

MAGYARORSZÁG SZŐLŐTERMESZTÉSÉRE HATÓ ÉGHAJLATI ADOTTSÁGOK VÁRHATÓ VÁLTOZÁSAINAK ELEMZÉSE

Mesterházy Ildikó, Mészáros Róbert

Eötvös Loránd Tudományegyetem,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A.
e-mail: mesterhazy.i@gmail.com, mrobi@nimbus.elte.hu

Absztrakt

Kutatásunk során azt vizsgáltuk, hogy a légköri állapotváltozások várható változásai hogyan befolyásolják a szőlőtermesztés klimatikus feltételeit Magyarország területén. A szőlőtermesztés hatékonyságát leíró indexeket a RegCM regionális klímamodell outputjai alapján határoztuk meg. Az eredmények azt sugallják, hogy az elkövetkező évtizedekben a hazai fehérborszőlők dominanciája várhatóan csökkenni fog a vörösbort adókéval szemben. Ezzel egyidejűleg a késői és igen késői érésű fajták beérése is biztosabbá válhat. Emellett klimatikus szempontból újabb területeken indulhat meg a szőlő termesztése, illetve a mai szőlőskertek adottságai is jobbak lehetnek.

Kulcsszók: *Vitis vinifera*, éghajlatváltozás, szőlőtermesztési indexek

1. Bevezetés és szakirodalmi áttekintés

A kertiszőlő (*Vitis vinifera*) különböző faj- és fajtahibridjei eltérően reagálnak a környezet hatásaira. E hatásokat alapvetően három csoportba sorolhatjuk: edafikus (talajtani), biotikus (élő) és klimatikus (éghajlati) tényezők. A talaj egy adott területen közel állandó közegnek tekinthető. A biotikus tényezők – vagyis döntően a szőlő tűrőképessége – pedig erősen fajtafüggők. Magyarországon a termesztést elsősorban a kedvező éghajlati és domborzati adottságok teszik lehetővé. A száraz, meleg nyár és az ezt követő napsütéses ősz, valamint a délies lejtők mind kedvezően hatnak a minőségre (Varga *et al.*, 2007).

Az elmúlt évtizedekben több módszert dolgoztak ki arra, hogy kizárólag meteorológiai állapotváltozások segítségével jellemezni lehessen a szőlőskertek minőségét. Az ültetvényeket fény- és hőmérsékleti adottságaik alapján Branas (lásd Dunkel *et al.* (1981) cikkében) jellemezte. Az általa felírt index azonban olyan kis terület esetén, mint Magyarország, nem alkalmazható, mert a formula szerves részét képező vegetációs időszak alatti napfénytartam a meridiánok mentén néhány száz km esetén csak néhány órát változik. Ez pedig a mérőszám értékében csak minimális eltérést okoz. Ennek hatására Dunkel *et al.* (1981) néhány évvel Branas után kidolgozta az ún. radiotermikus indexet. Ez szintén hőmérséklet- és fényviszonyok alapján jellemzi az ültetvényeket. A számítások az alföldi területeken javasoltak csak szőlőtermesztést, melynek oka, hogy a lejtőkitettségéből származó többletenergiát nem vették figyelembe. A korrekciós számítások során a kutatók rájöttek arra, hogy az expozíciónak elsősorban a tenyészidőszak elején és végén, valamint télen érvényesül legerőteljesebben a pozitív hatása, vagyis akkor, amikor a mi éghajlatunkon a szőlő számára a sugárzási- és hőmérsékleti tényezők kevésbé hatnak. Fontos azonban megjegyezni, hogy a tenyészidőszak optimális sugárzás- és hőellátottsága csak szükséges, de nem elégséges feltétele a jó szőlőtermésnek (Dunkel *et al.*, 1981). Makra *et al.* (2009) statisztikai módszerekkel vizsgálta az egyes légköri állapotváltozások hatását a szőlő minőségére és mennyiségére.

A nemzetközi szakirodalomban több klimatikus index is elterjedt, melyek egyrészt megadják, hogy az adott éghajlati körülmények között lehetséges, illetve jövedelmező-e a szőlőtermesztés, vagy éppen a fajtaválasztást segítik. Ilyen indexek például a Huglin-féle heliotermikus index, a „cool night” index, és a „dryness” index (*Tonietto and Carbonneau, 2004*).

A hazai időjárási körülmények között a fagykár gyakori, ezért kiemelt szerepet kapnak az ezzel kapcsolatos vizsgálatok is. A kár mértékét a meteorológiai paramétereken túl, a növény fagyűrőse is befolyásolja. Mindezeket figyelembe véve két kritikus léghőmérsékleti határt lehet húzni. A kevésbé fagyűrő fajták már $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt is fagykárt szenvednek. A $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti hőmérsékletet azonban már egyetlen fajta sem viseli el fagykárosodás nélkül (*Dunkel és Kozma, 1981*). Ezen túlmenően az abszolút minimum értéke mellett fontos a lehülést megelőző felmelegedési időszak hossza, az ekkori maximumok vagy a hőmérsékleti ugrás nagysága és időtartama is (*Varga-Haszonits et al., 2006*). Ezek közül a legmeghatározóbb az átmeneti szakasz ($+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ között) hossza. Ha ez az időszak rövid, akkor jelentősebb a fagykár, mint hosszú átmeneti szakasz esetén. A domborzat hatását ennél az indexnél is utólagos korrekciókkal vették figyelembe. Az így kapott eredmények már megközelítően (90%-ban) pontosan becslik a tényleges fagykárt (*Csapó, 1984; 1988*).

Ezen indexek vizsgálata hozzájárulhat a gazdaságos termeléshez, a jövőbeli tervezés optimalizálásához. A megfelelő fajta kiválasztása fontos, mert ez hosszútávon meghatározza a termés minőségét, ugyanis egy szőlőtőke hazai körülmények között átlagosan 25–30 évig hoz hasznot. E negyed évszázad alatt azonban változhatnak a terület környezeti, ökológiai adottságai, így egy adott ültetvényre vonatkozó legkedvezőbb szőlő fajtája is. A klímaváltozás hatására e folyamat felerősödhet, ezért fontos annak ismerete, hogy a várható jövőbeli éghajlati adottságok hogyan befolyásolják a szőlőtermesztést.

Az utóbbi évtizedekben egyértelmű tendenciák láthatók az éghajlat változásában (*IPCC, 2007*). Emelkedett a földi átlaghőmérséklet és a felszín közeli ózon és szén-dioxid mennyisége (*Vingarzan, 2004*). A növekvő ózon terhelés károsan hat a szőlő állapotára. A növekvő szén-dioxid mennyiség viszont kedvezően hathat a szőlő hozamára és a vízhasznosításra. Ugyanakkor a hőmérséklet növekedése a termés csökkenését idézi elő a prognózisok szerint, ugyanis egy hőmérsékleti küszöbértéken túl a fotoszintézis erőteljesen lecsökken (*Varga et al., 2007*). Gyakoribbá váltak az extrém időjárási helyzetek (*Bartholy and Pongrácz, 2007*), vagyis az aszályos időszakok és ezzel egyidejűleg a felhőszakadásszerű csapadékhullások éves száma is megnőtt az elmúlt néhány évtizedben. Emellett az egymást követő évek csapadék összegei lényegesen eltérnek. A hőmérséklet menetében is egyre gyakoribbak lettek a szélsőségek, így nem ritka a nagy (akár $10\text{--}15\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os) téli középhőmérsékleti ingás. A telet követő tavaszi időszak lerövidült, így a nyár hirtelen köszönt be (*Horváth, 2008; Varga, 2005*). Ezen tényezők mindegyike hat a szőlő évi biológiai ciklusaira; vegetatív és generatív tevékenységére (*Zanathy, 2008*).

Az éghajlat változása a szőlőszemek sav és cukor tartalmára is hat. A melegedés hatására várható a savtartalom csökkenése és a cukortartalom növekedése (*Horváth, 2008*). A nyári hónapok átlaghőmérsékletének $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal történő emelkedése a must savtartalmát 2–3 ezrelékkal csökkenti, cukortartalmát pedig 20–30 grammal növeli literenként (*Zanathy, 2008*). Ezen folyamatok következménye a szüret idejének korábbra tevődése (*Horváth, 2008*). Hagyományosan a szüret ideje kötött volt Magyarországon: az Alföldön szeptember 29-én, a Dunántúlon október 12-én vagy 15-én, Tokajban pedig október 28-án lehetett elkezdni a szüretet (*Zanathy, 2008*). Ma ehhez képest akár egy hónappal korábban is lehet szüretelni egyes fajtákat. Ezt a trendet a Rajna vidékén is megállapították (*Stock et al., 2003*). De nemcsak a szüret, hanem minden növekedési fázis is előbbre tolódik, illetve egyes fejlődési időszakok is lerövidülhetnek. Ez előnyös is lehet, ugyanis a májusi melegben a megszokottnál gyorsabban növekednek a hajtások, így az atkáknak nem marad elég idejük a nagyarányú

károsításra. A jobb fényviszonyoknak köszönhetően a rügyek termékenyebbek. A virágok nyílási időszaka is lerövidül, valamint javulnak a megporzás és a megtermékenyülés feltételei is (Zanathy, 2008).

Magyarországon jelenleg korai és közép érésű szőlőfajtákat termesztnek, de Horváth (2008) vizsgálatai szerint az elkövetkező évtizedekben biztosabbá válhat a késői érésű fajták termesztése is. Ennek oka az éghajlat utóbbi évtizedekben tapasztalható egyértelmű melegedő tendenciája. Ez a változás kedvezően hat a vörösborszőlők termesztésére is, így várható ezek arányának megnövekedése a fehérborszőlőkkel szemben, mert meleg időben intenzívebbé válik a színanyagok termelődése (Zanathy, 2008). Osztrák és német kutatások (Stock et al., 2003) azt mutatják, hogy 2020-as évekre Ausztriában és Németországban a vörösbort adó szőlők száma megháromszorozódhat a fehérbor adó szőlők kárára a 2000-es évek termőterületi viszonyaihoz képest.

Jelen kutatás keretében a szőlőtermesztés és a regionális éghajlatváltozás hazánkban eddig még nem vizsgált összefüggéseit tártuk fel. Ennek során modelleredmények felhasználásával Magyarország térségére vizsgáltuk a 2100-ig terjedő időszakra a szőlőtermesztést meghatározó indexek változásait és azok területi eloszlását. A meteorológiai állapothatározók értékeit a RegCM regionális klímamodell outputjai (minimum, maximum és átlagos napi hőmérséklet, valamint napi csapadékösszeg) szolgáltatták. Ezen korrigált adatokat felhasználva számítottuk ki Magyarország borvidékeire a Huglin-féle és a bioklimatikus indexet, valamint az effektív és az aktív hőösszeget az 1950–2100 közti időszakra. Emellett figyelembe vettük a csapadék mennyiségének és időbeli eloszlásának várható változását is.

2. Anyag

A Kárpát-medence a szőlőtermesztés északi határán terül el. Bár az ország területének több mint fele síkság (tengerszint feletti magasság < 200 m), a medence jellegnek és a változatos kistájaknak köszönhetően, gazdag mezo- és mikroklímákban, ami sokszínűvé teszi a mezőgazdasági termelést, így a szőlőtermesztést is. Magyarország 22 borvidéke a környezeti adottságok hasonlósága alapján 5 régióra osztható (Alföld, Északi-középhegység, Dunántúli-középhegység, Dunántúli-dombság, Alpokalja). Vizsgálatainak részben e régiókra vonatkoztatva, részben az egész Kárpát-medencét lefedő 25 km × 25 km-es szabályos rácsra végeztük el.

Számításainkhoz az ENSEMBLES Európai Unió projekt (van der Linden and Mitchell, 2009) keretében elvégzett modellszimulációk közül a RegCM regionális klímamodell (Pongrácz et al., 2011) outputjait (napi minimum-, maximum- és átlaghőmérséklet, valamint csapadékösszeg) használtuk fel. Ez a modellfuttatás 25 km-es horizontális felbontást alkalmazott, így a szimulált mezősorok a hazai szőlészeti szempontból kedvező mikroklímák leírására nem alkalmas, de a várható tendenciák vizsgálatához kielégítő. A feldolgozott adatok az északi szélesség 44°–50°, valamint a keleti hosszúság 14°–26° közti területre vonatkoznak, s a nyers modelloutputokon elvégzett ún. kvantilis-alapú hibakorrekciónal (Formayer and Haas, 2009) állították elő azokat. Az eljárás során a szimulált napi mezősorokat az állomási méréseken alapuló E-OBS adatbázis (Haylock et al., 2008) rácspontonként meghatározott havi eloszlásai alapján korrigálták (Piecza et al., 2011).

3. Módszer: a vizsgált indexek

A szőlőtermesztés hatékonysága klimatikus szempontból különböző indexekkel írható le. Vizsgálataink során a következő indexek várható változásait elemeztük: effektív hőösszeg, aktív hőösszeg, Huglin-féle heliotermikus index, valamint a bioklimatikus index.

Az *effektív hőösszeg* – pusztán a napi középhőmérsékletek ismeretében – könnyen meghatározható, hogy az adott terület mely szőlőfajták termesztésére alkalmas. Ehhez a vegetációs időszak napi középhőmérsékleteit kell összegezni. Hasonló mérőszám az *aktív hőösszeg*, de ez esetben csak a 10 °C-nál nagyobb értékeknél, a 10 °C feletti részt adjuk össze (1. táblázat).

Fajta	Effektív hőösszeg	Aktív hőösszeg	Napok száma
	a rügyfakadástól a bogyók teljes éréséig		
Igen korai érésű	2200–2400 °C	690–850 °C	110–120
Korai érésű	2400–2600 °C	850–1150 °C	120–130
Középérésű	2600–2800 °C	1150–1350 °C	130–145
Kései és igen kései érésű	2800 °C felett	1350 °C felett	145 felett

1. táblázat: szőlőfajták csoportosítása az effektív, az aktív hőösszeg alapján (Kozma, 1991)

A *Huglin-féle heliotermikus index* (heliothermal index, HI) nemcsak az átlaghőmérséklettel, hanem a napi maximum hőmérséklettel, és a földrajzi szélességtől függő d értékkel is korrigálva ad egy értéket, mely meghatározza, hogy az adott területen mely fajtáknak kedveznek a körülmények. A Huglin-index a következő alakban írható fel:

$$HI = d \sum_{04.01.}^{09.30.} \frac{[(T - 10) + (T_x - 10)]}{2}, \quad (1.)$$

ahol d a földrajzi szélességtől függő érték, ami 1,02-től (északon a 40° földrajzi szélesség környéke) 1,06-ig (északon az 50° földrajzi szélesség környéke) változhat, T az átlagos, T_x pedig a maximum léghőmérséklet (°C). A fentiekhez hasonlóan, itt is csak a vegetációs időszakban mért értékeket vesszük figyelembe. Az ily módon kiszámított értékek alapján tehát megadható, hogy az adott terület klimatikus (elsősorban hőmérsékleti) körülményei mely szőlőfajtának kedveznek (2. táblázat).

Huglin-index	Fajta
2300	<i>Aramon</i>
2200	<i>Carignan</i>
2100	<i>Cinsaut, Grenache, Syrah</i>
2000	<i>Ugni blanc</i>
1900	<i>Chenin blanc, Olaszrizling, Merlot, Cabernet Sauvignon</i>
1800	<i>Cabernet franc, Kékfrankos</i>
1700	<i>Chardonnay, Rajnai rizling, Szilváni, Sauvignon blanc, Pinot noir</i>
1600	<i>Pinot blanc, Fűszeres tramini, Gamay</i>
1500	<i>Rizlingszilváni</i>
1400	<i>Csaba gyöngye, Irsai Olivér</i>

2. táblázat: A Huglin-féle index értékei és az ajánlott szőlőfajták (Kozma, 1991 alapján)

A *bioklimatikus index* az eddigiektől eltérően éves értékekkel dolgozik, viszont a csapadék mennyiségét is figyelembe veszi. Értéke az alábbi módon határozható meg:

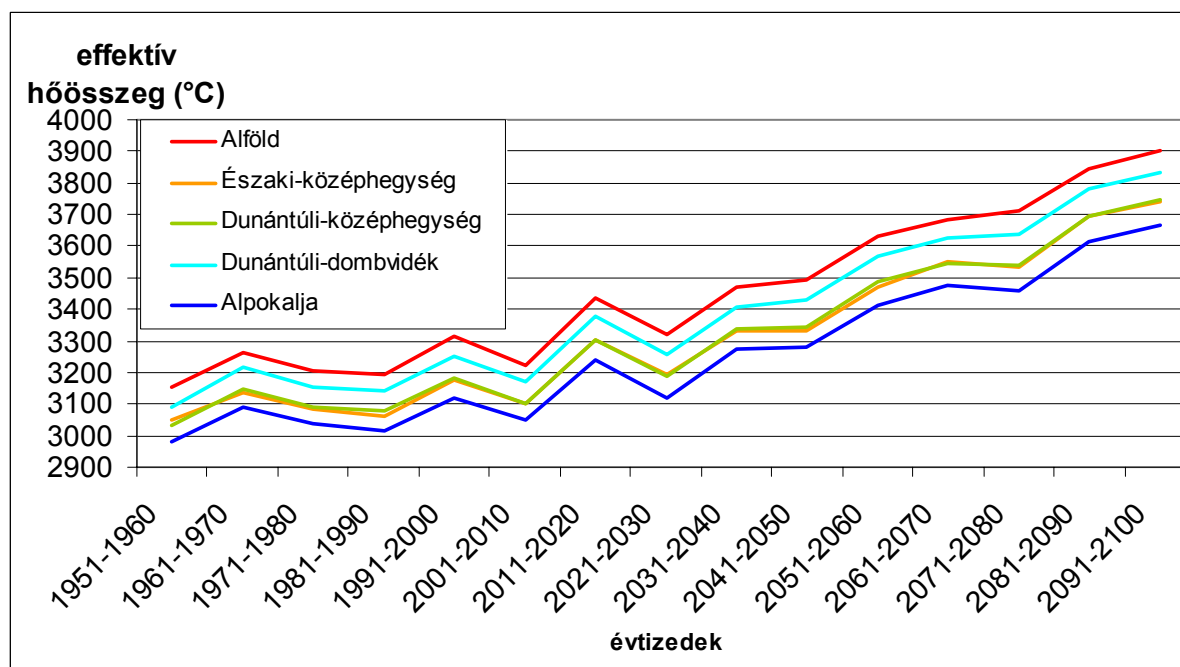
$$T_{bci} = \frac{T_e I_e}{10PN}, \quad (2.)$$

ahol T_e az effektív hőösszeg (°C), I_e az effektív besugárzás összege a vegetációs időszak alatt (óra), P a csapadék a vegetációs időszakban (mm) és N a vegetációs periódus hossza (nap). Ez az index azonban nem a fajtaválasztást segíti, hanem arról ad tájékoztatást, hogy az adott területen jövedelmező-e szőlőt termelni vagy nem. Ha a bioklimatikus index 2–5 között mozog, ott a szőlőtermesztés kevésbé jövedelmező. 6–10 közti eredményt adnak a közepes és jó termőterületek és 11-nél nagyobbat az igen kedvező feltételekkel rendelkező térségek (Kozma, 1991).

4. Eredmények

A rendelkezésre álló adatok alapján a szőlőtermesztés hatékonyságára utaló különböző indexek változásait vizsgáltuk Magyarország egyes régióira (borvidékek szerint csoportosítva), illetve a teljes Kárpát-medence térségére. Elsőként az effektív és az aktív hőösszegre vonatkozó elemzéseket mutatjuk be.

Korábbi elemzések kimutatták, hogy a bemenő adatbázisként szolgáló RegCM regionális modell eredményei évszakos szinten a hőmérséklet növekedését prognosztizálják Magyarország térségére. (Pongrácz *et al.*, 2011). Ez a növekvő tendencia megfigyelhető a vegetációs időszakban az effektív és aktív hőösszeg növekedésében is (1., 2. ábra).

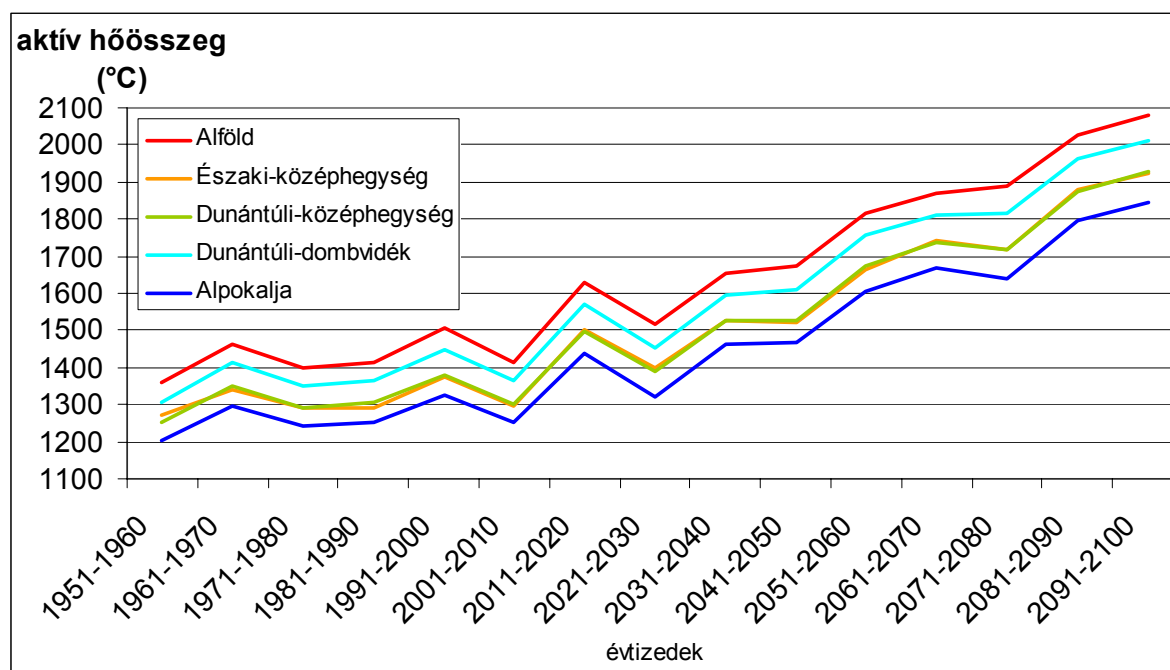


1. ábra: Az effektív hőösszeg változása 1951–2100 között évtizedes bontásban Magyarország egyes régióiban.

Bár az egyes régióknak más klimatikus adottságai vannak, így az átlagos effektív és aktív hőösszegük is különbözik, de a változások hasonló irányúak, és nagyságuk is közel azonos. A

modellszimulációk alapján az effektív hőösszeg értékében több mint 20%-os változás figyelhető meg 1951 és 2100 közötti periódusban mind az öt vizsgált régióban.

A szakirodalomban inkább az aktív hőösszeggel jellemzik a termőterületet. A XX. század végén a Kárpát-medencében az aktív hőösszeg 1200–1500 °C között változott területtől függően. Legmagasabb értékek az Alföldön fordultak elő. Ennek oka az lehet, hogy a modelladatok 25 km-es felbontása a domborzati különbségeket jelentős mértékben kiegyenlíti a magassági viszonyok átlagolása miatt. Emellett a szőlőtermesztésben egyik legfontosabb tényező a lejtőkitettségből származó többletenergia sem jelenik meg a számításokban.

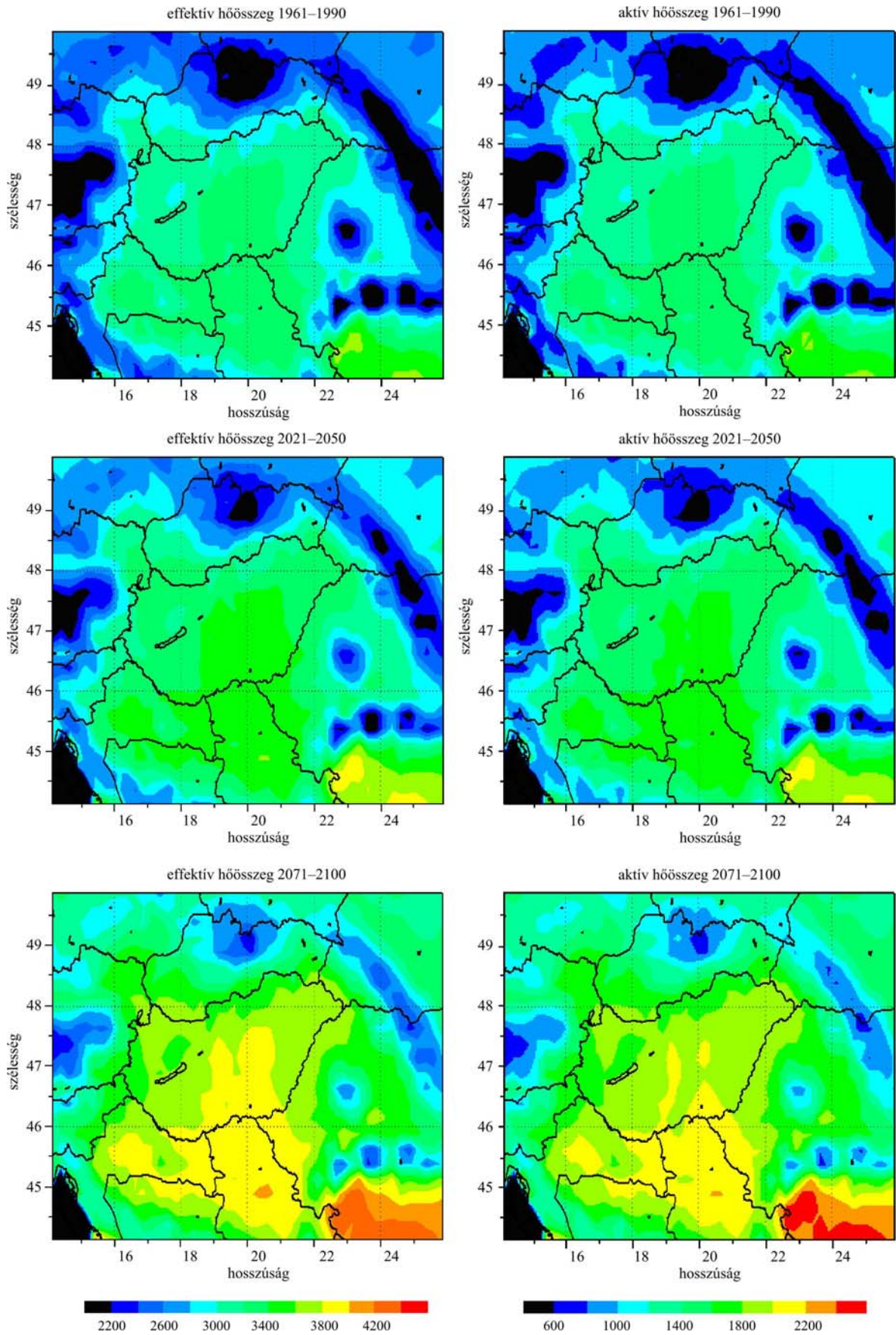


2. ábra: Az aktív hőösszeg változása 1951–2100 között évtizedes bontásban Magyarország egyes régióiban.

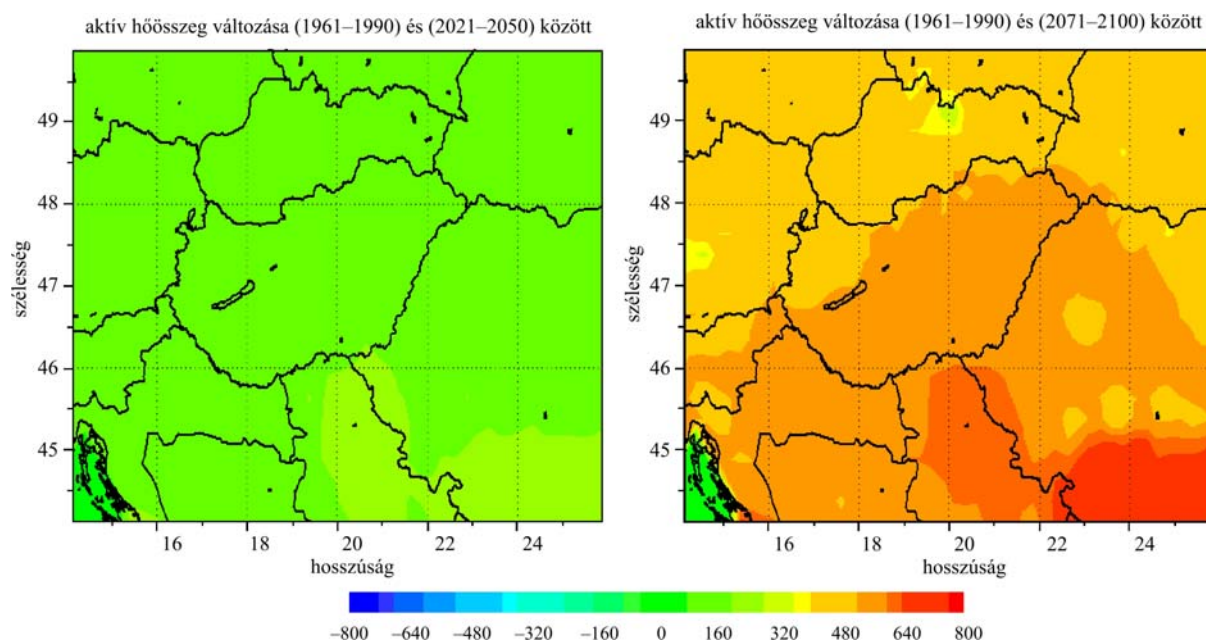
Az aktív hőösszeg becsült változása még nagyobb a XXI. század folyamán, mint az effektív hőösszegé ugyanerre az időszakra. Az aktív hőösszeg 2100-ra akár 40%-kal is növekedhet a modelleredmények alapján.

Az alábbiakban megvizsgáltuk az effektív és az aktív hőösszegek átlagos térbeli eloszlását a Kárpát-medence térségében három időszakra vonatkozóan: az 1961–1990, 2021–2050 és 2071–2100 közötti periódusokra (3. ábra). Mindkét esetben a Duna-Tisza közén várható a legnagyobb mértékű emelkedés az évszázad végére.

Pusztán a hőösszegek figyelembe vétele azt sugallja, hogy Magyarországon már az 1950-es évektől a kései érésű fajták termelése volt gazdaságos. Ugyanakkor a XX. század végi klimatikus és egyéb körülmények elsősorban a korai érésű fajták beérését biztosította, de a középérésű fajták telepítése is indokolt lehetett megfelelő domborzati, illetve mikroklimatikus adottságok mellett. Hazánkban elsősorban fehérbort adó fajták termesztésének kedveztek az éghajlati tényezők.

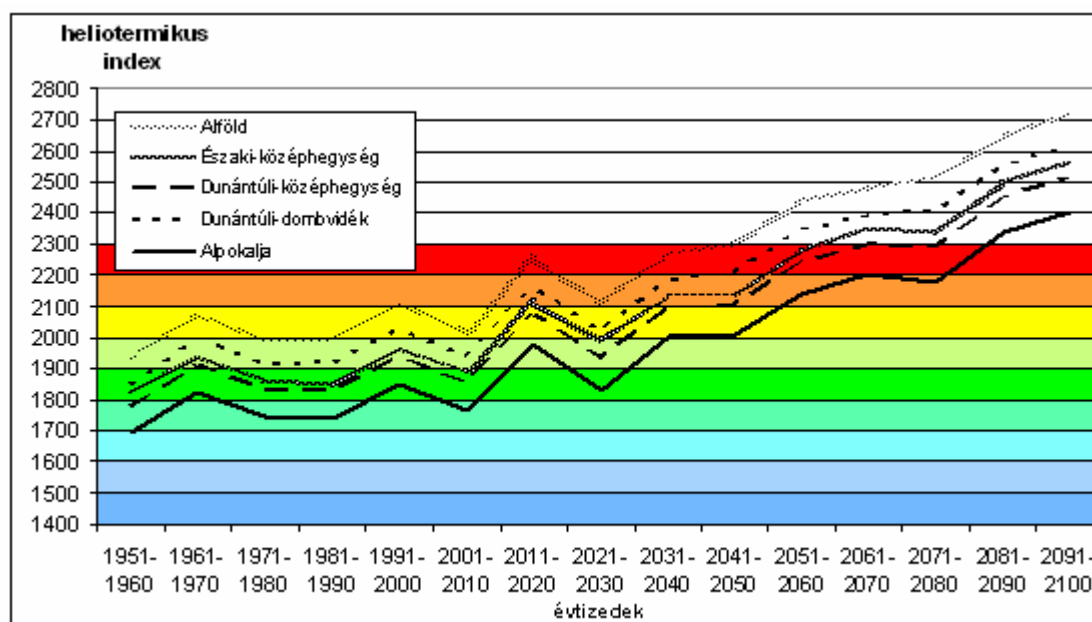


3. ábra: Az effektív és az aktív hőösszeg térbeli eloszlása a Kárpát-medncében (1961–1990; 2021–2050; 2071–2100)



4. ábra: Az aktív hősszeg várható változása 2021–2050-es és 2071–2100-as időszakra a Kárpát-medencében az 1961–1990-es referencia időszakhoz viszonyítva

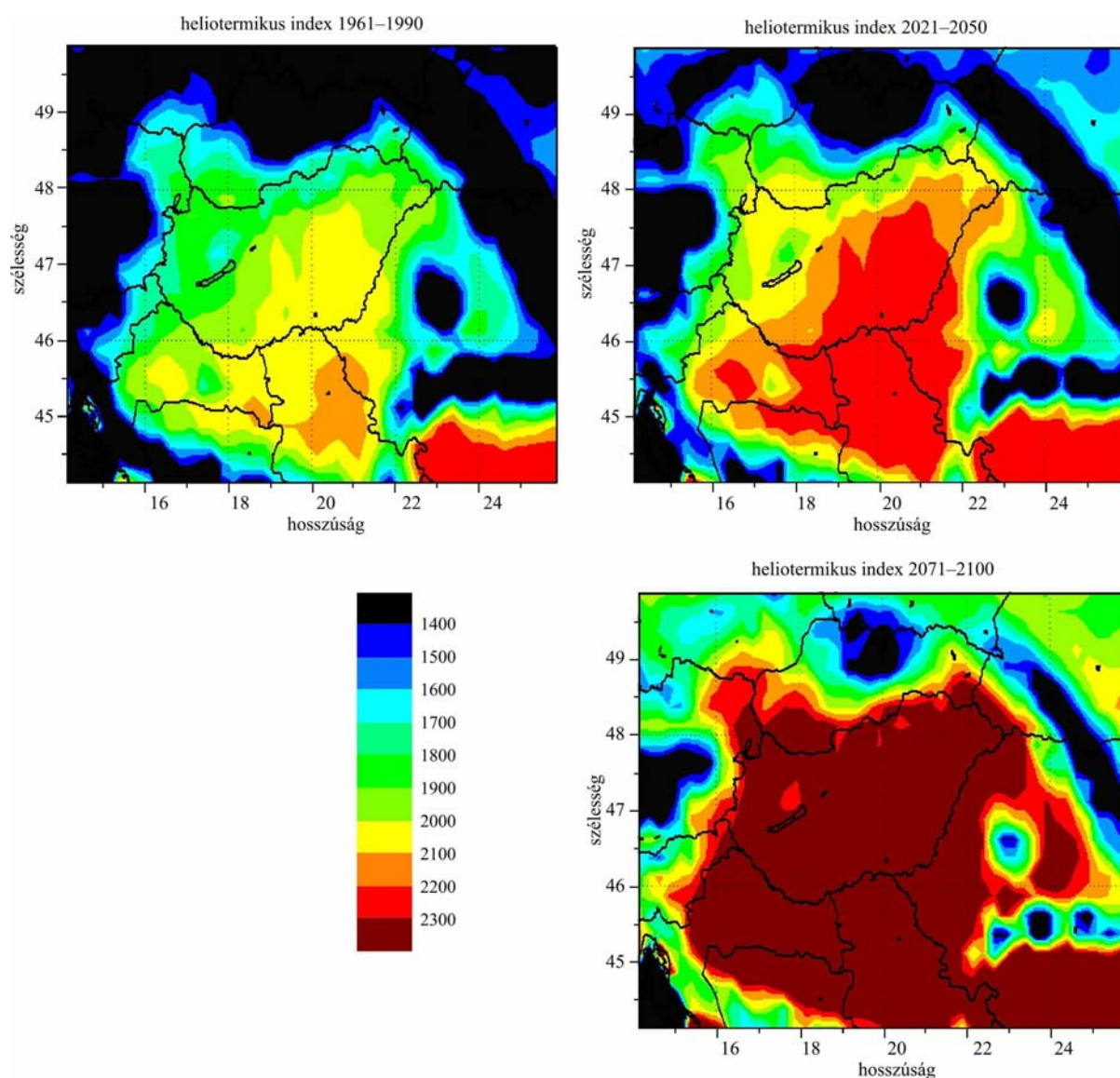
A változások mértéke jóval erősebb a XXI. század második felében (4. ábra). Ekkorra várható, hogy a klimatikus tényezőkben bekövetkező változások biztonságossá tehetik a késői és igen késői fajták termesztését. Ezzel párhuzamosan a várható hőmérsékleti tartomány megfelelő lesz a vörösbort adó fajták szín- és aromaanyagának kifejlődéséhez is, így várhatóan a vörösbort adó fajták aránya nőni fog a fehérbort adókéval szemben.



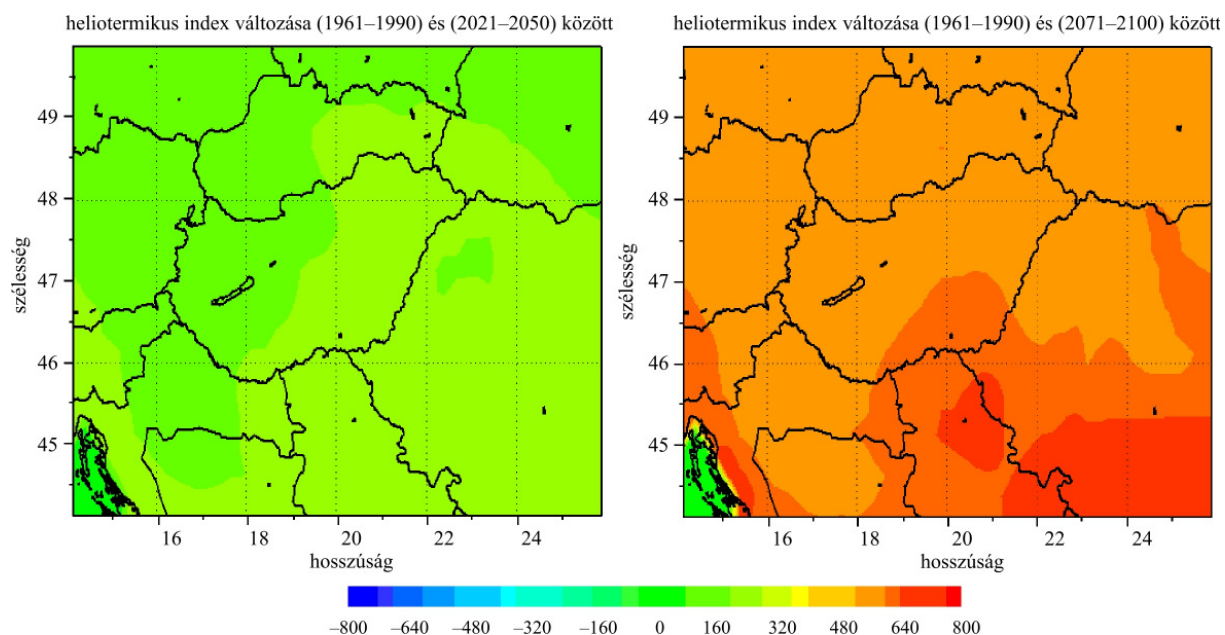
5. ábra: A Huglin-féle heliotermikus index változása 1951–2100 közti időszakban évtizedes felbontásban

A Huglin-féle heliotermikus index értékeinek változása is az előzőekhez hasonlóan alakul. Az 1961–1990 közti időszak alatt ennek az indexnek az értéke a Kárpát-medencében 1700–2000 között változott, ami a modellszimulációk alapján a 2071–2100 közti időszakra várhatóan 2300 körüli értékeket fog felvenni (5. ábra), amelyek a legmagasabb értékek a Huglin-skálán (2. táblázat). Ez azt jelenti, hogy akár 3–5 kategóriát is növekedhet az egyes termőterületre ajánlott szőlőfajta minősítése. Ennél az indexnél is területi eltéréseket tapasztalunk az egyes borrégiók kapcsán, de ezek, a változás közel azonos mértéke miatt a XXI. század végén is megmaradnak. Így a XXI. század végére a Kárpát-medence éghajlata alkalmassá válhat olyan szőlőfajták termesztésére is, melyeket ma például Franciaország mediterrán területein termesztenek.

A Huglin-index különböző időszakokra vonatkozó átlagos térbeli eloszlását a 6. ábra, a referencia időszakra vonatkozó változás mértékét pedig a 7. mutatja.



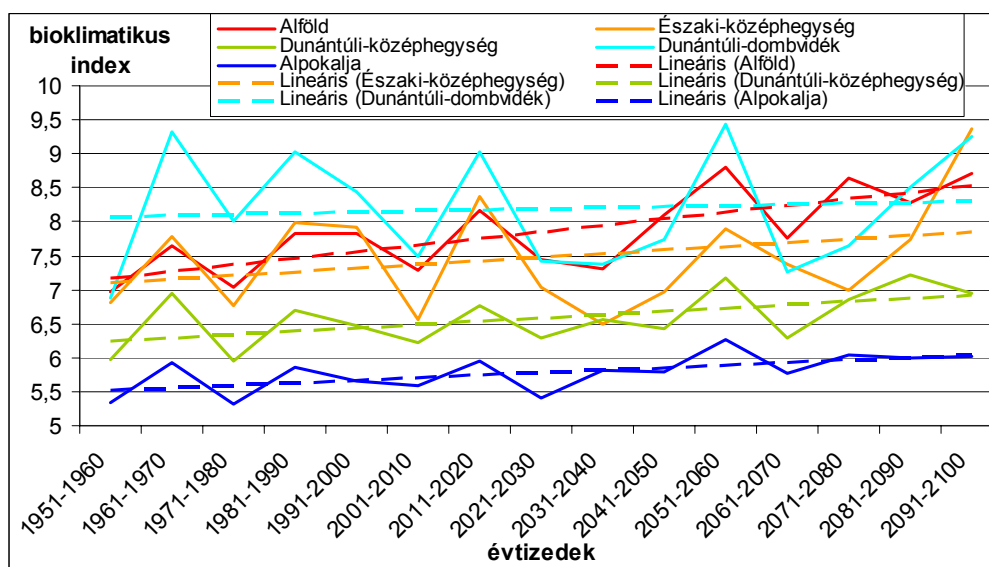
6. ábra: A Huglin-féle heliotermikus index változása a Kárpát-medencében (1961–1990; 2021–2050; 2071–2100)



7. ábra: A heliotermikus index várható változása 2021–2050-es és 2071–2100-as időszakokra a Kárpát-medencében az 1961–1990-es referencia időszakhoz viszonyítva

A klimatikus hatások összességében mutatkozó bizonytalanságot erősíti a bioklimatikus indexszel végzett számítás is, mely a termőhely alkalmasságára utal sugárzási, hőmérsékleti és csapadékatatok alapján. A hőmérséklet és csapadék adatokat itt is a RegCM klímamodell outputjai szolgáltatották. A sugárzási összegre vonatkozóan nem álltak rendelkezésre adatok, ezért azt csak közelítőleg tudtuk figyelembe venni Ács and Mihailovic (1982) valamint Péczely (1979) alapján.

A bioklimatikus index várható alakulását a 8. ábra mutatja. Ez esetben a változások nem olyan jelentősek, mint a korábban bemutatott hőmérsékleti indexeknél. Az állapothatározók együttes figyelembe vétele tompítja a hőmérséklet emelkedésének markáns hatását, de a növekedés itt is egyértelműen látszik.



8. ábra: A bioklimatikus index alakulása az egyes borrégiókban évtizedes felbontásban

Összességében megállapíthatjuk, hogy a mai borrhéiók a későbbiekben is alkalmasak lesznek minőségi szőlőtermesztésre, és várhatóan még javulnak is a környezeti (klimatikus) adottságaik. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy mind az extrém magas hőmérsékletek, mind a csapadék időbeli eloszlása módosíthatják a kapott eredményeket. Az osztrák kutatók (*Stock et al.*, 2003, 2007) is hangsúlyozzák, hogy a Huglin-index egy hőmérsékleti index, így a csapadékeloszlást sem veszi figyelembe, melynek jelentős befolyása van a termés minőségére és mennyiségére. Ezenkívül a RegCM 25 km-es felbontás nem teszi lehetővé a lokális különbségek kimutatását, pedig a szőlő termeszthetőségét egy adott területen gyakran ilyen tényezők (például a lejtőkitettség) teszik lehetővé. Mindezek ellenére az alkalmazott indexek értékében várható azonos irányú és sok esetben jelentős várható változások rávilágítanak annak fontosságára, hogy a szőlőtermesztés során fokozatosan alkalmazkodni kell a környezeti körülményekben történő változásokhoz.

5. Megvitatás

Eredményeink azt mutatják, hogy a klímaváltozás hatására a magyar szőlőtermelés várhatóan jelentős átalakuláson fog átmenni a következő évtizedekben. Az átlaghőmérséklet emelkedése miatt előtérbe kerülhetnek a vörösbort adó szőlőfajták, megjelenhet hazánkban eddig nem termesztett nagy hőigényű, illetve késői érésű fajta és esetlegesen újabb területek (pl. domboldalak magasabb régiói) válhatnak alkalmassá a hatékony szőlőművelésre. Ugyanakkor a csapadék módosító hatása már nem ilyen egyértelmű. A légköri állapotjelzők együttes vizsgálata alapján már kevésbé jelentős változások valószínűsíthetők, mint pusztán a hőmérsékletet figyelembe véve, de ez esetben is egyirányú a várható változások tendenciája. Mindezek mellett a szélsőségek hatását sem lehet elhanyagolni, melyek sok esetben markánsabb választ váltanak ki a növényekből, mint az átlagos környezeti ingerek változásai. Ezeknek a tényezőknek a vizsgálata a további kutatásaink részét képezi.

Vizsgálataink során kizárólag klimatikus szempontokat vettünk figyelembe. Azonban nem szabad pusztán éghajlati eredményekre alapozni a szőlő és környezeti közti kapcsolat leírását, mert a talajtani és biotikus tényezők szintén fontosak. Emellett a mezőgazdaság egy dinamikusan fejlődő gazdasági ágazat. Az új művelésmódok lehetővé tették rövid idő alatt is (mely során számottevő környezeti változásról nem beszélhetünk) a termelés minőségének javítását, ami a jövőben is tompíthatja a környezeti hatásokban bekövetkező változások hatásait.

Köszönetnyilvánítás

A modelladatokért és a szakmai tanácsokért köszönet illeti Pongrácz Ritát és Bartholy Juditot. A felhasznált 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 K81933 és K81975 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).

Irodalomjegyzék

- Ács, F., Mihailovic, T.D., 1982: A napfénytartam évi menetének harmonikus analízise. *Időjárás*, 86. 6., pp. 338–342.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., 2007: Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, 57. pp. 83–95
- Csapó, P., 1984: Szőlőültetvények téli fagykárainak becslése. *Légekör* 29. 1., pp. 19–21.
- Csapó, P., 1988: Szőlőfagykárak becslése hőmérsékleti adatok alapján. *Légekör* 33. 1., pp. 17–19.
- Dunkel, Z., Kozma, F., 1981: A szőlő téli kritikus hőmérsékleti értékeinek területi eloszlása és gyakorisága Magyarországon. *Légekör* 26. 2., pp. 13–15.
- Dunkel, Z., Kozma F., Major Gy., 1981: Szőlőültetvényeink hőmérséklet- és sugárzásellátottsága a vegetációs időszakban. *Időjárás*, 85, 4., pp. 226–234.
- 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 highresolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006., *J. Geophys. Res.*, 113, D20119, doi:10.1029/2008JD010201, pp. 12
- Horváth, Cs., 2008: A szőlő és a klímaváltozás. *Kertészet és szőlészet 2008*. 57. 50., pp. 12–15.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L., eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. 996p.
- Kozma, P., 1991: A szőlő és termesztése I. *Akadémiai Kiadó*, pp. 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. Pp. 164
- Makra, L., Vitányi, B., Gál, A., Mika, J., Matyasovszky, I., Hirsch, T., 2009: Wine Quantity and Quality Variations in Relation to Climatic Factors in the Tokaj (Hungary) Winegrowing Region. *Am. J. Enol. Vitic.* 60:3, 312–321.
- Péczy, Gy., 1979: Éghajlat. *Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt.*, pp. 277–284.
- Pieczka I., Pongrácz R., Bartholy J., Kis A., Miklós E., 2011: A szélsőségek várható alakulása a Kárpát-medence térségében az ENSEMBLES projekt eredményei alapján. In: 36. Meteorológiai Tudományos Napok - Változó éghajlat és következményei a Kárpát-medencében. (Szerk.: Lakatos M.) Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest. pp. 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, pp. 387–398.
- Stock, M., Badeck, F., Gerstengarbe, F.-W., Kartschall, T., Werner, P. C., 2003: Weinbau und Klima—eine Beziehung wechselseitiger Variabilität, *Terra Nostra 2003/6*: 6. *Deutsche Klimatagung*, pp. 422–426.
- Stock, M., Badeck, F., Gerstengarbe, F.-W., Hoppmann, D., Kartschall, T., Österle, H., Wrener, P.C., Wodinski, M., 2007: Perspektiven der Klimaänderung bis 2050 für den Weinbau in Deutschland (Klima 2050). *Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V.*

- Tonietto, J., Carbonneau, A.*, 2004: A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide, *Agricultural and Meteorology*, 124 (2004), pp. 81–97.
- Varga, I.*, 2005: Klímaváltozás okozta kihívások és lehetőségek. *Kertészet és szőlészet* 2005/22, pp. 10–11.
- Varga, Z., Varga-Haszonits, Z., Enzsőlné Gelencsér, E., Milics, G.*, 2007: Az éghajlati változékonyság hatása a szőlőtermesztésre. *Kertgazdaság*, 2007. 39. (2), pp. 27–34.
- Varga-Haszonits, Z., Varga, Z., Lantos Zsuzsanna, Enzsőlné Gelencsér, E.*, 2006: Az 1951–2000 közötti időszak hőmérsékleti maximum értékeinek agroklimatológiai elemzése.”Agro–21” Füzetek Klímaváltozás–Hatások–Változások 2006. 47. pp. 55–69.
- Vingarzan R.*, 2004: A review of surface ozone background levels and trends. *Atmospheric Environment* 38, 3431–3442.
- Zanathy, G.*, 2008: Gondolatok a klímaváltozás szőlőtermesztésre gyakorolt hatásáról, *Agro napló* 2008. 12. 2., pp. 92–94.