

Szakmai zárójelentés a T-038423 számú OTKA pályázathoz

Időjárási szélsőségek matematikai statisztikai vizsgálata változó éghajlati feltételek mellett témakörben.
(Futamidő: 2002-2006. Témavezető: Szeidl László)

A pályázati munka keretében elméleti, módszertani és modellezési feladatokkal, valamint konkrét elemzésekkel és az abból levonható következtetésekkel foglalkoztunk. Az eredmények jelentős része publikálásra került. A zárójelentésben a legfontosabb eredmények bemutatására kerül sor: a beszámoló részben a sokrétű kutatás egységes tárgyalását tartalmazza, részben pedig az egyes területeken elért eredmények összefoglalóit. Meg kell jegyezni, hogy a pályázati munkához kapcsolódóan az extremumok témában egy sikeres PhD védés történt az ELTE-n-, egy MTA doktori pályázat pedig elbírálás alatt van.

I. A KÁRPÁT-MEDENCE MÚLTBELI EXTRÉM ÉGHAJLATI ESEMÉNYEINEK ELEMZÉSE A RÉTHLY-ARCHÍVUM ALAPJÁN (Bartholy Judit, Pongrácz Rita)

A jövőre vonatkozó éghajlati előrejelzések minőségének előfeltétele, hogy mind pontosabban ismerjük, értékeljük az elmúlt időszakok éghajlatát, azok tendenciáit, s az ingadozások amplitúdóját. A Kárpát-medencére vonatkozó, s ebben az összefoglalóban bemutatott kutatás célja a Réthly-gyűjtemény alapján a történeti feljegyzésekből nyerhető éghajlati információk elemzése, különös figyelmet fordítva az éghajlati szélsőségek gyakoriságának tendenciáira. A vizsgálat az 1900-as évvel zárul, hiszen az ezt követő időszakokról már szabványos állomásokon mért adatsorok állnak rendelkezésre. Az elkészült teljes elemzésből csupán néhány eredményt mutatunk be itt.

Az IPCC Harmadik Helyzetértékelő Jelentése (2001) szerint a globális éghajlatváltozás regionális hatásai a szélsőségek intenzívebbé válását, s gyakoribb előfordulását jelzik előre. Ugyanezt valószínűsíti a WMO 2003. július 2-án az extrém éghajlati események gyakoribbá válásáról kiadott közleménye. Annak érdekében, hogy egy adott régióra az elkövetkező évtizedek, illetve a XXI. század éghajlati szélsőségeire becslést adhassunk, első lépésként meg kell ismernünk az ott eddig előfordult extrém klímaesemények tendenciáit, s a múltban feljegyzett szélsőséges éghajlati jelenségeket. Mivel a kiterjedt rendszeres műszeres mérések csupán egy-másfél évszázadra tekintenek vissza, így a hosszabb időskálájú folyamatok feltárásához a nem meteorológiai méréseken alapuló történeti források feldolgozása is szükséges. Ehhez kiindulásul szolgált Réthly Antal „Időjárási események és elemi csapások Magyarországon” című gyűjteménye (Réthly, 1962; 1970; Réthly és Simon, 1998; 1999). E négykötetes műben a szerző a közel 50 éves kutatómunka során összegyűjtött időjárási eseményekhez kapcsolódó információkat rendszerezte, kronológiailag rendezte és adta közre. A történelmi Magyarország területéről származó feljegyzések lehetővé teszik, hogy szinte a teljes Kárpát-medence térségéről klímátörténeti információkhoz jussunk. A történeti feljegyzések legnagyobb hányada naplórészlet, valamint uradalmi számtartók beszámolóit, elszámolásait. A kötetben nem csak közvetlenül az időjárásra vonatkozó információkat találunk, hanem különböző természeti csapásokról szóló feljegyzéseket is, pl.: járványok, áradás, sáskajárás. A négy részben kiadott mű első kötete az I. évszázadtól 1700-ig, a második 1701-től 1800-ig, a harmadik és negyedik kötet pedig 1801-től 1900-ig tartalmaznak feljegyzéseket. Időben előre haladva természetesen egyre több adat áll rendelkezésre. A négy kötetnyi több ezer oldalas információtömeg rendszerezésének, feldolgozásának érdekében kódrendszert vezetünk be, melyet a következő alfejezetben ismertetünk.

A Kárpát-medence múltbeli klímájának kódolása a Réthly-gyűjtemény alapján

I.1. táblázat: A Réthly-féle történeti dokumentumok gyűjteményét osztályozó kódrendszer

HŐMÉRSÉKLET			CSAPADÉK			SZÉL		
Meleg	10	Meleg	Nedvességi viszonyok	40	Eső	Erősség	80	Szél
	11	Nagy meleg		41	Nagy eső		81	Nagy szél
	12	Forróság		42	Nagy esőzések		82	Szélvihar
	13	Enyhe		43	Felhőszakadás		83	Forgószél
	14	Meleg év		44	Vihar		84	Tornádó
	15	Forró nyár		45	Jégeső		85	Hideg szél
Hideg	20	Hideg	46	Zápor	Hőm. feltét.	86	Fagyos szél	
	21	Nagy hideg	47	Havasasó		87	Meleg szél	

22	Hűvös	48	Ónos eső	88	Forró szél
23	Fagy	49	Nedves	90	Északi szél
24	Hideg év	74	Csapadékos tél	91	Erős északi szél
25	Hűvös nyár	75	Csapadékos tavasz	92	Déli szél
26	Szigorú hideg tél	76	Csapadékos nyár	93	Erős déli szél
27	Hosszú tél	77	Csapadékos ősz	94	Nyugati szél
		78	Nedves év	95	Keleti szél
		50	Havazás		
		51	Nagy hó		
		52	Hófúvás		
		53	Hóvihar		
		54	Hóban gazdag tél		
		60	Áradás, árvíz		
		61	Duna árvíze		
		62	Tisza árvíze		
		63	Dráva árvíze		
		64	Száva árvíze		
		65	Rajna árvíze		
		66	Szárazság		
		67	Száraz év		
		70	Köd		
		71	Dér		
		72	Zivatar		
		73	Villám		

A Réthly-kötetekben lejegyzett információk egy-egy konkrét múltbeli éghajlati esemény helyszínére, időpontjára, időtartamára vonatkoznak. A több évtizedes, évszázados skálán az időjárási paraméterek tendenciájára vagy egyes jelenségek gyakoriságára vonatkozó vizsgálatokra ebben a formában a Réthly-gyűjtemény semmiképpen nem alkalmas. Bármely legapróbb kérdésre adandó válaszhoz a teljes történeti gyűjtemény újbóli átolvasása szükséges. A jelenlegi informatikai lehetőségeket figyelembe véve és kihasználva azokat elengedhetetlennek tűnik a szöveges információk egységes rendszerben történő kódolása. E folyamat eredményeképpen létrehozott kódolt adattömeg részletes elemzést tesz lehetővé. A rendelkezésre álló adatbáziskezelő programok segítségével gyors válasz nyerhető bármely egyváltozós és komplex éghajlati kérdésre.

A létrehozott adatbázisban helyet kapott a klimatikus esemény időpontja, időtartama, földrajzi helye, valamint a klimatikus esemény jellegét, intenzitását jellemző kód (pl.: csapadék esetén mennyisége és halmazállapota, szél esetén erőssége és iránya). Az I.1. táblázatban bemutatjuk a történeti dokumentumok hőmérsékletre, csapadékra és szélre vonatkozó kódhozrendelését. A meteorológiai elemenkénti osztályozás többszintű, a hőmérséklet, csapadék, szél főosztályok mellett alosztályok jelennek meg: (i) a hőmérsékletnél a meleg és hideg alosztályok alá rendre 6 illetve 8 altípus tartozik; (ii) a csapadéknál öt alosztályt definiáltunk: a nedvességi viszonyok, hó, árvizek, szárazság, egyéb csapadékhoz kapcsolódó események alapján rendre 15, 5, 6, 2, 4 altípussal; (iii) a szélnél három alosztályban (erősség, hőmérsékleti feltételek, irány kiemelésével) 5, 4 illetve 6 altípust különítettünk el.

A különböző meteorológiai elemekre vonatkozó történeti dokumentumok, s az események feljegyzési gyakorisága jelentősen eltér egymástól: a hőmérséklettel kapcsolatosan 3820 dokumentum, a csapadékra vonatkozóan 10046 feljegyzés, a széllel kapcsolatban pedig 1321 írott forrás állt rendelkezésre.

I.2. táblázat: Példa a történelmi dokumentumok alapján létrehozott kódtáblázatra

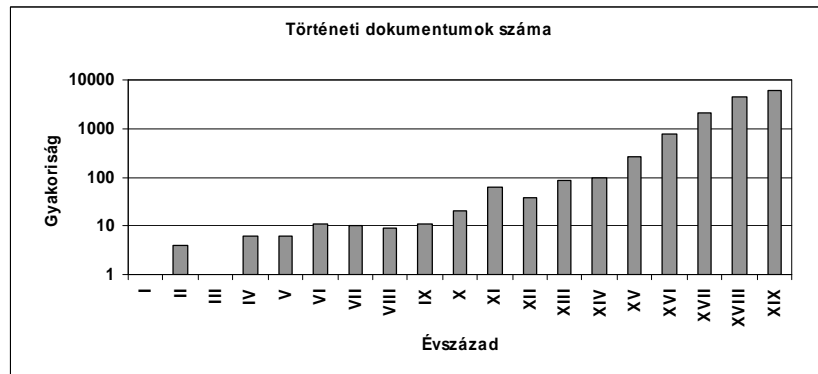
Meteorológiai elem	Kezdési év	Kezdési hónap	Befejezési év	Befejezési hónap	Település	Földrajzi szélesség (É)	Földrajzi hosszúság (K)	Régió	Esemény	Megjegyzés	Következmény
2	1267	0	1268	0	319	47,5	19,1	22	61	0	0
2	1346	0	0	0	15	46,2	21,3	24	67	0	0
3	1526	11	0	0	224	49,0	20,7	44	82	0	0
2	1561	0	0	0	361	47,7	16,6	12	67	0	17
1	1684	2	0	0	409	47,2	20,2	23	21	0	55
2	1718	6	0	0	56	47,5	19,0	15	66	0	70
2	1812	13	0	0	77	47,5	21,6	25	45	2	0
1	1821	2	1821	3	56	47,5	19,0	15	20	0	0
2	1833	5	0	0	197	46,7	23,6	33	40	2	0
1	1866	5	0	0	454	47,8	19,1	21	23	1	14;23

Az I.2. táblázatban példákat látunk a kódolás menetére, s közvetlenül követhetjük néhány történelmi éghajlati eseménynek a megfelelő alosztályokba való besorolását. A táblázat első sora például az 1267/68-as dunai árvízről szóló feljegyzést rögzíti Pest körzetében (az I.2. táblázatban e sort szürke háttérrel kiemeltük). Részletezve:

- Az 1. oszlopban az éghajlati esemény által érintett meteorológiai elem kódosztálya szerepel (a fenti példában 2-es kód: csapadék).
- A 2-3. illetve 4-5. oszlopokban a jelzett szélsőség kezdő és befejező éve/hónapja szerepel (példánkban 1267-1268-as évek).
- A 6-9. oszlopok a földrajzi beazonosítást szolgálják, a település sorszámát (319-es kód: Pest), földrajzi szélességét (47,5°É) és hosszúságát (19,1°K), valamint a régió kódját (22-es kód: Nyugat-Alföld-i régió) tartalmazzák.
- A 10. oszlop az I. táblázatban bemutatott eseménykódot (61: Duna árvíze), míg a 11. oszlop a Megjegyzés rovatot jelöli (az utóbbinál lehetőség van az esemény intenzitásának jelzésére). Végül a 12. oszlop tartalmazza az éghajlati történet következményének kódját (pl.: nagy csapadéknak egy lehetséges következménye az árvíz, vagy nagy hidegnek a termés elfagyása, illetve éhínség, járványok).

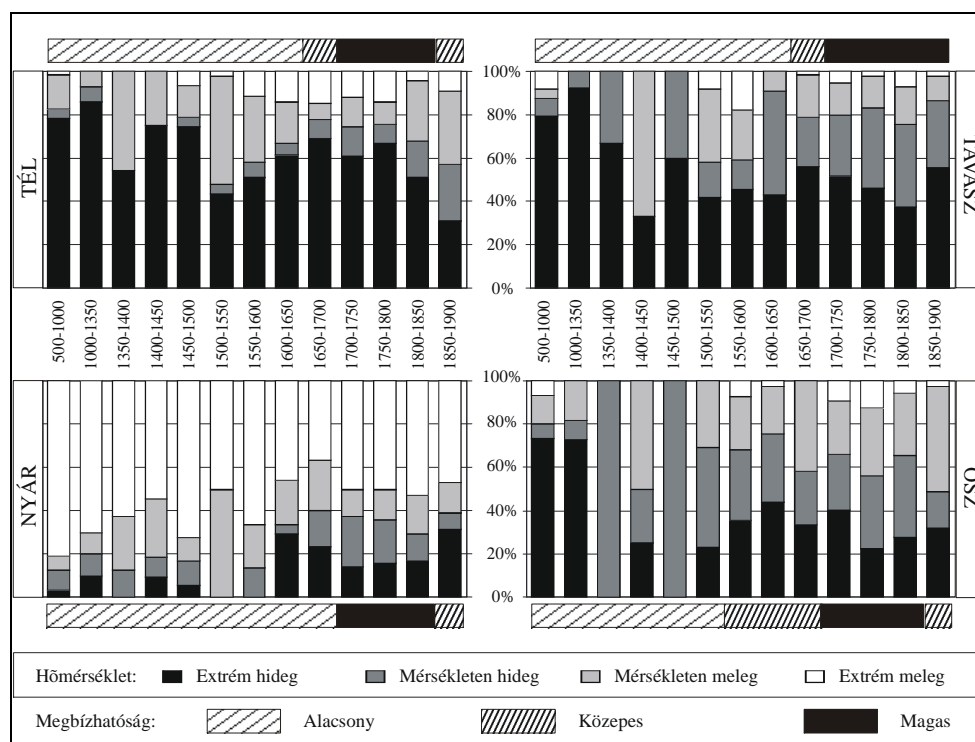
A Kárpát-medence klímájának múltja, éghajlati tendenciák, idősorrekonstrukció

Az írásos anyagok kódolásával előállt egy számítógéppel jól kezelhető adatbázis, mely alapján az elmúlt másfél évezred éghajlatáról vonhatunk le következtetéseket (Pongrácz és Bartholy, 2002; Bartholy et al., 2004b). A feljegyzések térbeni és időbeni sűrűsége jelentős változékonyságot mutat. Az első évezred történelmi dokumentumai főleg nagyobb árvizekről, szárazságokról, éhínségről, feketehimlő-járványról számolnak be, mely események nem egy-egy településhez kötődnek, hanem nagy térségekhez, hosszabb időintervallumokhoz. Ebben az időszakban a feljegyzések átlagos száma évszázadonként nem haladja meg a 10-et (I.1. ábra). Az első ezredfordulót követő időszakban az információk száma és területi sűrűsége jelentős növekedésnek indul, s a dokumentumok száma fokozatosan egy, kettő, majd közel három nagyságrenddel megnő.



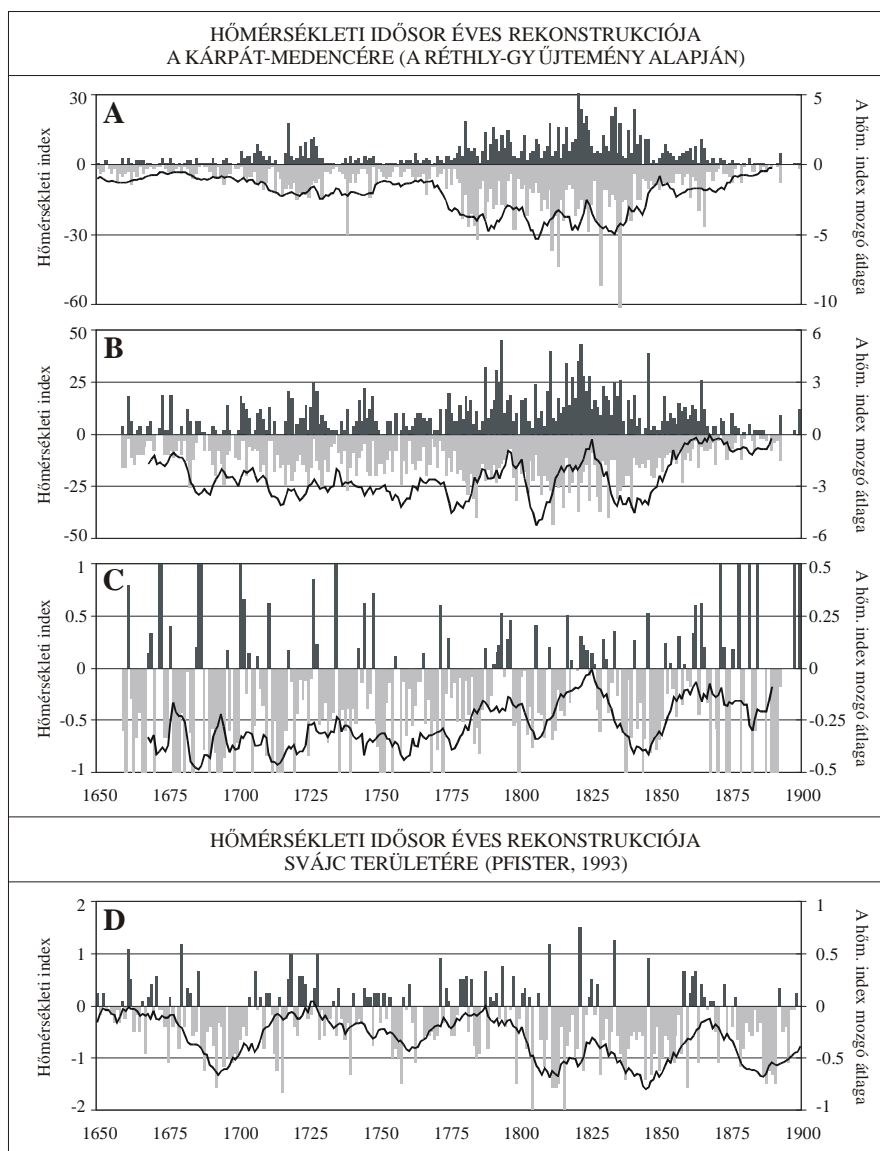
I.1. ábra: A történelmi források időbeni gyakoriság növekedése (logaritmus-skálán ábrázolva)

Külön-külön vizsgáltuk a hőmérsékletre, a csapadékra, és a szélre vonatkozó információkat. A hőmérséklet 14 alosztályát besoroltuk az extrém hideg, mérsékelt hideg, mérsékelt meleg, s extrém meleg kategóriákba, s ezek gyakorisági eloszlásait mutatjuk be az I.2. ábrán az 500-1900 közötti időszakban. Évszakonként rendre összesen 1797 (december-január-február), 1050 (március-április-május), 751 (június-július-augusztus), 571 (szeptember-október-november) feljegyzésből indulhattunk ki. A nagyon ingadozó gyakorisági értékek miatt külön értelmeztük az adott időintervallum megbízhatóságát, melyet három kategóriával jellemeztünk: alacsony, közepes, és magas. Az I.2. ábra legelső, jelmagyarázat sorában feltüntetett megbízhatósági index definíciója során az 50 éves időszakok átlagát (m) és szórásértékét (s) felhasználva különítettük el az alacsony ($<m-0,3\cdot s$), közepes ($m-0,3\cdot s$ és $m+0,3\cdot s$ közötti), magas ($>m+0,3\cdot s$), kategóriákat. A három színárnyalattal jelölt megbízhatósági indexek idősorait az évszakos diagrammok alá illetve fölé helyezett szalagos formában jelenítjük meg. Az ábráról leolvasható a hőmérsékleti szélsőségek jelentős évszakos függősége. Télen az extrém hideg feljegyzések dominálnak (általában több mint az összinformáció fele tartalmaz ilyeneket), az átmeneti évszakok is hasonló eloszlást mutatnak, csak itt az extrém hidegek mellé a mérsékelt hideg eseményekről szóló feljegyzések is nagyobb gyakorisággal zárkoznak fel. A nyár teljesen eltér a többi évszaktól, mivel ekkor az extrém meleg éghajlati állapotokat leíró dokumentumok adják az összinformáció több mint felét. Az 1500-as évek meleg epizódja jól kivehető mind a négy évszakban, bár ezek a nyári időszakban jelentkeznek a legintenzívebben. A kis jégkorszak után, a XVIII. században induló felmelegedés a történelmi feljegyzések gyakorisági adatai alapján a téli évszakban tűnik a legerősebbnek.



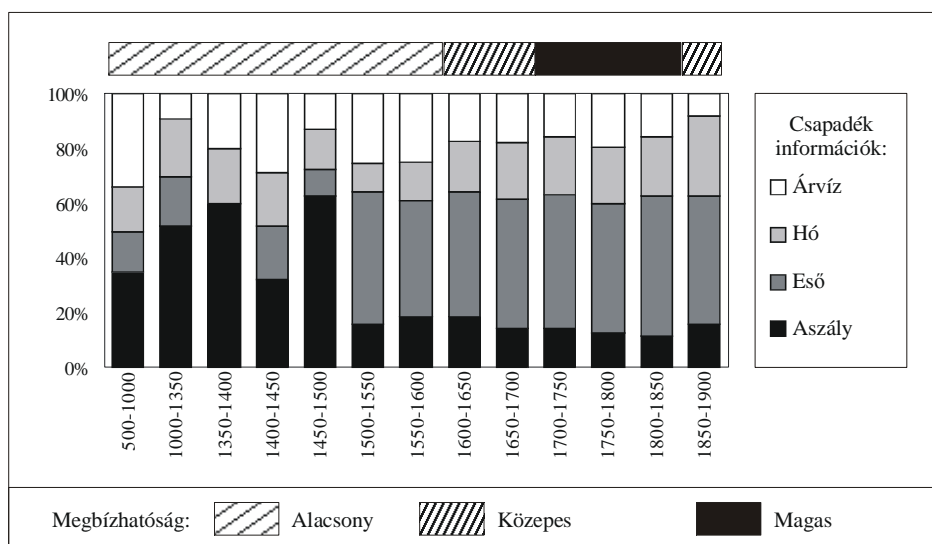
I.2. ábra: A történeti források alapján készített extrém és mérsékelt hőmérsékleti viszonyok 50 évenkénti relatív gyakorisága a négy évszakra

A teljes Kárpát-medencére összegezzük a hőmérséklethez kapcsolódó feljegyzések időrendi információit az I.3. ábra diagramjai segítségével. A vizsgálatot az 1650-1900-as időszakra végeztük el, s a nagyon kis számú feljegyzést tartalmazó 1650 előtti időszakot itt elhagytuk. Az I.3. ábra A, B és C része az adatsor rekonstrukciós kísérleti szakaszait és végeredményét ábrázolja, egy ún. éves hőmérsékleti index bevezetésével. Az A idősor a hideg és meleg klímaállapotot jelentő gyakorisági értékeket mutatja be hisztogram formájában (a pozitív és negatív értékek rendre a meleg illetve hideg éghajlatra utalnak), a folytonos vonal a simított 20 éves mozgó átlagokat jelöli. A B részben az intenzitással (-3 és +3 közötti értékkel) súlyozott meleg/hideg éghajlati események gyakoriságait láthatjuk a pozitív/negatív irányban ábrázolt hisztogramokon, továbbá a simított idősoron a 20 éves mozgó átlagokat ábrázoltuk. Az intenzitással súlyozott éves hőmérsékleti indexek normalizált változata látható a C részben, ugyanazzal a simítással, mint az A és B esetben. A D részben összehasonlításképpen a Pfister (1993) által Svájc területére összeállított GTI (Graduated Temperature Index, azaz súlyozott hőmérsékleti index) idősort mutatjuk be, ahol szintén (-3 és +3 közötti) súlytényezőt alkalmaztak. Ezt a svájci idősort ún. proxy adatokkal és műszeres mérésekkel kalibrálták, ahol a referencia időszak 1901-1960 volt. A Kárpát-medencére és Svájc területére vonatkozó hőmérsékleti index idősorok összehasonlításakor megállapíthatjuk, hogy bár a két térség távolsága miatt éves skálán általában nem találunk azonos tendenciákat, de a 20 éves mozgó átlagok jelentősebb melegedő és hűlő periódusai jó egyezést mutatnak (pl.: az 1800-10 közötti és 1840-50 közötti hideg időszakok, vagy az 1820-30 és az 1865-75 meleg időszakok).



I.3. ábra: Történeti források alapján számított éves hőmérsékleti indexek, valamint a 20 éves mozgó átlagok időszora az 1650-1900-as időszakokra. A: Meleg és hideg éghajlati eseményt jelentő feljegyzések gyakorisági értékei a Kárpát-medencére a Réthly-gyűjtemény alapján. B: A feljegyzett meleg és hideg éghajlati viszonyok hőmérsékleti index időszora az események intenzitásának figyelembe vételével. C: Az összes hőmérsékleti feljegyzés száma szerint normalizált hőmérsékleti index értékek. D: Hőmérsékleti index idősor Svájc területére (Pfister, 1993) – leírást ld. a szövegben

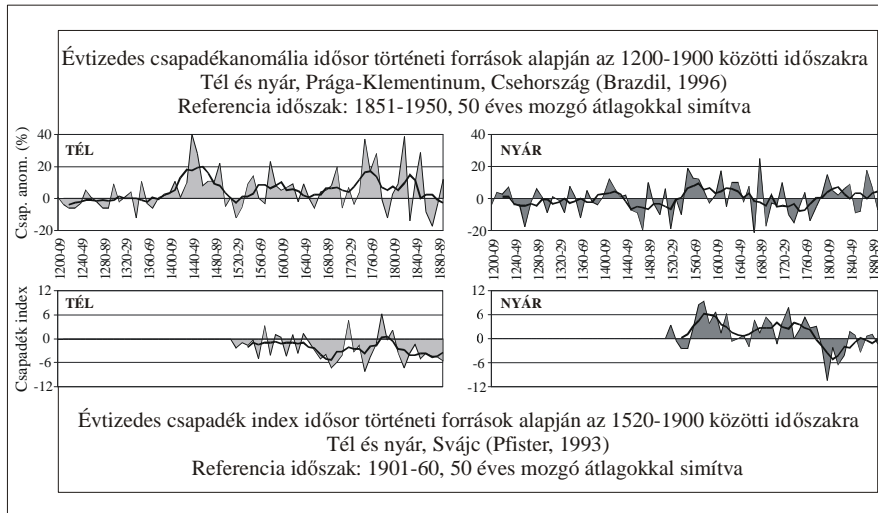
A hőmérsékletre és a csapadékra vonatkozó történeti feljegyzéseket összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy az utóbbiról közel háromszor annyi feljegyzés áll rendelkezésre a Réthly gyűjteményben.



I.4. ábra: A történeti források alapján készített csapadékvizonyok 50 évenkénti relatív gyakorisága a Kárpát-medencében 500-1900 között. A megbízhatóság az adott 50 éves időszakban rendelkezésre álló összes információ mennyiségét reprezentálja.

Az I.2. ábrán bemutatott hőmérsékleti információk elemzéséhez hasonlóan a csapadékra vonatkozó feljegyzések időbeli vizsgálatát is elvégeztük éves illetve évszakos bontásban egyaránt (Bartholy et al., 2004b). Ebben az összefoglalóban csak a teljes évre vonatkozó elemzést mutatjuk be (I.4. ábra). A csapadék 32 alosztályából (I.1. táblázat) elhagytuk az egyéb kategóriába sorolt köd, dér, zivatar, villám információkat, s a maradékot besoroltuk a következő négy osztály egyikébe: árvíz, hó, eső, aszály. E négy fő csoport 50 évenkénti relatív gyakoriságait mutatja be a Kárpát-medence térségére az I.4. ábra. A hőmérséklethez hasonlóan a feljegyzések időbeni egyenlőtlen eloszlása miatt a diagram első két oszlopa itt is az 500-1000 és 1000-1350 közötti időszakokat jellemzi, míg a hisztogram többi oszlopa 50 éves periódusokat fed le. Az ábráról leolvasható, hogy az 1500-as évekig az extrém események (aszályok, árvizek) dominálnak, a csapadékra vonatkozó feljegyzések mintegy 69%-a sorolható ide, míg ezután e két kategória mindösszesen az információk mintegy 33%-át adja. Megemlítjük, hogy a történeti feljegyzések természeténél fogva valószínűleg az árvizek és aszályok túlréprezentáltak a Réthly-gyűjteményben, mivel ezek társadalmi-gazdasági hatásai nagyon erősek lehetnek (éhezés, éhínség, járványok, stb.). Ugyanakkor a meteorológiai szempontból jelentős heves havazás, hosszan tartó nedves vagy szeles időszak a krónikások nézőpontjából nem tűnt annyira jelentősnek. Ennél az ábrázolásnál is megtalálhatjuk a fentebb említett három megbízhatósági kategóriát.

Néhány más történeti forrásra támaszkodó csapadék idősor rekonstrukciós kísérletet – Brázdil (1996) és Pfister (1993) – az I.5. ábra mutat be. Az előbbi az 1200-1900-as időszakra (1851-1950 referencia periódussal), míg az utóbbi (Pfister, 1993) az 1520-1900-as időszakra (1901-1960 referencia periódussal) készült. Az ábrán a téli és nyári időszakokra vonatkozó prágai Klementinum (Csehország) és Svájc tízévekre átlagolt csapadékindex idősorai láthatók. Még az évtizedekre átlagolt időskálán is jelentős különbségek figyelhetők meg a két rekonstruált csapadékidősor tendenciái között, mely többféle okkal magyarázható: (1) a két terület földrajzi távolságával, (2) a referencia időszakok eltéréseivel, (3) a két szerző által használt nagyon eltérő csapadék-index értelmezéssel (Pfister et al., 1994).



I.5. ábra: Történeti forrásokra támaszkodó téli és nyári csapadék idősor rekonstrukciók két európai régióra (Csehországra: Brazdil (1996), Svájcra: Pfister (1993) alapján)

Összefoglalva a Réthly gyűjtemény feldolgozása során szerzett tapasztalatainkat, az I.3. táblázatban olvashatók a klímakutatók szempontjából a történeti feljegyzések elemzésében és felhasználásában rejlő lehetőségek és korlátozó tényezők. A múlt éghajlatának vizsgálatakor a táblázatban összegzett pontok mindegyikét szem előtt kell tartanunk. Figyelembe kell vennünk, hogy a feljegyzések sora sem térben, sem időben nem tekinthető homogénnek. Mivel a történeti források dokumentációjában a lejegyzőnek lényeges szerepe van, ezért a szubjektív megítélés, valamint a szokásos viszonyoktól, az átlagostól vett eltérő éghajlati, időjárási viselkedés kiemelkedő fontosságúvá válik. Ebből adódik az extrém, szélsőséges időjárási események rendkívül jó elemezhetősége is a történelmi feljegyzések segítségével. Az általunk kidolgozott és fent bemutatott kódrendszer alkalmazásával jelentősen könnyebbé válik a Kárpát-medencéről rendelkezésre álló történeti forrásokból kinyerhető éghajlati információk részletes elemzése (Bartholy et al., 1994b).

I.3. táblázat: A történeti feljegyzések elemzésében rejlő előnyök és hátrányok

Lehetőségek	Korlátok
<ul style="list-style-type: none"> + Éghajlati információforrás a meteorológiai mérések megkezdése előtti időszakról + A társadalmat legjobban érintő extrém eseményekről szólnak elsődlegesen ezek a feljegyzések + A meteorológiai extrém események különösen jól dokumentáltak (pl.: árvizek, viharok, stb.) + Tetszőlegesen kiválasztott időszakra lehetséges az extrém időjárási paraméter területi összehasonlító elemzése + Idősoranalízis a kódolt adatbázison (a digitalizált adatok lehetővé teszik a felmerülő hipotézisek objektív ellenőrzését) 	<ul style="list-style-type: none"> – A vizsgálatok eredményeinek értékelésénél nagyon körültekintőnek kell lenni – Szubjektív és relatív információk (különböző források összevonásával készült a gyűjtemény, nem pedig jól definiált standard alapján) – Az adatok időben nem tekinthetők homogén eloszlásúnak – Az adatok térben sem tekinthetők homogénnek (gyakran a területek adatokkal való lefedettsége elsődlegesen a népsűrűségtől függ)

II. EXTRÉM ÉGHAJLATI INDEXEK REGIONÁLIS TREND-ELEMZÉSE A KÁRPÁT-MEDENCE TÉRSÉGÉRE (Bartholy Judit, Pongrácz Rita)

A globális felmelegedés következtében a szélsőséges éghajlati események regionális skálán bekövetkező gyakorisági vagy intenzitásbeli változásai lényeges szerepet játszanak az éghajlati rendszer ökológiai és társadalmi rendszerekre gyakorolt hatásaiban (Bartholy és Pongrácz, 2005c). Így a klimatológiai extrémumokban nyomon követhető változások alapvetően meghatározzák ezen rendszerek alkalmazkodóképességét. Kutatásaink során arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a XX. század során történt-e a szélsőséges klímaeseményekben

detektálható változás a Kárpát-medence térségében. Vizsgálatainkban 25 extrémindex tendenciáit elemeztük, pl.: a hóhullámok és a vegetációs periódus hossza, éves hőmérsékleti ingás, hideg és meleg napok évi aránya, hideg és meleg éjszakák évi aránya, nyári napok, forró napok, hőségnapok száma, túl meleg éjszék száma, fagyos napok, téli napok, zord napok száma, egymást követő száraz napok száma, legnagyobb 1 és 5 napi csapadékösszeg, csapadékinzintitás, nagy csapadékok évi aránya, nagy csapadékú napok száma (Pongrácz és Bartholy, 2004; Bartholy és Pongrácz, 2004, 2005a, 2005b, 2006a, 2006b). Ez az összefoglaló a Kárpát-medencére végzett vizsgálatainkból csak néhány példát mutat be.

Adatok

A Kárpát-medence hőmérsékleti és csapadék extrém index analíziséhez rendre 13, illetve 31 hazai és külföldi állomás adatait használtuk. Az állomások válogatásánál két szempontot vettünk figyelembe: teljesüljön a domborzati és éghajlati homogenitási viszonyokhoz igazított relatívan egyenletes területi lefedettség, valamint a kiválasztott idősorokban lehetőleg minimális legyen az adathiány. Az általunk összeállított adatbázisban a 8, illetve 10 külföldi állomás hőmérsékleti és csapadék adatsorainak forrása a szabad hozzáférésű európai idősorokat tartalmazó ECA adatbázis (Klein Tank, 2003). Az 5 hazai állomás hőmérsékleti idősora és a 21 hazai mérőhely csapadék adatsora az Országos Meteorológiai Szolgálat Archívumából származik. Adatbázisunkba a napi maximum-, minimum- és középhőmérséklet idősorokat csak az 1961-2001 időszakra, míg a napi csapadékösszeg idősorokat az 1946-2001 időtartamra sikerült összegyűjteni.

A hőmérsékletre vonatkozó extrém indexek elemzése

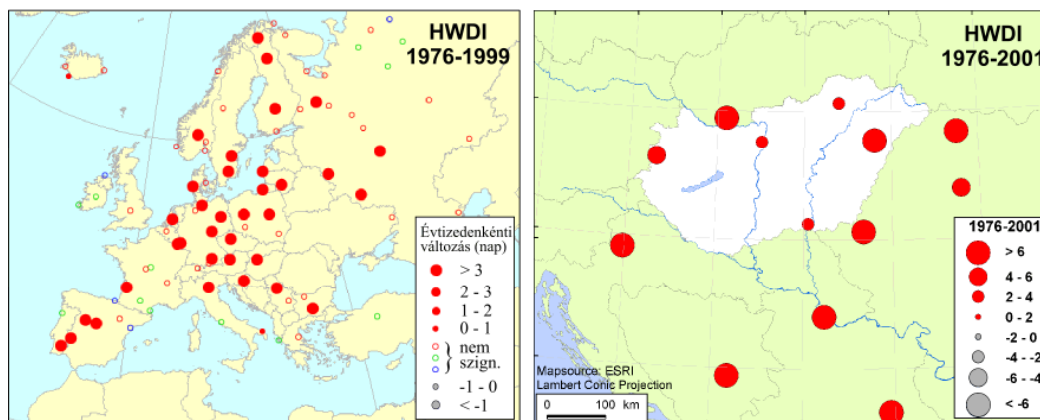
Mind a középhőmérsékletek, mind az extrém hőmérsékleti paraméterek idősorait tanulmányozva (Pongrácz és Bartholy, 2000) szembevetve a hetvenes évek közepétől napjainkig jelentkező erős melegedő tendencia. Ezért a hőmérsékleti extrémindexek tendencia-vizsgálatait a teljes 1961-2001-es időszakon kívül az 1976-2001-es részidőszakra is elvégeztük, melyet a II.1. táblázat foglal össze. A táblázatban a 13 hőmérsékleti extrémindex emelkedő illetve csökkenő trendjei az időszakok oszlopaiban megjelenő „+” illetve „-” jelöléssel láthatók. Mivel például a hideg napok számának csökkenése („-” jel), s a hőség napok számának növekedése („+” jel), egyaránt melegedésre utal, ezért a megfelelő mezők sötétebb illetve világosabb színezésével jelöltük az adott időszakok melegedést illetve hűlést jelentő tendenciáit. A fehér szín jelzi az ETR index (éves hőmérsékleti ingás) tendenciáit, hiszen itt sem a pozitív, sem a negatív trend nem utal melegedésre vagy hűlésre. A táblázat alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le: (1) A melegedést jelentő (sötétebb mezőben megjelenő) trendek dominálnak a táblázatban. (2) A táblázat két oszlopában ugyanazon extrémindexnél megjelenő trendek előjele három esetben (HWDI, Tx10, Tx0LT) tér el egymástól. (3) A teljes negyven évet tekintve a vizsgált extrémindexek nagy többségénél a melegedésre utaló tendenciák a jellemzőek (kivéve a HWDI-t).

II. 1. táblázat. Az extrém hőmérsékleti indexek paraméterek definíciója, összefoglaló trendelemzése.
(A világosszürke háttérű mezők a hűlést jelzik, míg a sötét háttérűek a melegedő tendenciát.)

	Az extrémindex jelölése (ECAD), definíciója [egység]	1961-2001	1976-2001
1	ETR: Éves hőmérsékleti ingás (az év során mért $T_{max}-T_{min}$) [$^{\circ}\text{C}$]	-	+
2	HWDI: Hóhullám hossza (min. 5 egymást követő napon át $T_{max} = T_{max}^N + 5^{\circ}\text{C}$, ahol T_{max}^N az 1961-90-es normálidőszak átlagos T_{max} értéke) [nap]	-	+
3	Tx10: Hideg napok száma ($T_{max} <$ az 1961-90-es normálidőszak napi maximumhőmérsékleteinek alsó decilise) [nap]	-	+
4	Tx90: Meleg napok száma ($T_{max} >$ az 1961-90-es normálidőszak napi maximumhőmérsékleteinek felső decilise) [nap]	+	+
5	Tn10: Hideg éjszakák száma ($T_{min} <$ az 1961-90-es normálidőszak napi minimumhőmérsékleteinek alsó decilise) [nap]	-	-
6	Tn90: Meleg éjszakák száma ($T_{min} >$ az 1961-90-es normálidőszak napi minimumhőmérsékleteinek felső decilise) [nap]	+	+
7	FD: A fagyos napok száma ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$) [nap]	-	-
8	SU: Nyári napok száma ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$) [nap]	+	+
9	Tx30GE: Hőségnapok száma ($T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) [nap]	+	+
10	Tx35GE: Forró napok száma ($T_{max} \geq 35^{\circ}\text{C}$) [nap]	+	+

11	Tn20GT: Túl meleg éjszék száma ($T_{min} > 20\text{ °C}$) [nap]	+	+
12	Tx0LT: Téli napok száma ($T_{max} < 0\text{ °C}$) [nap]	-	+
13	Tn-10LT: Zord napok száma ($T_{min} < -10\text{ °C}$) [nap]	-	-

Az utolsó negyedévszázad erősen melegező szakaszát részletesen elemeztük (Bartholy és Pongrácz, 2005a, 2006a), melyek közül itt, a II.1. ábrán csak egy paramétert mutatunk be (HWDI). Összehasonlítottuk, s térképen is megjelenítettük ezen időszak állomásonkénti tendenciáit Európára illetve a Kárpát-medence térségére. Az állomásokhoz helyezett körök az 1961-90-es referencia-időszakhoz viszonyított évtizedes trendek előjelét és erősségét jelenítik meg: a sötétebb szín a pozitív, a világosszürke a negatív trendeket jelöli; a körök mérete pedig a jobb oldalt látható kategóriák szerint az eltérések nagyságával arányos.



II.1. ábra. A hőhullámok hosszának (HWDI) tendenciái Európában és a Kárpát-medencében az utolsó negyedévszázadban

Mindkét bemutatott térség esetén egyértelmű a növekvő évtizedes trend. Mégis az európai térképen más paraméterekhez képest (Klein Tank és Können, 2003) sokkal több nem szignifikáns állomás jelenik meg. A jelenség pontos magyarázata nem ismert, de feltételezhető, hogy összefügg a hőhullám időszakok definíciójával. Ugyanis míg a kontinentális területeken megfelel az átlagos napi maximum-hőmérsékletet 5 °C -kal meghaladó küszöbérték, addig az óceán közeli illetve a pólushoz közeli területek kisebb napi ingása talán 5 °C -nál kisebb értéket igényelne.

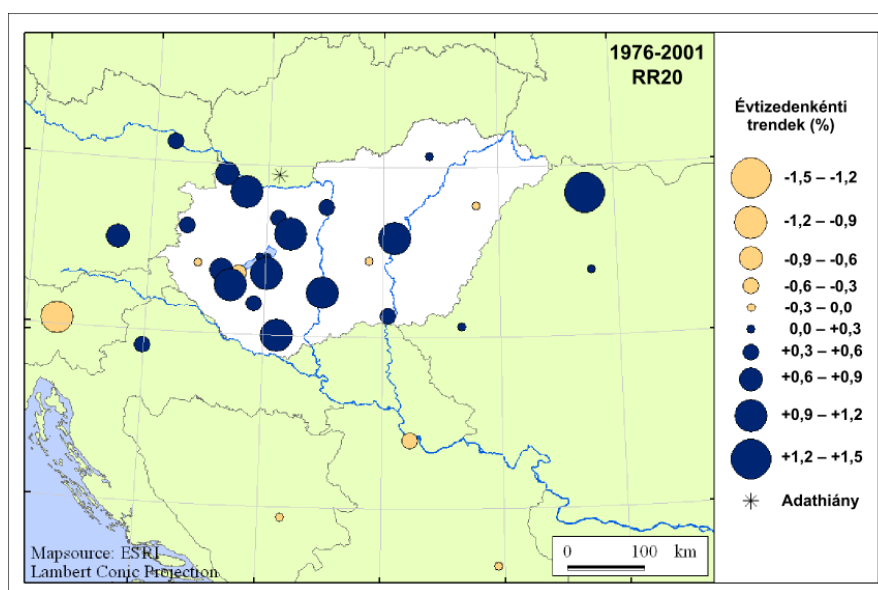
A csapadékra vonatkozó extrém indexek elemzése

A hőmérséklethez hasonlóan a II.2. táblázatban összefoglaltuk az extrém-csapadékindexek tendenciáját a Kárpát-medencében (Bartholy és Pongrácz, 2004, 2005b, 2006b). Megjegyezzük, hogy a táblázat alsó három sorában lévő három paraméter nem extrém jellegű, inkább a lehullott teljes csapadékmennyiség változására utal. Jól látható, hogy az utolsó 25 évben a legtöbb extrém csapadék index tendenciája szignifikánsan növekedett (különösen az R95T, RR10, RR20, R75, R95 esetén), viszont a XX. század második felét egészében tekintve gyakran területi megosztottság jelenik meg a Kárpát-medencében, melyre a (- +) jellel hívjuk fel a figyelmet. Példaként a II.2. ábra a 20 mm-t meghaladó extrém csapadékú napok számának (RR20) tendenciáit elemzi 1976 és 2001 között. Szembenítő az egész Kárpát-medencét jellemző egyöntetű erős pozitív trend. Ha csupán a hazai állomásokat tekintjük, a Dunántúlon intenzívebben növekedett a 20 mm-nél nagyobb csapadékú napok száma, mint az Alföld térségében.

II.2. táblázat. Az extrém csapadék indexek definíciója, összefoglaló trendelemzése. A zárójelben szereplő előjelek a 95%-os szinten nem szignifikáns átlagos regionális trendeket jelölik.

	Az extrémindex jelölése (ECAD), definíciója [egység]	1946-2001	1976-2001
1	CDD: Az egymást követő száraz napok maximális száma ($R_{nap} < 1\text{ mm}$) [nap]	+	-
2	Rx1: Az év során mért max. 1 nap alatt lehullott csapadékmennyiség [mm]	(- +)	-
3	Rx5: Az év során mért legnagyobb 5 nap alatt lehullott csapadékösszeg [mm]	-	+ -
4	SDII: Napi csapadékintenzitás index (teljes csapadékösszeg / összes csapadékos ($R_{nap} \geq 1\text{ mm}$) napok száma) [mm/nap]	(+)	(+)

5	R95T: Nagyon csapadékos napok csapadékösszegének évi aránya az 1961-90-es normálidőszak 0.95-ös kvantiliséhez ($R_{95\%}$) viszonyítva ($\Sigma R_{nap} / R_{total}$, ahol ΣR_{nap} az $R_{95\%}$ -nél nagyobb napi csapadékok összege) [%]	(+)	+
6	RR10: Nagy csapadéku napok száma ($R_{nap} \geq 10$ mm) [nap]	(- +)	+
7	RR20: Extrém csapadéku napok száma ($R_{nap} \geq 20$ mm) [nap]	(- +)	+
8	R75: Mérsékelt csapadékos napok száma ($R_{nap} > R_{75\%}$, ahol $R_{75\%}$ az 1961-90-es normálidőszak napi csapadékainak felső kvartilise) [nap]	(-)	+
9	R95: Nagyon csapadékos napok száma ($R_{nap} > R_{95\%}$, ahol $R_{95\%}$ az 1961-90-es normálidőszak napi csapadékainak 0.95-ös kvantilise) [nap]	(- +)	+
10	RR5: Adott csapadéku napok száma ($R_{nap} \geq 5$ mm) [nap]	(-)	(-)
11	RR1: Adott csapadéku napok száma ($R_{nap} \geq 1$ mm) [nap]	-	-
12	RR0.1: Adott csapadéku napok száma ($R_{nap} \geq 0,1$ mm) [nap]	-	-



II. 2. ábra. A 20 mm-t meghaladó csapadéku napok számának (RR20) alakulása a Kárpát-medencében. A (-0,3 ; +0,3) intervallumon kívül eső trendegyütthatók 95%-os szinten szignifikánsak.

Következtetések

Az alábbiakban összefoglaljuk a XX. század második felére a CCI/CLIVAR munkacsoport ajánlásai alapján 12 csapadék- és 13 hőmérsékleti extrémindex tendenciáit a Kárpát-medence térségére elemző vizsgálataink eredményeit.

1. A Kárpát-medence térségében a XX. század időszakában vizsgált hőmérsékleti extrém indexek nagy többségére a teljes negyven évet tekintve melegedésre utaló tendenciák a jellemzőek (kivéve a HWDI-t).
2. A XX. század második fele két egymástól eltérő tendenciájú időszakra bomlik: 1961-1975 és 1976-2001. Az extrémindexek többségénél (HWDI, Tx90, SU, Tx30GE, Tx35GE, Tn20LT) a hetvenes évek közepéig hűlésre utaló tendenciák érvényesültek, majd ezt követően napjainkig melegedést regisztrálhatunk.
3. A Kárpát-medence térségének egyik állomásán sem vitatható egyik extrém hőmérsékleti paraméter esetén sem az erős növekedő tendencia. A legintenzívebb növekedési arányokat a meleg éjszakák száma (Tn90), a meleg napok száma (Tx90), a nyári napok száma (SU), a hőségnapok száma (Tx30GE) és a hóhullámok hossza (HWDI) indexeknél találtunk.
4. Az 1976-2001 időszakban a vizsgált indexek csaknem felénél (R95T, RR10, RR20, RR75, R95) egyenesen erős pozitív trendet figyeltünk meg, mely a csapadék-extremitások általános növekedésére engednek következtetni.
5. Az RR5, RR1, RR0.1 paramétereknél a teljes 1946-2001 időszakra vonatkozóan az egész Kárpát-medence térségére csökkenő tendencia jellemző.

6. A XX. század negyedik negyedében a nagy csapadékú napok száma csökkent, azonban az ezeken a napokon lehullott nagy csapadékok aránya az évi illetve évszakos összeghez viszonyítva jelentősen megnövekedett.

III. A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS VÁRHATÓ TENDENCIÁI A KÁRPÁT-MEDENCE TERÜLETÉRE (Bartholy Judit, Pongrácz Rita)

Az IPCC Harmadik Helyzetértékelő Jelentésében (2001) megfogalmazott hosszútávra szóló modelleredmények és elméleti megfontolások alapján a Föld számos régiója válik sebezhetővé a globális felmelegedés következtében. A jelentés a veszélyeztetett területek közé sorolja többek között Közép-Kelet-Európa országait. Az általunk végzett korábbi kutatások alátámasztják ezt, s a Kárpát-medence nagy érzékenységgű területei közé sorolják az Alföldet, valamint a Balaton-Sió vízgyűjtőjét. Az elmúlt néhány évben, évtizedben mindkét régióban előfordult hosszabb-rövidebb ideig tartó súlyosan száraz illetve rövid, intenzív árvizes periódus, s az ott élő ökológiai rendszerek esetenként erős környezeti stressznek voltak kitéve. Az Alfölddel kapcsolatos klímakutatások fontosságát hangsúlyozza a terület vezető mezőgazdasági szerepe hazánkban. Az itt jelentkező nagy árvizek és súlyos aszályok kiemelik mind a mezőgazdasági termelés, mind a települések sebezhetőségét ebben a régióban. A Balaton és környezete többek között turisztikai szempontból érdemel kiemelt figyelmet. A tó Európa egyik legsekélyebb nagy kiterjedésű tava, átlagos mélysége csupán 3,3 méter – s az elmúlt pár év során jelentős vízszint csökkenést figyelhettünk meg (mely több hónapon keresztül tartósan fennállt, s mintegy 60-80 cm-es csökkenést eredményezett). A Balatonnak az egyetlen levezetést a Sió-csatorna biztosítja, de a rendkívül alacsony vízállás miatt már évek óta nem lehet megnyitni a zsilipeket.

Vizsgálataink során hazánk egész területére vonatkozóan végeztünk klímaváltozási elemzést: a hőmérséklet és a csapadék jövőbeli alakulására vonatkozóan több nemzetközileg elfogadott modell-output becsléseit foglaltuk össze (Bartholy et al., 2003, 2004a). Ehhez használtuk fel a MAGICC/SCENGEN programcsomagot (Wigley et al., 2000), mely lehetővé teszi többféle emisszió-szenárió (IPCC, 2001) részletes vizsgálatát.

XXI. századi regionális klímaszenáriók Magyarországra

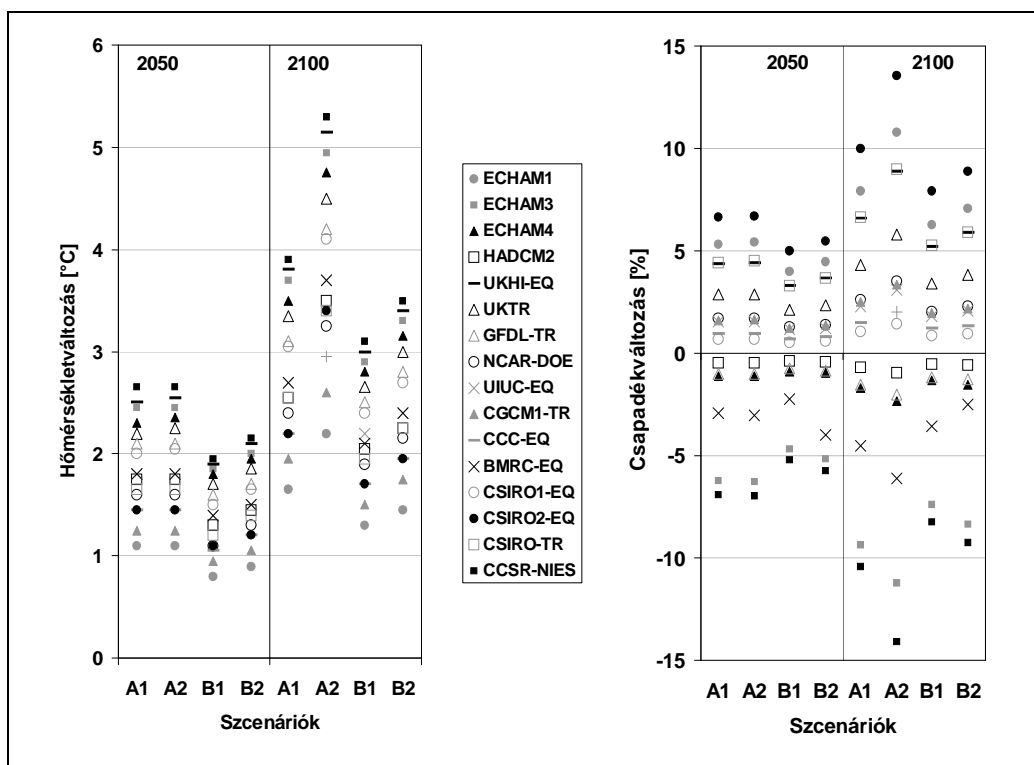
III.1. táblázat: A globális emisszió négy szenáriócsaládja fontosabb jellemzői (IPCC, 2001)

<p>A1</p> <ul style="list-style-type: none"> – nagyon gyors gazdasági növekedés – népesség növekedése a XXI. sz. közepéig, utána csökkenés – új és hatékony technológiák gyors megjelenése – az egyes régiók közötti kiegyenlítődés – fokozott kulturális és társadalmi hatások – a regionális jövedelemkülönbségek – csökkenése 	<p>B1</p> <ul style="list-style-type: none"> – kiegyenlítő világ felé fejlődés az A1-hez hasonló népességváltozások – a gazdasági szerkezet gyors eltolódása a szolgáltatási és információs ágazatok felé – környezetbarát és energiahatékony technológiák bevezetése – a gazdasági, társadalmi és környezeti problémákra globális megoldások kidolgozása
<p>A2</p> <ul style="list-style-type: none"> – heterogén világkép – helyi önkormányzatok, önszerveződések hangsúlyosabb működése – folyamatosan növekvő népesség – regionális gazdasági fejlődések – lassú és térben nem egyenletes technológiai változások 	<p>B2</p> <ul style="list-style-type: none"> – a gazdasági, társadalmi és környezeti problémák lokális szinten kezelése – folyamatosan növekvő globális népességváltozás – közepes mértékű gazdasági fejlődés – az A1, B1-hez képest lassabb és sokoldalúbb változások

Egy egyszerű módszerrel, nevezetesen a MAGICC/SCENGEN programcsomag (Wigley et al., 2000, Hulme et al., 1995, Hulme et al., 2000) alkalmazásával generáltunk lokális, regionális klímaszenáriókat Magyarország területére. Ez az éghajlati szenárió generátor (SCENGEN) a különböző globális éghajlati modellek széles skáláját tartalmazza, mely értékelése az IPCC jelentésben (2001) is megtalálható. E programcsomag alapját egy diffúziós feláramlási energiaegyensúlyi modell adja, kiegészítve számos (16) globális cirkulációs modell (GCM) outputjaival és több globális emisszió szenárióval. A MAGICC/SCENGEN felhasználásával készítettük el a XXI. századra vonatkozó klímaszenáriókat az egész országra illetve régiókra, melyek fontos kiindulási

lehetnek további érzékenységi vizsgálatoknak illetve a várható változásokra építő adaptációs stratégia kidolgozásának.

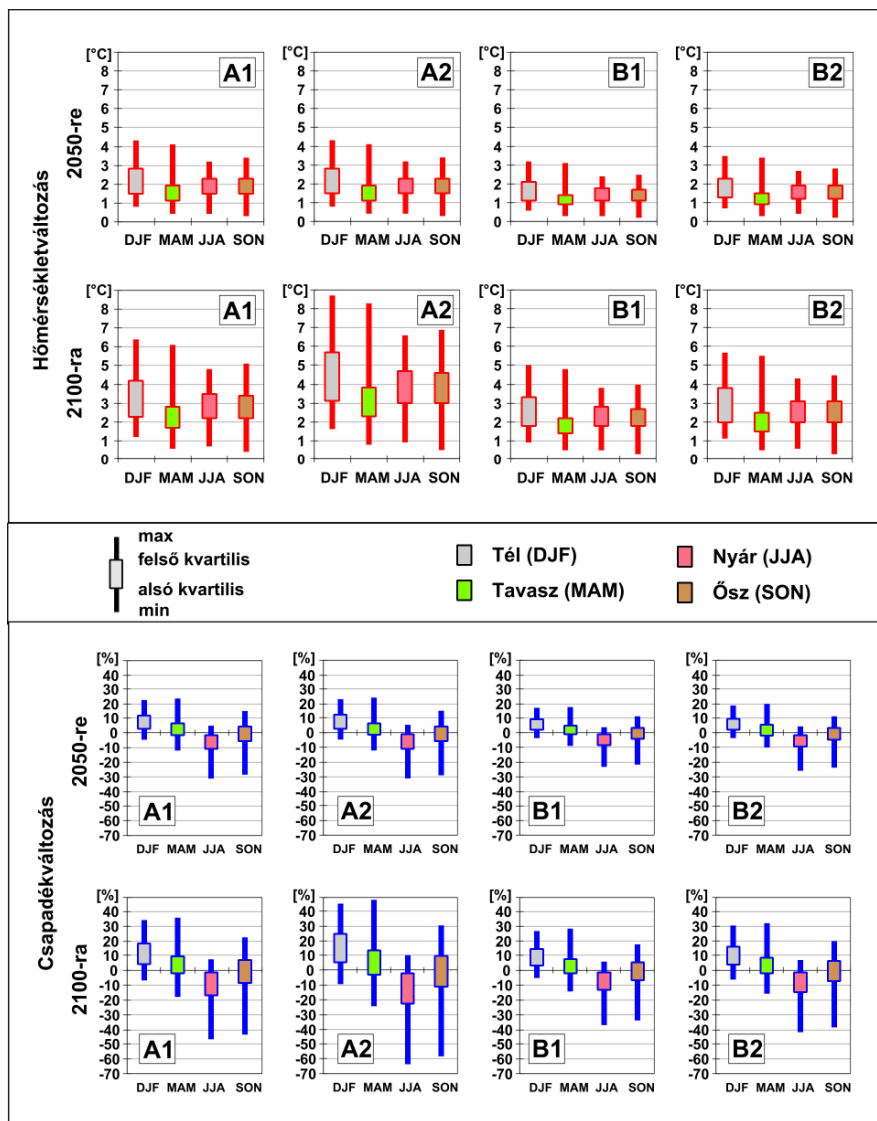
Azzal a feltevéssel éltünk, hogy ha a kiválasztott régióra elkészítjük a nagy számú GCM output statisztikai analizését, ezzel jelentősen csökkenthetjük az éghajlati előrejelzések bizonytalanságát. Vizsgálatainkba 16 GCM-et vontunk be, s a regionális klímafeltételeket a 2050-es és 2100-as évre állítottuk elő. Az átlagos évi és havi hőmérsékleti és csapadékösszegbeli változásokat elemeztük hazánk területére a négy fő globális éghajlati scenárióra (A1, A2, B1, B2), melyeket az IPCC Harmadik Helyzetértékelő Jelentése (2001) is értékelt. A négy alapmisszió scenárió főbb jellemzőit a III.1. táblázatban foglaltuk össze.



III.1. ábra: Az évi középhőmérsékletben (°C) és az éves csapadékösszegben (%) várható változások: a Kárpát-medencére vonatkozó modell-outputok összefoglalása a négy fő scenáriócsalád esetén

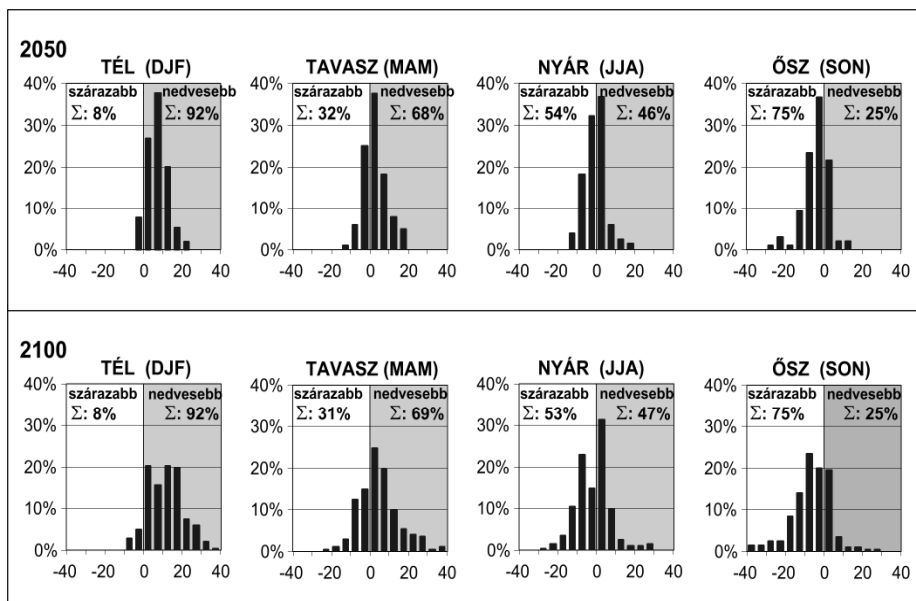
A III.1. ábra baloldali diagramja scenáriónként összefoglalja a 16 GCM által 2050-re és 2100-ra becsült éves átlagos hőmérsékleti anomáliákat. Szembetűnő, hogy minden modell minden scenárióra pozitív hőmérsékleti tendenciákat ad Magyarország területére. Míg 2050-re a hőmérsékleti becslések a (+0,8)-(+2,8)°C tartományba esnek, addig 2100-ra (+1,3)-(+5,2)°C tartományba. A legnagyobb hőmérsékletváltozások becsült értékei az A2 scenárióban jelentkeznek, különösen 2100-ra. A százalékos csapadékváltozásokat a III.1. ábra jobboldali diagramja jeleníti meg, ahol egy sokkal diffúzabb képet látunk. A modellek nagy hányada az éves csapadékösszegek növekedését jelzi, a 16 modelltől 13 feltételezi, hogy az éves változás (-1)-(+7)% között mozog 2050-re, s várhatóan a (-3)-(+14)%-os intervallumba esik 2100-ra.

A III.2. ábra Box-Whisker-plot diagramjai segítségével évszakos összehasonlítást végezhetünk, a négy klímascenárióra, s a két éghajlati változóra (hőmérséklet, csapadék) vonatkozóan. A legnagyobb hőmérsékletemelkedés télen és nyárra várható, ugyanakkor az előrejelzések legnagyobb bizonytalansága is télen várható. Az átlagos havi csapadékösszegek százalékos megváltozása előjelet vált az év során, nevezetesen: a becslések szerint növekvő csapadék várható a téli hónapokban, s csökkenő, igen kis változás az átmeneti évszakokban. Mind a hőmérséklet, mind a csapadék esetén az A2 scenárió mutatja, s a 2100-as évre a legnagyobb változékonyságot a modelloutputokban.



III.2. ábra: Havi középhőmérsékletben és havi csapadékösszegben várható változások évszakos összehasonlítása a Kárpát-medencére, 4 scenárió, 16 modell felhasználásával

Az összes modelleredmény felhasználásával elkészültek a havi csapadékváltozások évszakos hisztogramjai, melyet a III.3. ábra mutat be 2050-re illetve 2100-ra (itt a scenáriók között nem tettünk különbséget). A diagramokat értékelve a telet és a tavaszt a mainál nedvesebbnek becsüljük, míg a nyár és az ősz Magyarországon a XXI. században becsléseink szerint szárazabb lesz. Ezek a változások gyakoribb árvizeket és aszályokat eredményezhetnek.



III.3. ábra: Modell-eredmények gyakorisági eloszlásai alapján a havi csapadékösszegekben várható változások a Kárpát-medencére

Irodalom

- Bartholy, J., Pongrácz, R., 1998. Evaluation of extreme precipitation events in the Carpathian Basin. European conference on Applied Climatology. CD-ROM 6p. Vienna, Austria.
- Bartholy J., Pongrácz R., 2004. Extrém csapadékindexek XX. századi tendenciái a Kárpát-medence térségében. Földtani Kutatás, XLI, 57-68.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., 2005a. Néhány extrém éghajlati paraméter globális és a Kárpát-medencére számított tendenciája a XX. században. AGRO-21 Füzetek. 40, 70-93.
- Bartholy J., Pongrácz R., 2005b. Tendencies of extreme climate indices based on daily precipitation in the Carpathian Basin for the 20th century. Időjárás, 109, 1-20.
- Bartholy J., Pongrácz R., 2005c. Az antropogén eredetű klímaváltozás regionális következményei, az alkalmazkodás lehetőségei. In: Humánökológia: A természetvédelem, a környezetvédelem és az embervédelem tudományos alapjai és módszerei (szerk.: Nánási I.). II. kiadás. Medicina Könyvkiadó, Budapest. 167-192
- Bartholy J., Pongrácz R., 2006a. Comparing tendencies of some temperature related extreme indices on global and regional scales. Időjárás, 110, 35-48.
- Bartholy J., Pongrácz R., 2006b. Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. Global and Planetary Change DOI:10.1016/j.gloplacha.2006.11.002
- Bartholy J., Pongrácz R., Matyasovszky I., Schlanger V., 2003. Expected regional variations and changes of mean and extreme climatology of Eastern/Central Europe. In: Combined Preprints CD-ROM of the 83rd AMS Annual Meeting. Paper 4.7, American Meteorological Society. 10p.
- Bartholy J., Pongrácz R., Matyasovszky I., Schlanger V., 2004a. A XX. században bekövetkezett és a XXI. századra várható éghajlati tendenciák Magyarország területére. AGRO-21 Füzetek 33, 1-18.
- Bartholy J., Pongrácz R., Molnár Zs., 2004b. Classification and analysis of past climate information based on historical documentary sources for the Carpathian Basin. Int. J. Climatology, 24, 1759-1776.
- Brazdil R., 1996. Reconstructions of past climate from historical sources in the Czech Lands. Climatic Variations and Forcing Mechanisms of the Last 2000 Years. (eds: Jones P.D., Bradley R.S., Jouzel J.) NATO ASI Series. Springer, Berlin. 409-431.
- Hulme, M., Raper, S.C.B., Wigley, T.M.L., 1995. An integrated framework to address climate change (ESCAPE) and further developments of the global and regional climate modules (MAGICC). Energy Policy 23, 347-355.

- Hulme, M., Wigley, T.M.L., Barrow, E.M., Raper, S.C.B., Centella, A., Smith, S., Chipanshi, A.C., 2000. Using a climate scenario generator for vulnerability and adaptation assessments: MAGICC and SCENGEN version 2.4 Workbook. Climatic Research Unit, Norwich, UK. 52p.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: Third Assessment Report. The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge.
- Karl, T.R., Nicholls, N., Ghazi, A., 1999. Clivar/GCOS/WMO Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes Workshop Summary. Climatic Change, 42, 3-7.
- Klein Tank, A.M.G., 2003. The European Climate Assessment and Dataset project. <http://www.knmi.nl/samenw/eca/index.html>.
- Klein Tank, A.M.G., Können, G.P., 2003. Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-99. J. Climate, 16, 3665-3608.
- Klein Tank, A.M.G. and Coauthors, 2002. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. Int. J. Climatol., 22, 1441-1453.
- Pfister C., 1993. Historical Weather Indices from Switzerland. IGBP PAGES/World Data Center-A for Paleoclimatology Data Contribution Series # 93-027. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.
- Pfister C., Kington J., Kleinlogel G., Schuele H., Siffert E., 1994. High resolution spatio-temporal reconstructions of past climate from direct meteorological observations and proxy data. Climatic Trends and Anomalies in Europe 1675-1715. (eds: Frenzel B., Pfister C., Glaeser B.). Fischer, Stuttgart. 329-376.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., 2000. Változási tendenciák Magyarország éghajlatának szélsőségeiben. III. Erdő és Klíma konferencia (szerk: Kircsi A.), pp. 38-44. Debrecen.
- Pongrácz R., Bartholy J., 2002. Millenium-long analysis of the extreme climatic events occurred in the Carpathian Basin. In: Proc. 6th Hellenic Conf. in Meteorology, Climatology, Atmospheric Physics. (ed: B.D. Katsoulis) Vol.2. 774-779. Univ. of Ioannina.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., 2004: Klímaváltozás: a szélsőségek eltolódása a XX. században. Természet Világa 2004/II. Különszám: Klímaváltozás, magyarországi hatások. 51-54.
- Réthy A., 1962. Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Réthy A., 1970. Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1701-1800. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Réthy A., Simon A., 1998. Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1801-1900. I. kötet. OMSz, Budapest.
- Réthy A., Simon A., 1999. Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1801-1900. II. kötet. OMSz, Budapest.
- Wigley, T.M.L, Raper, S.C.B., Smith, S., Hulme, M., 2000. The MAGICC/SCENGEN Climate Scenario Generator: Version 2.4: Technical Manual. Climatic Reseach Unit, Univ. of East-Anglia, Norwich, UK. 50p.
- WMO, 2003. Extreme weather events might increase. WMO-No.695.

A következő vizsgálatok nagy részének publikálása még csak előkészületi fázisban van és új módszerek alkalmazásával van összefüggésben (ebbe a munkába bekapcsolódott a PTE TTK oktatója, Dr.Gimesi László). Ezek közé tartoznak az alábbiak is.

IV. CSAPADÉKELOSZLÁS KÖZELÍTÉSE NEHÉZFARKÚ ELOSZLÁSOKKAL, A FAROKINDEX ÚJ BECSLÉSE (Szeidl László, Gimesi László)

A Pareto-eloszlásnál általánosabb nehézfarkú eloszlások indexének becslésére kidolgozott, új elméleti matematikai alapokon nyugvó becslési eljárás (Szeidl, 2004), felhasználása és az ismert klasszikus eredményekkel történő összehasonlító vizsgálata még nem fejeződött be, (az eloszlásokra nyert eredmények elemzése, a rekordokkal, visszatérési időkkal kapcsolatban a levonható következtetések ugyancsak további kutatás tárgyát képezik). Az eredmények közül kiragadva egyet, az alábbi táblázatban szemléltetjük az előzetesen kapott eredményeket Szegedi napi csapadékadatokra, két hónap vonatkozásában és többféle időintervallum esetén. A becsült paraméterben beállt változás meteorológiai háttere még tisztázásra szorul, összefügghet az időjárásváltozás kérdésével.

Intervallum	február	július
1901 – 2000	1,6667	1,5237
1901 – 1950	1,4796	1,3920
1951 – 2000	1,8193	1,4123
1901 – 1933	1,3598	1,3147
1934 – 1966	1,6805	1,2845
1967 – 1999	1,7251	1,3935
1901 – 1925	1,2944	1,3225
1926 – 1950	1,5861	1,2262
1951 – 1975	1,6769	1,2634
1976 – 2000	1,6444	1,3206

V. A CSAPADÉKVÁLTOZÁS TENDENCIÁINAK BEMUTATÁSÁRA ALKALMAS GRAFIKUS MÓDSZER KIDOLGOZÁSA (Szeidl László, Gimesi László)

Munkánk során egy új grafikus módszert mutattunk be, melynek segítségével jól szemléltethető az időjárás különböző paramétereinek változása. A rajzok elkészítéséhez két módszert is használtunk: a neurális hálózatokat (ANN) illetve a legkisebb négyzetek módszerével történő felületillesztést. Módszerünket a 100 éves napi csapadékmennyiségekből álló idősorok vizsgálata segítségével szemléltetjük, de már használtuk hőmérsékleti és párolgási adatokra is.

A Magyarországon 100 év alatt (1901. január 1-től 2000. december 31-ig) mért csapadékmennyiség különböző szempontok alapján történő elemzése, a területi és időbeli eloszlás, valamint a változások tendenciáinak vizsgálata alapján következtethetünk az időjárás változásra és annak következményeire. Megjegyezzük, hogy a csapadék minimumot 0,1 mm-re állítottuk be Dobi, Szeidl, Mika, Meteorology and Atm. Physics, 2000 elemzése alapján, amit más irodalmi hivatkozások is átvettek.

Munkánk során tíz, Kárpát-medencei város (Bécs, Budapest, Debrecen, Graz, Kalocsa, Keszthely, Mosonmagyaróvár, Szarajevó, Szeged és Zágráb) meteorológiai állomásáról beérkező adatot elemeztünk. Az adatok csoportosítására és kiértékelésére valamint a numerikus egyenletrendszer megoldására egy Visual Basic nyelven írt programot készítettünk (Gimesi, A csapadékváltozás tendenciái Magyarországon, Acta Agraria Kaposváriensis, megjelenés alatt).

Terjedelmi okokból csak egy, a Szegedi meteorológiai állomásra vonatkozó eredményeket mutatjuk be (egyébként ezek az adatok meleg kontinentális időjárás jellegét mutatják (Dobi, Szeidl, Mika, 2000)).

A vizsgálat során nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy a kapott eredményeket és az azokból levonható következtetéseket nagymértékben befolyásolják az alkalmazott számítási algoritmusok. Ugyanazokból a kiindulási adatokból eltérő következtetéseket is levonhatunk, attól függően, hogy milyen módszert választunk. (Szeidl, Gimesi, Markó, 2005).

Az emberi gondolkodáshoz közelebb áll a képi megjelenítés, mint a nagy, numerikus adatokat tartalmazó táblázatok, amelyek ugyan pontos információt adnak, de nehezen kezelhetők, és az összefüggések bemutatására sem alkalmasak. A számítási eredmények elemzésében segítséget jelent, ha adatainkat könnyebben értelmezhető formában, grafikusan jelenítjük meg. Vizsgálataink során meg kívántuk jeleníteni a havi és az éves csapadékváltozást. Célunk az volt, hogy az adatokat ugyanazon az ábrán tudjuk bemutatni, így együtt vizsgálható az éves és az éven belüli változás. Ehhez olyan megjelenítő módszert alkalmaztunk, amely a

tendenciákat a lehető legszemléletesebb módon mutatja be. Ez a háromdimenziós (3D) felületmodell. A számítások és az eredmények megjelenítéséhez, az összehasonlítás érdekében, két módszert is alkalmaztunk: a neurális hálózatot és a legkisebb négyzetek módszerével történő felületillesztést.

3D felületmodell

A számítási eredmények elemzésében segítséget jelent, ha adatainkat könnyebben értelmezhető formában, grafikusán, 3D felületmodellként jelenítjük meg. Jelen feladatban, a háromdimenziós koordináta-rendszerben x az éveket (1901-2000), y az éven belüli napokat (január 1. – december 31.) jelenti, a z pedig az adott napon mért csapadékmennyiséget. Ezt szemlélteti a csapadékadatok alapján készült 1. ábra. Látható, hogy az ábra jelen formájából semmilyen következtetést nem tudunk levonni.

ANN alkalmazása

A 3D felületek ábrázolására az irodalomban több módszert is említenek: inverz távolság, Kriging, Spline, ANN, stb. A mi speciális esetünkre ezek közvetlenül nem alkalmazhatók, mivel a csapadékeloszlás véletlenszerűen (sztochasztikusan) változik, így nem kapunk elég sima felületet a fenti módszerekkel történő interpolálás elvégzéséhez. A módszer alkalmazhatóságához havi valamint 5 illetve 10 éves átlagokkal számoltunk. Ekkor már el tudtuk végezni a megfelelő interpolációs eljárást. Sajnos a Kriging-hez még így sem kaptunk elég sima felületet.

Az adatok kiértékelésében és megjelenítésében a korábbi kedvező tapasztalatok miatt ANN-t is alkalmaztunk. A neurális háló használatához – első lépésként – meg kell terveznünk a hálózatot, ezt követően a szimulációs program meghatározza – az ismert adatok (mérési eredmények) alapján – a súlyszámokat (w_j). Ez a tanulási folyamat. Az ANN segítségével készült a 5. ábra.

Polinomiális felületmodell alkalmazása

Az elemzés során elsősorban a csapadékváltozás tendenciáját vizsgáltuk, ezért kézenfekvő volt, hogy valamilyen trend-számítást végezzünk. Mivel 3D-s pontfelületünk van, így a közelítést is 3D-s (2 változós) polinommal valósítottuk meg. A közelítéshez a legkisebb négyzetek módszerét választottuk. A numerikus eljárást végző számítógépes program úgy lett megírva, hogy alkalmas legyen különböző fokszámú polinom előállítására. Az ismertetett módszer segítségével készült a 2. ábra, amely első-, másod-, harmad- és negyedfokú polinomot alkalmaz, valamint a 3. ábra, amely térben ábrázolja a negyedfokú approximációt.

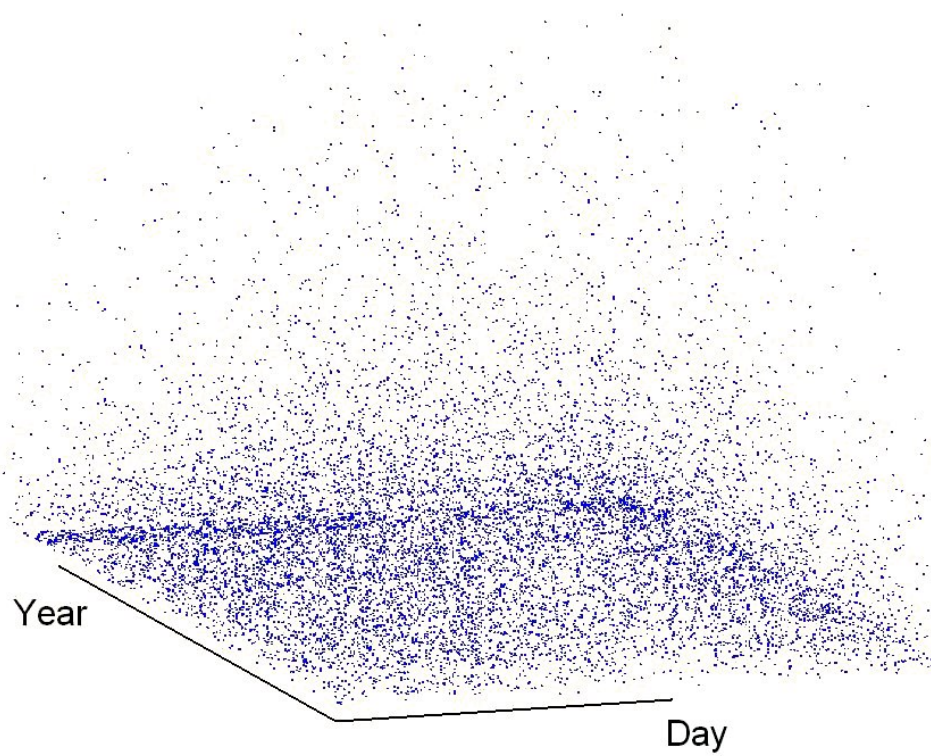
Az összes csapadék mennyiségi változásának tendenciájára nézve enyhe csökkenést tapasztalunk, azonban figyelemreméltó a június és a július havi változás tendenciája. Azt tapasztaljuk, hogy amilyen mértékben csökken a június havi csapadékmennyiség, hasonló mértékben emelkedik a júliusi, ami azt jelenti, hogy a csapadékos időszak eltolódik. Ezt jól szemlélteti a 3D-s 2. és 3. ábra, ahol látszik, hogy nemcsak a két hónapra jellemző ez a tendencia, ami éven belüli eltolódásra utal. A nyert vizuális megállapítások alapján, a 3D-s ábrák segítségével kiválasztott extrém tendenciák további vizsgálata más, például hagyományos statisztikai módszerek segítségével ellenőrizhetők.

IRODALOM

- Dobi I. Mika J. Szeidl L. (2000). Modelling wet and dry spells with mixture distribution. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 73, 245-156.
- Gimesi L. (2004). Neurális hálózatok és térinformatikai alkalmazásuk. *Térinformatika*, 7, 13-15.
- Gimesi L. (2004). Mesterséges intelligencia alkalmazása a rekultivációban. *Acta Agraria Kaposváriensis*, Kaposvári Egyetem, Vol 8 No 3, 1-9.
- Gimesi L. (2004). A csapadékváltozás tendenciái Magyarországon. *Acta Agraria Kaposváriensis*, Kaposvári Egyetem, kiadás alatt.
- Szeidl, L., Non-normal limit theorem for a new tail index estimation, *Annales Univ. Sci. Budapest., Sect. Comp.*, 2004, N 24, 309-322.
- Szeidl L. Gimesi L. Markó T. (2005). Időjárás generátor és a sztochasztikus modellezés néhány kérdése; Plenáris előadás a VII. Magyar biometriai és biomatematikai konferencián; Budapesti Corvinus Egyetem.

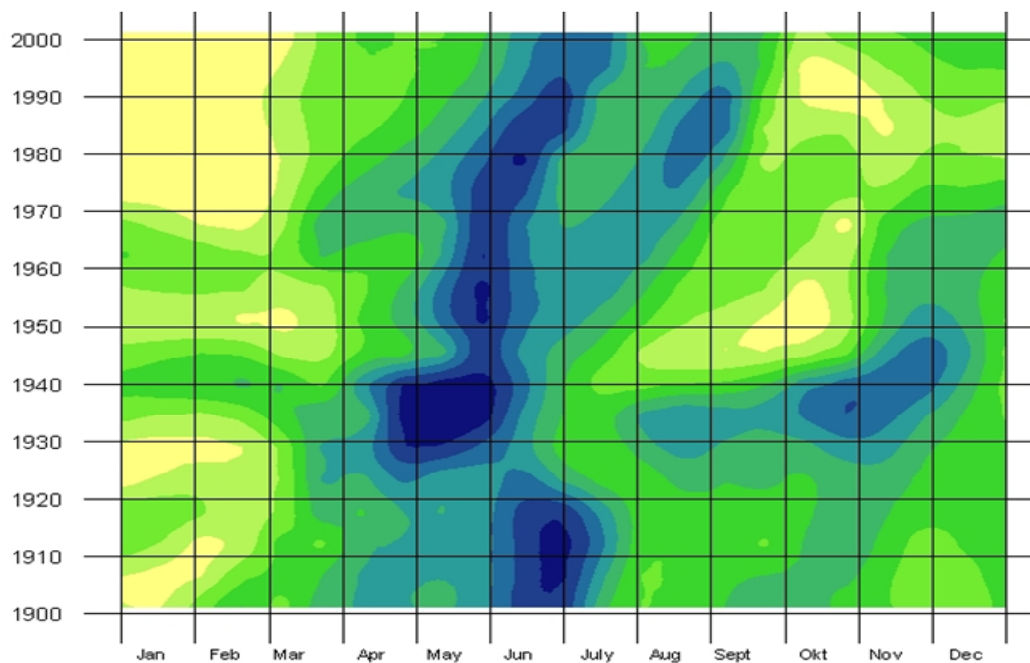
1. ábra

Szegeden mért csapadék 3D-s ábrája



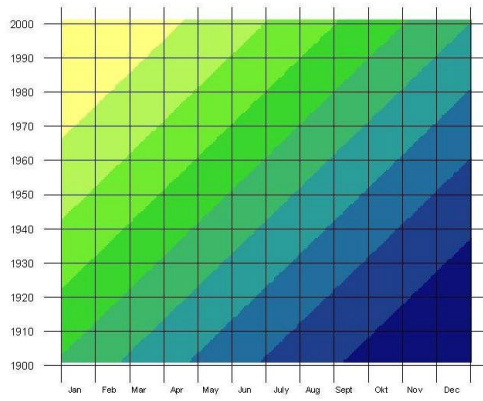
2. ábra

Csapadékváltozás Szegeden ANN-nel

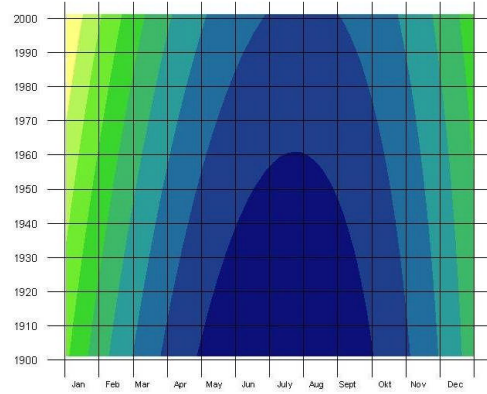


3. ábra

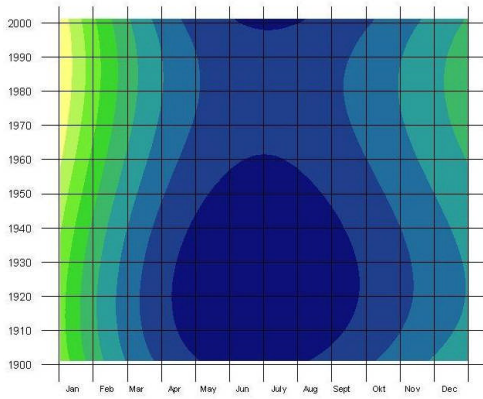
Csapadékváltozás felületillesztéssel



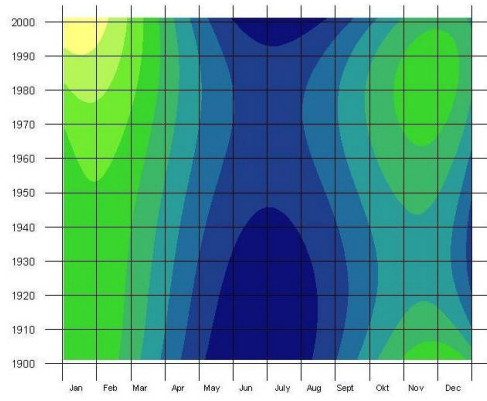
1. fokú



2. fokú



3. fokú



4. fokú

VI. EXTREMÁLIS ÉRTÉKEK VIZSGÁLATA ÚJ MÓDSZEREKKEL. (Matyasovszky István)

A gyakorlati feladatok során gyakran felvetődik az a kérdés, hogy n hosszúságú időszak során fellépő maximum milyen értéket halad meg, illetve a minimum milyen érték alatt marad egy előre megadott p valószínűséggel. Ezt tervezési értéknek nevezzük, és voltaképp nem más, mint a szélsőérték valószínűségi eloszláshoz tartozó megfelelő kvantilis. A p valószínűséget a maximum esetében a $p = 1 - 1/T$ formában értelmezik, ahol T az az időszak, amelynek során a tervezési értéknél nagyobb átlagosan egyszer fordul elő. Ezért T -t visszatérési időnek nevezik. A minimumnál T az az időszak, amelynek során a tervezési értéknél kisebb átlagosan egyszer fordul elő, és $p = 1/T$. A tervezési értékek és a visszatérési idők az extrémális értékek aszimptotikus eloszlásának becslése után könnyen megadhatók. Ha azonban egy rendelkezésünkre álló N hosszúságú adatsor esetén N nem sokkal nagyobb, mint n , akkor az aszimptotikus eloszlás becslése komoly nehézségbe ütközik. Azt is érdemes felismerni, hogy kellően nagy N esetében is előfordulhat, hogy valamelyik n hosszúságú rész adatsor legnagyobb eleme kisebb, mint egy másik rész adatsor második, harmadik, stb legnagyobb eleme. Ezért az ún. POT módszer (küszöb fölötti csúcsok módszere) egy rögzített magas w küszöb fölötti valamennyi adatot figyelembe veszi. Az eredeti adatok küszöb fölötti részei ún. általános Pareto-eloszlást követnek, melynek paraméterei becsülhetők az adatsorból. Megjegyezzük, hogy az eljárás sikeressége jelentősen összefüggő adatok esetében erősen függ a küszöb helyes választásától. Az eljárást Lakatos és Matyasovszky (2004) tízperces csapadékösszegekre alkalmazta havi bontásban Baja 1997 és 2003 közötti évek adatainak felhasználásával. Az eredményeknek a megfigyelésekkel való összevetésével, továbbá a POT modell különböző ellenőrzési lehetőségeit alkalmazva arra jutottak, hogy az eljárás tél kivételével megfelelő eredményre vezet, míg télen jelentősen alulbecsli a tervezési értékeket. Ennek oka, hogy a téli kis intenzitású csapadékok mellett magas küszöb választásával túl kevés küszöb fölötti adat áll rendelkezésre a Pareto-eloszlás paramétereinek pontos becsléséhez. Alacsonyabb küszöb választásával ez a nehézség elhárul, viszont az adatok jelentős összefüggősége folytán a paraméterek becslése mégis problematikus. A paraméterbecslés ugyanis kihasználja az adatok függetlenségét, de ez a függetlenség csak magas küszöb mellett teljesül jó közelítéssel.

Olykor fontos lehet több párhuzamos minta együttes extrémumait vizsgálni, vagyis tekintsük az $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_n$ vektor-értékű minta vektor-értékű maximumát vagy minimumát. Erre az esetre rendelkezésre állnak a vektor minden komponensének maximumára vagy minimumára vonatkozó aszimptotikus formulák. Világos azonban, hogy elképzelhető a vektor komponenseinek olyan konfigurációja, hogy miközben egyetlen komponens sem tekinthető extrémnek, addig a vektor maga már extrémnek számít. A probléma egy lehetséges kezelése a következő. Legyen a szóban forgó valószínűségi változó sűrűségfüggvénye $f(\mathbf{x})$ és legyen egy kis $p > 0$ -hoz egy T tartomány adva úgy, hogy $T : \{\mathbf{x}; f(\mathbf{x}) < c\}$, $\int_T f(\mathbf{x}) d\mathbf{x} = p$, ahol $c = c(p)$. Ekkor T

jelenti az extrémumok tartományát. Mivel a többdimenziós eloszlások kezelésére a normális eloszláson kívül nincs igazán jó modell, ezért a Lakatos és Matyasovszky (2002) cikkében bemutatott nem-paraméteres eljárással becsülhető $f(\mathbf{x})$. Ugyanitt találjuk a módszer egy alkalmazását a hőérzet és a zúzmara képződés szempontjából kedvező helyzetekre vonatkozóan. Mindkét esetben a hőmérséklet és relatív nedvesség alkotja a szóban forgó vektort.

Szentimrey (1999) olyan mennyiséget (normát) vezetett be, amely a vektornak az átlagától vett eltérését jellemzi, figyelembe véve a vektor komponenseinek függőségét. Ennek nyomán, az a mintaelem tekinthető extrémnek, aminek normája sokkal nagyobb, mint a többség. A módszer egy speciális változatát Matyasovszky (2001) értelmezte és alkalmazta a hőmérséklet és csapadék szempontjából extrém évek vizsgálatára. A tanulmány 10 hazai állomás havi középhőmérsékleti és havi csapadékösszeg homogenizált adatsorát használta fel 1901-től 2000-ig. A 10 állomást reprezentáló vektoron főkomponens elemzést hajtottunk végre és az első főkomponenssel dolgoztunk tovább. Az év 12 hónapja 12-dimenziós vektort definiál, ezért a nagy normájú vektor az átlagostól erősen eltérő hőmérsékletű vagy csapadékú évi menetet jelez. Ezen kívül a hőmérséklet és csapadék együttesét is vizsgáltuk, amihez így 24-dimenziós vektor társul. A tíz legnagyobb normájú évet extrémnek tekintve elmondható, hogy az extrém hőmérsékleti és extrém csapadékú évek között egyetlen közös sincs, így nem meglepő, hogy a két elem együttes vizsgálatakor mindössze két olyan év (a hetedik és a nyolcadik legnagyobb normájú) fordul elő, amely sem a hőmérséklet, sem a csapadék szempontjából nem extrém. A hőmérséklet szempontjából legextrémebb négy évből három az átlagnál jóval hidegebb, különösen télen. A kivétel a második legextrémebb 1946-os év, ami szokatlanul meleg tavaszt és nyarat hozott. A csapadék esetében az átlagostól való nagy eltérések az éven belül igen változatosan oszlanak el.

A hőmérsékleti normákat összességében enyhéne csökkenő trend jellemzi úgy, hogy a negyvenes évekig növekedés, a negyvenes-nyolcvanas évek között csökkenés, majd utána ismét növekedés zajlik. A csapadék normája 98%-os szignifikanciaszinten lineárisan csökkenő, de erős rövidebb időskálájú ingadozásokkal. A közös norma összességében rendkívül szignifikánsan (99,6%-os szinten) csökkenő úgy, hogy a hetvenes-nyolcvanas évek fordulója összességében a legátlagosabb, majd az évszázad utolsó két évtizede ismét

kezd az átlagostól egyre jobban eltérni. Összefoglalva tehát, az elmúlt évszázadot egészében véve a hőmérséklet és csapadék enyhülő extremitása jellemzi, ám az utolsó két évtized éve a korábbiakhoz képest már jobban eltérnek az átlagostól.

Ezzel tulajdonképpen elérkeztünk a nem-stacionárius esethez, ezért a továbbiakban ezzel foglalkozunk részletesebben, ismét egyváltozós adatsorokra. Ha olyan adatsor maximumát vagy minimumát tekintjük, melynek elemei nem azonos valószínűségi eloszlással rendelkeznek például az éghajlat változása miatt, akkor – bizonyos egyszerű esetektől eltekintve - az aszimptotikus eloszlások nem adhatók meg. Ez persze az éghajlatváltozásnak az extrémumokra gyakorolt hatása szempontjából nem is baj, hiszen a feladat éppen az volna, hogy megmutassuk, hogy a változással párhuzamosan miképp változnak az extrémumok tulajdonságai. Ez utóbbi egy időtől nem függő valószínűségi eloszlással pedig természetesen nem lehetséges.

Ilyenkor általában az n számú megfigyelés maximumára vagy minimumára nézve rendelkezésünkre álló N elemű idősort trendelemzéssel vizsgálják, rendszerint lineáris közelítéssel. Ezzel persze csak az extrémumok átlagos viselkedésének időbeli menete írható le. Informatívabb, ha egy w szint rögzítésével a szint fölötti esetek számának trendjét becsüljük. Tekintsük például Szeged napi csapadékösszegét az 1901-2000 évekre, és különböző szintek mellett vizsgáljuk a szintet meghaladó csapadékos napok éves számát (Matyasovszky, 2004). Például a $w=9,5$ és $11,5$ mm esetén a trend lineárisan csökkenő a 98 illetve a 96%-os szignifikanciaszinten, míg magasabb küszöbök esetében gyengébben szignifikáns a csökkenés. Ez azt jelenti, hogy az extrém nagy csapadékok a múlt század folyamán összességében ritkultak. Ha azonban a lineáris trend helyett egy nem-paraméteres eljárást alkalmazunk, akkor azt látjuk, hogy a globálisan csökkenő tendencia az időszak végén megtörik és erősen nő az extrém csapadékok előfordulása. A kérdés most már az, hogy e tendencia pusztán a csapadékos napok számának változásából vagy a csapadékos napok csapadékmennyiség változásából fakad-e inkább. A kérdés teljesen jogos, mert a csapadékos napok száma az elmúlt évszázadban összességében rendkívül szignifikánsan (még a 99,9%-os szinten is) csökkent. Ezért minden évre vegyünk a szintátmetszések számának és a csapadékos napok számának arányát, megszorozva 365,25-dal, az év napjainak átlagos számával. Így a szintátmetszések csapadékos napok melletti feltételes számával dolgozunk. Ezek lineáris trendje semmilyen ésszerű szinten sem szignifikáns, ami ellentmondani látszik annak a közvélekedésnek, hogy a hazai nagy csapadékok az utóbbi időben gyakoribbakká válnak. Ha azonban a lineáris trendelemzés helyett a már említett nem-paraméteres eljárást alkalmazzuk, akkor az alapvető csökkenő (nem szignifikáns) tendencia az időszak végén megtörik és valóban erősen nő az extrém csapadékok előfordulása.

Ha egy t időpontban, például a t -edik évben, az alapeloszlás $F_t(x)$, akkor a szintet meghaladó, illetve alatta maradó esetek trendje végső soron a $p(t) = (1 - F_t(w))$, illetve $p(t) = F_t(w)$ valószínűség becslését eredményezi a felső, illetve alsó szint esetén. Matyasovszky (2000) egy alternatív megközelítést javasol. Nevezetesen, most egy α valószínűség a rögzített és a $w(t) = F_t^{-1}(\alpha)$ időfüggő kvantilis a becsülendő mennyiség. Ilyenkor a felső, illetve alsó szint fölötti, illetve alatti esetek bekövetkeztének valószínűsége $p = 1 - \alpha$, illetve $p = \alpha$, csak hogy ezek az állandó valószínűségek most időben változó szintekkel járnak. A probléma ilyen felvetése közelebb áll a gyakorlati igényekhez, hiszen a cél az, hogy valamilyen kis valószínűséggel bekövetkező eseményhez társuló küszöbértéket adjunk meg. Ehhez szükségünk van $F_t(x)$ becslésére, ami Magee et al. (1991) nyomán

$$\hat{F}_t(x) = \sum_i K[(t_i - t)/h] I[x_i < x] / \sum_i K[(t_i - t)/h] \quad (1)$$

lesz, ahol $K(z)$ egy ún. $(p+1)$ -edrendű magfüggvény, továbbá az x_i adatok a t_i időpontokban állnak rendelkezésre és $I[A] = 1$ ha A teljesül, míg $I[A] = 0$ ha A nem teljesül. A h sáv szélesség megválasztása Koenker és Bassett (1978) alapján $\sum_j L(x_j - \hat{w}^{(j)}(t_j))$ minimalizálásával történik, ahol

$L(z) = |\alpha - I[z < 0]| \cdot |z|$ és $\hat{w}^{(j)}(t_j)$ a kvantilis olyan becslése, amikor $t = t_j$ mellett x_j nem szerepel (1)-ben. Az eljárást Pécs napi maximum- és minimumhőmérsékletére alkalmazzuk $\alpha = 0,01, 0,05$ és $0,1$, továbbá $0,99, 0,95$ és $0,9$ mellett a nyári és a téli évszakra az 1901 és 1990 közötti adatok felhasználásával. A sáv szélességre nyert becslés természetesen függ attól, hogy a maximum- vagy minimumhőmérsékletéről van-e szó, függ az évszaktól és függ α -tól. Azt találtuk azonban, hogy az egységesen 22 éves választás megfelelő kompromisszum az összes esetre. A $p=0,05$ -nek megfelelő szint télen a 20-as, 30-as években, illetve a vizsgált időszak végén helyezkedik el a legmagasabban. A minimális érték utáni emelkedés az 50-es évek vége és a 70-es évek eleje között veszi kezdetét. Nyáron a maximális küszöb szinte pontosan 1940-re tolódik és az ez utáni csökkenést követő emelkedés egyértelműen a 70-es évekre tevődik. Ez utóbbi mértéke azonban elmarad a téli növekedéstől, sőt a minimumhőmérsékletnél inkább csak stagnálásról beszélhetünk. Mindez azt is jelenti, hogy az időszak végi felmelegedés főképp a télre koncentrálódik. Végül az alsó és felső szintek görbéit

összehasonlítva, az érzékelhető hasonlóságok mellett komoly eltérések is mutatkoznak. Ez arról árulkodik, hogy a melegedési és hűlési szakaszokban nem csupán a valószínűségi eloszlást kifejező sűrűségfüggvény eltolódása, hanem alakjának változása is zajlik.

Publikációk

Matyasovszky, I., 2000: A method to estimate temporal behavior of extreme quantiles. *Időjárás* **104**, 4-51.

Matyasovszky, I., 2001: Extreme temperature and precipitation years in Hungary during last century. *Időjárás* **105**, 157-164.

Lakatos, M., and Matyasovszky, I., 2002: Specification of multivariate extremity in climatological data. *Időjárás* **106**, 75-85.

Lakatos, M. and Matyasovszky, I., 2004: Analysing of the extremity of precipitation intensity using the POT method. *Időjárás*, 108, 163-171.

Matyasovszky, I., 2004: Temporal changes of extreme daily precipitation amounts in Hungary during last century. 1st General Assembly of EGU, Nice, France, 2004. Geophysical Research Abstracts, 6, CD ROM.

Felhasznált irodalom

Koenker, R., and Bassett, GS., 1978: Regression quantiles. *Econometrica* **46**, 107-112.

Magée, L., Barbridge, JB., and Robb, L., 1991: Computing kernel-smoothed conditional quantiles from many observations. *J. Amer. Stat. Assoc.* **86**, 673-677.

Matyasovszky, I., 1992: Nonparametric Regression Methods for Trend Estimation of Climatological Time Series. 12th International Conference on Probability and Statistics, Toronto, Canada, 1992, 5-10.

Szentimrey T., 1999: Többváltozós idősorok extrémumainak elemzése. *Meteorológiai Tudományos Napok 1999*, OMSZ, Budapest, 77-88