

AGROKLIMATOLÓGIAI KOCKÁZATI TÉNYEZŐK A MAGYARORSZÁGI SZŐLŐTERMESZTÉSBN A XXI. SZÁZAD SORÁN

Mesterházy Ildikó (1), Ladányi Márta (1), Mészáros Róbert (2), Pongrácz Rita (2)

(1) BCE Biometria és Agrárinformatika Tanszék

(2) ELTE Meteorológiai Tanszék

e-mail: ildiko.mesterhazy@uni-corvinus.hu

Bevezetés

A magyarországi szőlőtermesztést a kedvező éghajlati adottságok teszik lehetővé, de ezen meteorológiai tényezők egyben kockázati faktorok is. Munkánk során ezen klimatológiai paramétereknek, illetve az ezekből származtatott mérőszámoknak a térbeli és időbeli eloszlását vizsgáltuk Magyarországon az 1951–2100 időszakban. Ehhez három regionális klímamodell hibakorrekcióval előállított outputjait használtuk fel.

Korábbi munkánkban (Mesterházy, 2013) már foglalkoztunk a szőlőtermesztést meghatározó klimatológiai paraméterek XXI. században várható változásával. Jelen cikkünkben korábbi eredményeinket összegezzük, s egészítjük ki újabbakkal. A vegetációs időszak kezdetét és végét a korábbiaktól eltérően interpolációs módszerrel számítottuk ki, mely az eddig használt módszereinknél jobban közelíti a mérésen alakuló eloszlási térképeket (Ambrózy et al., 2002).

A felhasznált regionális klímamodellek

Vizsgálatainknál az ENSEMBLES Európai Unió projekt (van der Linden és Mitchell, 2009) keretében elvégzett modellszimulációk közül a RegCM és az ALADIN regionális klímamodell (RCM) (Pongrácz et al., 2011), illetve a Brit Meteorológiai Szolgálat Hadley Központjában kifejlesztett, a Kárpát-medence térségére adaptált PRECIS RCM (Wilson et al., 2010; Pieczka, 2012) nyers outputjain végzett percentilis-alapú hibakorrekcióval (Formayer és Haas, 2009) előállított adatsorokkal dolgoztunk. Az eljárás során a szimulált napi mezősorokat az állomási méréseken alapuló E-OBS adatbázis (Haylock et al., 2008) rácspontonként meghatározott havi eloszlásai alapján korrigálták (Pieczka et al., 2011).

A futtatásoknál A1B scenáriót (Nakicenovic és Swart, 2000) és 25 km-es horizontális felbontást alkalmaztak. A feldolgozott szimulációs adatok (napi minimum-, maximum- és középhőmérséklet, valamint napi csapadékösszeg) az északi szélesség 44°–50° és a keleti hosszúság 14°–26° közti területre, s az 1951–2100 (PRECIS esetében: 1951–2098) közti időszakra vonatkoznak.

A vizsgált mérőszámok

IGS: Interpolációs módszerrel számított vegetációs időszak hossza. Az interpoláció során használt egységnyi hőmérséklet-változást a következő képlettel számítottuk ki (Csepregi, 1997; Hlaszny, 2012):

$$d_f = \frac{T_{\text{ápr}} - T_{\text{márc}}}{31} \quad \text{és} \quad d_l = \frac{T_{\text{szept}} - T_{\text{okt}}}{30},$$

ahol d_f a vegetációs időszak kezdetére, d_l pedig a végére vonatkozó hőmérsékletváltozási egység (°C), $T_{\text{márc}}$, $T_{\text{ápr}}$, T_{szept} , T_{okt} rendre a március, április, szeptember és október havi átlaghőmérsékletek (°C). A vegetációs időszak kezdete, illetve vége ezek felhasználásával:

$$V_f = \text{márc.15.} + n_f, \text{ ahol } n_f = \min\{z : T_{\text{márc}} + z \cdot d_f > 10^\circ\text{C}\}$$

$$V_l = \text{szept.15.} + (n_l - 1), \text{ ahol } n_l = \min\{z : T_{\text{szept}} - z \cdot d_l < 10^\circ\text{C}\},$$

ahol V_f és V_l a vegetációs időszak első, illetve utolsó napja, n_f , n_l , z természetes számok. A V_f és V_l között eltelt időszak a vegetációs időszak hossza (nap):

$$\text{IGS} = V_l - V_f + 1.$$

HI: Huglin-féle heliotermikus index:

$$HI = d \sum \frac{[(T - 10) + (T_{\text{max}} - 10)]}{2},$$

ahol d a földrajzi szélességtől függő érték, ami 1,02–1,06 (északi szélesség 40° – 50°) változhat, T az átlagos, T_{max} pedig a maximum napi léghőmérséklet ($^\circ\text{C}$). Az összegzést az IGS-re végeztük el. A kisebb HI értékekhez korai érésű, illetve fehérbort adó szőlőfajták, míg a nagyobb HI értékekhez kései érésű, illetve vörösbort adó fajták tartoznak (Huglin, 1978; Kozma, 2002).

PGS: Vegetációs időszaki csapadékösszeg. A vegetációs időszak alatt lehullott csapadék mennyisége (mm).

HTC: Hidrotermikus koefficiens:

$$HTC = 10 \text{ PGS} / \text{EDD},$$

ahol *PGS* a vegetációs időszak csapadékösszege (mm), *EDD* az effektív hőösszeg, ami az IGS alatt a napi középhőmérsékletek összege ($^\circ\text{C}$). A HTC optimuma 1 körül van (Szeljanyinov, 1928; Kozma, 2002).

Vizsgáltuk szélsőséges hőmérsékleti- és csapadékesemények (Oláh, 1979; Dunkel és Kozma, 1981; Szentleki et al., 2011) gyakoriságát is:

PUIgs: egymást követő 1 mm-nél kevesebb csapadékú napok száma az IGS alatt

PO5gs: egymást követő 5 mm-nél nagyobb csapadékú napok száma az IGS alatt

TO35gs: 35°C -nál magasabb hőmérséklet az IGS alatt

TU-1egs: -1°C -nál alacsonyabb hőmérséklet a vegetációs időszak elején (V_f -től a 181. napig, illetve 182. napig szökőévben, valamint 180. napig, ha 30 napos hónapokkal, azaz 360 napos évvel számolunk)

TU-17d: -17°C -nál alacsonyabb hőmérséklet a nyugalmi időszakban (V_l -t követő, a következő évi V_f -ig tartó időszak)

TU-21d: -21°C -nál alacsonyabb hőmérséklet a nyugalmi időszakban

Eredmények és értékelés

Vizsgálatainknál az 1961–1990 időszakot vettük referencia időszakként. Ehhez viszonyítottuk a XXI. század közepére (2021–2050) és végére (2071–2100; PRECIS: 2069–2098, melyeket a továbbiakban az egyszerűség kedvéért 2071–2100*-gal jelölünk) kapott eredményeket.

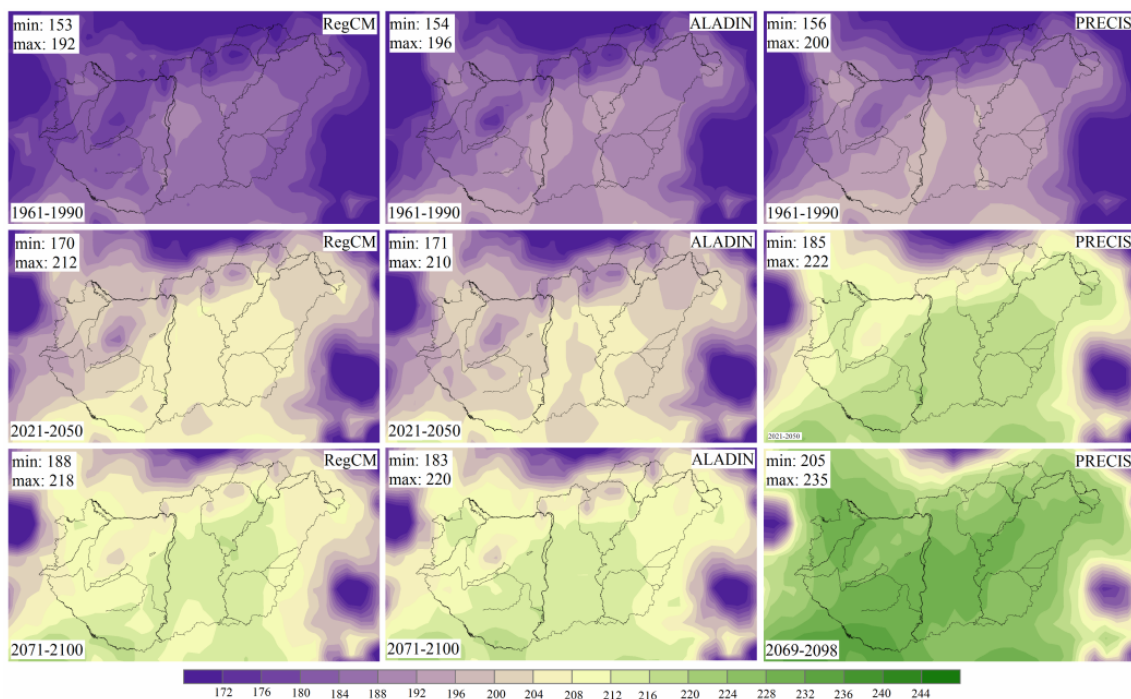
Az eredmények értékelésénél szem előtt kell tartani, hogy a modellek outputjai sík területre vonatkoznak, vagyis nem tartalmazzák a magyarországi szőlőtermesztésben fontos lejtőkitértekből származó többletsugárzás hatását és a speciális mikroklimatikus adottságokat sem.

IGS: A referencia időszakra a modellek többnyire egységes képet mutatnak (153–200 nap közti értékek). A leghosszabb IGS az alföldi területekre jellemző, míg a közép-hegységeinkre néhány héttel rövidebb IGS-t adtak a modellek (1. ábra).

Végeztünk vizsgálatokat a V_f és V_l területi eloszlásaival kapcsolatban is. A referencia időszakra vonatkozó eredményeink összhangban vannak (és a korábban alkalmazott módszereinkkel kapottnál pontosabban illeszkednek) Ambrózy et al. (2002) erre az időszakra vonatkozó mérési eredményekből származó megállapításaival. Számításaink szerint az 1961–1990 időszakban a 96–121. nap között történt meg a 10 °C tartós átlépése Magyarországon. Ambrózy et al. (2002) és az általunk szerkesztett térképeken a területi eloszlás hasonló mintázatot mutat, habár a déli területeken az interpolációs módszer néhány nappal későbbi vegetációs időszaki kezdetet adott. A V_l eredményeink szerint a 273–297. nap között következett be. Ez megegyezik Ambrózy et al. (2002) megállapításaival.

A kapott területi eloszlás a XXI. századra vonatkozó eredményeinken is megmarad. A RegCM és ALADIN modell 170–212 napos, míg a PRECIS 185–222 napos IGS-t adott a XXI. század közepére. Vizsgálataink szerint ez körülbelül 6–9 nappal korábbi V_f -et és átlagosan 5–11 nappal későbbi V_l -t jelent a RegCM és ALADIN esetében. A PRECIS-nél többnyire 11–13 nappal korábbi V_f , és 11–16 nappal későbbi V_l jellemző.

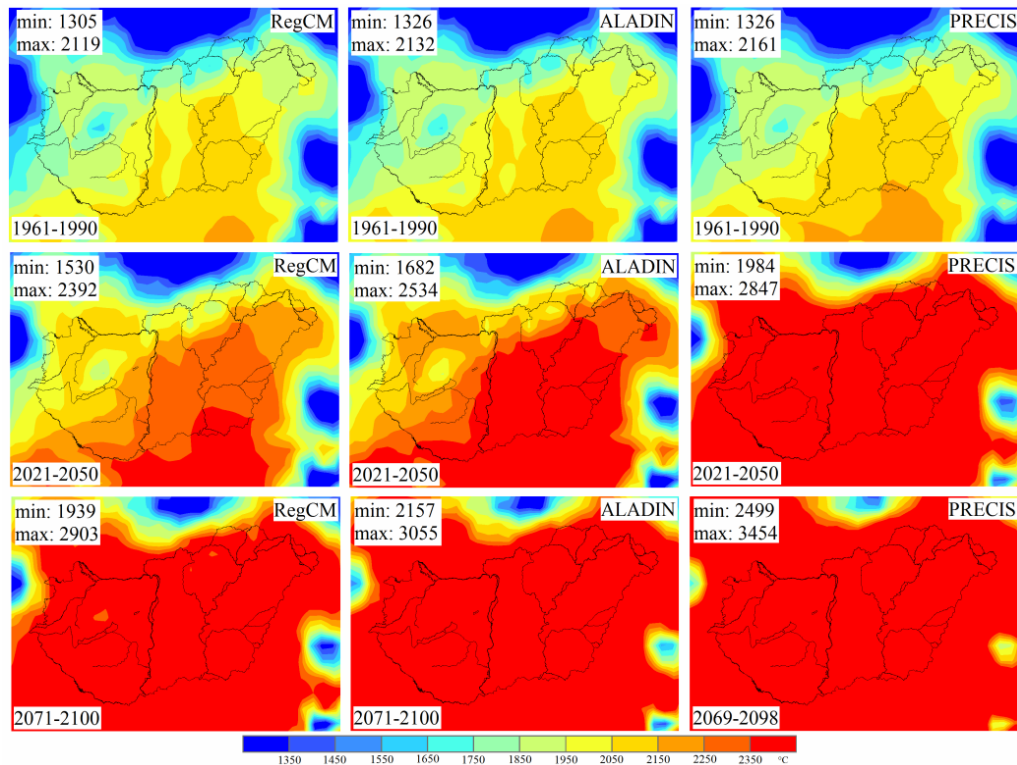
A XXI. század végére a modellszimulációk alapján 183–220 napos (RegCM és ALADIN), de akár 205–235 napos (PRECIS) IGS-sel is számolhatunk. Ez korábbra tolódó V_f -et (15–21 nap a referenciához képest) és későbbi V_l -et (11–17 nap a referenciához képest) jelent.



1. ábra: IGS átlagos értéke (nap) a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) szimulációk alapján 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és 2071–2100* (lent) időszakokban

HI: a referencia időszakban 1305–2161 °C értékeket kaptunk (2. ábra). A modellek egységesen az alföldi területekre adták a magasabb értékeket. Ennek oka, hogy a modellek outputjai sík felszínre vonatkoznak. A XXI. század során a HI növekedése várható. A legkisebb változást a RegCM, a legnagyobb fokút a PRECIS jelzi. A XXI. század végére több területen is 3000 °C feletti értékeket becsülnek a modellek.

A HI értékeinek növekedéséből arra következtethetünk, hogy lehetővé válhat hosszabb vegetációs idejű, illetve vörösbort adó szőlőfajták elterjedése Magyarországon.



2. ábra: HI átlagos értéke a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) szimulációk alapján 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és 2071–2100* (lent) időszakokban

PGS: A XX. század végén a PGS 266–436 mm volt. Ez a mennyiség elegendő a szőlő életfolyamataihoz. A modellszimulációk becslései alapján a XXI. század első felében növekedés várható. A 2021–2050-es időszakban 275–501 mm közötti értékek jellemzők. A XXI. század végére némileg alacsonyabb csapadékmennyiség lehet jellemző (249–476 mm), de ez még elegendő lehet a szőlőtermesztéshez, ha az eloszlása kedvező.

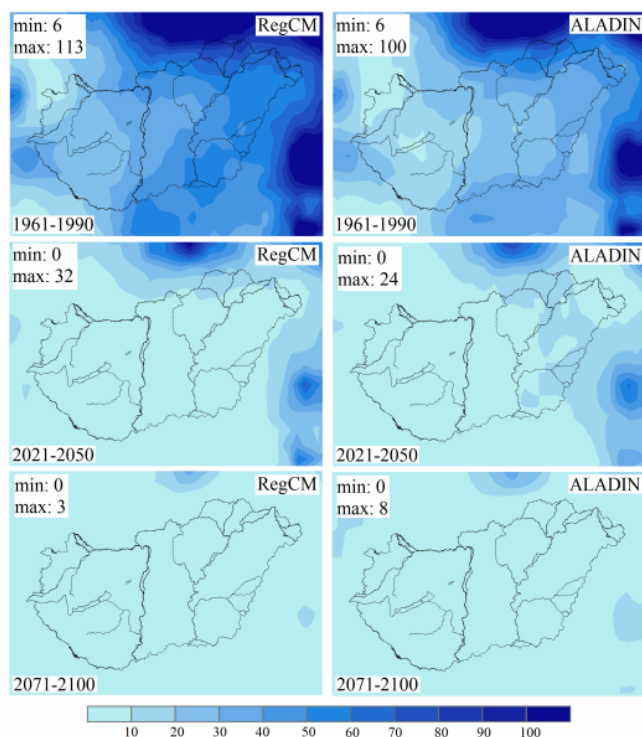
HTC: A XX. század végén az alföldi területeket hőtöbblet, míg a hegyvidéki területeket csapadéktöbblet jellemezte (HTC = 0,82–1,69). A XXI. század során a hőmérséklet hatásának növekedése várható, ám a HTC nem kerül a kritikus tartományba (HTC = 0,54–1,38).

TU–17d: A PRECIS modell nem jelzett ilyen alacsony hőmérsékletet a vizsgált időszakban, így a 3. ábrán csak a másik két modell becslései szerepelnek. A RegCM szimulációk alapján számított gyakoriságok (6–113 nap) a XX. század második felében jól közelítik Dunkel és Kozma (1981) mérési eredményeit (habár a két időszak nem pontosan fedi egymást). Az ALADIN modellszimulációk eredményei is hasonló mintázatot mutatnak (3. ábra), de számértékileg némileg elmaradnak a RegCM modell becsléseitől (6–100 nap). A XXI. században TU–17d gyakorisága jelentősen lecsökkenhet (0–8 nap).

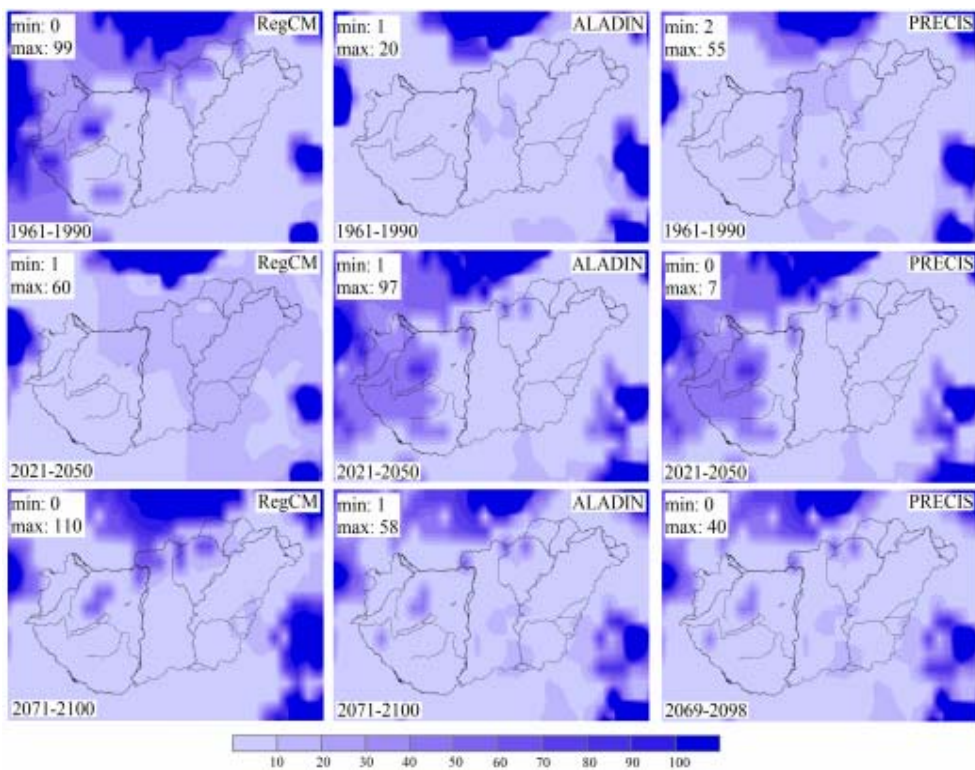
TU–21d: A modellekbecslésekből kapott eredmények nem érik el a mért értékeket (Dunkel és Kozma, 1981), így a jövőre vonatkozó vizsgálatok pontossága megkérdőjelezhető.

TU–1egs: A XX. század második felében az alföldi és dombsági területeken 20 napnál kevesebb ilyen eseményt azonosítottak a modellek, de a hegyvidéki területeken akár 99 TU–1egs is lehetett. A XXI. század során az alföldi területeken nem tapasztalhatunk jelentős változást. A hegyvidéki területek azonban érdekes képet mutatnak (4. ábra). A XXI. század első felében a RegCM és a PRECIS modell csökkenést, az ALADIN viszont növekedést jelez a TU–1egs gyakoriságában. A XXI. század végére a referencia időszakhoz képest a hegyvidéki területeken a RegCM és ALADIN modell növekvő, a PRECIS

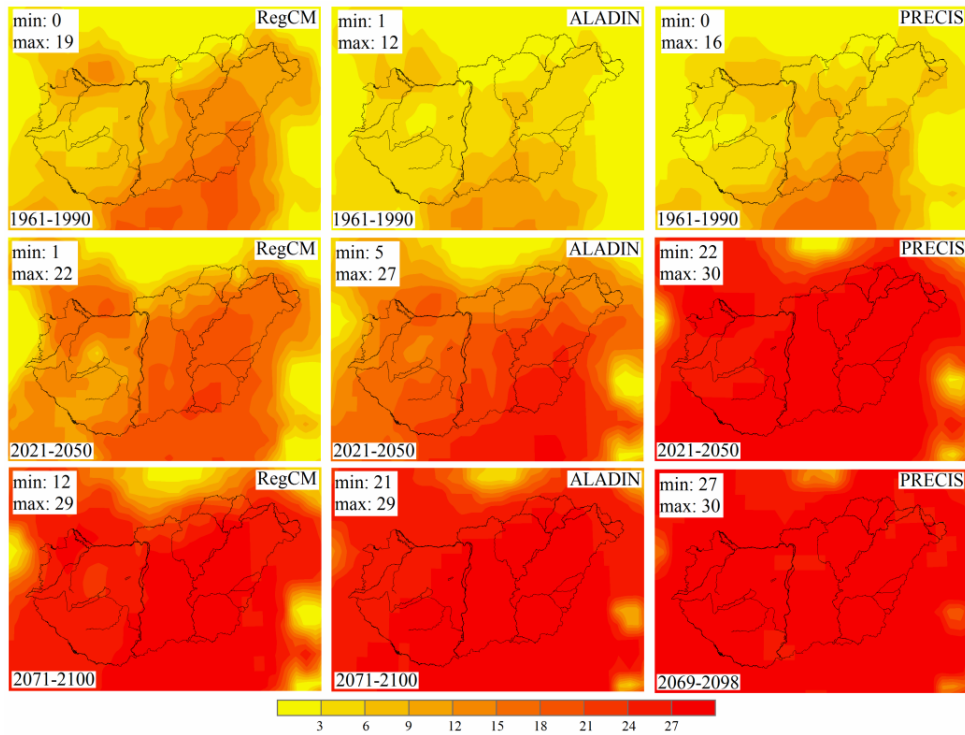
csökkenő gyakoriságot adott, így nem kaptunk egyértelmű választ arra, hogyan változhat a vegetációs időszak első felében jelentkező fagyesemények száma.



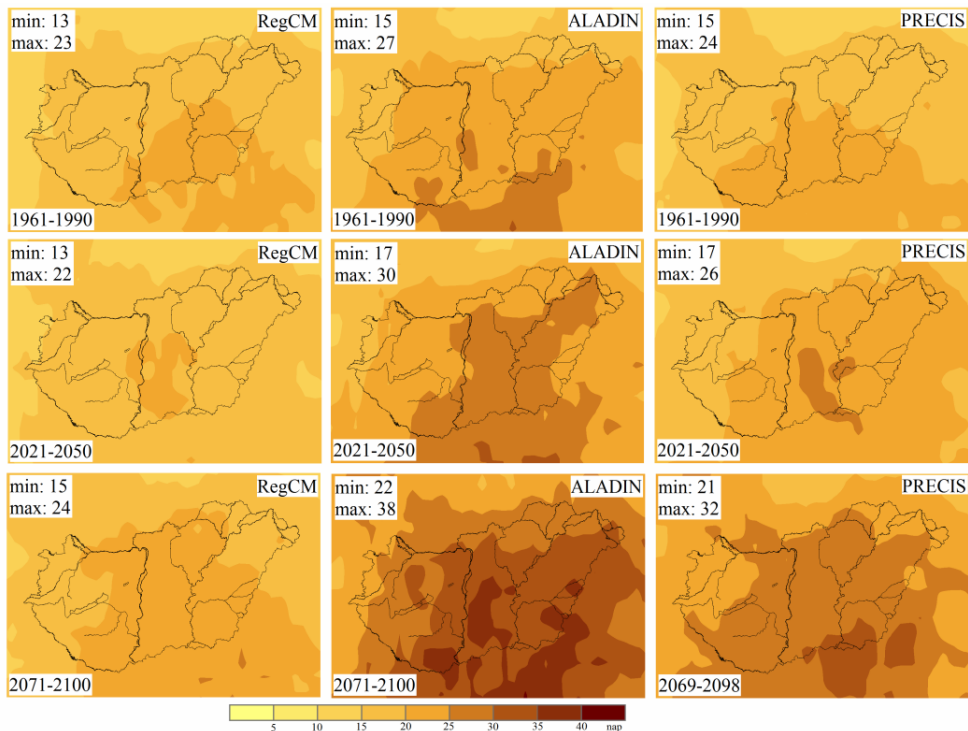
3. ábra: TU-17d napok átlagos száma a Kárpát-medencében a RegCM (bal) és az ALADIN (jobb) szimulációk alapján 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és 2071–2100 (lent) időszakokban



4. ábra: TU-1egs napok átlagos száma a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) szimulációk alapján 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és 2071–2100* (lent) időszakokban



5. ábra: TO35gs napú évek átlagos száma a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) szimulációk alapján 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és 2071–2100* (lent) időszakokban



6. ábra: PU1gs átlagos értéke a Kárpát-medencében a RegCM (bal), az ALADIN (közép) és a PRECIS (jobb) szimulációk alapján 1961–1990 (fent), 2021–2050 (középen) és 2071–2100* (lent) időszakokban

TO35gs: A referencia időszakban átlagosan 0–19 évente (5. ábra) jelentkezett *TO35gs* (gyakrabban a délkeleti és az északnyugati országrészben). A XXI. század során a *TO35gs*

növekedése várható. A XXI. század második felében az alföldi területeken már minden évben lehet ilyen nap, de a többi területen is két-három évente adtak a modellek TO35gs-t.

PU1gs: A referencia időszakban átlagosan 13–27 napos időszakot jeleztek a modellek. A XXI. század közepére a RegCM pár nap rövidülést, az ALADIN és PRECIS pár nap hosszabbodást mutat. A XXI. század végére a RegCM átlagosan 15–24, az ALADIN 22–38, míg a PRECIS 21–32 napos PU1gs-t ad.

PO5gs: A vizsgált időszak egészében a modellek szerint 2,3–4,6 napos időszakokkal számolhatunk.

Összegzés

Kutatásaink kimutatták, hogy az 1951–2100 időszak alatt Magyarországon várhatóan szignifikánsan növekszik a hőmennyiség, ami lehetővé teheti hosszabb vegetációs idejű, illetve vörösbort adó szőlő fajták termesztését. Ezzel párhuzamosan megnő a nyári hőségkárak valószínűsége, mely gyakran párosulhat tartósan alacsony csapadékú időszakokkal. Ezek az események limitálhatják a termés mennyiségét és minőségét. Tartósan nagy csapadékú idősakra a vegetációs időszak alatt a későbbiekben sem lehet számítani. A nyugalmi időszakban a szélsőségesen alacsony hőmérsékletek bekövetkezési valószínűsége jelentősen csökkenhet, viszont vegetációs időszakbeli fagyeseemények a XXI. században is jelentkezhetnek.

Köszönetnyilvánítás

A PRECIS regionális klíma-szimuláció futtatása az OTKA K-78125 számú pályázata keretében zajlott, a hibakorrigált outputok előállítását Pieczka Ildikó végezte. A RegCM és az ALADIN regionális klímamodell-szimulációt az ENSEMBLES projekt (505539) keretében állították elő, melyet az EU FP6 integrált program támogatott. Az E-OBS adatbázist az ENSEMBLES és az ECA&D projekt szolgáltatta. A kutatásokat az OTKA K109109, K109361 és K78125, valamint a FuturICT.hu TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0013 kutatási pályázatok támogatták. A projekt az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg (TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR).

Hivatkozások

- Ambrózy, P., Bartholy, J., Bozó, L., Hunkár, M.K., Bihari, Z., Mika, J., Németh, P.R., Paál, A., Szalai, S., Kövér, Zs., Tóth, Z., Wantuch, F., Zoboki, J., 2002: Magyarország éghajlati atlasza. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. 107p.
- Csepregi, P., 1997: Szőlőtermesztési ismeretek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 442p.
- Dunkel, Z., Kozma, F., 1981: A szőlő téli kritikus hőmérsékleti értékeinek területi eloszlása és gyakorisága Magyarországon. *Légkör*, 26/2, 13–15.
- Formayer, H., Haas, P., 2009: Correction of RegCM3 model output data using a rank matching approach applied on various meteorological parameters. Deliverable D3.2 RCM output localization methods (BOKU-contribution of the FP6 CECILIA project).
- Haylock, M.R., Hofstra, N., Klein Tank, A.M.G., Klok, E.J., Jones, P.D., New, M., 2008: A European daily high resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. *Journal of Geophysical Research*, 113, D20119, doi:10.1029/2008JD010201
- Hlászny, E., 2012: A szőlő (*Vitis Vinifera* L.) korai fenológiai válaszadásának modellezése a kunsági borvidéken növényfelvételezések, időjárási megfigyelések és regionális klímamodell alapján. PhD értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest. 61–63.
- Huglin, P., 1978: Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. In: Proceedings of the Symposium International sur l'ecologie de la Vigne. Ministère de l'Agriculture et de l'Industrie Alimentaire, Constanca, 89–98.

- Kozma, P.*, 2002: A szőlő és termesztése I. (második, átdolgozott kiadás változatlan utánnomása) Akadémiai Kiadó, Budapest. 13–19., 213–272.
- van der Linden, P., Mitchell, J.F.B.*, 2009: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. 160p.
- Mesterházy, I.*, 2013: A magyarországi szőlőtermesztés éghajlati adottságainak várható változása. MSc diplomadolgozat: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 66p.
- Nakicenovic, N., Swart, R.J.*, 2000. Emissions Scenarios 2000 – Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. 570p.
- Oláh, L.*, 1979: Szőlészek zsebkönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 38–42.
- Pieczka, I.*, 2012: A Kárpát-medence térségére vonatkozó éghajlati szcenáriók elemzése a PRECIS finom felbontású regionális klímamoddell felhasználásával. PhD értekezés. ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest. 95p.
- Pieczka, I., Pongrácz, R., Bartholy, J., Kis, A., Miklós, E.*, 2011: A szélsőségek várható alakulása a Kárpát-medence térségében az ENSEMBLES projekt eredményei alapján. 36. Meteorológiai Tudományos Napok - Változó éghajlat és következményei a Kárpát-medencében. (Szerk.: Lakatos M.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest: 77–87.
- Pongrácz, R., Bartholy, J., Miklós, E.*, 2011: Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9, 387–398.
- Szeljanyinov, G.T.*, 1928: On agricultural climate valuation. *Proceedings of Agricultural Meteorology*, 20, 165–177.
- Szenteleki, K., Gaál, M., Ladányi, M., Mézes, Z., Szabó, Z., Zanathy, G., Bisztray, Gy.D.*, 2011: A klímaváltozás hatásai a Közép-magyarországi régió szőlő-, meggy- és cseresznyetermesztésére és a termésbiztonságra. Agroinformatikai tanulmányok III. (Szerk.: Rózsa T., Szilágyi R.), 113–150.
- Wilson, S., Hassell, D., Hein, D., Morrell, C., Jones, R., Taylor, R.*, 2010: Installing and using the Hadley Centre regional climate modelling system, PRECIS. Version 1.9.2. UK Met Office Hadley Centre, Exeter. 157p.