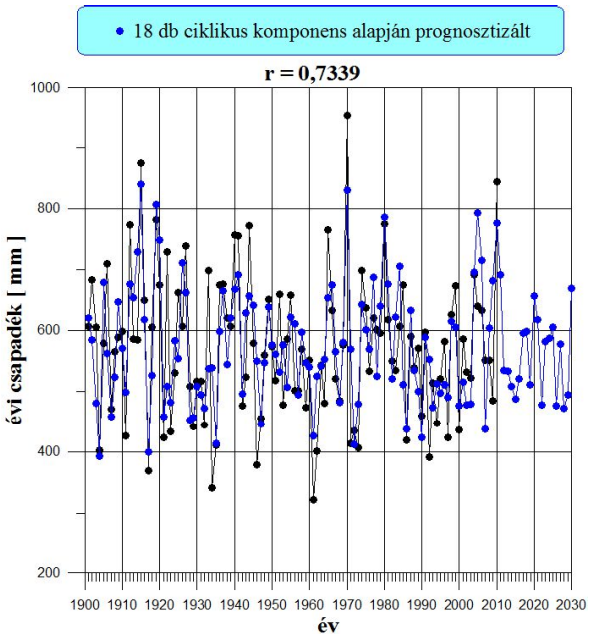
A prognózis számszerű értékeiből kiszámítottuk a csapadék várható értékét és a szórását az 1901 és 2010, valamint a prognosztizált 2011 és 2030 közötti időszakokra.

A 10 ciklust tartalmazó prognózis (3. ábra) esetében a csapadék várható értéke 1901 és 2010 között 574.8 mm/év (szórás: 89,7 mm/év), míg a 2011 és 2030 közötti időszakban a prognózis alapján ez a várható érték jelentősen csökken, 546.7 mm/év (szórás: 58 mm/év) szintre. A csökkenés mértéke a tanítási időszakhoz képest 5%-os.

A 18 ciklus figyelembevételével meghatározott előrejelzés (4. ábra) adataiból is hasonló csökkenés mutatható ki. Itt a tanítási időszakra vonatkozó várható csapadékérték 574.4 mm/év (szórás: 99.2 mm/év) volt, míg a prognózis időszakában (2011-2030) 559.4 mm/év (szórás: 67.8 mm/év) az évi csapadék várható értéke.



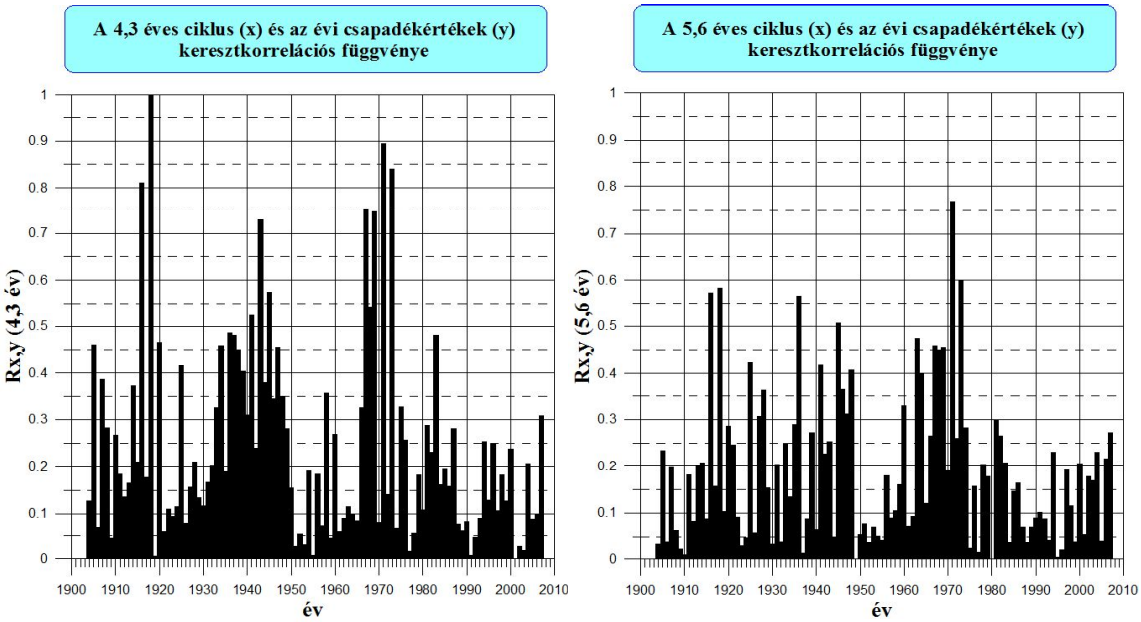
3. ábra. A 10 db ciklus figyelembevételével számított prognózis



4. ábra. A 18 db ciklus figyelembevételével számított prognózis

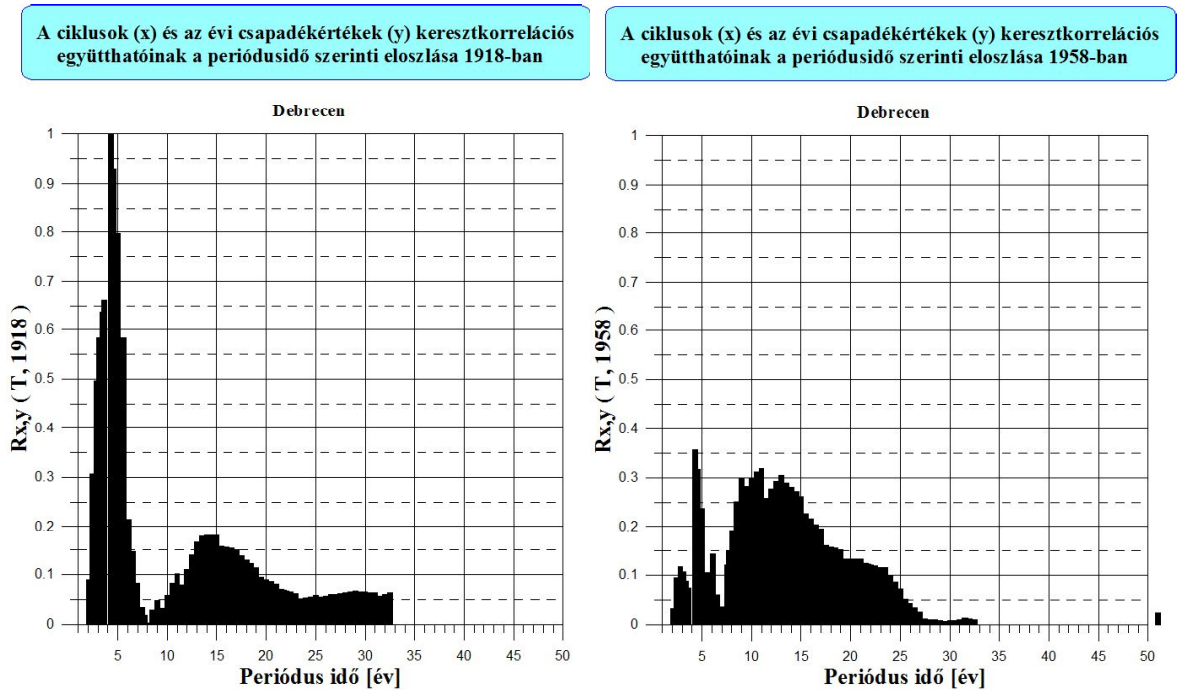
5. A WAVELET-ELEMZÉS EREDMÉNYEI

A wavelet analízissel meghatároztuk a domináns ciklusok súlyeloszlását a regisztrálás időszakában. Az 5. ábrán bemutatott 4.3 éves és 5.6 éves ciklusok súlyeloszlásainak vizsgálata alapján megállapítható, hogy mindkét ciklus 1918 és 1971 környezetében jelentkezett a legnagyobb súllyal az 1 éves mintavételi időközű regisztrátumban, azonban a 4.3 éves ciklus súlya 1918-ban több mint 10%-al nagyobb volt mint 1971-ben, míg az 5.6 éves ciklus súlya már 1971-ben volt a legnagyobb.



5. ábra. A 4.3 éves ciklus (bal oldalon) és az 5.6 éves ciklus (jobb oldalon) súlyeloszlása

A wavelet elemzéssel az is megbecsülhető, hogy egy-egy adott év környezetében a különböző ciklusok milyen súlyeloszlással határozták meg a csapadék idősor értékeit. A 6. ábra 1918-ban és 1958-ban mutatja be a csapadék adatok spektrumát.



6. ábra. Az évi csapadék adatok spektruma 1918-ban (bal oldalon) és 1958-ban (jobb oldalon)

A 6. ábra alapján kijelenthetjük, hogy az 1918 körüli időszakban egyértelműen a 4.3 éves ciklus volt a meghatározó az 1 éves mintavételi közű regisztrátumban, azonban 1958-ban már a 10-13 éves ciklusok is dominánsak voltak a 4.3 éves ciklus mellett.

6. ÖSSZEFOGLALÁS, ÉRTÉKELÉS

Az elemzés során több nagy periódusidejű ciklus is kimutatásra került Debrecen 110 év hosszúságú csapadék idősorából. Kijelenthető, hogy az 1 és féléves ciklusok jelentkeznek legdominánsabban a vizsgált időszakban, ami a Föld forgásából, és Naprendszerben elfoglalt pillanatnyi helyzetéből adódik. Ezen felül a 3,6 és 5 év körüli periódusok kerültek kiszámításra nagy amplitúdóval, aminek magyarázata a további kutatás iránya lehet. Ezen ciklusok és egyéb paraméterek felhasználásával becslést készítettünk Debrecen területére, majd a domináns ciklusok időbeli változását is megvizsgáltuk, amivel kimutattuk, hogy az 1917-18 illetve az 1969-71 időszakokban dominánsabban – magas korrelációval – jelentkeztek, továbbá egyértelműen látható, hogy a két bemutatott év között a ciklusok dominanciája jelentősen változott 1918-hoz viszonyítva az 1958. évben.
A kutatás továbbvitele során a felszín alatti vizekkel való kapcsolat megtalálása a cél, ahol hosszú távú talajvizes megfigyelőkút adatsorokat felhasználva a hasonló ciklusok felkutatása után a késleltetés paraméterét is meg tudjuk határozni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt alapján, a "Földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyság növelő mérnöki eljárások fejlesztése" című GINOP-2.3.2-15-2016-00010 azonosító számú projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] **BATH, M.:** *Spectral Analysis in Geophysics,* Elsevier Scien. Publ. Co., Amsterdam - Oxford - New York, 1974.
[2] **BRACEWELL, R. N.:** *The Fourier Transform and its Applications*, McGraw - Hill Book Co., Oxford, 1978.
[3] **ILYÉS CS., TURAI E., SZŰCS P., ZSUGA J.:** *Examination of the cyclic properties of 110 – year – long precipitation time series*, ACTA MONTANISTICA SLOVACA, 22(1), 2017, pp. 1-11.
[4] **KOVÁCS F., TURAI E.:** *A Mátra-Bükkalja csapadék jellemzői ciklikus változása, prognózis módszer megalkotása*, HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY, 94(1), 2014, 35-45.
[5] **MESKÓ A.:** *Digital Filtering*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1984.
[6] **TURAI E.:** *A Fourier transzformáció egy numerikus módszerre és alkalmazása a GP-jelenség rendszerjellemző függvénnyel történő leírásánál*, MAGYAR GEOFIZIKA, 24(1.), 1983, 11-19.
[7] **TURAI E.:** *Spektrális adat- és információfeldolgozás*, egyetemi jegyzet, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2005.