

A NYÍRSÉG ÉS A FELSŐ-TISZA VIDÉK ÉGHAJLATI ELEMZÉSE CLIMATE ANALYSIS OF NYÍRSÉG AND UPPER-TISZA REGION

Mikes Márk Zoltán

*Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A
mikestunyog@gmail.com*

Összefoglalás. A klímaváltozás hatásai már hazánkban is érezhetők, hosszú adatsorainkból egyértelműen látszik a hőmérséklet növekedése. Jelen munkában hazánk egyik legnagyobb mértékben melegező területét, a Nyírséget és a Felső-Tisza vidéket vizsgáltam. A változások teljes megértéséhez a vizsgálódást a múltban kezdtem, több mint 100 éves adatoktól a jelenünkig, majd kitekintést adok a jövőre egy regionális klímamodell alapján.

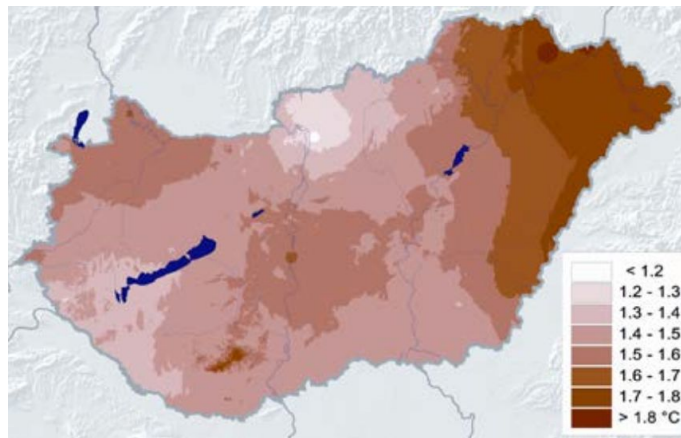
Abstract. We can already feel the effects of climate change in our country. If we look at the long-term data, increasing temperatures can be seen. In this study, I investigated Nyírség and Upper-Tisza region, which have been warming the most in Hungary in the last thirty-years. To fully understand the changes, I began the investigation in the past, starting from more than a hundred-year-old data until observations from the last year. Then I outline the future change by a regional climate model.

Bevezetés. Az éghajlat megváltozása a Föld történetében egy gyakran lejátszódó folyamat. Hidegebb és melegebb periódusok váltják egymást, ennek mind a csillagászati paraméterek, extrateresztriális tényezők, mind a bolygóval együtt élő szervezetek és maga a bolygó is (gondoljunk csak egy vulkánkitörésre) ugyanúgy okai lehetnek. Egy ilyen bonyolult körforgásban a rendszer megpróbálja megtalálni az egyensúlyt, amelynek fázisaihoz folyamatos adaptáció szükséges. Jelenleg egy interglaciálisban (tehát két jégkorszak közti időszakban) éljük mindennapjainkat. Mégis, a folyamatosan változó éghajlat most sokkal nagyobb figyelmet érdemel, mivel az egyik befolyásoló tényező egyre jelentősebb

hatással van a Föld rendszerére: az ember. Az antropogén hatások közül a legismertebb a szén-dioxid koncentráció exponenciális növekedése, mely üvegházhatású gázként melegíti légkörünket. Ezen felül megannyi egyéb hatással vagyunk erre az érzékeny rendszerre, melyeknek negatív következményei lehetnek a jövőben. Felmerül a kérdés tehát: képesek vagyunk-e egyre fejlettebb technológiáinkkal megfékezni az éghajlatváltozást, hogy a bolygó élhető maradjon az emberiség számára?

E tanulmány szorosan kötődik az éghajlatváltozáshoz, ahogyan jómagam is a vizsgált területhez. Magyarország északkeleti részén találjuk a Nyírséget és a Felső-Tisza vidéket. A feldolgozás szempontjából az egész Nyírséget vizsgáltam, a Felső-Tisza vidék részegységeiből a Szatmár-Beregi síkságot és a Rétközt tanulmányoztam, viszont a Bodroghöz nem tartozott a vizsgált területhez. Ennek oka az, hogy a Zempléni-hegység éghajlatot befolyásoló hatásai miatt a vizsgált adatok kevésbé reprezentatívak erre a térségre. A terület az Alföld leghűvösebb része, az évi középhőmérséklet 9–11 °C körül alakul, ennél magasabb értékeket a délebben fekvő területeken mérhetünk. Magyarországon az 1980–2009-ig terjedő 30 éves klímaidőszakban a vizsgált térség melegeedett a leg-

nagyobb mértékben, 1,7–1,8 °C-kal (1. ábra; Lakatos és Bihari, 2011). Ugyanezen időszakban az évszakok tekintetében a nyár (2–2,2 °C), a tél (1,4–1,8 °C) és az ősz (1,1–1,2 °C) is kiemelkedően nagy mértékben melegeedett az ország más vidékeihez képest. Az utóbbi években is



1. ábra: Az évi középhőmérséklet megváltozása 1980 és 2009 között. (Lakatos és Bihari, 2011)

rendre pozitív hőmérsékleti anomáliát tapasztalhattunk a térségben. Az éghajlati vizsgálat célja felderíteni a klímaváltozást különböző módszerekkel, a térségből rendelkezésre álló adatok segítségével, illetve a későbbiekben az alkalmazkodás lehetőségeiről képet adni.

A múltbeli éghajlat vizsgálata. Az embereket már a kezdetektől fogva érdekelte a légkör, s annak megfigyelése. Szabályszerűségeket szerettek volna felfedezni benne (innen származhatnak népi jóslataink, ahol egyes napok időjárásából következtethetünk az aktuális évi termésre), illetve feljegyzések születtek nagyobb időjárási eseményeknél. A térség vizsgálatát a 18. század elejétől kezdtem, segítségemre volt Réthly (1998, 2009) munkássága, amely főleg vizuális észleléseket tartalmaz. A területet átszelő folyók (Tisza, Szamos, Kraszna, Túr) árvizei nagy pusztítást okoztak az itt élő emberek számára. Kiváltó okuk az esetek többségében a Kárpátokban felgyülemlett hó elolvadása volt tavasz elején, de ezen felül az év bármely részében hosszan tartó csapadékos időszak a fenn említett folyók vízgyűjtő területén is árvizeket indított el. Ilyen árvizek pusztítottak 1712-ben, 1716-ban, 1780-ban, 1783 decemberében, 1784-ben, 1785-ben, 1792-ben, 1841-ben, 1847 áprilisában. Jelentős károkat okoztak a térségben a tavaszi fagyok is. A virágzás közben vagy után fagykárt szenvedett növények hatalmas termés kieséssel jártak (főleg a szőlőtermés, amely a vizsgált térségben kevésbé volt jelen, de a Tokaji Borvidék közelsége miatt sok feljegyzést olvashatunk). Ilyen fagyok okoztak termés kiesést 1782 májusában, 1785-ben, 1812-ben és 1836 májusában. A közelmúltban, 2007 áprilisában történt ha-

sonló eset a megyében, amikor az almatermés szinte teljesen megsemmisült abban az évben. A tavaszi fagyok a jövőben is nagy kockázatot jelenthetnek a mezőgazdaság számára.

A 19. század második felében elkezdődtek a meteorológiai mérések Magyarország keleti felén. Debrecenben már 1854-ben, míg Nyíregyházán 1867-ben tesznek említést mérőállomásról. Ezek után egyre több helyen kezdődtek mérések a vizsgált területen, a 20. század elejére kiépült a mérőhálózat is. Így az elmúlt század közepén már elegendő mérési adat állt rendelkezésre, hogy abból éghajlati következtetéseket vonjanak le. 1961-ben jelent meg *Borsy Zoltán: A Nyírség természeti földrajza* című könyve, amiben a vizsgált térség nagyobb részét alkotó Nyírség éghajlatával is foglalkozik (*Borsy, 1961*). Az éghajlati feldolgozásban a következő paramétereket vizsgálta: hőmérséklet, csapadék, szél, napsütés-felhőzet, légnyomás, hótakaró, légnedvesség. Ezek közül részletesebben a hőmérséklettel és csapadékkal foglalkoztam, mivel a későbbi saját feldolgozásban is ezekkel a paraméterekkel számoltam.

A hőmérsékleti adatokat Debrecen-Pallag, Nyíregyháza, Kisvárdra és Mátészalka állomásokon vizsgálta, szinte a mérések kezdetétől (Nyíregyházán 1871-től) 1950-ig. Az 1901-től 1930-ig terjedő időszakban a vizsgált állomásokon az átlaghőmérsékletek:

Debrecenben 10 °C, Nyíregyházán és Mátészalkán 9,7 °C. Kisvárdra átlag-

hőmérsékletét csak az 1901-től 1950-ig terjedő időszakban vizsgálta, ami 9,4 °C-nak adódott. Ugyanezen időszakban (1901–1950) Debrecen évi középhőmérséklete 10 °C, míg Nyíregyházáé 9,8 °C volt. Az évi közepes hőingás Debrecenben 23 °C, Nyíregyházán 22,8 °C, Mátészalkán 22,5 °C volt az 1901-től 1930-ig terjedő időszakban, ÉK felé haladva gyenge csökkenés figyelhető meg az értékekben. Ezen felül megvizsgálta Nyíregyházán a mérések kezdete óta előfordult legmagasabb abszolút és átlagos értékeket. A legmelegebb év az 1871-től 1950-ig terjedő időszakban az 1934-es, ekkor 11,7 °C volt a középhőmérséklet, míg 1940-ben, az azóta is lehidegebb évben 7,4 °C. Az abszolút maximumhőmérsékletet 1928. július 17-én mérték, 38,7 °C-ot, míg az abszolút minimumot 1940. február 18-án, ekkor -27,8 °C volt. Az éghajlati vizsgálat tárgya volt még a különböző hőmérsékleti klímaindexek vizsgálata is (téli napok, fagyos napok, nyári napok, hőségnapok és forró napok). Ezeket három állomáson, Debrecenben, Nyíregyházán és Mátészalkán vizsgálta 1901–1930 közötti időszakban. Mivel nem talált nagy eltérést a gyakoriság értékei között, így ezeket átlagosan írom le. Téli napból átlagosan 29, fa-

gyos nappól 110, nyári nappól 70–80, hőségnappól 18–22, illetve forró nappól 2 volt a vizsgált időszakban évente.

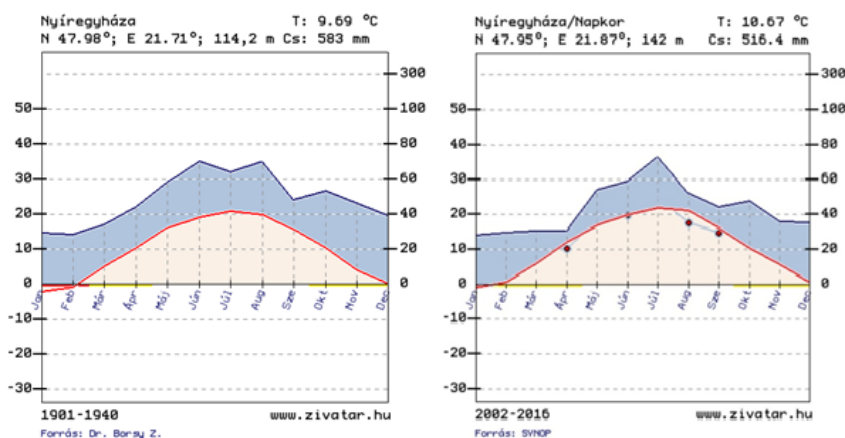
Részletesen tárgyalja a csapadékot is a szerző. A térségben több mint 30 csapadékmérő állomás adataival dolgoztak, 1901–1940-ig. A terület az Alföld csapadékosabb területei közé tartozik, déli részein 550 mm csapadék hull évente, ez É-ÉK felé haladva 650 mm-ig nő (Záhonyban ebben az időszakban az átlagos csapadékmennyiség 643 mm volt). Az átlagos értékek után a szélsőségeket is megnézve látható, hogy az egyes évek között markáns különbségek lehetnek: példaként 1933-ban a terület 700–800 mm csapadékot kapott, míg a következő évben, 1934-ben csak 300–400 mm hullott. Ezek után a különböző csapadékmennyiségű napok számát vizsgálta a Nyírségben. Az 1 mm-t meghaladó csapadéku napok száma átlagosan 85–98 nap között, az 5 mm-t meghaladó napok száma 35–42 között, a 10 mm-t meghaladó napok száma 15–18 között és a 20 mm-t meghaladó napok száma 3–5 között alakult. Ezen felül megvizsgálta a 24 óra alatt lehullott csapadékmennyiségek rekordjait is.

Debrecenben ez 69 mm (1953. július 5.), Nyíregyházán 88 mm (1927. augusztus 30.), de Tégláson (amely település éppen az előbb említett két város között helyezkedik el) 1931. május 5-én 131 mm csapadékot regisztráltak.

A további éghajlati vizsgálatokhoz a megyében található két SYNOP állomás (Záhony, illetve

Nyíregyháza-Napkor) adatait használtam fel. A két állomás méréseit az elmúlt 15 évben (2002–2016) vizsgáltam, mivel azok 2002-től kezdtek el feldolgozható (szinte megszakítás nélküli és digitalizált) adatsorokat küldeni, de terveim között szerepel ezen állomások régebbi idősorainak vizsgálata is. Ezen felül Nyíregyháza 1901–1940-ig terjedő adataiból, illetve a Nyíregyháza-Napkor SYNOP állomás adataiból *Walter-Lieth diagramot* készítettem, összehasonlítás céljából.

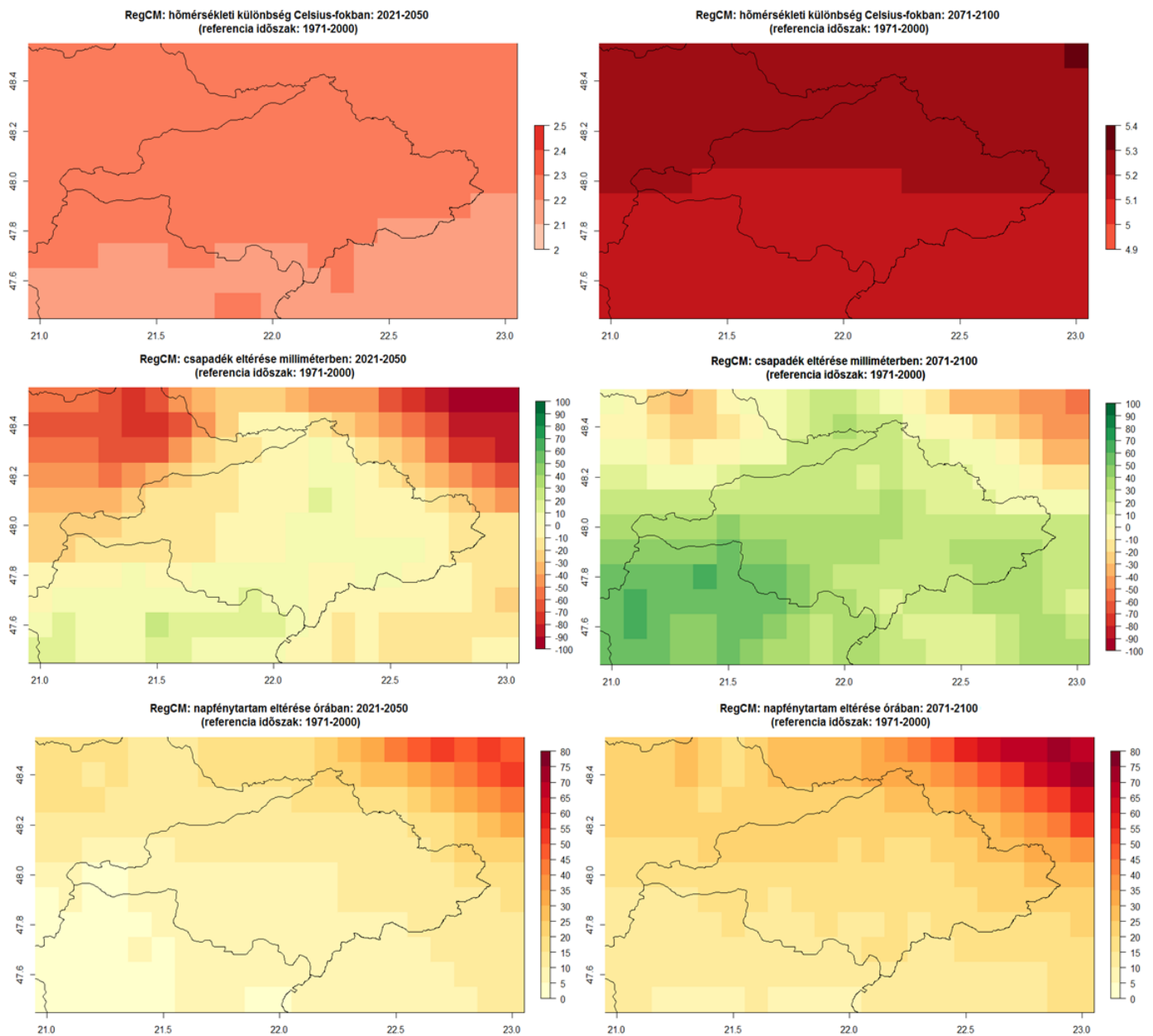
Elsőként a 15 évet felölelő adatsorból kiszámoltam a két SYNOP állomásra a havi átlaghőmérsékleteket és a havi csapadékösszegeket. Az adatsorokban adathiány is előfordul: Záhonyban 2002-ben az első 5 hónapból nincs csapadékadat, míg Nyíregyházán 2016. június-július hónapokból semmilyen adat nem érkezett. Hőmérséklet terén összességében a két állomás szinte azonos (10,7 °C illetve 10,6 °C) értékkel rendelkezett a vizsgált periódusban. Csapadék terén nagyobb a különbség a két állomás között, mivel az évi átlagos csapadékmennyiség Nyíregyházán 516,4 mm, míg Záhonyban 602,3 mm volt. A legcsapadékosabb év mindkét helyen a 2010-es év, amikor Nyíregyházán 927 mm, Záhonyban 976 mm csapa-



2. ábra: Walter-Lieth klímadiagram a Nyíregyházán található állomásokról, a 20. század elején és a 21. század elején

déket regisztráltak. A legszárazabb év tekintetében már adódnak különbségek. Míg Nyíregyházán a 2011 bizonyult annak 368 mm-rel, addig Záhonyban a 2015-ös év 416 mm csapadékkal. Emellett a nyíregyházi állomáson 2003-ban, 2012-ben és 2015-ben is igen kevés csapadék hullott (369 mm, 382 mm, illetve 376 mm). A hőmérsék-

eközben Nyíregyházán napjainkban az augusztus mellett a szeptember, április és június is ilyen hónap. Ezen felül a téli hónapok átlaghőmérséklete is nőtt, az első időszakban a január mellett a február is negatív értékkel rendelkezett, mára már csak a sokévi átlagos januári középhőmérséklet $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti a térségben.



3. ábra: Modelleredmények a hőmérséklet, csapadék és napfénytartam paraméterekre Szabolcs-Szatmár-Bereg megye környékére (2021–2050 illetve 2071–2100)

let évi menete szinte teljesen megegyezik a vizsgált időintervallumban, csupán $0,2\text{--}0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ az átlagos eltérés. A maximális eltérés novemberben tapasztalható, ekkor is csak $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a különbség a két állomás havi középhőmérséklete között, viszont ez az eltérés szinte minden évben előfordul, így Nyíregyházán melegebb a november. Az előző oldalon található *Walter-Lieth diagramon* (2. ábra) szemléltettem az éghajlatváltozást Nyíregyházán. Látható, hogy a csapadék mennyisége csökkent, kb. 70 mm-rel, míg az átlaghőmérséklet megnövekedett $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal. A 20. század első felében a diagram szerint nem volt aszályra hajlamos hónap az állomás környezetében,

Prognózis a jövőbeni klímaváltozásra. A bemutatott éghajlat, illetve éghajlati változások után kíváncsiak lehetünk a jövőbeni tendenciákra. Ennek megismerésére a RegCM regionális klímamodell eredményeit elemeztem (3. ábra). A modell 4.3-as verziójának (Elguindi et al., 2011) felhasználásával készített szimuláció hidrosztatikus, 10 km-es horizontális felbontással rendelkezik, RCP¹ 4.5-ös scenáriót alkalmaz. Annak érdekében, hogy az eredmények jól érzékelthetők legyenek, a modell é. sz. $47,5^{\circ}$ és $48,5^{\circ}$ illetve k. h. 21° és 23° közé eső

¹ Representative Concentration Pathways

területét rajzoltam ki. Ebben a „téglaalapon” helyezkedik el Szabolcs-Szatmár-Bereg megye. A 2021–2050-ig illetve a 2071–2100-ig terjedő időszakokban az átlaghőmérsékletet, a csapadékot és a napfénytartamot vizsgáltam. Mindezek előtt elvégeztem a modell validációját a különböző változókra a CarpatClim segítségével. A CarpatClim adatbázisa 1960 és 2010 között elérhető, ebből az időszakból választottam ki a referenciaidőszakot (1971–2000), majd hasonlítottam össze az említett paraméterekre. Hőmérséklet terén a modell a megye területén 0,25–1,25 °C-kal becsülte felül a valós értékeket a múltban, nagyobb területeken 0,5–1 °C a jellemző érték. A megyét körülvevő hegyvidéki területeken változatos a hiba értéke, mind pozitív, mind negatív irányban. Ez abból adódik, hogy a CarpatClim adatbázisa ugyan rácsponti, de pontszerű értékeket tartalmaz, míg a modell egy 10x10 km-es rácspont átlagát. A csapadéknál is hasonlóan nagyobb értékeket produkált a modell, itt 0–300 mm a felülbecslés. Egyértelmű a hiba növekedése a megye DK-i részéről ÉNy felé haladva. A napfénytartam terén tapasztalható a legnagyobb eltérés a modell és a valóság között: a megyében 1050–1250 órával több napsütéses órát számolt a modell, mint a valós érték. Ennek okainak részletesebb vizsgálatát a jövőben tervezem elvégezni.

A validáció után a kapott modelledményeket mutatom be, elsőként az átlaghőmérsékletet. A paraméter terén egyértelmű a növekedés már az első 30 éves periódusban (2021–2050) is. A megye legnagyobb részén 2,2–2,3 °C a melegedés mértéke (az 1971–2000 referencia-időszakhoz képest), míg a század végére (2071–2100) még drasztikusabb kép látszik kirajzolódni. A megye nagy részén 5,1 és 5,3 °C az emelkedés mértéke, Záhony térségében várhatóak a magasabb értékek. A hőmérséklet után a csapadékmennyiség megváltozását vizsgáltam. Az első 2021-től 2050-ig tartó időszakban egyaránt találunk csökkenést és növekedést a megye területén. Összességében a változás -30 és +20 mm között mozog, a középső és délebbi részeken várhatunk kismértékű növekedést, míg a megye többi részén (főleg nyugaton) hasonló mértékű csökkenést. A századvégi időszakban egyértelmű a növekedés a referenciaidőszakhoz képest. Az egész területen 0–60 mm a csapadék megváltozása, a legkisebb értékek az ÉK-i régióban, míg a legnagyobbak a Ny-i, DNy-i részen találhatóak. Érdemes kiemelni, hogy az egyes évek között nagy különbségek fordulhatnak elő és a változás nem szignifikáns. Harmadik változóként a napfénytartamot vizsgáltam a jövőben. Mivel a validáció során nagymértékű volt a többlet, így az érték megváltozását (delta-módszer) mutatom be. Az első 30 éves jövőbeli időszakban nem tapasztalható csökkenés a területen, az értékek 0–20 órával növekedhetnek majd. A 2071–2100-ig terjedő időszakban az előzőekhez képest még több napsütéses órát regisztrálhatunk majd, a referencia-időszakhoz képest 10–35 órával. Az Ukrajnával határos területeken várható a legnagyobb mértékű növekedés, míg délnyugaton a kisebb. Fontos megjegyezni itt is, mint a csapadéknál, hogy az egyes évek között nagy fluktuáció lehetséges.

Összefoglalás, konklúzió. E tanulmány Magyarország egyik legjobban melegező területét, a Nyírséget és a Felső-Tisza vidéket elemzi. Az éghajlati vizsgálat kiterjed a legfontosabb meteorológiai paraméterekre (hőmérséklet, csapadék, napfénytartam, szél), ezek feldolgozása a kezdeti vizuális észlelésektől, napjaink automata-műszeres méréséig terjed. Míg a régmúlt feljegyzéseiből csak a szélsőségek gyakoriságára következtethetünk, addig az első mérőeszközök megjelenése után már összehasonlíthatjuk mért adatainkat. Így került *Borsy Zoltán* munkája is a vizsgálatba, majd munkássága utólagos feldolgozásával, valamint az elmúlt évek adatsoraiból detektálhatóvá vált az éghajlatváltozás a térségben. Nyíregyházán egy évszázad alatt közel 1 °C-kal nőtt az átlaghőmérséklet, míg a csapadék csökkenésével az aszály is egyre gyakoribb veszélyforrás a területen. A már megfigyelt változások után a jövőre adtunk kitekintést egy regionális klímamodell (RegCM4.3–RCP 4.5-ös scenárió) segítségével. Az eredmények alapján egy dinamikusan melegező, több napfénytartamhoz jutó régiót láthatunk a jövőben, változékony csapadékeloszlással. Az éghajlatváltozás (mint eddig annyiszor) folytatódik, a kérdés csupán annyi, hogy képesek leszünk-e alkalmazkodni lokálisan és globálisan egyaránt a megváltozott körülményekhez?

Irodalom

- Bihari, Z. és Lakatos, M., 2011: A közelmúlt megfigyelt hőmérsékleti- és csapadéktendenciái. In: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L. (szerk.): Klímaváltozás – Klímaszenáriók a Kárpát-medence térségére. *ELTE*. Budapest, 145–169, <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf>
- Borsy, Z., 1961: A Nyírség természeti földrajza. *Akadémiai Kiadó*, Budapest, 68–97.
- Elguindi, N., Bi, X., Giorgi, F., Nagarajan, B., Pal, J., Solmon, F., Rauscher, S., Zakey, A. and Giuliani, G., 2011: Regional climatic model RegCM user manual version 4.3. 32p. *ICTP*, Trieste
- Réthy, A., 2009: Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1701–1800-ig. *OMSZ*, Budapest. pp. 622
- Réthy, A., 1999: Időjárás események és elemi csapások Magyarországon 1801–1900-ig. *OMSZ*, Budapest. pp. 1369
- Spinoni, J., Szalai, S., Szentimrey, T., Lakatos, M., Bihari, Z., Nagy, A., Németh, A., Kovács, T., Mihic, D., Dacic, M., Petrovic, P., Kržič, A., Hiebl, J., Auer, I., Milkovic, J., Štepanek, P., Zahradnicek, P., Kilar, P., Limanowka, D., Pirc, R., Cheval, S., Victor Birsan, M. V., Alexandru Dumitrescu, A., Deak, Gy., Matei, M., Antolovic, I., Nejedlik, P., Štastný, P., Kajaba, P., Bochnicek, O., Galo, D., Mikulová, K., Nabyvanets, Y., Skrynyk, O., Krakovska, S., Gnatiuk, N., Tolasz, R., Antofie, T. and Vogt, J., 2015: Climate of the Carpathian Region in 1961–2010: Climatological and Trends of Ten Variables. *International Journal of Climatology* 35(7), 1322–1341.
- Szalai, S., Auer, I., Hiebl, J., Milkovich, J., Radim, T., Štepanek, P., Zahradnicek, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Szentimrey, T., Limanowka, D., Kilar, P., Cheval, S., Deak, Gy., Mihic, D., Antolovic, I., Mihajlovic, V., Nejedlik, P., Štastný, P., Mikulova, K., Nabyvanets, I., Skrynyk, O., Krakovskaya, S., Vogt, J., Antofie, T. and Spinoni, J., 2013: Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report. www.carpatclim-eu.org