

HAZAI TÁJAK MŰKÖDÉSÉNEK VESZÉLYEZTETETTSÉGE ÚJ KLÍMAVÁLTOZÁSI ELŐREJELZÉS ALAPJÁN

CSORBA PÉTER – BLANKA VIKTÓRIA – VASS RÓBERT – NAGY RICHÁRD
– MEZŐSI GÁBOR – MEYER, BURGHARD

SENSITIVITY OF THE HUNGARIAN MESOLANDSCAPES
ACCORDING TO THE MODELLED CLIMATE CHANGE

Abstract

On the basis of the REMO and ALADIN climate models the expected climate change induced tendencies of landscape alteration and the related increase in natural hazards were analysed for the periods of 2021–2050 and 2071–2100. The changes of the studied natural hazards (soil erosion, wind erosion, drought, flash floods and mass movements) were linked to the relevant climate parameters. As the basic unit area of the analysis 18 meso-regions were defined in the country. The determination of the units was based on the homogeneity of landscape shaping factors and land use, thus the climate change affects the whole unit in the same way. The effects of the predictable climate change on the different natural hazards was analysed separately. Finally the summarized sensitivity of the landscape to climate change was assessed by the synthesis of the five studied natural hazards. The result of this research can support the future strategies and landscape planning to locate the areas where attention has to be focused.

Keywords: REMO and ALADIN climate models, effect of climate change, mesoregions of Hungary, landscape sensitivity, natural hazards

Bevezetés

Az éghajlati rendszer melegedésének ténye napjainkra elfogadottá vált, s a jövőben további jelentős mértékű felmelegedés alakulhat ki, ami együtt jár a csapadékviszonyok megváltozásával és gyakoribb, súlyosabb károkat okozó szélsőséges éghajlati jelenségekkel; mindezeknek jelentős természeti, társadalmi-gazdasági következményei lehetnek (IPCC 2007). A jövőben várható klímaváltozás minél szélesebb körű megismerésének érdekében a kétezres évek első felében hazai viszonylatban is megfogalmazódott az igény, hogy a hagyományos statisztikai módszerek mellett úgynevezett numerikus modelleken alapuló regionális éghajlat-előrejelzéseket végezzenek, amelyek egy kisebb területre részletesebb és pontosabb adatokat szolgáltatnak. A hazai klímamodellezés fejlődésének köszönhetően az utóbbi tíz évben egyre pontosabb és részletesebb éghajlat-változási prognózisokról olvashattunk a hazai földrajzi szakirodalomban is. A legrészletesebb kutatási összefoglaló a VAHAVA program végén volt (LÁNG I. et al. 2007, FARAGÓ T. et al. 2010), amely parlamenti támogatással rendelkezve 2010 óta Magyarország hivatalos álláspontja a globális éghajlatváltozás káros hazai hatásainak kivédése érdekében. A dokumentumban megfogalmazott tennivalók többsége ágazati jellegű, tehát azt tartalmazza, hogy milyen stratégiát kövessen például a gyümölcsstermesztés, az erdőgazdálkodás, a vízgazdálkodás, az építőipar stb. annak érdekében, hogy minimalizálja a várható időjárási kilengések, illetve éghajlati eltolódások népgazdaságilag, társadalmilag hátrányos következményeit.

A kérdés tájféldrajzi szempontú elemzése még alig vetődött fel, pedig a folyamatosan készülő tájfejlesztési, tájvédelmi, tájrehabilitációs, illetve tájgazdálkodási tervek számára nélkülözhetetlen információkat kellene táji szinten összegezni. Úgy gondoljuk, hogy ennek már elérkezett az ideje, a prognózisok megbízhatósága, a térbeli felbontóképessége alap-

ján megalapozott következtetéseket lehet megfogalmazni legalább a hazai középtáji léptékre nézve. A jelenlegi kutatás célja, hogy megállapítsuk, mely időjárási elemek milyen földfelszíni folyamatokat, jelenségeket fognak olyan mértékben befolyásolni, ami az adott tájegység működésében várhatóan lényeges változásokkal fog járni. Az elemzésbe öt tájműködési indikátort vontunk be: a talajeróziót, a deflációt, az aszályt, a villámárvizeket és a lejtős tömegmozgásokat. A fenti természetföldrajzi jelenségeket térben és időben a korábbi előrejelzésekénél sokkal pontosabban tudtuk tájakhoz kötni, ezáltal megkísérelhettük felbecsülni a tájak működésében várható veszélyeztettség mértékét.

Az éghajlatváltozás várható tendenciái a Kárpát-medencében a klímamodellek alapján

Az éghajlat hosszú távú előrebecslésére számos regionális léptékű modell használható, a Kárpát-medencére is számos vizsgálat készült, többféle modell (ALADIN, REMO, PRECIS, RegCM) felhasználásával (SZÉPSZÓ G. et al. 2008). Az éghajlatváltozás előrevetítése azonban többféle bizonytalanságot hordoz. Ezeket többek között az éghajlati rendszer természetes „kilengései”, az éghajlati rendszer elemei közötti bonyolult kölcsönhatások, a területi felbontás korlátossága, illetve a nehezen előre jelezhető társadalmi folyamatok okozzák (CUBASCH, U. et al. 2001, SZÉPSZÓ G. – ZSEBEHÁZI G. 2011).

A modellek egyik legkomolyabb bizonytalansági tényezője az, hogy milyen globális léptékű antropogén hatással számolnak, az alkalmazott forgatókönyvek ugyanis tartalmaznak a társadalom és gazdaság jövőbeli fejlődéséről nagyon eltérő képet rajzolnak fel. A különböző vizsgálatok szempontjából ezért érzékeny pont volt megválasztani a modelleket, amelyek nemcsak léptéküket (globális–regionális–lokális) tekintve különböznek, hanem alapösszefüggéseikben is eltérnek. A regionális modellek közül a bemutatott vizsgálatokhoz a REMO (www.remo-rcm.de) és az ALADIN (www.cnrm.meteo.fr/aladin) modelleket használtuk, amelyek magyarországi alkalmazásának lehetőségeit az Országos Meteorológiai Szolgálat Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztályán (NMO) vizsgálják. Az antropogén hatás modellezésére az ALADIN és a REMO modell az úgynevezett A1B kibocsátási forgatókönyvet veszi figyelembe. Ez egy viszonylag optimista, de a modellek között átlagosnak tekinthető jövővel számol, amely a CO₂-szint 2050 körül várható maximális kibocsátási szintje után határozott csökkenést feltételez; a koncentráció az évszázad végére alig haladja meg a 700 ppm-t (SOLOMON, S. et al. 2007).

A fenti éghajlatmodellek szerint a következő 100 évben folyamatos, de nem egyenletes léghőmérséklet-emelkedéssel kell számolnunk. A hőmérséklet emelkedése elsősorban a nyári időszakban fog határozott tendenciát ölteni. Ez azt jelenti, hogy lényegében folytatódik az 1980 és 2010 között már elindult felmelegedési folyamat és annak üteme is hasonló lesz. Ami a csapadékot illeti, inkább az évszakos megoszlás, mintsem az éves csapadékösszeg tekintetében várható számottevő változás. Jellemzően az őszi-téli csapadék növekedése és a tavaszi-nyári csapadék csökkenése várható (1. és 2. táblázat, SZABÓ P. et al. 2011).

Az adatok a szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedését jelzik. A szimulációk szerint nőni fog a heves zivatarok száma, valamint hosszabb hőségperiódusokra és gyakoribb aszályra kell számítanunk. Az elkövetkező évtizedekben (2021–2050) a fagyos napok számának 30%-os, az évszázad második felében 50%-os csökkenése valószínű. A forró napok száma megduplázódhat, sőt azt elmúlt évtizedek átlagának háromszorosára is nőhet (SZÉPSZÓ G. 2008, SZÉPSZÓ G. et al. 2008). A tekintetben megoszlának a vélemények, hogy az őszi-téli, vagy a tavaszi-nyári időszak időjárását fogja jobban jellemezni a szélsőségessegre való hajlam (BARTHOLY J. et al. 2007). A csapadékot illető előrejelzés

kevésbé egyértelmű, mint a hőmérsékleté, a modellnek e téren vannak hiányosságai, ennek ellenére alkalmasnak tűnik megalapozott tájszintű következtetések leírására.

1. táblázat – Table 1

Előrejelzett éves és évszakos hőmérséklet átlagok változása (°C) az 1961–1990 közötti évek átlagához képest a REMO és az ALADIN modell szerint (SZABÓ P. et al. 2011)

Changes in projected mean annual temperature (°C) compared to the mean of the 1961–1990 period, based on REMO and ALADIN models (SZABÓ, P. et al. 2011)

időszak	éves átlag	tavasz	nyár	ősz	tél
2021–2050	+1,4 – +1,9	+1,1 – +1,6	+1,4 – +2,6	+1,6 – +2,0	+1,3
2071–2100	+3,5	+2,3 – +3,1	+4,1 – +4,9	+3,6 – +3,8	+2,5 – +3,9

2. táblázat – Table 2

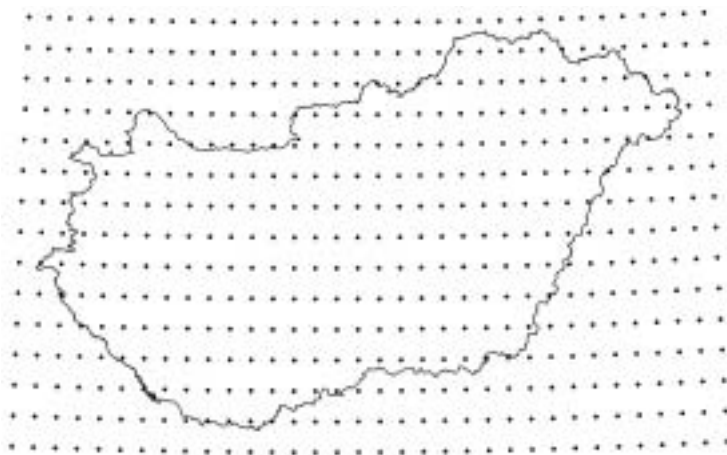
Előrejelzett éves és évszakos csapadékmennyiség-átlagok változása (mm) az 1961–1990 közötti évek átlagához képest a REMO és az ALADIN modell szerint (SZABÓ P. et al. 2011)

Changes in projected mean annual temperature (mm) compared to the mean of the 1961–1990 period, based on REMO and ALADIN models (SZABÓ, P. et al. 2011)

időszak	éves átlag	tavasz	nyár	ősz	tél
2021–2050	-1 – 0	-7 – +3	-5	+3 – +14	-10 – +7
2071–2100	-5 – +3	-2 – +2	-26 – -20	+10 – +19	-3 – +31

Az éghajlati adatok számítása

Az elemzés során a klimatikus paraméterek változását a REMO és az ALADIN modellek alapján számítottuk. Az éghajlati adatok előállítását az OMSZ-nál történt. Az adatok egy 34 oszlopból és 15 sorból álló rácsháló metszéspontjaira vonatkoznak, amelynek felbontása x, y irányban 0,22° (1. ábra). A modellek számításai tehát kb. 25 km-es felbontásban készültek, így megfelelnek a középtáji lépték elemzéséhez.



1. ábra A modellezett klímaadatok elhelyezkedése EOVC vetületi rendszerben
Figure 1 Grid of the modelled data in EOVC Coordinate system

Az általunk használt adatok (3. táblázat) a modellszimulációk eredményeként a 2021–2050-es és 2071–2100-as időszakokra 2 m-es magasságra számított napi átlagos léghőmérséklet- és csapadékadatoknak, valamint az extrém éghajlati indexeknek az 1961–1990-es referenciaidőszak átlagaitól mért eltéréseként jelennek meg. A két modellből a rácsponti adatokból a hőmérséklet, a csapadék és az extrém értékek változását is számítottuk, a két modellezett időszakra átlagos értékeket számítottunk.

3. táblázat – Table 3

A vizsgálatokhoz rendelkezésre álló időjárási elemek
The climate data available for the investigations

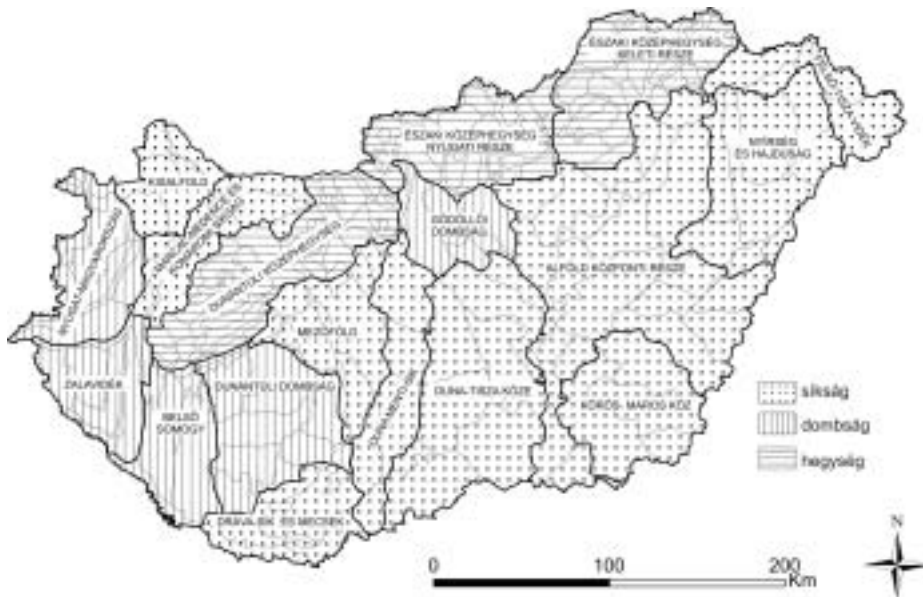
Léghőmérséklet	napi átlagok
Csapadékmennyiség	napi átlagok
Extrém éghajlati indexek	
Fagyos napok száma	$T_{\min} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
Nyári napok száma	$T_{\max} > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$
Hőségnapok száma	$T_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
Forró napok száma	$T_{\max} > 35\text{ }^{\circ}\text{C}$
Hőhullámok	$T_{\text{átlag}} > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1 napig / 3 napig
Extrém csapadékú napok száma	$R_{\text{nap}} > 30\text{ mm}$
Napi csapadékinzentiási index	teljes csapadékösszeg/csapadékos napok száma $R_{\text{nap}} > 1\text{ mm}$

A vizsgálati területegységek, a mezőrégiók kialakítása

A földrajzi tájak tipizálásának Magyarországon csaknem száz éves múltja van. A természetes tájhatárok megállapításával párhuzamosan például STRÖMPL G. már az 1920-as években készített tájtípustérképet. Később BULLA B. és MENDÖL T. tájtípusoló törekvése vált a legismertebbé (1947). Az 1989-ben megjelent Nemzeti Atlaszban jórészt PÉCSI M. –SOMOGYI S. (1967) munkájára alapozva 44 tájtípust különítettek el (JAKUCS L. et al. 1989); e típusok nevezéktanában az adott táj domborzati, éghajlati, vízrajzi, talajtani és növényzeti tulajdonságai mellett a meghatározás utal a tájtípust jellemző földhasználati módra is. Az 1950-es évektől a földrajzi tájtípusizálás mellett egyre több szakterület elkészítette a maga sajátos szempontú tájtípusizálását. MAJER A. például meghatározta a legfontosabb erdészeti tájtípusokat, a tájépítéskor pedig három fő tervezési tájtípust, termelőtájakat, lakótájakat és üdülőtájakat különítettek el (MÓCSÉNYI M. 1967, CSIMA G. 2008). Újabban növényzeti alapú tájtagolásra is van példa (MOLNÁR Cs. et al. 2008).

Mivel hazánk éghajlatilag viszonylag homogén terület és a táji változatosság sem igazán jelentős, legtöbb tájegységünk sík- vagy dombvidéki kultúrtáj, nem könnyű a finom regionális különbségek kimutatása. Ráadásul a modellezéssel nyert éghajlati adatok is elég ritkák voltak ahhoz, hogy az elemzést kistérségi szinten elvégezzük. Mivel jelenlegi munkánkkal a klímaváltozás területhasználati, környezetpolitikai következményeinek felrajzolásáig kívánunk eljutni, ezért is célszerűnek tűnt a regionális tervezésben használatos

néhány ezer km² kiterjedésű középtájakat összevonva 18 mezorégiót kialakítani (2. ábra). Ezen mezorégiók kialakítására elsőként két módszer kínálkozott: egyrészt lehetőség volt a kistáji egységek integrálására, másrészt statisztikai alapon is lehetséges ilyen egységeket előállítani (pl. MÜCHER, C. A. et al. 2010), ám mivel ez utóbbi Magyarország területére szakmailag nem adott megfelelő eredményeket, ezért az előző megoldásnál maradtunk. Annál is inkább, mert a középtájak a hazai földrajzi irodalomban jól definiáltak, belülről eléggé homogén egységek ahhoz, hogy a területi tervezéshez, a védekezés tervezéséhez alapinformációként szolgáljanak.



2. ábra Magyarország 230 kistájából kialakított 18 mezorégiós beosztás
 Figure 2 The defined 18 meso-regions

A 18 mezorégió kialakításakor fontos szempont volt, hogy az így körülhatárolt egységek többé-kevésbé azonos hatást mutassanak valamely klímaváltozás szempontjából kiemelt indikátorral szemben. Azt várjuk, hogy az egyes mezorégiókba sorolt tájak működésére, lényeges tulajdonságára hasonló módon fog hatni az éghajlatváltozás, amit valamely indikátor segítségével jól azonosítani tudunk. A várható változás például biztosan jelentős hatással lesz az alföldi nedves élőhelyekre, ezért vontuk össze a Középső- és Alsó-Tisza, valamint a Körösök vidékét. A változás várhatóan hasonló módon fogja érinteni a dombvidéki mezőgazdasági területeket, ahol a talajeróziót erősen befolyásolni fogja az éghajlat módosulása. A nagyfokú beépítettség miatt célszerű volt a főváros környéki agglomerációs övezetet is egy mezorégióba tenni.

Az alkalmazott tájértékelési módszer

A legfontosabb tájműködési veszélyeket – a SZABÓ J. et al. (2008) munkájában leírtakhoz hasonlóan – a csapadékvíz általi talajerózióban, az aszályban, a szélérozióban, a vilámárvizekben és a tömegmozgásokban látjuk. Az éghajlatváltozás ezenkívül lényegesen

megváltoztathatja a folyami árvizek lefutását és a belvízveszélyes területek kialakulását. Az előbbi kapcsolata a felső vízgyűjtő domborzati és növényfedettségi, földhasználati viszonyaival egyértelmű, de részleteiben még nem pontosan ismert. A belvizek és a klímaváltozás viszonyát illetően szintén nem tagadható az összefüggés, mégis aligha lehet kimutatni szoros oksági relációt bármely klímaváltozási indikátorral szemben (PÁLFAI I. 2004, VAN LEEUWEN, B. et al 2008, RAKONCZAI J. et al. 2011). A vizsgálatok során a talajerózió, az aszály, a szélerózió, a villámárvíz és a lejtős tömegmozgások folyamatainak (éghajlatváltozással szembeni, alapvetően ökológiai szempontú) érzékenységi térképeit szerkesztettük meg és szembesítettük azokat a modellezett klímaértékkel. Az eredményként olyan közepes méretarányú, több időszakaszra vonatkozó adatokhoz jutottunk, amelyek a jelentős környezeti veszélyeket területileg, időbelileg és kumulatíván is becslik, és így egyfajta előretekintést, felkészülést alapozhatnak meg a jelenlegi gazdasági-társadalmi viszonyok melletti cselekvéshez.

Az alkalmazott módszer egyszerű, az „előrejelzés” adatainak elérését biztosító (meteorológiai és hidrológiai) modellek bizonytalansága, az ellenőrizhetőség korlátozott volta nem teszi logikussá és értelmezhetővé az érzékenység nagy pontosságú számítását. Az alkalmazott módszer emiatt az volt, hogy nagy pontossággal létrehozott ökológiai alapú, a klímaváltozással szembeni érzékenységet jelölő térképek adatait rendre az érzékenységek/változékonyságnak megfelelően 3 kategóriába vontuk össze (4. táblázat). Ezeket az adatokat szembesítettük a változást jellemző releváns indikátorral vagy indikátorokkal. A különböző (1–3) érzékenységgű területeket eltérő intenzitású klimatikus hatás érheti (az adott tényező változása szempontjából 1–3 értékkel jelöltük ezeket). A végső eredményt a mellékelt egyszerű mátrixrendszert használva ugyancsak 1–3 értékkel jelöltük (a kis-mértékűtől a jelentős mértékű változásig).

4. táblázat – Table 4

Érzékenységi mátrix
The applied sensitivity matrix

Érzékenység	1	2	3
1	1	1	3
2	1	2	2
3	2	3	3

Az éghajlatváltozás hatása a vizsgált környezeti veszélyekre

Talajerózió csapadék hatására

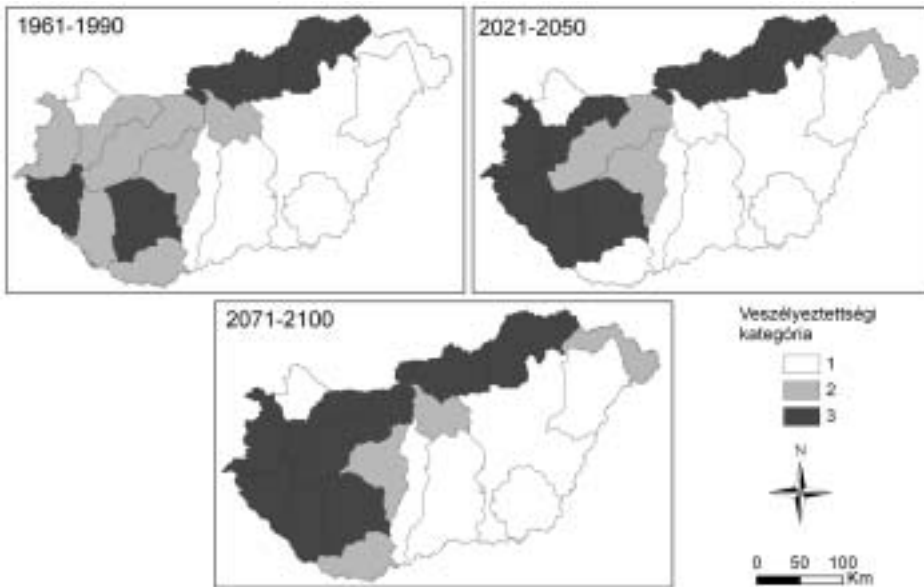
A talajpusztulás hazánk legerjedtebb környezeti ártalma, kb. 2 millió hektár termőföldet károsít. Az eróziós érzékenységet kistáji szinten a Wischmeier–Smith (1978) formulával lehet számítani. A szakirodalomban alkalmazott 5 kategóriát (PATAKI R. 2000, KERTÉSZ Á.–CENTERI Cs. 2006) a többi vizsgált veszélyhez hasonlóan három kategóriába vontuk össze; évi 2 t/ha talajvesztés alatt csekély, 8 t/ha talajvesztés fölött súlyos, a két adat között mérsékelt a veszélyeztetettség mértéke. A 18 mezőrégióra nézve a következő kategorizálást alkalmaztuk:

- 1. kategória: ha az adott mezőrégió területének kevesebb mint 15%-án mérsékelt vagy erős a talajvesztés;

- 2. kategória: ha az adott mezorégió területének több mint 15%-án mérsékelt, vagy erős a számított talajveszteség mértéke;
- 3. kategória: ha az adott mezorégió területének több mint 15%-án erős a számított talajveszteség.

A klímfüggőség oldaláról a Wischmeier–Smith-féle talajérzékenységet (K) a lejtőhossz (L), illetve a lejtőesség (S) viszonylag kevésbé érinti. A várható éghajlatváltozással legszorosabb kapcsolatban nyilvánvalóan az R -tényező, a csapadék eróziós hatása van. A növényborítottságnak és a talajművelésnek (V) kisebb a hatása, míg az erózió elleni védekezés (P) következményeinek becslése igen nagy bizonytalanságot rejt. A fentieknek megfelelően a REMO és ALADIN modellekben szereplő klímaváltozás-indikátorok közül az extrém csapadékhullási eseteket és a téli összes csapadékmennyiséget volt érdemes számításba venni. Végül a téli félév 30 mm-nél nagyobb csapadékhullásainak száma alapján számoltuk ki a talajérzékenységet.

A számítások alapján dombsági területeken a talajerózió növekedésével kell számolni. A 2021–2050-es periódusban a Dunántúl Ny-i felén jelezhető ennek a folyamatnak a növekedése (mind az ALADIN, mind REMO modell adatai alapján). A modellek alapján a továbbiakban (a 2071–2100 közötti időszakra) is ezeken a dombsági területeken becsülhető a folyamat további erősödése (3. ábra).



3. ábra A mezorégiók érzékenységének várható változása a talajerózióra a 2021–2050, illetve 2071–2100 közötti évtizedekben (1=alacsony, 2=közepes, 3=erős)
 Figure 3 Changes in sensitivity to soil erosion by meso-regions, 2021–2050 and 2071–2100 (1=low, 2=medium, 3=high)

Aszály

Az aszály alapvetően természeti jelenség, de közvetett módon igen jelentősen befolyásolja az emberi tevékenység. Emiatt előrejelzésének hibahatára nagy. Károsító hatása nagymértékben függ az adott terület aszályérzékenységétől. Összességében az elkövet-

kező évtizedekben a csapadékintenzitási index és az extrém csapadéku napok számának növekedésére számíthatunk, ami arra utal, hogy a csapadék a jövőben a jelenleginél koncentráltabban fog esni, így hosszú távon mindenképp az aszályveszély növekedése jósolható. A modell-szimulációkkal nyert klímaadatokból a több évtizeden keresztül fejlesztett, a magyarországi viszonyokat leginkább figyelembe vevő Pálfai-féle aszályindex (PAI) módosított változatának (Palfai Drought Index, PaDI) alkalmazását ítéltük legmegfelelőbbnek (PÁLFAI I.–HERCEG Á. 2011). Ezen módosított index lehetővé teszi, hogy napi hőmérséklet-, csapadék- és talajvízadatok helyett a számunkra megfelelő havi hőmérséklet- és csapadékadatokkal, talajvízszint adatok helyett pedig havi hőmérsékleti átlagok és havi csapadékösszegek adataival számoljunk.

A PaDI számítása ezek után a következő módon történik:

$$\text{PaDI} = \text{PaDI}_0 \cdot k_1 \cdot k_2$$

Az alapérték számításának képlete:

$$\text{PaDI}_0 = \frac{\left[\sum_{i=\text{apr}}^{\text{aug}} T_i \right] / 5 \cdot 100}{\sum_{j=\text{Okt}}^{\text{szept}} (P_j \cdot w_j)}$$

ahol

- T_i a havi középhőmérséklet értéke áprilistól augusztusig a 2021–2050-es, valamint a 2071–2100-as időszakokra;
- P_i a havi csapadékösszeg októbertől szeptemberig a 2021–2050-es, valamint a 2071–2100-as időszakokra;
- w_i a súlyozó tényező, melynek összege 7,5 (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).

Az aszályindex korrekciós tényezőinek (k_1 , k_2) számítása

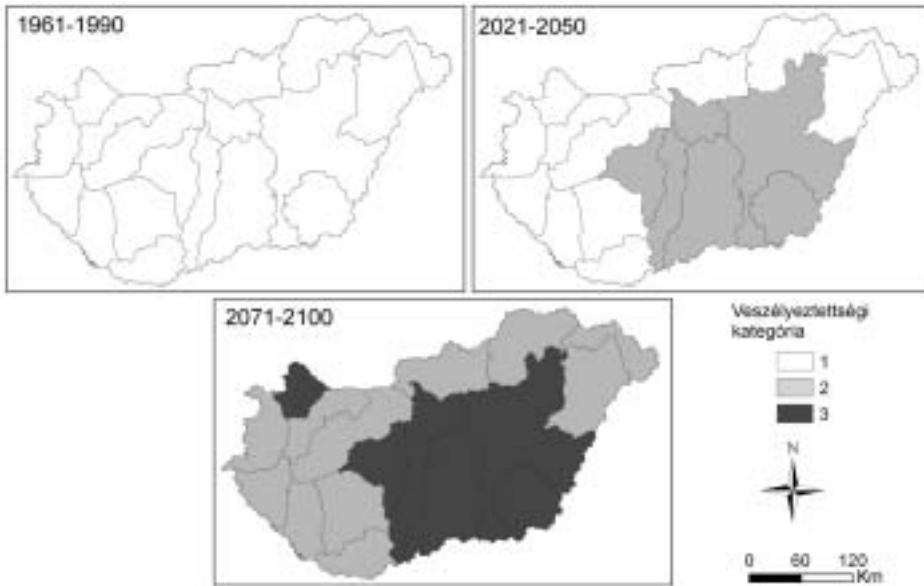
A k_1 korrekciós tényező a PAI képletben szereplő hőségnapok számát kifejező korrekciós tényezőt helyettesíti, számítására az alábbi képlet szolgál:

$$k_1 = \frac{(T_{\text{jun}} + T_{\text{jul}} + T_{\text{aug}}) / 3}{(\overline{T}_{\text{jun}} + \overline{T}_{\text{jul}} + \overline{T}_{\text{aug}}) / 3}$$

A k_2 korrekciós tényező a PAI képletben szereplő csapadékszegény időszak hosszát kifejező korrekciós tényezőt helyettesíti, számítása az alábbi módon történik:

$$k_2 = \sqrt[4]{\frac{2 \cdot \overline{P}_{\text{summer}}^{\text{min}}}{\text{MIN}(P_{\text{jun}}, P_{\text{jul}}, P_{\text{aug}}) + \overline{P}_{\text{summer}}^{\text{min}}}}$$

A 2021–50-es időszakra végzett számításaink szerint a Felső-Tiszavidék, valamint a Nyírség és Hajdúság kivételével az Alföld további területein mérsékelt aszályra számíthatunk (PaDI=6–8) (5. táblázat, illetve 4. ábra). Az ország többi területén a PaDI értéke rendre 6 alatt marad, ami az enyhe aszály szintjét jelenti.



4. ábra A mezoregiók érzékenységének várható változása az aszályra a 2021–2050, illetve 2071–2100 közötti évtizedekben (1=gyenge: PaDI<6, 2=közepes: PaDI 6–8, 3=erős: PaDI>8)
 Figure 4 Changes in sensitivity to drought by meso-regions, 2021–2050 and 2071–2100 (1=low: PaDI<6, 2=medium: PaDI 6–8, 3=high: PaDI>8)

A 2071–2100-as időszakra vonatkozó előrejelzés esetében jóval kedvezőtlenebb képet kaptunk, tájaink egy kivételével mind magasabb aszálykategóriába kerültek (4. ábra). A kivételt a Kisalföld jelenti, ahol az előző időszakhoz képest két kategóriát is romlott az aszályérték (5,59-ről 8,01-re). Szerencsére súlyos aszályra sehol nem kell számítani, a maximum értéket (9,6) – a várakozásoknak megfelelően – az Alföld középső részére kaptuk.

5. táblázat – Table 5

A PaDI index kategóriái
 Categories of the PaDI index

PaDI °C/100 mm	Minősítés
<4	aszálymentes év
4–6	enyhe aszály
6–8	mérsékelt aszály
8–10	közepes erősségű aszály
10–15	súlyos aszály
15–30	nagyon súlyos aszály
>30	extrém erősségű aszály

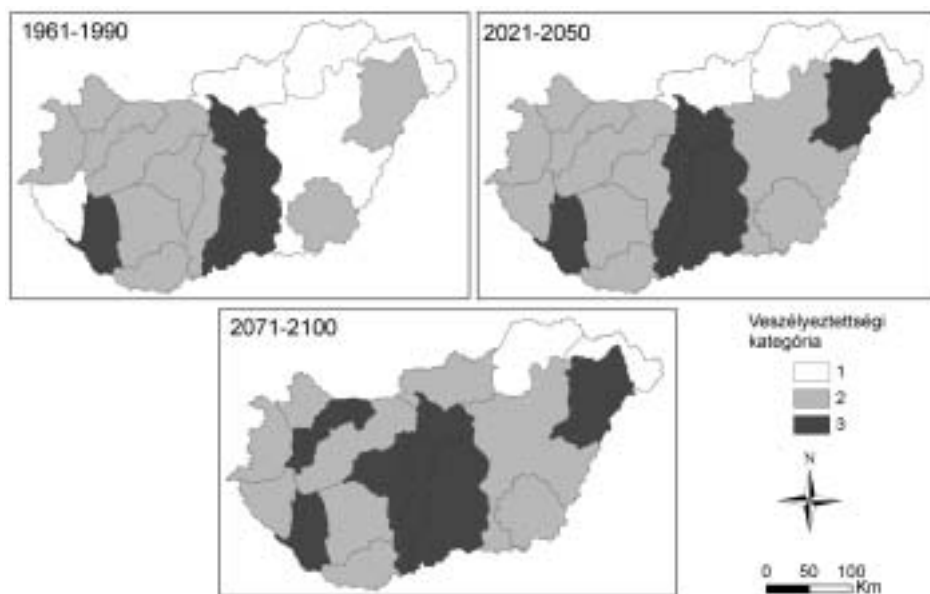
A szélérozó

A legfontosabb paraméterek, amelyek a szélérozóit befolyásolják, a talaj mechanikai összetétele, a szélsebesség és a növényborítottság. Ezek közül a leglényegesebb tényező a

talaj mechanikai összetétele, elsősorban a talaj szemcseösszetétele és vízháztartása fontos. A defláció által veszélyeztetett területek – nem csupán a homokvidékek – érzékenysége alapvetően függ az üledékek mechanikai összetételétől, ugyanis ha a felszínen nagy mennyiségű finom, de 0,08 mm-nél nagyobb szemcseméretű üledék található, akkor a kritikus indítósebesség alacsonyabb (BAGNOLD, R. 1941). A kedvezőtlen mechanikai összetételű talajokat elsősorban a rossz vízháztartás és alacsony víztartalom teszi deflációérzékennyé (CHEPIL, W. S. 1956, BELLY, P. Y. 1964, JOHNSON, J. W. 1965, BISAL, F. – HSIEH, J. 1966, KNOTTERNUS, D. F. C. 1980). A szélróziós veszély szempontjából meghatározó másik tényező, a felszín közeli szélesebbesség átlagos értéke hazánkban 3 m/sec, sőt az ország ÉNy-i és középső részén még ennél 15–20%-kal magasabb értékek jellemzők. Kisebb körzetekben természetesen ennél magasabb átlagértékek is előfordulnak. A deflációt lényegesen növeli a hiányos növényfedettség is. Az intenzív művelés növekvő potenciális veszélyeztetettséget jelent, míg például a CORINE 231, 321, 324, 411 és 412 jelzésű nedves területek deflációra nem érzékenyek.

A jövőben az éghajlatváltozás következtében fokozódó szárazodás hatására a talajok víztartalma csökkenni, ezzel együtt a defláció mértéke és az érintett terület nagysága növekedni fog.

Célunk olyan potenciális (növényzetmentes térszínre vonatkozó) szélrózió-veszélyeztetettségi térkép létrehozása volt a 2021–2050 és a 2071–2100 közötti időszakokra, amely a szárazodás hatásait is figyelembe veszi. Vizsgálatunk során Magyarország potenciális szélróziós térképét (LÓKI J. 2003) vettük alapul, amely növényzetmentes, légszáraz állapotú talajok szélróziós veszélyeztetettségét mutatja. Az ebben szereplő 5 kategóriát háromba vontuk össze, amelyeket egy-egy értékszámval (We_{pot}) láttunk el az alábbiak szerint: 1 = gyengén veszélyeztetett, 2 = közepesen veszélyeztetett, 3 = erősen veszélyezte-



5. ábra A mezorégiók érzékenységének várható változása a szélrózióra a 2021–2050, illetve 2071–2100 közötti évtizedekben (1 = gyenge, 2 = közepes, 3 = erős)
 Figure 5 Changes in sensitivity to wind erosion by meso-regions, 2021–2050 and 2071–2100 (1 = low, 2 = medium, 3 = high)

tett. Az így rendelkezésre álló alaptérkép értékeit korrigáltuk a csapadék és hőmérséklet adatokat egyaránt figyelembe vevő De Martonne-féle aszályindexszel (DE MARTONNE, E. 1926). A korrekciót az alábbi képlet segítségével végeztük:

$$I_{we} = \frac{I_{DM} \cdot 100}{2} + We_{pot}$$

ahol I_{DM} = De Martonne-index; We_{pot} = potenciális szélérozió-veszélyeztetettség.

Az így kapott értékekből a 18 vizsgált tájegységre átlagot számítottunk, majd a három időszak adatsorából 3 azonos tartományú érték közt képeztünk és ezeket térképen ábrázoltuk. A szárazodás következtében már a 2021–2050 közötti időszakra a szélérozió szempontjából közepesen veszélyeztetetté válik az ország területének jelentős része. A leginkább érintett térségek a Duna–Tisza köze, Duna-menti sík, Gödöllői-dombság, valamint Belső-Somogy. A szárazodás fokozódásával a 2071–2100 közötti időszakra a szélérozió-veszélyeztetettség tovább fokozódik, amelynek során a Mezőföld, valamint a Marcal-medence és a Komárom–Esztergomi-síkság területe is erősen veszélyeztetetté válik (5. ábra).

Villámárvíz

Napjainkban a kisebb vízfolyások vízgyűjtőin Európa és a Kárpát-medence egyik leggyakoribb környezeti veszélyének tartják a hirtelen kialakuló, pusztító árvizeket (CIGÁNY Sz. et al. 2010, ESTRELA, T. et al. 2001). Az utóbbi évek során tisztázták a jelenség alapvető hidrometeorológiai összetevőit (GROUNDFFEST, E. – RIPS, A. 2000) és a pusztító hatás csökkentése érdekében sok helyen monitoring rendszert építettek ki (CARPENTER, T. M. et al. 1999).

Kutatásaink során Magyarországon a villámárvíz-veszélyeztetettségi térkép megrajzolásához meghatároztuk több mint 800 kisvízgyűjtő lejtősségi adatait, az agyag- és vályogtalajok előfordulását, valamint az erdőfedettséget. A meghatározott paraméterekre küszöbértékek alapján meghatározott pontozási rendszert alakítottunk ki (6. táblázat), majd ezen alapulva a vízgyűjtőket 3 veszélyeztetettségi kategóriába soroltuk. A küszöbértékeket a paraméterek százalékos területi előfordulása alapján határoztuk meg. A pontok összesítésével minden kisvízgyűjtő kapott egy 1 és 3 közötti értéket, ami megadja a táji adottságokból adódó veszélyeztetettségét. A tájegység nem érzékeny, ha ez az érték 1,42 alatti, közepesen érzékeny, ha 1,44 és 2,21 közötti és nagyon érzékeny, ha 2,22-nél nagyobb. A kisvízgyűjtők adatainak átlagolásával meghatároztuk a 18 tájegységre vonatkozó veszélyeztetettségét.

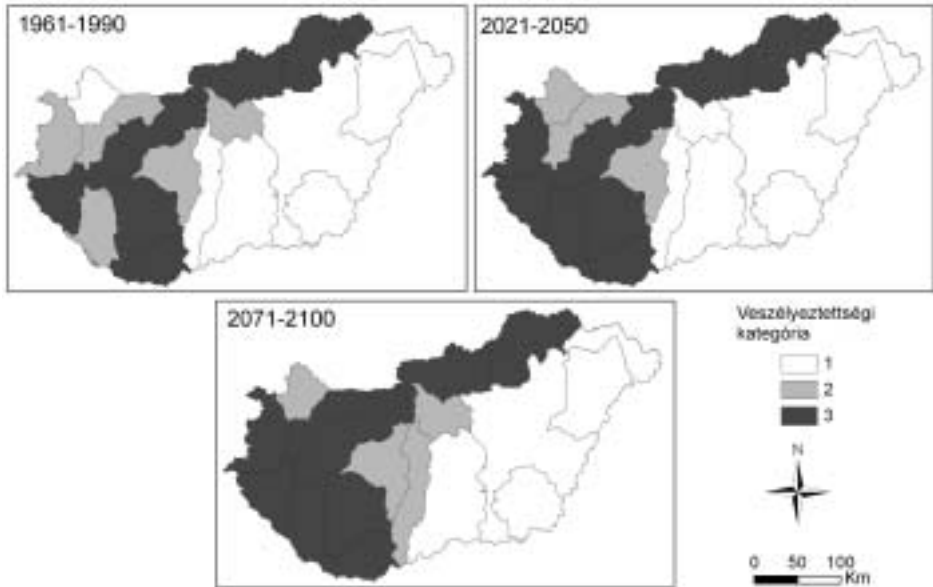
6. táblázat – Table 6

A kisvízgyűjtőkre alkalmazott pontozási rendszer
Scoring system for evaluating minor watersheds

	1 pont	2 pont	3 pont
5% fölötti lejtő	1–5%	5–30%	30% fölött
iszap- és agyagtartalom	0–40%	40–80%	80% fölött
erdőfedettség	0–20%	20–50%	50% fölött

A villámárvíz-veszélyeztetettség változásának minősítése során a táji adottságokból adódó veszélyeztetettségét összevetettük a villámárvizek kialakulása szempontjából meghatározó klímamutató jövőbeli változásával. Itt a szélsőségesen intenzív, 30 mm-t

meghaladó csapadékeseteket vettük számításba. A villámárvíz-veszélyeztetettség az éghajlatváltozás következményeként 2021–2050-ig még leginkább az ország nyugati részén, 2071–2100 között viszont már a Dunántúl egész területén, valamint az Északi-középhegység területén fog növekedni (6. ábra).



6. ábra A mezorégiók érzékenységének várható változása a villámárvizekre a 2021–2050, illetve 2071–2100 közötti évtizedekben (1 = gyenge, 2 = közepes, 3 = erős)
 Figure 6 Changes in sensitivity to flash floods by meso-regions, 2021–2050 and 2071–2100 (1 = low, 2 = medium, 3 = high)

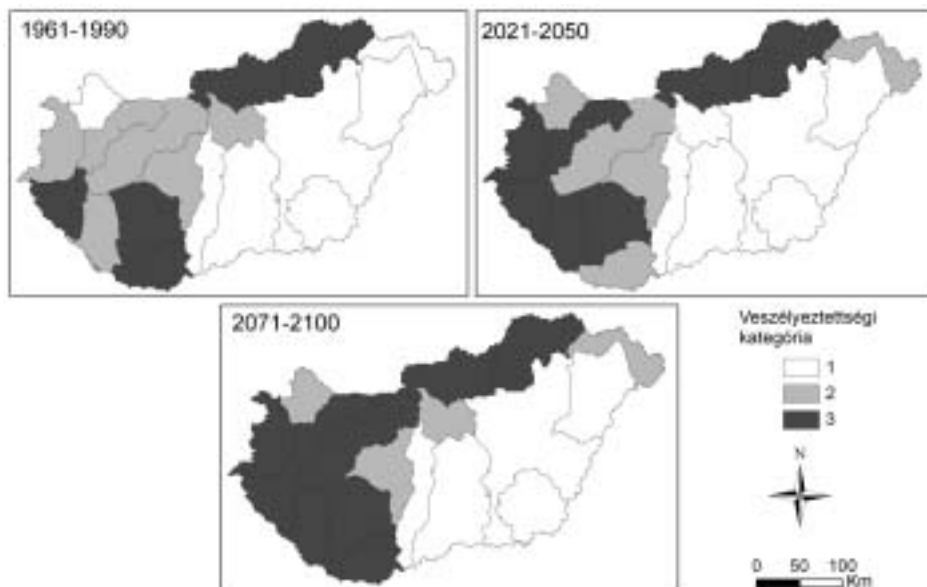
Lejtős folyamatok és tömegmozgások

A lejtős folyamatok értékelésénél csak azokat a területeket vettük figyelembe, ahol azok jelenleg is kialakulhatnak. Tipikus tömegmozgásos helyszínek a folyók, tavak meredek partjai, továbbá megfelelő közettani és domborzati viszonyok esetén a dombvidékek területe. Ezen jelenségek esetében az antropogén hatások szerepe nagy, és különösen a hegyvidéki területeken sokszor nehéz pontosan elkülöníteni a tisztán természetes eseteket az emberi tevékenység által befolyásoltaktól.

Korábban SZABÓ J. et al (2008) készített kistájszintű értékelést számos tényező (pl. talajmechanika, geomorfológia) figyelembevételével. A lejtős és tömegmozgásos folyamatok mezorégiós értékelése azonban azért problematikus, mert területi kiterjedésük viszonylag csekély. Az értékelésnél a tömegmozgások által jelenleg érintett területek lehatárolásához az 1960 óta regisztrált, 10 ezer m³-nél nagyobb anyagtömeget megmozgató eseteket vettük alapul (FODOR T.-NÉ–KLEB B 1986, JUHÁSZ Á. 2004). Ha a mezorégió területének kevesebb mint 5%-át érintették a fenti nagyságú tömegmozgások, akkor a pontszám 1, ha 5–25% közötti, akkor 2, és ha 25%-nál nagyobb, akkor 3.

Jelen munkánk során a klimatikus indikátorok közül a téli félév csapadékösszegét vettük figyelembe a prognóziskészítés számára. A vizsgálatok alapján a lejtős tömegmozgások gyakoriságának és az általuk érintett területek nagyságának növekedésére számíthatunk

a Dunántúli-középhegység területén, a Nyugat-magyarországi, valamint a Marcal-medence és Komáromi síkság mezorégióban (7. ábra).

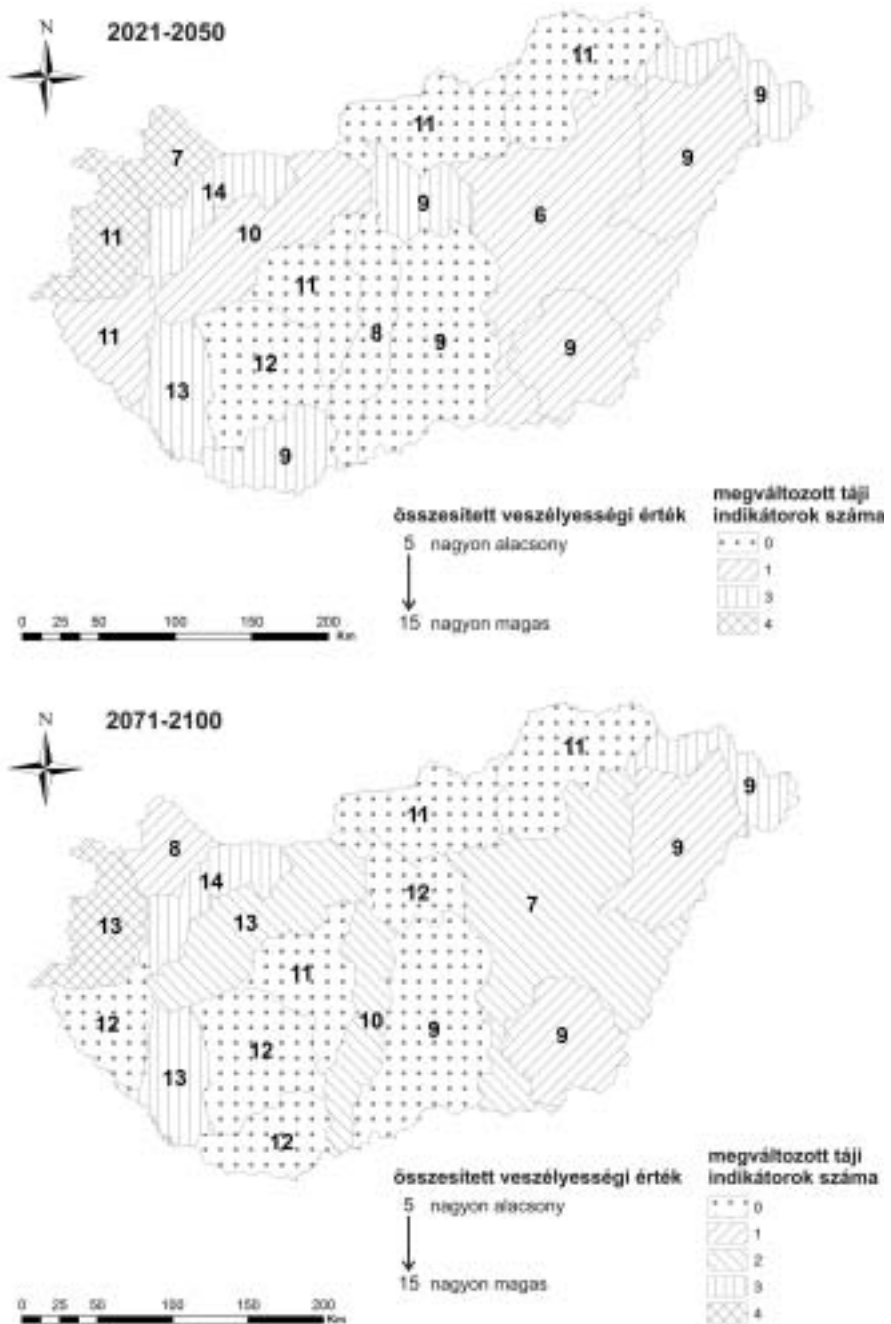


7. ábra A mezorégiók érzékenységének várható változása a lejtős tömegmozgásokra a 2021–2050, illetve 2071–2100 közötti évtizedekben (1=gyenge, 2=közepes, 3=erős)
 Figure 7 Changes in sensitivity to mass movements by meso-regions, 2021–2050 and 2071–2100 (1=low, 2=medium, 3=high)

Összesített klimatikus tájérzékenység

Az öt bemutatott természeti veszély esetére a táji egységek potenciális integratív veszélyeztettségének értékét mutatja be a 8. ábra. A számértékek a várható éghajlatváltozásoknak az elemzett folyamatokra történő hatását két szinten értelmezzük: az egyik az elemezett 5 mutatóból a megváltozott érzékenységek száma (az 1961–1990-es alapértékekhez viszonyítva), a másik a változások pontértékelése a mezoléptékű egységek 5 paraméterének 1–3 közötti összegzett értékére vonatkozóan az adott időszakban. Az alacsonyabb értékekkel (min. 5) szemben az egyre nagyobb érzékenységek max. 15-öt érhetnek el. A legnagyobb értékekkel a Marcal-medencében, a Komáromi-síkság és Nyugat-Magyarország területén találkozunk mindkét időszakban (az elemezett folyamatok többsége a maximális veszélyértéket vetíti előre).

Az eredmények alapján a változások ugyan nem jelentenek komolyabb, az emberi életet érintő veszélyt (TOBIN, G. A. – MONTZ, B. E. 1997), azonban számos környezeti folyamat jelentős mértékű, folyamatos, de lassú változása igen számottevő veszélyt (pl. aszály) jelez előre. SZABÓ J. et al. (2008) szerint a kistájak jelen állapot szerinti környezeti kockázata az előző megállapításokkal szemben a medence északi–nyugati részén kisebb, a délin–keletin pedig nagyobb értékeket mutatnak. Ennek oka, hogy a vizsgálat kiterjedt az árvízveszélyre is, e veszély azonban inkább társadalmi, mint természeti okok (pl. hullámtér, vagy a vízgyűjtők felső szakaszának felszínhasználat, a gátak helyzete) miatt alakul ki, így elemzésünk erre nem terjedt ki.



8. ábra A veszélyességi értékek változása a 2021–2050 és 2071–2100-es éghajlati adatok alapján, középtáji egységenként (az 1961–1990-es adatokhoz képest)
 Figure 8 Changes in the volume of hazard by meso-regions, 2021–2050 and 2071–2100, compared to the mean of the 1961–1990 period

Összefoglalás

A REMO és az ALADIN klímamodellek adatait felhasználva kapcsolatot kerestünk az éghajlati indikátorok és a kiválasztott tájműködési jelenségek gyakoriságának várható változása között. Az éghajlati indikátorokat a 2021–2050, illetve a 2071–2100 közötti évtizedekre nézve hasonlítottuk össze az 1961–1990 közötti három évtized bázisadataival. Munkánk során az egyik fontos kérdés volt, hogy a kiválasztott tájműködési jelenségeket – a talajeróziót, a deflációt, az aszályt, a villámárvizeket és a lejtős tömegmozgásokat – melyik éghajlati elemmel hozzuk kapcsolatba. A másik lényeges kérdés az volt, hogy a klímaelemek várható változását milyen táji keretekre vonatkoztassuk. Úgy gondoljuk ugyanis, hogy elérkezett az ideje, hogy a táj kutatás földrajzi következtetéseket vonjon le az éghajlat-változási előrejelzésekből. A klímamodellek adatsűrűségéhez igazodva 18 mezőregiót határoltunk el, amely egységek kissé különböznek az ismert középtájbeosztástól. Az új területfelosztás során arra törekedtünk, hogy egy-egy mezőregió természetföldrajzi adottságai és földhasználati miatt hasonló módon reagáljon a fontos éghajlati elemek változására.

Munkánk további célkitűzése annak elemzése lesz, hogy a mezőregiók tájműködési következményei milyen tájvédelmi, tájtervezési, tájgazdálkodási intézkedéseket, javaslatokat tesznek szükségessé. A természeti katasztrófákat érintő vizsgálat továbbá területileg is megjelölheti azokat az egységeket, amelyeket már a VAHAVA projekt is érintett, és az elemzések idő- és térbeli előrejelzései a középtávú területfejlesztési tervek jó támogatói lehetnek (FARAGÓ T. et al. 2010).

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0005 azonosító számú projektje támogatta. A „Kutatóegyetemi Kiválósági Központ létrehozása a Szegedi Tudományegyetemen” című projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

CSORBA PÉTER
DE Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debrecen
csorba.peter@science.unideb.hu

BLANKA VIKTÓRIA
SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged
blankav@geo.u-szeged.hu

VASS RÓBERT
DE Meteorológiai Tanszék, Debrecen
vass.robort@science.unideb.hu

NAGY RICHÁRD
Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék
nagy.richard@science.unideb.hu

MEZŐSI GABOR
Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék
mezosi@geo.u-szeged.hu

IRODALOM

- BAGNOLD, R. 1941: The physics of blown sand and desert dunes. – Methuen, London. 265 p.
- 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 131. 4. pp. 257–269.
- BELLY, P. Y. 1964: Sand movement by wind. Tech Memo. 1. – US Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Washington. 80 p.
- BISAL, F. – HSIEH, J. 1966: Influence of moisture on erodibility of soil by wind. – Soil Science 102. 3. pp. 143–146.
- BULLA B. – MENDÖL T. 1947: A Kárpát-medence földrajza. – Egyetemi Nyomda, Budapest. 420 p.
- CARPENTER, T. M. – SPERFSLAGE, J. A. – GEORGAKAKOS, K. P. – SWEENEY, T. – FREAD, D. L. 1999: National threshold runoff estimation utilizing GIS is support of operational flash flood warning systems. – Journal of Hydrology 224. 1. pp. 21–44.
- CHEPIL, W. S. 1956: Influence of moisture on erodibility of soil by wind. – Proceedings. Soil Science Society of America 20. 2. pp. 288–292.
- CUBASCH, U. – MEEHL, G. – BOER, G. – STOFFER, R. – DIX, M. – NODA, A. – SENIOR, C. – RAPER, S. – YAP, K. 2001: Projections of future climate change. – In: HOUGHTON, J. T. – DING, Y. – GRIGGS, D. J. – NOGUER, M. – VAN DER LINDEN, P. J. – DAI, X. – MASKELL, K. – JOHNSON, C. A. (szerk.): Climate change 2001: The scientific basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel.
- CSIMA P. 2008: Tájvédelmi szabályozás a településrendezési tervekben. – In: CSORBA P. – FAZEKAS I. (szerk.): Táj kutatás, tájökológia. Meridián Alapítvány, Debrecen, pp. 401–407.
- CZIGÁNY SZ. – PIRKHOFFER E. – BALASSA B. – BUGYA T. – BÖTKÖS T. – GYENIZSE P. – NAGYVÁRADI L. – LÓCZY D. – GERESDI I. 2010: Villámárvíz mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. – Földrajzi Közlemények 134. 3. pp. 281–298.
- DE MARTONNE, E. 1926: Une nouvelle fonction climatologique: L'indice d'aridité. – La Meteorologie 2. pp. 449–458.
- ESTRELA, T. – MENÉNDEZ, M. – DIMAS, M. – MARCUELLO, C. – REES, G. – COLE, G. – WEBER, K. – GRATH, J. – LEONARD, J. – OVESEN, N. B. – FEHÉR, J. 2001: EEA Sustainable water use in Europe. Part 3: Extreme hydrological events: floods and droughts. – 84 p. http://www.eea.europa.eu/publications/Environmental_Issues_No_21
- FARAGÓ T. – LÁNG I. – CSETE L. 2010: Climate Change and Hungary: mitigating the hazard and preparing for the impacts (The VAHAVA Report). – Budapest, 124 p.
- FODOR T. – NÉ – KLEB B. 1986: Magyarország mérnökgeológiai áttekintése. – MÁFI, Budapest. 199 p.
- GRUNDFEST, E. – RIPS, A. 2000: Flash floods. – In: PARKER, D. J. (szerk.): Floods 1. Routledge, London, pp. 377–390.
- JAKUCS P. – KERESZTESI Z. – PÉCSI M. – SOMOGYI S. 1989: Táj típusok. – In: PÉCSI M. (főszerk.): Magyar Nemzeti Atlasz. Kartográfia, Budapest, pp. 90–91.
- JOHNSON, J. W. 1965: Sand movement on coastal dunes. – Federal Inter-agency Sedimentation Conference Proceedings, USDA Miscellaneous Publications 970. pp. 747–755.
- JUHÁSZ Á. 2004: Településeket, létesítményeket veszélyeztető tömegmozgások a balatoni magaspartok mentén. – Földrajzi Közlemények 128. 1–4. pp. 19–30.
- KERTÉSZ Á. – CENTERI CS. 2006: Hungary. – In: BOARDMAN, J. – POESSEN, J. (szerk.): Soil erosion in Europe. John Wiley & Sons, London, pp. 139–153.
- KNOTTERNUS, D. F. C. 1980: Relative humidity of the air and critical wind velocity in relation to erosion. – In: DE BOODT, M. – GABRIELS, D. (szerk.): Assessment of erosion. Wiley, Chichester. pp. 531–540.
- MOLNÁR CS. – MOLNÁR ZS. – BARINA Z. – BAUER N. – BIRÓ M. – BODONCZI L. – CSATHÓ A. I. – CSIKY J. – DEÁK J. Á. – FEKETE G. – HARMOS K. – HORVÁTH A. – ISÉPY I. – JUHÁSZ M. – KÁLLAYNÉ SZERÉNYI J. – KIRÁLY G. – MAGOS G. – MÁTÉ A. – MESTERHÁZY A. – MOLNÁR A. – NAGY J. – ÓVÁRI M. – PURGER D. – SCHMIDT D. – SRAMKÓ G. – SZÉNÁSI V. – SZMORAD F. – SZOLLÁT GY. – TÓTH T. – VIDRA T. – VIRÓK V. 2008: Vegetation-based landscape-regions of Hungary. – Acta Botanica Hungarica 50. Suppl. pp. 47–58.
- MÓCSÉNYI M. 1968: A zöldterület fogalmi problémái a tájrendezés nézőpontjából. – Településtudományi Közlemények 21. pp. 66–76.
- MUCHER, C. A. – KLJUN, J. A. – WASCHER, D. M. – SCHAMINÉE, J. H. J. 2010: A new European landscape classification (LANMAP): a transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes. – Ecological Indicators. 10. 1. pp. 87–103.

- VAN LEEUWEN, B. – TOBAK Z. – SZATMÁRI J. 2008: Development of an integrated ANN – GIS framework for inland excess water monitoring. – *Journal of Environmental Geography* 1. 3–4. pp. 1–6.
- LÁNG I. – CSETE L. – JOLÁNKAI M 2007: A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok: a VAHAVA jelentés. – Szaktudás Kiadó, Budapest. 220 p.
- LÓKI J. 2003: A szélerózió mechanizmusa és magyarországi hatásai. – MTA doktori értekezés. Kézirat, Debrecen. 265 p.
- PÁLFAI I. 2004: Belvizek, aszályok Magyarországon. – Közlekedési Dokumentációs Kft, Budapest. 492 p.
- PÁLFAI I. – HERCEG Á. 2011: Droughtness of Hungary and Balkan Peninsula. – *Riscuri și Catastrofe* 9. 2. pp. 145–154.
- PATAKI R. 2000: Talajerózió modellezése térinformatikai módszerekkel. – Szent István Egyetem KTI diplomamunka. Kézirat, Gödöllő. 61 p.
- PÉCSI M. – SOMOGYI S. 1967. Magyarország természeti földrajzi tájai és geomorfológiai körzetei. – *Földrajzi Értesítő* 15. 4. pp. 285–304.
- RAKONCZAI J. 2011: Effects and consequences of global climate change in the Carpathian Basin. – In: BLANCO, J. – KHERADMAND, H. (szerk): *Climate Change – Geophysical Foundations and Ecological Effects*. Intech Open Access Publisher. pp. 297–322.
- SOLOMON, S. – QIN, D. – MANNING, M. – CHEN, Z. – MARQUIS, M. – AVERY, K. B. – TIGNOR, M. – MILLER, H. L. (szerk.) 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*. Cambridge University Press, New York. 996 p. (<http://www.ipcc.ch>)
- SZABÓ J. – LÓKI J. – TÓTH CS. – SZABÓ G. 2008: Natural hazards in Hungary. – In: KERTÉSZ Á. – KOVÁCS Z. (szerk): *Dimensions and trends in Hungarian geography*. MTA FKI, Budapest, pp. 55–68.
- SZABÓ P. – HORÁNYI A. – KRÜZSELYI I. – SZÉPSZÓ G. 2011: Az Országos Meteorológiai Szolgálat regionális klímamodellezési tevékenysége: ALADIN-Climate és REMO. – OMSZ, Budapest, pp. 87–101.
- SZÉPSZÓ G. 2008: Regional change of extreme characteristics over Hungary based on different regional climate models of the PRUDENCE project. – *Időjárás* 112. 3–4. pp. 265–284.
- 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.
- SZÉPSZÓ G. – ZSEBEHÁZI G. 2011: Az ENSEMBLES projekt regionális modelleredményeinek alkalmazhatósága Magyarország éghajlatának jellemzésére. – 36. Meteorológiai Tudományos Napok, Budapest, pp. 59–75.
- TOBIN, G. A. – MONTZ, B. E. 1997: *Natural hazards: explanation and integration*. – Guilford Publishing, New York. 388 p.
- WISCHMEIER, W. H. – SMITH, D. E. 1978: Predicting rainfall erosion losses. – United States Department of Agriculture. *Agriculture Handbook* 537. 58 p.
- www.remo-rcm.de
www.cnrm.meteo.fr/aladin/