

Blanka Viktória¹ – Mezősi Gábor²

A KLÍMAVÁLTOZÁS VÁRHATÓ KÖRNYEZETI HATÁSAI AZ ALFÖLDÖN³

BEVEZETÉS

A globálisan átlagolt levegő- és óceán-hőmérséklet emelkedéséből, a hó- és jégtakaró kiterjedt olvadásából és a globális átlagos tengerszint emelkedés megfigyeléséből az éghajlati rendszer melegedése mára egyértelműen igazolhatóvá vált. Bizonyos gazdasági tevékenységekből, életviteli szokásokból adódóan ugyanis a légkör kémiai összetétele megváltozott a légkörbe jutó szennyezőanyagok, üvegházgázok koncentrációjának növekedése miatt. Az elmúlt 100 évben (1906–2005) az üvegházgázok mennyiségének növekedése és a melegedés között egyértelmű kapcsolatot mutattak ki. A globális felszínhőmérséklet emelkedésének mértéke 0,56-0,92 °C volt az elmúlt 100 év alatt, sőt az utolsó 50 évben a lineáris melegedési trend közel kétszerese az utolsó 100 év átlagának (IPCC 2007).

A globális trendekhez hasonlóan az elmúlt évszázadban Magyarországon is az éghajlat melegedését tapasztalták (Bihari et al. 2006). A melegedés mértékét homogenizált adatsorok alapján vizsgálta Szalai és Szentimrey (2001), eredményeik alapján a melegedés mértéke hazánkban a globális tendenciákkal összhangban van, de azoknál valamivel nagyobb. A csapadék meglehetősen változékony időjárási elem a Kárpát-medencében, mennyisége évről évre nagyon szeszélyesen ingadozik, amit jól mutat, hogy a legcsapadékosabb években háromszor annyi csapadék eshet, mint a legszárazabb években, emellett minden hónapban előfordulhat olyan eset, hogy egyáltalán nem esik csapadék (http://owww.met.hu/eghajlat/visszatekinto/elmult_evek/). A csapadékmennyiség változásában Magyarországon, az éves csapadékösszeg az elmúlt évszázadban tapasztalt változékonysága ellenére is jól kimutatható egy csökkenő tendencia. (http://owww.met.hu/eghajlat/Magyarorszag/altalanos_jellemzes/csapadek/).

Az elmúlt évszázadban megfigyelt klímaváltozásnak mára jól észlelhető természeti következményei vannak, melyet számos kutatás igazolt. A legfontosabb kimutatott természeti átalakulások például a talajvízszint süllyedés a Duna-Tisza közén (Kuti et al. 2002, Rakonczai 2011) a táj és a vegetáció átalakulása (Kovács 2006, Rakonczai et al. 2008, Tóth et al. 2008), emellett a klíma változásának a mezőgazdasági termelésre is kedvezőtlen hatása van (Boncz és Míka 1984, Varga-Haszonits 2003).

Mivel a regionális éghajlati változások sok természeti rendszerre vannak hatással, ezért a klíma várható jövőbeni alakulásának ismerete számos területen jelenthet segítséget. Erre jelenleg a legalkalmasabb módszer a klíma modellek alkalmazása. A jövőben várható klímaváltozás modellezésére a globális modellek mellett kifejlesztésre kerültek a regionális klíma modellek, amelyek egy kisebb területre részletesebb és pontosabb adatokat szolgáltatnak.

A klíma hosszú távú előrebecslésére számos regionális léptékű modell használható, általában max. kb. 25x25 km-es felbontásig, A regionális klímamodellezésre a Kárpát-medencére is számos vizsgálat készült, többféle modell felhasználásával (ALADIN, REMO, PRECIS, RegCM) (Szépszó et al. 2008)

¹ **Blanka Viktória:** Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék
E-mail: blankav@geo.u-szeged.hu

² **Mezősi Gábor:** Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék
E-mail: mezosi@geo.u-szeged.hu

³ A kutatást „Az SZTE Kutatóegyetemi Kiválósági Központ tudásbázisának kiszélesítése és hosszú távú szakmai fenntarthatóságának megalapozása a kiváló tudományos utánpótlás biztosításával” című, TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0012 azonosítószámú projekt támogatja

Főként a REMO és az Aladin modell által számolt hőmérséklet és csapadék, valamint extrém értékek alapján az alábbi tendencia megfogalmazható, de más modellek is hasonló trendet valószínűsítene. A modellek adatai alapján áttekintően az mondható, hogy a 2100-ig terjedő időszakban a Kárpát-medencében a hőmérséklet folyamatos emelkedése mellett, a csapadék inkább éven belüli eloszlásának, mint jelentős mennyiségi változásával számolhatunk Pieczka et al. 2011, Szépszó és Horányi 2008, Szabó et al. 2011, Bartholy et al. 2007. A nyári félév 15-20%-os csökkenése a téliben nagyrészt kompenzálódik (Szabó et al. 2011).

MÓDSZEREK

A klíma adatok számítása

Az elemzés során a klimatikus paraméterek változását az ALADIN (www.cnrm.meteo.fr/aladin) modell alapján számítottuk. A modell számításai 25 km-es felbontásban készültek, az alkalmazott forgatókönyv az A1B volt, ami az átlagosnak tekinthető változásokat reprezentálja. A klíma adatok előállítását az OMSZ Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztályán történt.

A számítások során a 2021-50 és 2071-2100 évekre napi hőmérséklet és csapadékadatokat használtunk. *A két modellezett időszakra (2021-2050 és 2071-2100) a hőmérséklet és csapadék adatokból évi és havi átlagos értékeket számítottunk. A hőmérséklet eltérése az 1961-90-es bázis adatoktól °C-os eltérésben, a csapadékadatok mm-es eltérésben vannak számítva.*

Ezek mellett az időszakokra havi átlagos szélsőségek is kiszámításra kerültek. A modellből a rácsponti adatokból a hőmérséklet és csapadék mellett extrém értékek (nyári napok szám (SU): nap/év, fagyos napok száma (FD): nap/év, extrém csapadékú napok száma 30 mm feletti csapadék (RR30) nap/év, csapadékintenzitási index (SDII): mm/nap)) változását is számítottuk a két modellezett időszakra (2021-2050 és 2071-2100) és évi átlagos értékeket számítottunk

Aszályveszély változásának vizsgálata

Az aszályveszély meghatározása és számszerűsítésére megfelelő módszer lehet valamilyen aszályossági vagy ariditási index számítása. Erre a csapadék, hőmérséklet vagy a talajnedvesség, ill. a vízháztartás változásának számításán alapuló index, mérleg-index és más ún. rekurzív index használatos (ez utóbbiak közül az USA-ban rendszeresen használt Palmer-index a legismertebb).

Az aszályossági indexeket eredetileg egyes időszakok, évek aszályosságának jellemzésére fejlesztették ki, jelen esetben viszont a 30 éves periódusok átlagos aszályossági értékét mutatja. Az egyes évek aszályossága a tájegységeken ettől jelentősen eltérhet, de a modellezés bizonytalanságai miatt ennél rövidebb időszakokra nem éreztük célszerűnek az index számítását. Emellett a területi tervezés számára is feltehetőleg alkalmasabb egy olyan érték, ami a területek átlagos viszonyait, a várható tendenciákat mutatja.

A havi csapadék és hőmérséklet adatokat használó egyszerűsített PaDi indexet, a PaDI₀ értékeket számítottuk ki a 2021-50 és a 2071-2100 időszakra, amihez a napi adatsorokból havi átlagos hőmérséklet és csapadék értékeket számítottunk az időszakokra.

PaDI₀ index:

$$PaDI_0 = \frac{\left[\sum_{i=apr}^{aug} T_i \right] / 5 * 100}{\sum_{i=oct}^{sept} (P_i * w_i)}$$

ahol T_i – havi középhőmérséklet értéke, áprilistól augusztusig; P_i – havi csapadékösszeg, októbertől szeptem; w_i – súlyozó tényező (októberben 0,1, novemberben és decemberben 0,4, januártól áprilisig 0,5, májusban 0,8, júniusban 1,2, júliusban 1,6, augusztusban 0,9 és szeptemberben 0,1). A havi súlyozás alapján jól látható, hogy elsősorban a vegetációs időszakban jelentkező aszály számítására koncentrált, de a tapasztalatok alapján megfelelően jellemzi az aszályosság mértékét a kárpát-medencei klimatikus viszonyok mellett.

A szélrózsió veszély változásának becslése

A szélrózsió-veszély jövőbeli változását a leginkább szélrózsió veszélyes tavaszi időszakban, márciusban és áprilisban vizsgáltuk. A bemutatott elemzés csupán a klimatikus tényezők változást vizsgálja a 2021-2050 és a 2071-2100 időszakok között. A tényleges erózióveszélyt emellett a talaj erodálhatósága, a növényborítás vagy mezőgazdasági területeken a művelési mód jelentősen módosíthatja. Éppen ezért ez az elemzés a tényleges erózió-veszélyeztetettség helyett inkább azt mutatja, hogy mely területeken kell a jövőben a klimatikus paraméterek változása miatt a szélrózsió fokozódására számítani.

A szélrózsiót befolyásoló legfontosabb környezeti tényezők a talaj erodálhatósága, a felszín érdessége, a Klimatikus paraméterek alapján meghatározott klíma-erozivitás, a szélhossz szélirányban és a vegetáció borítás. Ezek közül a jelenlegi vizsgálat során a klíma-erozivitás változását becsüljük a 21. századra.

A klíma-erozivitás, vagyis a klíma faktor (C) számítása:

$$C = 386 * u^3 / (PE)^2$$

ahol u: havi átlagos szélesség; PE: Thornthwaite csapadék hatékonyság index

$$PE = 3.16 * P_i / (1.8 T_i + 22)^{10/9}$$

ahol P_i : havi csapadék (mm); T_i : havi átlaghőmérséklet

EREDMÉNYEK

Klímaváltozás az ALADIN modell alapján 2021-2050 és 2071-2100 időszakokra

Az évi középhőmérséklet az ország egész területén növekszik az 1961-1990 időszakhoz viszonyítva az ALADIN modell alapján 2021-2050-ig 1,6-2 °C –kal, míg 2071-2100-ig 3,2-3,7 °C –kal. Az ország kis területéből adódóan a hőmérsékletváltozásban nagy regionális különbségeket nem jeleznek a modellek. Az évi középhőmérséklet változásának különbsége az országon belül 0,4-0,5 °C a két modellezett időszakban. A hőmérsékleti szélsőségekre jellemző, hogy a nyári napok száma növekszik, a fagyos napok száma viszont csökken. Itt az évi középhőmérsékletnél valamelyest nagyobb eltérések vannak az országon belül, a leginkább a hóhullámok számának növekedésében lévő különbségek számottevőek (1. táblázat).

A csapadékmennyiség változásnál az országon belül térben sokkal jelentősebb különbségek vannak. A tájegységek közötti különbség mértéke eléri az évi 90 mm körüli

értéket a modellezett időszakokban, sőt az ország különböző területein a változás iránya sem azonos. Az extrém csapadéku napok számok száma az ország legnagyobb részén növekszik, mértéke az országon belül jelentősen különbözik. A változás mértékének szélső értékei a 20 mm feletti csapadéku napok számában 2021-2050 időszakig (-0,4) – (1,9) nap, míg 2071-2100-ig (-0,1) – (2) nap a modell alapján. A 30 mm feletti csapadéku napok száma az előzőhöz hasonló mértékben emelkedik (2021-2050 időszakig 0,3 - 1,6 nap, 2071-2100-ig 0,5 - 1,8 nap). A csapadékintenzitás mértéke az extrém csapadéku napok számához hasonlóan kis mértékben emelkedik az időszakokban (1. táblázat).

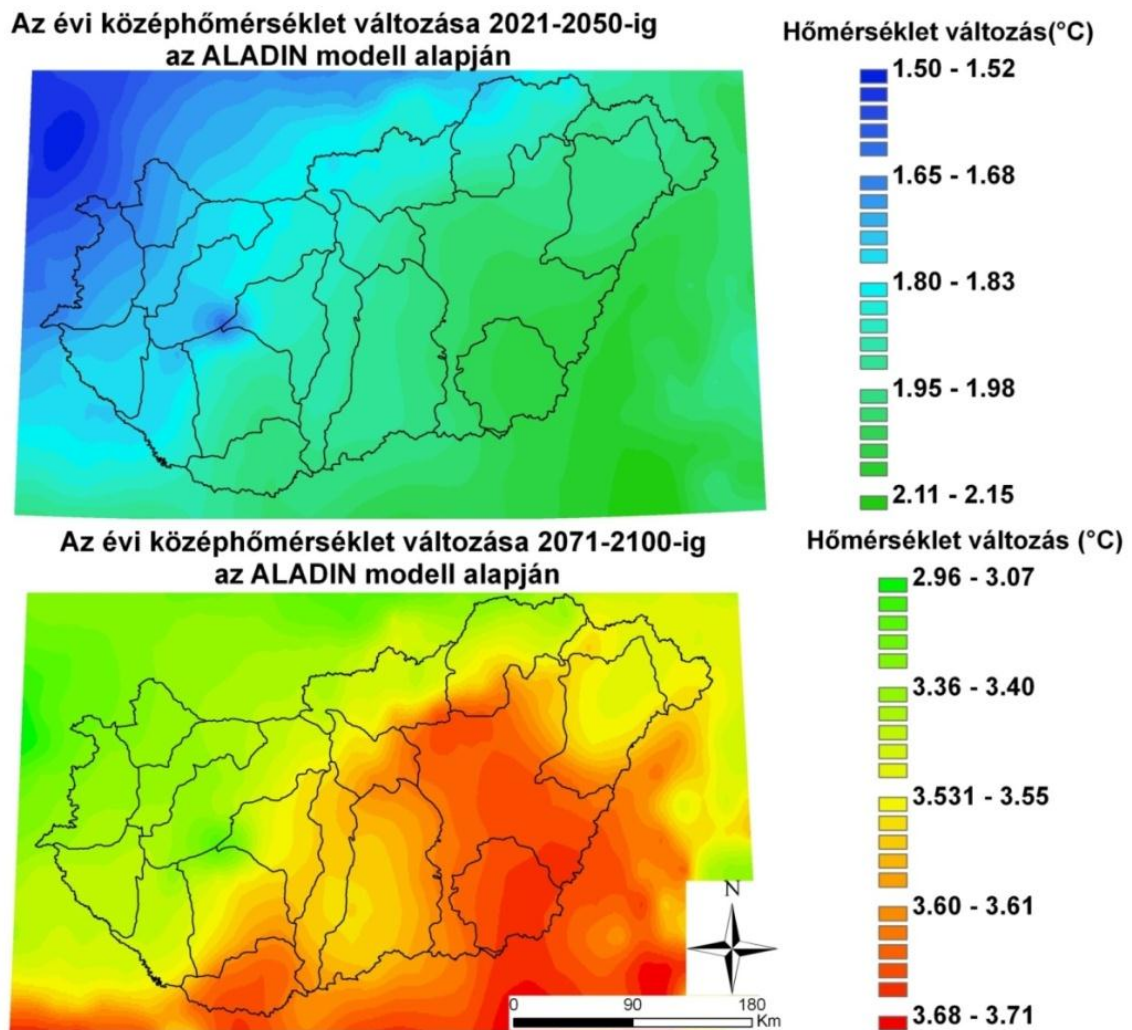
1. táblázat: A változások maximális és minimális értékei az 1961-1990 időszak átlagához viszonyítva Magyarországon a REMO és ALADIN modellek alapján

Paraméter	Változás mértéke az 1961-1990 időszak átlagához viszonyítva	
	2021-2050	2071-2100
Évi csapadék (mm/év)	(-40) – (46)	(-79) – (6)
Hőmérséklet (mm/év)	(1,6) – (2)	(3,2) – (3,7)
RR> 20 mm (nap/év)	(-0,4) – (1,9)	(-0,1) – (2)
RR> 30 mm (nap/év)	(0,3) – (1,6)	(0,5) – (1,8)
SDII (mm/nap)	(0) – (0,45)	(0,1) – (0,4)
SU (nap/év)	(16,7) – (34)	(34,7) – (60,5)
FD (nap/év)	(-28) - (-17)	(-30) - (-44,35)

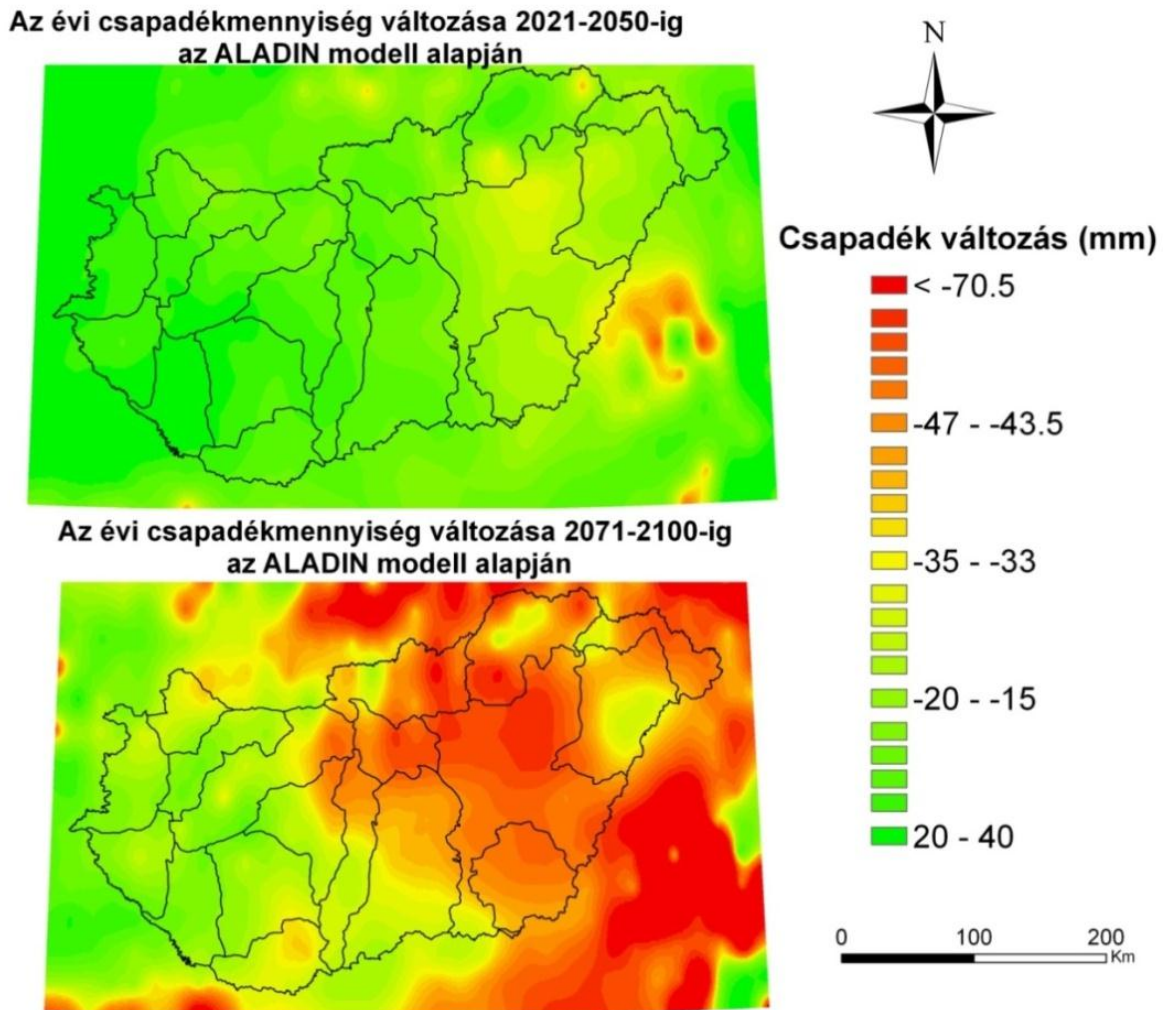
Területi különbségek a klímparaméterekben

A változások országon belüli vizsgálatával megnéztük, hogy az egyes klímparaméterek változásában milyen területi különbségek figyelhetők meg. Az évi középhőmérséklet változásánál az országon belüli különbség az egyveretű domborzat és a viszonylag kis méret miatt kicsi, ennek ellenére megfigyelhető egy fokozatos északnyugat- délkeleti irányú növekedés. Ennek megfelelően nyugaton és az északi hegyvidéki területeken kisebb mértékű a növekedés, míg a legnagyobb mértékű évi középhőmérséklet növekedés – a medence DK-i részén, az alföld délkeleti részén várható (2. ábra).

Az évi csapadékmennyiségben a 2021-2050 időszakig csak kisebb mértékű változások várhatóak a modell alapján, majd 2071-2100 időszakra a változás mértéke növekszik és a térbeli különbségek is felerősödnek. A hőmérséklet-változáshoz hasonló térbeli mintázat jellemző, de ellentétes előjellel, ugyanis megfigyelhető egy fokozatos északnyugat- délkeleti irányú csökkenés. A Dunántúlon még inkább csapadéknövekedés jellemző, melynek mértéke DK-felé csökken, az Alföldön pedig már csökkenő csapadék jellemző. A 2021-2050 időszakra az északi hegyvidéki régiókban nem változik a csapadék mennyisége, de 2071-2100 közötti időszakra a csapadékcsökkenéssel érintett terület kiterjed az Északi középhegység tájegységeire is a modell alapján, így ekkor már az ország szinte teljes területén csapadék csökkenés várható (3. ábra).



2. ábra: Az évi középhőmérséklet változása 1961-1990 időszakhoz viszonyítva 2021-2050 és 2071-2100 időszakokra az ALADIN regionális klímamodell alapján



3. ábra: Az évi csapadékmennyiség változása 1961-1990 időszakhoz viszonyítva 2021-2050 és 2071-2100 időszakokra az ALADIN regionális klímamodell alapján

A hőmérsékleti extrém napok közül a fagyos napok és a hőség napok számának változása a modell alapján 2071-2100-ig hasonló mintázatot mutat, azaz északról dél felé haladva növekvő mértékben növekszik a hőség napok és csökken a fagyos napok száma. A nyári napok számának növekedése ennek látszólag ellentmondó mintázatot mutat, mivel észak felé haladva egyre nagyobb a növekedés mértéke. Ennek oka azonban, hogy a bázisidőszakban (1961-1990) jelentős különbségek voltak az országban (45 és 77 nap között változott). A legkevesebb nyári nap az ország északi részén, az ország legmagasabban fekvő két tájegységén (Északi-középhegység) volt jellemző, így itt az általános felmelegedéssel nagyobb mértékben nőtt nyári napok száma. A legtöbb a déli országrészben volt, itt a felmelegedést már nem elsősorban a nyári napok számának növekedése, hanem a hőségnapoké mutatja. A nyári napok számának térbeli mintázata azonban nem változik jelentősen, mivel a változásértékek térbeli különbségei nem érik el a kiindulási időszak különbségeit (34,7 –60,5 nap)

A csapadékváltozást jellemző extrém indexek (RR20, RR30 és SDII) változása 2071-2100-ig hasonló mintázatot mutat, csupán kisebb különbségek vannak. Az extrém csapadékú napok száma (RR20 és RR30) meglehetősen alacsony, de a prognosztizált változás értékek alapján 2071-2100-ig közel duplájára emelkedik. A változásnál a jellegzetes térbeli mintázat itt is megfigyelhető, az extrém csapadékú napok számának növekedése nyugaton a legnagyobb és kelet felé csökken, a legkisebb növekedés az alföldi területeken várható (4.

ábra). Az SDII változása kismértékű (7-12 %), de jól megfigyelhető, hogy mintázata az extrém csapadékú napok számához hasonló.

A klímaváltozással összefüggő környezeti kockázatok várható változása az Alföldön

A klíma változásával párhuzamosan megváltozik a szélsőséges időjárási helyzetek kialakulásának lehetősége, ami természeti katasztrófák kialakulásához vezethet, a klíma tartós megváltozása következtében pedig változik a táj ökológiai és gazdasági potenciálja és változik a morfológiai folyamatok (erózió, tömegmozgások) sebessége, aminek szintén jelentős természeti és társadalmi hatásai lehetnek. A klímaváltozás alakulásának ismerete ezért rendkívül fontos lehet a területi tervezésben és a jövőbeni tervezési stratégiák kidolgozásában, a természeti katasztrófákra való felkészülésben

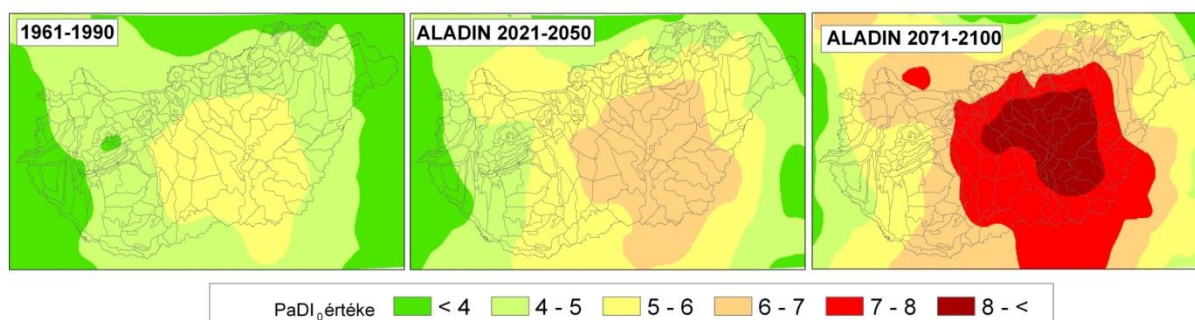
Az Alföldön a klímaváltozással összefüggő legfontosabb várható környezeti kockázatok:

- Aszály gyakoriságának és súlyosságának változása
- Szélerózió intenzitásának változása
- Belvízelöntés gyakoriságának és súlyosságának változása
- Ezek következtében romló mezőgazdasági termelés biztonság

Aszályveszély változása

Az 1960-1990 közötti időszakban a PaDI₀ index értéke a 30 év átlagára 3,5-5,3 között változott az ország területén. A legmagasabb értékek, vagyis a legnagyobb fokú aszályhajlam az Alföldön jellemző. A legalacsonyabb értékek az ország Ny-i részén jellemzőek, itt az aszályhajlam alacsony (4. ábra).

Az aszályveszély jövőbeli változása vizsgálható a PaDI₀ aszályossági kategóriák megváltozása alapján. A 2021-2050 időszakra a modell szerint az index értékei növekednek, így 3,9-6,5 között változnak. A legnagyobb mértékű változást és így a legnagyobb index értékeket az ország DK-i részén jelzi a modell. A 2071-2100 időszakra a modell szerint minden területen tovább növekszik az index értéke (4,8-8,4 között alakul). A legmagasabb az Aladin modell szerint az Alföld középső és északi részén várható.

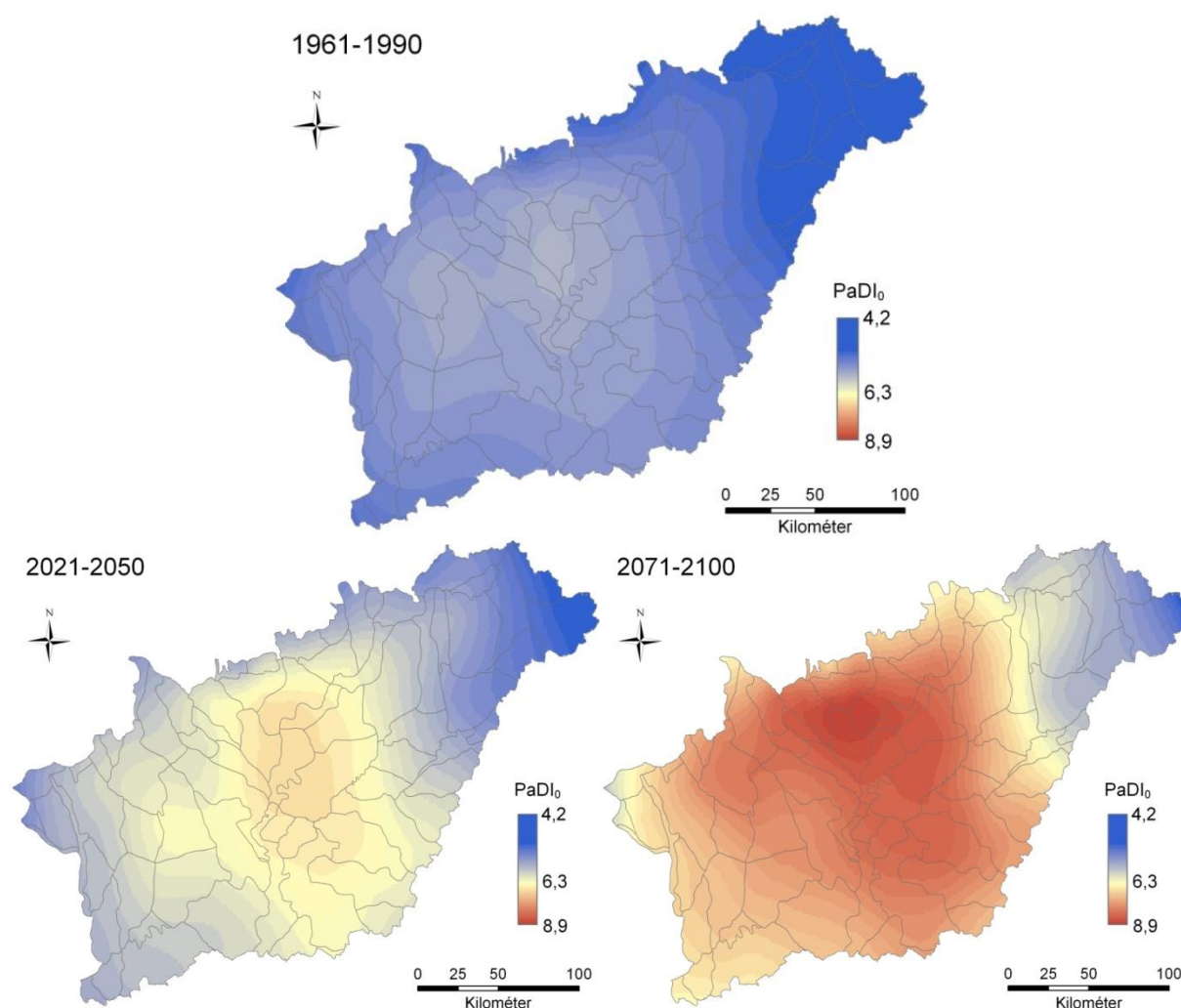


4. ábra: A PaDI₀ index változása 1961-1990, 2021-2050 és 2071-2100 között Magyarországon

A leginkább aszályveszélyes alföldi területet megvizsgálva, megállapítható, hogy legkisebb aszályveszély az Alföld északkeleti részén, a Felső-Tisza-vidéken volt jellemző az 1961-1990-es időszak átlagában, míg a legnagyobb aszályveszély az Alföld középső részén, a Jászság térségében volt jellemző.

Az ALADIN klímamodell alapján a jövőben az Alföld egész területén az aszályveszély növekedése várható. A 2021-2050 időszakra, a PaDI térbeli mintázata nem módosul jelentősen, azonban a maximum érték 5,6-ról 7-re növekszik

A 2071-2100 időszakra a PaDI legnagyobb értéke eléri a 8,9-et, ami már súlyos aszályveszélyre utal. Az aszályveszéllyel leginkább érintett terület kihúzódik északi és délkeleti irányban (5. ábra).



5. ábra: A $PaDI_0$ index változása az Alföldön 1961-1990, 2021-2050 és 2071-2100 között az ALADIN modell alapján

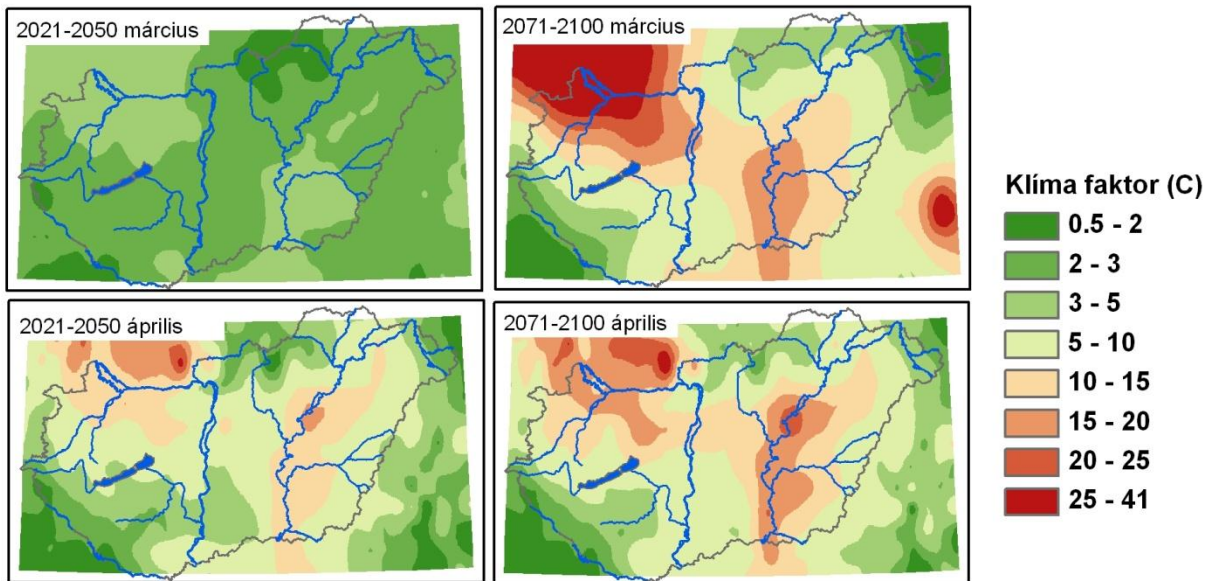
Szélerezózió-veszély

A szélerezózió-veszély jövőbeli változását a leginkább szélerezózió veszélyes tavaszi időszakban, márciusban és áprilisban vizsgáltuk. A bemutatott elemzés csupán a klimatikus tényezők változását vizsgálja a 2021-2050 és a 2071-2100 időszakok között. A tényleges erózióveszélyt emellett a talaj erodálhatósága, a növényborítás vagy mezőgazdasági területeken a művelési mód jelentősen módosíthatja. Éppen ezért ez az elemzés a tényleges erózió-veszélyeztetettség helyett inkább azt mutatja, hogy mely területeken kell a jövőben a klimatikus paraméterek változása miatt a szélerezózió fokozódására számítani.

A 21. század első felében, március hónapra az országon belül szélerezózió-veszélyeztetettségben a térbeli különbségek nem olyan kifejezettek (1,5-4,2 között alakul a C értéke), de már itt is kirajzolódik az Alföld déli része és a Kisalföld. A 21. század második felére (2071-2100) a modell alapján a térbeli különbségek és a veszélyeztetettség mértéke is növekednek (6. ábra).

Április hónapban mindkét időszakra a márciusinál nagyobb szélerezózió-veszély jellemző szinte az ország teljes területén. Áprilisban is jól kirajzolódik az Alföld és a

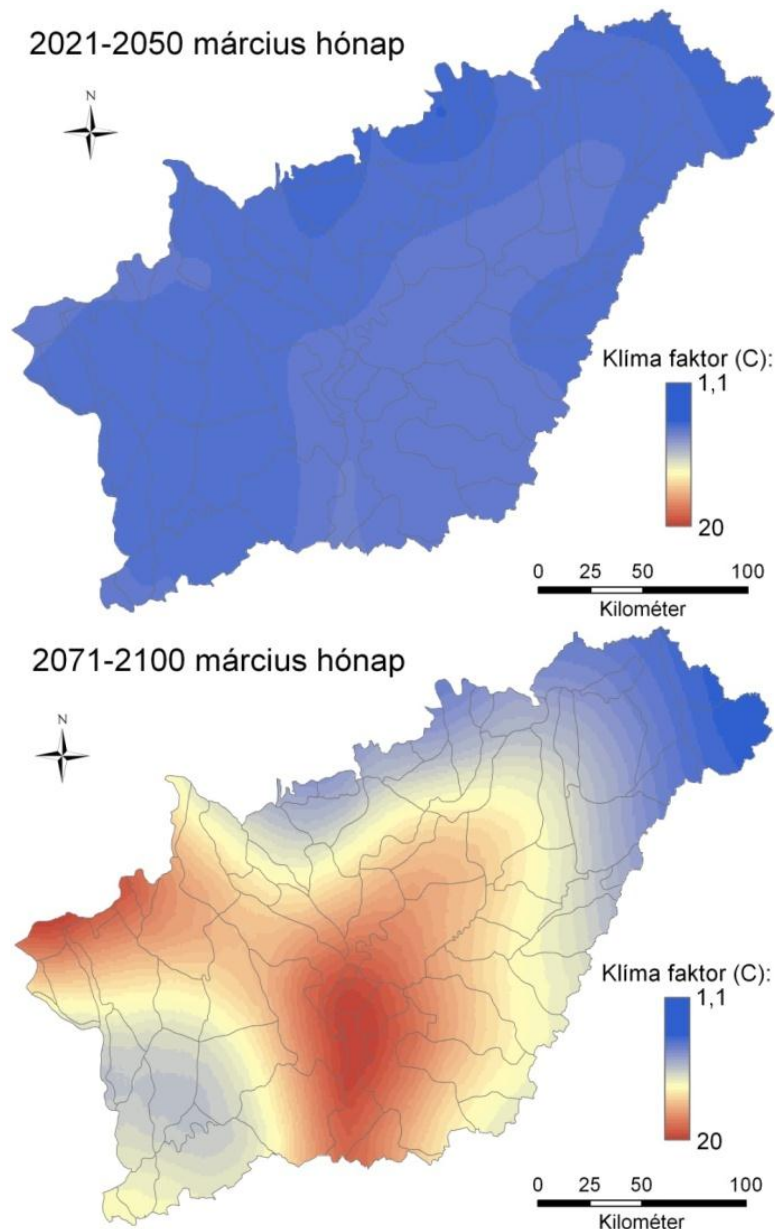
Kisalföld nagyobb veszélyeztetettsége. Ebben a hónapban is megfigyelhető, hogy az ALADIN modell a szélerózió növekedését jelzi a 21. század második felére (2071-2100).



6. ábra: A szélerózió veszély becsléséhez alkalmazott klímafaktor változása Magyarországon az 2021-2050 és 2071-2100 között március és április hónapban az ALADIN modell alapján

A szélerózió-veszélyeztetettséget jellemző klímafaktor március hónapra 2021-2050 és 2071-2100 között drasztikusan megnövekszik a modell szerint, mivel a klíma-erozivitás index 2021-2050 időszakban 1,7-3,6 között változik az Alföld területén, 2071-2100 időszakban már 1,2-19,9 között változik, ráadásul az első időszakra számított legnagyobb értékeket (3,6) a második időszakban a Szatmári- és Beregi-sík kivételével mindenütt meghaladja az index értéke (7. ábra).

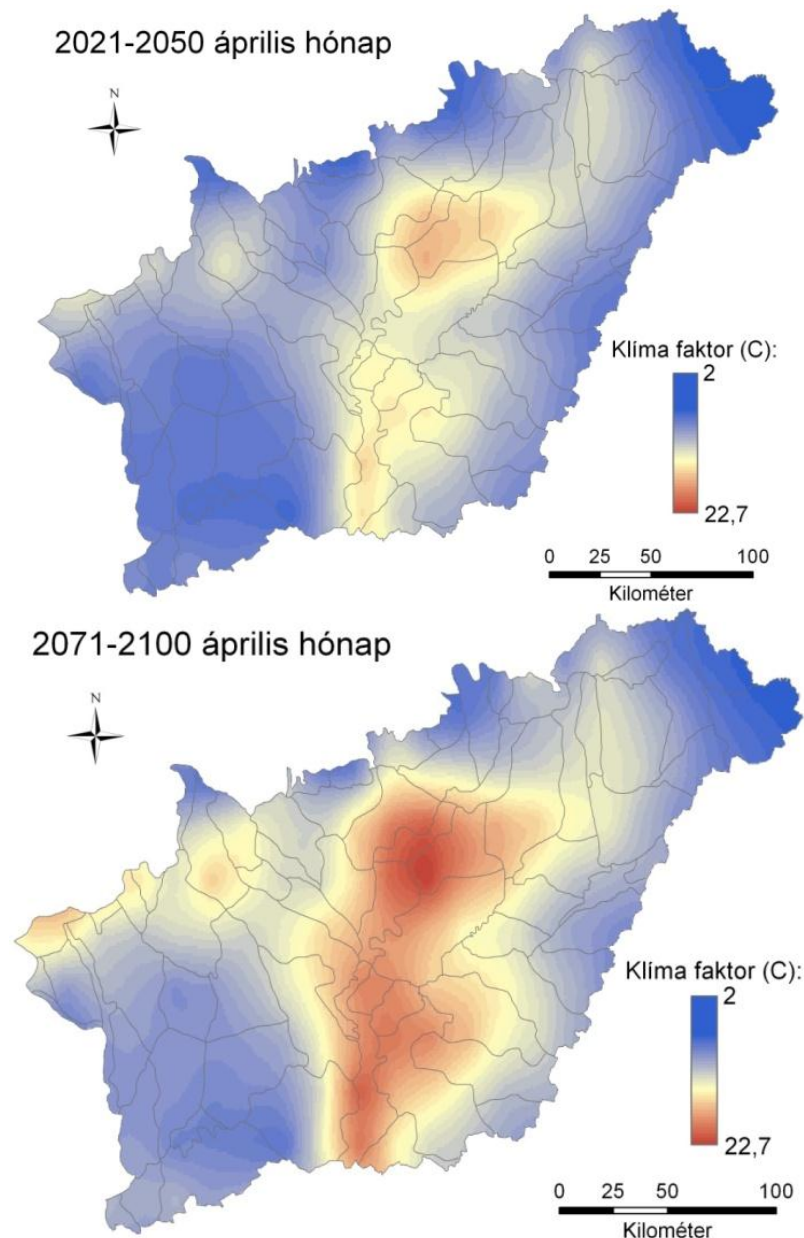
A legnagyobb szélerózió-veszély 2021-2050 időszakra a Dél-Tisza völgy környezetére jelzi a modell. A 2071-2100 időszakra a legnagyobb szélerózió-veszélyeztetettség területe fölfelé húzódik a Tisza mentén és a Közép-Tisza- vidékre is kiterjed, emellett kirajzolódik egy jól látható ÉNY-DK irányú széleróziós tengely a Mezőföldtől a Dél-Tisza völgy irányában.



7. ábra: A szélerózió veszély becsléséhez alkalmazott klímafaktor változása az Alföldön 2021-2050 és 2071-2100 között március hónapban az ALADIN modell alapján

Április hónapra az ALADIN modell már 2021-2050 időszakra nagyobb mértékű szélerózió-veszélyt jelez, mint márciusra. A klíma-erozivitás index 2021-2050 időszakban 1,9-16,5 között változik az Alföld területén, ami 2071-2100 időszakra 2,4-22,7 közöttire növekszik (8. ábra).

Emellett a klíma-erozivitás index térbeli mintázata is eltér, mint amit a március hónapnál tapasztalhattunk. A legnagyobb szélerózió-veszélyt az index a Közép-Tisza- vidékre jelzi, emellett jelentős mértékű szélerózió-veszélyt jelez a Dél-Tisza völgy környezetére. A 2071-2100 időszakig a legnagyobb szélerózió-veszély helye nem változik, de a komoly szélerózió-veszélyjel érintett terület kiterjed keleti irányban.



8. ábra: A szélerózió veszély becsléséhez alkalmazott klímafaktor változása az Alföldön 2021-2050 és 2071-2100 között április hónapban az ALADIN modell alapján

ÖSSZEGRÉS

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a 21. század során a klímaváltozással együtt az aszály- és szélerózió-veszély mértéke is változik. Ennek mértéke az ország területén eltérő mértékű. A legnagyobb mértékű változások és így a legsúlyosabb kockázat mind az aszályveszély, mind a szélerózió-veszély tekintetében az Alföld területén várható.

Az ALADIN modell alapján az aszályhajlam a 21. század végéig az Alföld egész területén fokozódik, a legkritikusabb területek az Alföld középső és északi része. Az aszályveszély mértékének térbeli mintázata nem módosul jelentősen, de a súlyos aszályveszéllyel érintett terület térbeli kiterjedése is növekszik a 21. sz. végéig.

A szélerózió szempontjából legkritikusabb tavaszi időszakban a klimatikus paraméterek változásának következtében a szélerózió veszély az Alföld egész területén növekszik az ALADIN modell alapján a 2021-2050 és a 2071-2100 közötti időszakok között.

A 2071-2100 időszakig a legnagyobb szélérózió-veszély helye nem változik, de a komoly szélérózió-veszélyjel érintett terület térben kiterjed. A legkritikusabb területek mind március, mind április hónapban az Alföld középső és déli része.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BARTHOLY J., PONGRÁCZ R., BARCZA Z., HASZPRA L., GELYBÓ GY., KERN A., HIDY D., TORMA CS., HUNYADY A., KARDOS P. 2007. A klímaváltozás regionális hatásai: a jelenlegi állapot és a várható tendenciák. Földrajzi Közlemények, CXXXI.(LV.), 4: 257-269.
- BIHARI Z., LAKATOS M., MIKA J., SZALAI S., SZENTIMREY T., 2006. Hazánk éghajlatának néhány jellemzője az 1956-2005 időszakban, kitekintéssel a globális tendenciákra. In: „50 éves a Léggör” Léggör 51 évf. Különszám 24–28.
- BONCZ J., MIKA J. 1984. A hazai növénytermesztés éghajlati feltételeinek alakulása a globális klímaváltozásokkal összefüggésben. „A légköri erőforrások feltárása és hasznosítása” (Meteorol. Tud. Napok, 1982) OMSZ Hiv. Kiadv. 57, 134-146.
- IPCC 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Cambridge University Press, New York, 996 p. (<http://www.ipcc.ch>)
- KOVÁCS F. 2006. Tájváltozások értékelése geoinformatikai módszerekkel a Duna–Tisza közén különös tekintettel a szárazodás problémájára. Doktori értekezés. 105 p.
- KUTI L., VATAI J., MÜLLER T., KERÉK B. 2002. A talajvíztükör mélységeinek változása a Duna–Tisza közti hátságán. Földtani Közöny 132. 317–325.
- 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, beszámolókötet. Budapest, pp. 76-87.
- RAKONCZAI J. 2011. Effects and consequences of global climate change in the Carpathian Basin. In: Blanco J., Kheradmand H. (eds.): Climate Change - Geophysical Foundations and Ecological Effects. Rijeka: InTech, 2011. pp. 297-322.
- RAKONCZAI, J., BOZSÓ, G., MARGÓCZI, K., BARNA, GY., PÁL-MOLNÁR, E. 2008. Modification of salt affected soils and their vegetation under the influence of climate change at the steppe of Szabadkígyós (Hungary), Cereal Res. Commun. 36, 2047–2050.
- SZABÓ P., HORÁNYI A., KRÜZSELYI I., SZÉPSZÓ G. 2011. Az Országos Meteorológiai Szolgálat regionális klímamodelllezési tevékenysége: ALADINClimate és REMO. 36. Meteorológiai Tudományos Napok, beszámolókötet. Budapest, 87-100.
- SZÉPSZÓ, G., HORÁNYI, A., 2008. Transient simulation of the REMO regional climate model and its evaluation over Hungary. Időjárás 112 (3-4), 203-231.
- SZÉPSZÓ, G., BARTHOLY, J., CSIMA, G., HORÁNYI, A., HUNYADY, A., PIECZKA, I., PONGRÁCZ, R., TORMA, CS.. 2008. Validation of different regional climate models over the Carpathian Basin. EMS8/ECAC7 Abstracts 5, EMS2008-A-00645.
- SZALAI S., SZENTIMREY T. 2001. Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. században? In: Szász G. (szerk): Berényi Dénes szül. centenáris jubileumi tud. ülése. DE-MTA–OMSZ, 15 o.
- TÓTH, J. A.; KRAKOMPERGER Zs.; KOTROCZÓ Zs.; KONCZ G.; VERES Zs. PAPP M. 2008. A klímaváltozás hatása a Síkfőkúti cseres-tölgyes avartermelésére és talajdinamikai folyamataira (In: Talajvédelem (Suppl.), 543-554.
- VARGA-HASZONITS, Z. 2003. Az éghajlatváltozás mezőgazdasági hatásának elemzése, éghajlati scénáriók. „Agro-21” Füzetek 31. pp. 9–28.
http://owwww.met.hu/eghajlat/visszatekinto/elmult_evek/
http://owwww.met.hu/eghajlat/Magyarország/altalanos_jellemzes/csapadek/
<http://www.cnrm.meteo.fr/aladin>