

TALAJVÍZSZINT ADATOK SPEKTRÁLIS FELDOLGOZÁSÁNAK EREDMÉNYEI

Dr. Turai Endre¹, Ilyés Csaba², Prof. Dr. Szűcs Péter³

¹CSc, Dr. habil., intézetigazgató egyetemi docens
Miskolci Egyetem, Geofizikai és Térinformatikai Intézet, H-3515, Miskolc-Egyetemváros.

gfturai@gold.uni-miskolc.hu

²tudományos segédmunkatárs
Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, H-3515, Miskolc-Egyetemváros,

hqilyes@uni-miskolc.hu

³DSc, Dr. habil., tanszékvezető egyetemi tanár, dékán, kutatócsoport vezető
Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, H-3515, Miskolc-Egyetemváros,
Miskolci Egyetem, MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport, H-3515, Miskolc-Egyetemváros.

hgszucs@uni-miskolc.hu

Kivonat: A talajvízszint adatok Debrecen, Nyírcsászári és Kocsér területén mért több évtizedes havi mintavételezésű idősorainak spektrális elemzését mutatja be a dolgozat. A spektrumokból kiolvasott determinisztikus ciklusokat relatív amplitúdójuk alapján sorba rendezve feltárhatók a vízsztinváltozást okozó regionális és lokális (helyi) hatások. Mindhárom területen egyértelműen az 1 éves ciklus jelentkezett regionális ciklusként, míg a többi ciklus mögött feltehetően lokális hidrometeorológiai okok állnak.

Kulcsszavak: spektrális analízis, domináns ciklusok, regionális ciklusok, lokális ciklusok.

1. BEVEZETÉS

A hidrometeorológiai paraméterek vizsgálatánál kiemelt fontosságú a ciklikusság vizsgálata. A paraméterek idősorában fellelhető ciklusokat kialakító okok feltárásához elengedhetetlen az egyes ciklusok hosszainak és amplitúdóinak meghatározása. Ezek kiszámításának két lehetséges útja van, a statisztikai elemzések (trendszámítás, periodicitás vizsgálat, várható érték-, szórás- és korreláció elemzés) és a spektrális elemzések. Ebben a dolgozatban mi a spektrális elemzést alkalmaztuk Debrecen, Nyírcsászári és Kocsér területén regisztrált vízszint adatok havi mintavételezésű idősorainak mindegyikében fellelhető domináns ciklusok, és a csak helyileg meglévő, un. lokális ciklusok megállapításához. Az elemzéshez Fourier transzformációval kiszámítottuk az egyes idősorok abszolút és relatív spektrumait, s a spektrumok lokális maximumhelyei alapján megállapítottuk az idősorokban fellelhető ciklushosszakokat. Ezt a módszert korábban már eredményesen alkalmaztuk a hosszú idejű csapadék adatok évi, havi és napi mintavételezésű idősoráiban található domináns ciklusok megállapításához [3], és az adatok jövőben várható alakulásának előrejelzéséhez (prognózisához) [4], [5], valamint a konvolúciós szűrést és a korrelációs függvényeket [8] felhasználó wavelet elemzéssel, annak kiszámításához [4], hogy az egyes ciklusok milyen súllyal következnek be a regisztrálási tartomány egyes időpontjaiban.

2. A STEKTRÁLIS ELEMZÉS MATEMATIKAI ALAPJAI

Az időbeli regisztrátumok spektrális képét (spektrumát) az alábbi - a szakirodalomból jól ismert [1], [2], [6] - Fourier transzformációval állíthatjuk elő:

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

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.

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

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

ahol:

- $\text{Re}[Y(T)]$ – a valós spektrum, a komplex spektrum valós része,
- $\text{Im}[Y(T)]$ – 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:

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

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

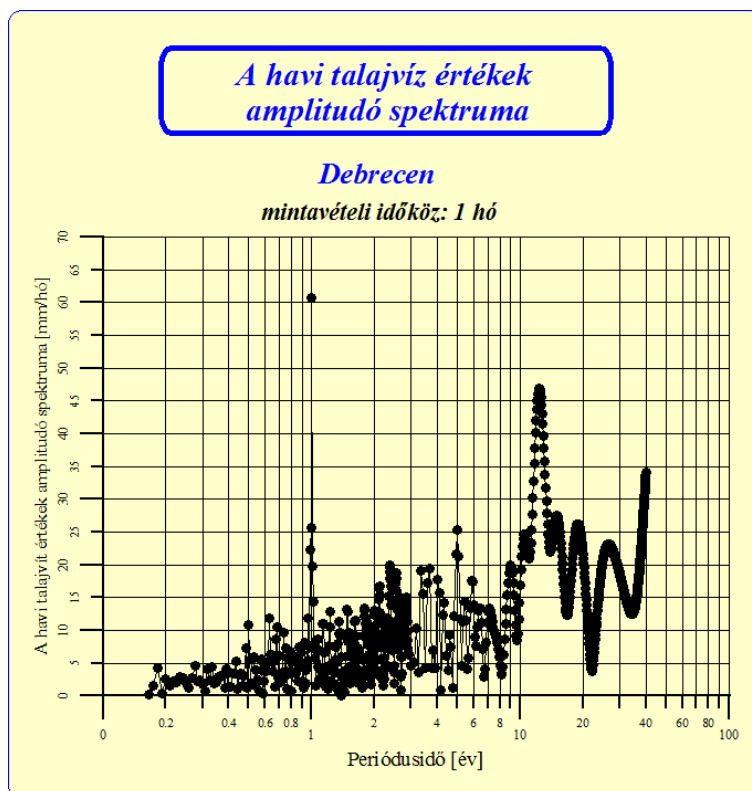
3. A STEKTRÁLIS ELEMZÉS EREDMÉNYEI

A spektrális elemzést mindhárom helyen havi mintavételezésű talajvízszint idősorok esetére végeztük el. Az idősorok hossza Debrecen esetében 911 hónap (1935 szeptember és 2012 december között, 17 hónap hiánnyal), Kocsér esetében 885 hónap (1935 január és 2012 szeptember között, 48 hónap hiánnyal), míg Nyírcsászári esetén 709 hónap (1953 szeptember és 2013 május között, 8 hónap hiánnyal) volt. A Fourier transzformációt saját fejlesztésű DFT programmal [7] számítottuk ki. Az **1. ábrán** a Debrecen területére számított amplitúdó spektrum látható. A spektrum alapján megállapítható, hogy a legnagyobb súllyal (amplitúdóval) az 1 éves ciklus jelentkezik. Az amplitúdók súlyarányainak szemléltetéséhez célszerű bevezetni az ún. relatív amplitúdó spektrumot, amit a spektrum értékeinek a maximális spektrum-amplitúdóra való normálásával kapunk, s így 0 és 1 közé transzformáljuk a spektrum értékeit. A relatív spektrum értékeit 100-al szorozva, %-os relatív spektrumot állíthatunk elő. A %-os relatív spektrum alkalmas a fő- és a mellékciklusok szétválasztásához. A korábbi tapasztalataink alapján a főciklusok a 40% és 100% közé eső amplitúdójú relatív ciklusok, míg a mellékciklusok 20% és 40% közé esnek.

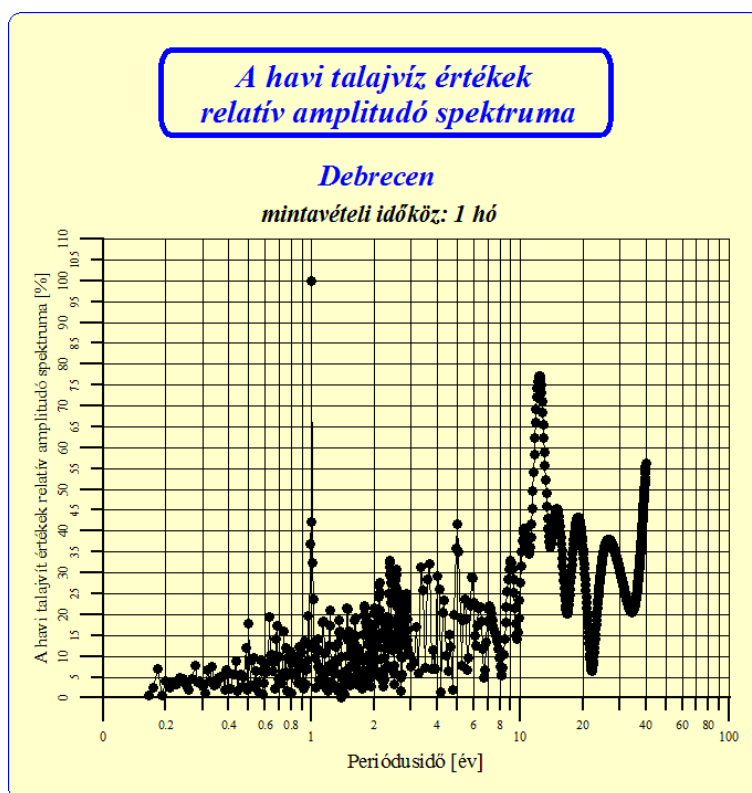
A debreceni relatív amplitúdó spektrumot a **2. ábra** mutatja. A relatív amplitúdójuk sorrendjébe rendezett ciklusok hosszait az **1. táblázatban** foglaltuk össze. A táblázatban piros színnel tüntettük fel a főciklusok adatait és fekete színnel a mellékciklusokét. A spektrális elemzés szerint Debrecen területén a talajvíz értékek idősorát 6 főciklus és 19 mellékciklus határozta meg 1935 szeptember és 2012 december között. A legdominánsabb ciklus az 1 év hosszúságú volt, s ezt követte 77,3% relatív súllyal a 12,3 éves és 45,4% relatív súllyal a 15 éves ciklus.

A Nyírcsászári területén regisztrált adatokból számított relatív amplitúdó spektrum a **3. ábrán**

látható, a relatív amplitúdójuk sorrendjébe



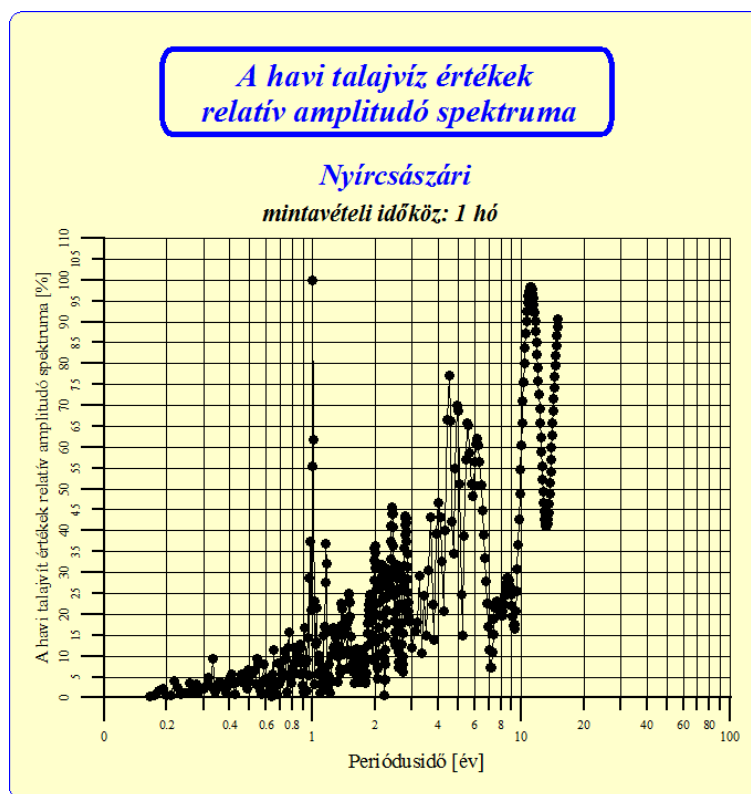
1. ábra: Az amplitúdó spektrum Debrecen területén



2. ábra: A relatív amplitúdó spektrum Debrecen területén

sorszám	ciklushossz [év]	relatív súly [%]
1.	1	100
2.	12,3	77,3
3.	15	45,4
4.	18,9	43,2
5.	5	41,7
6.	10,5	40,7
7.	26,6	38,1
8.	9	32,9
9.	2,4	32,9
10.	3,7	32,2
11.	3,3	31,4
12.	2,5	31
13.	4	29,1
14.	5,8	29
15.	2,1	27,6
16.	2,8	24,9
17.	2,6	24,9
18.	5,4	23,8
19.	4,3	23,4
20.	7,1	22,2
21.	1,8	22,1
22.	6,4	22
23.	1,5	21,7
24.	2	21,5
25.	1,2	21,1

1. táblázat: A domináns ciklusok Debrecen területén a relatív amplitúdójuk sorrendjében



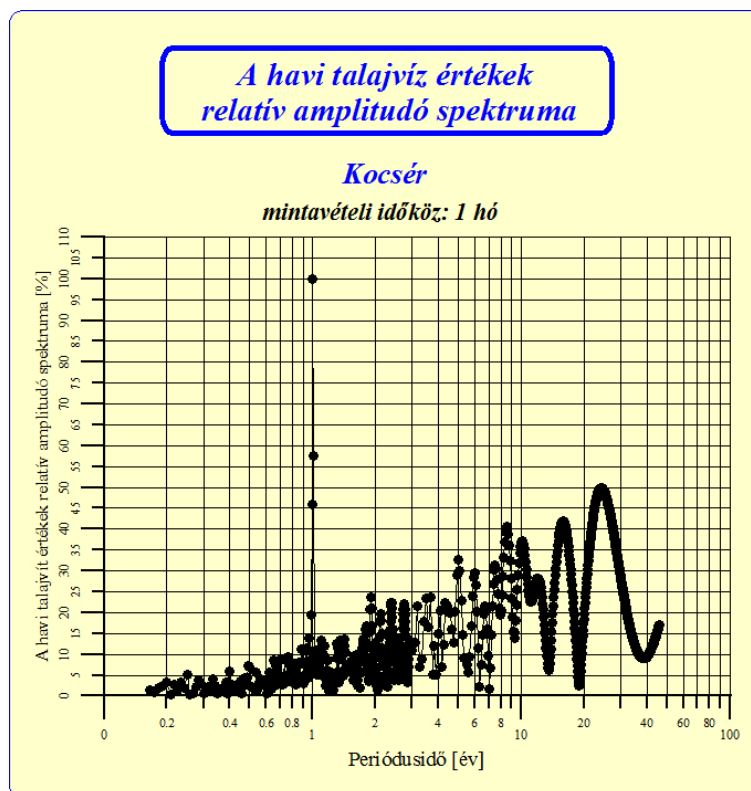
3. ábra: A relatív amplitúdó spektrum Nyírcsászári területén

látható, a relatív amplitúdójuk sorrendjébe rendezett ciklusok hosszait pedig a **2. táblázat** mutatja. Itt 10 főciklust és 17 mellékciklust tudunk kimutatni. A legdominánsabb ciklus itt is az 1 év hosszúságú volt, s ezt követte a 11,1 éves ciklus 98,3% relatív súllyal. A harmadik helyre pedig a 4,5 éves ciklus került, melynek a relatív amplitúdója 77,2% volt.

A harmadik észlelési hely, az első két észlelési helytől (Debrecen és Nyírcsászári) távolabb lévő Kocsér volt, ahol a **4. ábrán** közölt relatív amplitúdó spektrum láthatóan különbözik az első két spektrumtól (2. és 3. ábrák). Ezt igazolja a **3. táblázatban** közzétett fő- és mellékciklusok száma és a ciklusok hossza is. Kocsér területén csak 4 főciklust és 14 mellékciklust sikerült kimutatni. A legdominánsabb ciklus ezen a területen is az 1 év hosszúságú volt, azonban a második és a harmadik helyre itt relatíve hosszú idejű ciklusok kerültek, a 24,2 éves 49,9% relatív amplitúdóval, illetve a 15,8 éves ciklus 41,9%-os relatív súllyal.

sorszám	ciklushossz [év]	relatív súly [%]
1.	1	100
2.	11,1	98,3
3.	4,5	77,2
4.	4,9	70,1
5.	5,5	65,8
6.	6,2	62,1
7.	4	46,8
8.	2,4	45,5
9.	2,8	43,5
10.	3,7	43,2
11.	0,975	37,4
12.	1,16	37
13.	2	36,4
14.	2,1	31,9
15.	2,5	31,8
16.	2,3	30,8
17.	2,6	29,7
18.	3,3	29,3
19.	0,96	28,8
20.	8,7	28,76
21.	1,5	24,9
22.	1,9	24,7
23.	3,4	24,5
24.	7,7	23,3
25.	1,025	23,2
26.	1,4	22,7
27.	1,04	21,5

2. táblázat: A domináns ciklusok Nyírcsászári területén a relatív amplitúdójuk sorrendjében



4. ábra: A relatív amplitudó spektrum Kocsér területén

sorszám	ciklushossz [év]	relatív súly [%]
1.	1	100
2.	24,2	49,9
3.	15,8	41,9
4.	8,5	40,6
5.	10,1	37,2
6.	5	32,6
7.	7,5	31,4
8.	6	29,5
9.	12	28,3
10.	1,9	23,7
11.	3,7	23,6
12.	3,5	23,5
13.	2,4	22,4
14.	4,3	22,3
15.	2,7	22
16.	6,7	21,5
17.	3,2	21,46
18.	4,1	20,5

3. táblázat: A domináns ciklusok Kocsér területén a relatív amplitúdójuk sorrendjében

5. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE

Az elvégzett spektrális elemzések alapján megállapítható, hogy mind a három észlelési helyen (Debrecen, Nyírcsászári és Kocsér) az 1 év hosszúságú ciklus volt a legdominánsabb a talajvízszint havi mintavételezési közü változásának meghatározásában. E mögött a ciklus mögött – mivel mindhárom helyen jelentkezett – egyértelműen regionális hidrometeorológiai okok állnak. A 11-12 év

hosszúságú ciklus Debrecen és Nyírcsászári területén is a második legmeghatározóbb ciklus, viszont a földrajzilag távolabb lévő Kocsér területén ez a ciklus már sokkal kisebb relatív súllyal, csak mellékciklusként volt kimutatható, ami arra utal, hogy a 11-12 éves ciklus mögött lokális (helyi) hatások állnak, amely hatások főleg Debrecen és Nyírcsászári körzetében érvényesülnek. Érdekes viszont, hogy a Debrecen és Kocsér területén harmadik legmeghatározóbb 15 év körüli ciklus a Nyírcsászári területén felvett regisztrátumból egyáltalán nem volt kimutatható. A kimutatott ciklusok mögött meglévő hidrometeorológiai okok feltárása még további kutatás feladata.

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 sz. projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

JÓKÍVÁNSÁG

A szerzők jókívánságaikat fejezik ki Böhm Professzor Úrnak 70. születésnapja alkalmából, jó egészséget és további alkotó erőben megélendő éveket kívánva.

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] **ILYÉS CS., TURAI E., SZŰCS P.:** *110 éves csapadékadatok vizsgálata spektrális analízissel és wavelet-elemzéssel*, Műszaki tudomány az Észak-Kelet Magyarországi régióban 2017, Nyíregyháza, ISBN: 978-963-7064-35-7, Debrecen, 2017, 146 - 153.
- [5] **KOVÁCS F., TURAI E.:** *A Mátra-Bükkalja csapadék jellemzői ciklikus változása, prognózis módszer megalkotása*, HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY, 94(1), 2014, 35-45.
- [6] **MESKÓ A.:** *Digital Filtering*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1984.
- [7] **TURAI E.:** *A Fourier transzformáció egy numerikus módszerre és alkalmazása a GP-jelenség rendszerjellemző függvénnyel történő leírásánál*, MAGYAR GEOFIZIKA, 24(1.), 1983, 11-19.
- [8] **TURAI E.:** *Spektrális adat- és információfeldolgozás*, egyetemi jegyzet, Miskolci Egyetem, Miskolc, 2005.