



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM



Jelentés az éghajlatváltozás Kárpát-medencére gyakorolt esetleges hatásainak tudományos értékeléséről



FELADATUNK A JÖVŐ

2020. január

Tartalom

Tartalom.....	2
Vezetői összefoglaló.....	4
I. A jelentés célja	5
II. Az éghajlatváltozás éghajlati hatásai a Kárpát-medencében és Magyarországon	5
II.1. Magyarország éghajlata napjainkban	6
II.2. Várható éghajlati változások a 21. században a Kárpát-medence területén.....	8
III. Az éghajlatváltozás szektorális hatásainak ismertetése	14
III.1. Vízgazdálkodás	14
III.2. Természet és -biodiverzitásvédelem	18
III.3. Egészségügy.....	20
III.4. Erdőgazdálkodás	21
III.5. Mezőgazdaság.....	23
III.5.1. A talaj, a víz és a levegőminőség változása térségünkben.....	23
III.5.2. A növénytermesztés változása térségünkben	24
III.5.3. Az állattenyésztés változása térségünkben	26
III.6. Halgazdálkodás	27
III.7. Katasztrófavédelem, biztonságpolitika, klímamigráció.....	27
III.8. Településfejlesztés és -üzemeltetés.....	29
III.9. Energiagazdálkodásra gyakorolt, az éghajlatváltozásból fakadó hatások	31
III.9.1. Áramellátás	32
III.9.2. Gázellátás	33
III.9.3. Távhőellátás	34
III.10. Turizmus	34
IV. Legfontosabb válaszlépések, beavatkozási irányok, és szempontok	36
IV.1. Elsődleges kormányzati intézkedések	36
IV.1.1. Szakpolitikai döntéshozatal	36
IV.1.2. Szakpolitikai finanszírozás	36
IV.2. Kiemelt, a hiányterületeket érintő innovatív kutatási projektjavaslatok.....	37
IV.3. Szakpolitikai fejlesztési tervezés szempontjai.....	38

IV.3.1. Természeti erőforrás-gazdálkodás	38
IV.3.2. Fizikai infrastruktúra.....	40
IV.3.3. Speciális, időjárás-érzékeny ágazatok	41

Vezetői összefoglaló

Az emberi eredetű üvegházhatású gáz kibocsátások által jelentősen felgyorsított éghajlatváltozás egyike azoknak a legfontosabb környezeti, társadalmi és gazdasági problémáknak, amelyek akadályát képezik a fenntartható fejlődésnek, veszélyeztetik az emberiség ma ismert életfeltételeit, valamint a nemzetközi békét és biztonságot. Az alábbi táblázat a jelentésben azonosított éghajlati paraméterekben bekövetkező változásokat és azok legfontosabb szektorális hatásait foglalja össze a Kárpát-medencére fókuszálva.

Éghajlati paraméterek változása	Várható hatás	Főbb érintett szektorok
csapadék és hőmérséklet területi és időbeli változása	folyók átlagos évi lefolyásának megváltozása: nyáron csökken (vízhiány), télen nő (árvíz)	energetika, lakosság, mezőgazdaság
	nagy tavak vízmérlege és ezáltal a vízminősége is romlik	turizmus, halgazdálkodás
	felszín alatti vízkészletek	minden terület
	természetes ökoszisztémák megváltozása: ökoszisztéma szolgáltatások csökkenése, invazív fajok térhódítása	mezőgazdaság, lakosság, turizmus
	erdőkben elsősorban az őshonos fafajok pusztulása ezáltal az erdőterület, a CO ₂ tároló és nyelő kapacitás csökkenése, szénkibocsátás (kedvezőtlen életkörülmények és károsítások miatt)	erdőgazdálkodás, turizmus, gazdaság
csapadék időbeli eloszlásának változása	aszályhajlam növekedése	mezőgazdaság, lakosság
csapadékintenzitás változása	villámárvizek	lakosság, mezőgazdaság
	viharkárok gyarapodása	épített környezet, energetika, mezőgazdaság
	földtani veszélyforrások (nagyhozamú, hirtelen esők)	épített környezet (épületek, úthálózat)
hőhullámok	többlethalálozás a veszélyeztetett csoportoknál, egészségügyi problémák	lakosság
felhőzet és globálsugárzás változása	napenergia hasznosítás	energetika
hőmérséklet változása	új károsítók és kórokozók megjelenése	lakosság, mezőgazdaság, erdőgazdálkodás
	vegetációs időszak meghosszabbodása, miközben a csapadék kedvezőtlen irányba változik	mezőgazdaság

Éghajlati paraméterek változása	Várható hatás	Főbb érintett szektorok
	fűtési energiaszükséglet (elsősorban földgáz) csökkenése, hűtéshez villamosenergia-szükséglet növekedése	energetika, lakosság, állattenyésztés
UV sugárzás növekedése	daganatos betegségek számának növekedése	lakosság

1. táblázat: éghajlati paraméterekben bekövetkező változások szektorális hatásai

Forrás: saját szerkesztés

I. A jelentés célja

Az emberi eredetű üvegházhatású gáz kibocsátások által jelentősen felgyorsított éghajlatváltozás ugyanis egyike azoknak a legfontosabb környezeti, társadalmi és gazdasági problémáknak, amelyek akadályát képezik a fenntartható fejlődésnek, veszélyeztetik az emberiség ma ismert életfeltételeit, valamint a nemzetközi békét és biztonságot. Az éghajlatváltozásnak a világ különböző pontjain eltérő hatásai lesznek. **A szárazfölkék belső területein intenzívebb melegedés tapasztalható, és az eddigi megfigyelések alapján a Kárpát-medence az átlagosnál jobban melegedő régiókhöz sorolható. A Kárpát-medence az éghajlatváltozás nem kívánt hatásainak Európa többi országához képest ugyan nem lesz fokozottabban kitéve, de a várható károk a gazdasági teljesítményhez képest nagyobb mértékben fogják sújtani az országot.**¹

Ugyanakkor globális összehasonlításban ami a Kárpát-medencére vár, az elmarad a világ egyéb, elsősorban fejlődő régióiban várható változásokhoz képest, így hazánk nem klíma migrációs kibocsátó állam lesz, hanem biztonságos célország, ami ráerősít a már jelenleg is tapasztalható biztonsági kihívásokra.

A fentiek alapján a **jelentés célja** tehát, hogy **részletes, tudományos vizsgálatok által igazolt tájékoztatást adjon az éghajlatváltozás Kárpát-medencét érintő hatásairól az egyes szektorok tekintetében**, valamint a lehetséges főbb cselekvési irányokról, az Országgyűlés által 2018. október 30-án elfogadott második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiában (a továbbiakban: NÉS-2) foglaltakat alapul véve, amelyek megtétele javasolt a probléma súlyosbodásának elkerülése, illetve a már elkerülhetetlen hatásokhoz való alkalmazkodás érdekében.

II. Az éghajlatváltozás éghajlati hatásai a Kárpát-medencében és Magyarországon

Míg bolygónk felmelegedése alatt csupán a földi átlaghőmérséklet bizonyos mértékű emelkedését értjük, addig a klímaváltozás az éghajlati rendszer összetett, egymásra épülő folyamatainak és kölcsönhatásainak módosulását jelenti a megváltozó hőmérsékleti viszonyok hatására. Az éghajlatot alakító, az éghajlati rendszer működését befolyásoló tényezők lehetnek természetes eredetűek (pl. vulkanikus tevékenység), származhatnak azonban emberi tevékenységből is (pl. üvegházhatású gázok kibocsátása). Ez utóbbi hatás a 19. század második felétől nőtt olyan mértékűre, hogy számottevően módosíthatja az éghajlati folyamatokat. Földünk klímája állandó változás alatt állt az idők során. **A jelenleg tapasztalt melegedési trendekben azonban a változás sebessége ad aggodalomra okot, hiszen a legutóbbi 3-4 évtizedben sokkal gyorsabban emelkedett a földi**

¹

https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/working/regions2020/pdf/regions2020_climat.pdf

átlaghőmérséklet, mint az elmúlt évezredekben. A Földön a műszeres megfigyelések kezdete óta az elmúlt két évtized bizonyult a legmelegebbnek, sőt a legmagasabb átlaghőmérsékletű évek rangsorában az elmúlt öt év tölti be az első öt helyet. 2018-ban a globális felszínhőmérséklet közel 1°C-kal haladta meg az 1850-1900 közötti időszak átlagértékét. A változások mértéke és jellege azonban nem egyformán jelenik meg a Föld egyes régióiban.

Térségünk az átlagosnál jobban melegedő régiókhoz sorolható. Az országos átlaghőmérséklet múlt század eleje óta tapasztalt 1,23°C-os mértékű emelkedése jelentősen meghaladja a globális változás becsült mértékét 1901 és 2018 évek közötti időszakot tekintve. A csapadék éven belüli eloszlása megváltozott. Kevesebb napon hullik csapadék, nőtt az aszályhajlam. A heves csapadékesemények száma is emelkedett, hiszen a csapadék egyre inkább rövidebb ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok formájában éri el a felszínt.

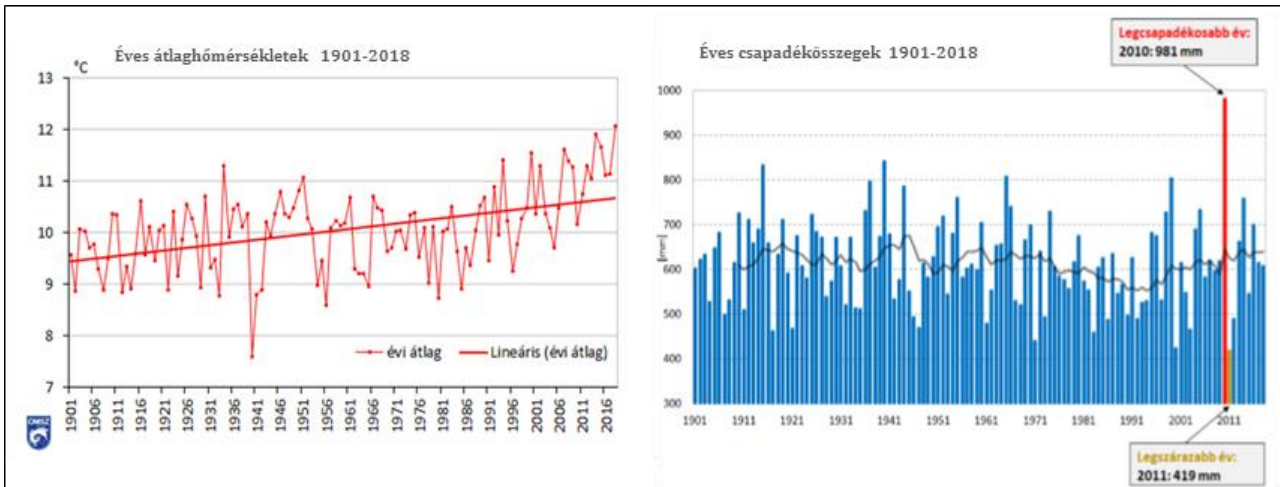
A XXI. században a hőmérséklet további emelkedésére kell számítani hazánkban: a pesszimista forgatókönyvek alapján akár 3,5-4,5°C fokkal is emelkedhet az átlaghőmérséklet az évszázad végére. Ez a csupán néhány fokos hőmérséklet-emelkedés jelentős változásokat eredményezhet a ritkán előforduló, szélsőséges események gyakoriságában. A jövőben gyakrabban fordulnak elő extrém meleg napok és időszakok, míg a fagyos napok gyakorisága egyértelműen csökken. **Nem csupán a tartós hóhullámok száma, de azok átlagos hossza és intenzitása is jelentősen nő.** A XXI. század első felében az éves csapadékösszeg csak kis mértékben változik. A csapadék éven belüli eloszlása kiegyenlítettebbé válik: nyáron némileg kevesebb csapadékra számíthatunk, míg a többi évszakban inkább csapadéknövekedés valószínű. **A napi csapadékoság is módosulni látszik: a jövőben a csapadék kevesebb napon hullik majd, azaz (különösen nyáron) hosszabb száraz időszakok várhatók, ezzel párhuzamosan növekszik a nagy csapadéku napok előfordulása is.** Az időjárási és éghajlati szélsőségek várható hatása azonban nem csupán az időjárási és éghajlati veszélyek előfordulásának a gyakoriságától függ, hanem a szélsőség jellegétől és mértékétől, a társadalom és a térség sérülékenységtől és kitettségtől is. **A fentiek alapján az éghajlatváltozás várhatóan jelentős következményekkel jár a Kárpát-medencében a természetes ökoszisztémákra és az emberi tevékenységre nézve.**

II.1. Magyarország éghajlata napjainkban

Az éghajlat hosszútávú vizsgálatához elengedhetetlen a jelenlegi klimatikus viszonyok ismerete és elemzése, amelyhez meteorológiai mérési adatok szolgáltatnak információt. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (a továbbiakban: OMSZ) vezetésével megvalósult CARPATCLIM projekt keretein belül elkészült a Kárpátok régiójának digitális klímaatlasza, amely napi meteorológiai adatokat tartalmaz az 1961-2010 közötti időszakra. Az adatbázis kiterjesztett CARPATCLIM-HU elnevezésű verziója a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ) által üzemeltetett Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszerben (a továbbiakban: NATÉR) érhető el. Az alábbiakban a hőmérséklet és a csapadék változásait mutatjuk be. Áttekintjük az 1901-től rendelkezésre álló adatsorokon kiszámított hosszútávú hőmérsékleti és csapadék trendeket, majd az elmúlt néhány évtized viszonyait elemezzük, a hőmérsékletre 1981-től, a csapadékra 1961-től. (A csapadék esetében tehát hosszabb időszakon mutatjuk be a változásokat annak változékonysága miatt.)

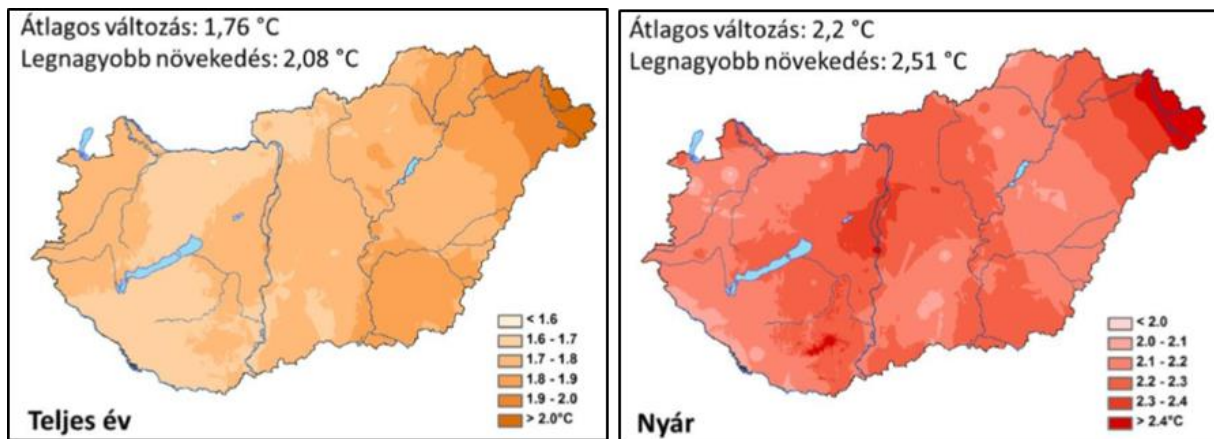
Magyarországon a **múlt század eleje óta tapasztalt 1,23°C-os országos mértékű emelkedés meghaladja a globális változás 0,9°C-ra becsült mértékét** (1901 és 2018 közötti időszakot tekintve). Az 1901–2018 közötti időszakban Magyarországon a tavaszok és a nyarak melegedtek leginkább, rendre 1,44°C-kal, illetve 1,33°C-kal. A csapadék térben és időben egyaránt változókéony

meteorológiai elem; a mérések kezdete óta az OMSZ által regisztrált legcsapadékosabb év a 2010-es esztendő volt, amely hatalmas árhullámokkal is társult, ugyanakkor az éghajlat szélsőséges irányba történő változását mutatja, hogy a legszárazabb év rögtön az utána következő 2011-es év volt, amely igen komoly aszályos időszakot eredményezett.



1. ábra: Az éves átlaghőmérséklet (°C; balra) és az éves csapadékösszegek (mm; jobbra) alakulása 1901-2018 között Magyarországon (Forrás: OMSZ)

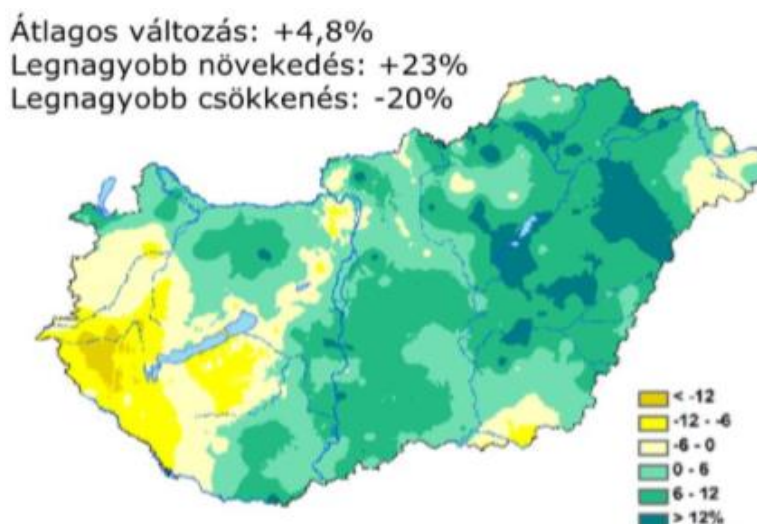
Magyarország átlaghőmérséklete az 1980-as évektől kezdődően erőteljesen emelkedő tendenciát mutat. Az 1981-2018 közötti időszakra vonatkozó változás térbeli eloszlásában (2. ábra) a kontinentalitás hatása fedezhető fel, hiszen a változás mértéke nyugatról kelet felé haladva nő. Bár a növekedés mindenütt meghaladja az 1,4°C-ot, az éves átlaghőmérséklet emelkedése a keleti, északkeleti országrészben a legnagyobb, több mint 1,8°C.



2. ábra: Az éves (jobbra) és a nyári (balra) átlaghőmérséklet 1981-2018 közötti változásának területi eloszlása Magyarországon [°C] (Forrás: OMSZ)

A legintenzívebb melegedés kezdetétől – az évszakos változásokat tekintve – a nyarak melegedtek leginkább, országos átlagban mintegy 2,2°C-kal. Azonban az északkeleti régiókban több mint 2,4°C-os hőmérséklet-emelkedés tapasztalható. Az ország középső területei (jellemzően a Duna-Tisza köze, a szélesebb Dunamenti régió és a Mecsek környéke) is 2,2°C-ot meghaladó mértékű melegedést mutatnak nyáron. (Forrás: OMSZ)

A lehullott **csapadék** éves összege 1961 és 2018 között országos átlagban közel 5%-kal nőtt (3. ábra). Míg a Dunántúl nyugati és középső területein csökkent a csapadékmennyiség (Zalában mintegy 15%-os a csökkenés), addig az ország keleti harmadában, kiterjedt területeken 15%-ot meghaladó növekedés mutatható ki. Fontos azonban megjegyezni, hogy ezen változások mértéke csak néhány esetben éri el a statisztikailag szignifikáns mértéket. (Forrás: OMSZ)



3. ábra: Az éves csapadékösszeg 1961-2018 közötti változásának területi eloszlása [%] (Forrás: OMSZ)

Az éghajlatváltozás okozta szélsőséges időjárású események gyakoriságában és intenzitásában már napjainkban is számottevő emelkedés mutatkozik és ezek száma tovább fog emelkedni. A napi csapadékintenzitás nyáron nagyobb lett. Országosan 1,6 mm a növekedés, ami arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövideg tartó, intenzív záporok, villámlással, intenzív jégesővel, szélviharral kísért zivatarok formájában éri el a felszínt hazánkban. (Forrás: OMSZ)

II.2. Várható éghajlati változások a 21. században a Kárpát-medence területén

Az éghajlati rendszer jövőbeli viselkedése a modellezés eszközeivel írható le. A globális klímamodellek a földi rendszer kölcsönhatásainak és az éghajlatváltozás nagyskálájú jellemzőinek vizsgálatára használhatók. A részletek feltárására **regionális éghajlati modelleket** alkalmazunk, amelyek a globális modelleredményekből kiindulva írják le egy kiválasztott földrajzi terület meghatározó folyamatait. **Az éghajlati szimulációk bizonytalanságot hordoznak**, amelyek az éghajlat természetes változékonyságából, továbbá a fizikai folyamatok és a jövőbeli antropogén tevékenység leírásának közelítő jellegéből erednek. **Az eredmények csak a bizonytalanságok számszerűsítésével interpretálhatók.** Ennek eszköze az ún. ensemble technika, amikor együttesen értékelik több modellkísérlet eredményeit, amelyek mindegyike az éghajlati rendszer fejlődésének egyaránt lehetséges leírását adja.

A **várható változásokat** többnyire 30-éves jövőbeli időszakokra vizsgáljuk, ezek közül kitüntetett a **2021–2050** időszak, amely a következő évtizedekre szóló tervezés szempontjából lényeges és **2071–2100**, amely a hosszú távú adaptációs stratégiák kidolgozásához fontos. A jövőre vonatkozó modelleredményeket általában a közelmúltbeli állapotokat jellemző ún. referencia időszaktól vett

eltérések formájában adjuk meg, hogy az átlagos modellhibákat kiküszöböljük. A következőkben ismertetett eredményeknél a referencia időszak 1971–2000.

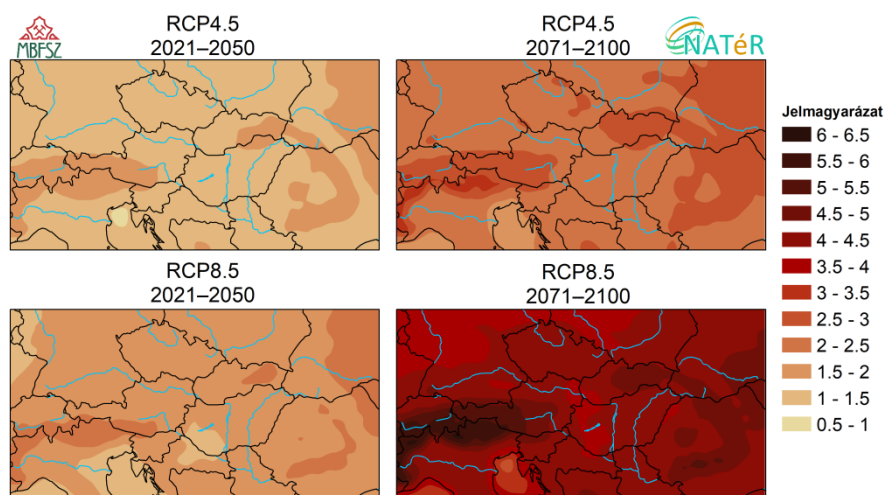
Az OMSZ-nál két regionális modellel, az ALADIN-Climate és REMO modellekkel készülnek szimulációk, átlagos (SRES A1B), illetve gyorsan növekvő ütemű (RCP8.5) antropogén szennyezőanyag-kibocsátást feltételezve. A hazai modellfuttatások eredményeit kiegészítik és tovább árnyalják az EURO-CORDEX együttműködés MBFSZ által feldolgozott és a NATÉR rendszerben elérhető adatai. Az EURO-CORDEX keretében több regionális modellel és többféle (pl. az RCP4.5 átlagos és az RCP8.5 gyorsan emelkedő) kibocsátási scenárióval készültek Európát lefedő szimulációk, lehetővé téve az ensemble megközelítést.

A NATÉR rendszerben az éghajlati paramétereken túl jelenleg 16 témakörrel találhatók adatok, amelyek bemutatják az éghajlatváltozás várható hatásaival, a kitettséggel, érzékenységgel, alkalmazkodóképességgel és sérülékenységgel kapcsolatos kutatási eredményeket, s amelyek az ágazati információk mellett hozzájárulnak a szektorális hatások ismertetéséhez a jelen jelentésben.

Hőmérséklet

A rendelkezésre álló modelleredmények alapján az éves átlaghőmérséklet Magyarország és a Kárpát-medence területén várhatóan növekedni fog a XXI. században. A melegedés mértéke nagyban függ attól, hogy milyen forgatókönyvet használnak a modellkísérletekben:

- **visszafogott antropogén tevékenység mellett (RCP4.5 forgatókönyv):** az éves átlaghőmérséklet 2021–2050-re átlagosan 1-2°C-kal, míg 2071–2100-ra 2-3°C-kal emelkedhet az 1971–2000 időszakhoz képest.
- **gyorsan emelkedő szennyezőanyag-kibocsátás mellett (RCP8.5 forgatókönyv):** az éves átlaghőmérséklet akár 3,5-4,5°C-kal is emelkedhet a Kárpát-medencében a 2071–2100 időszakra.

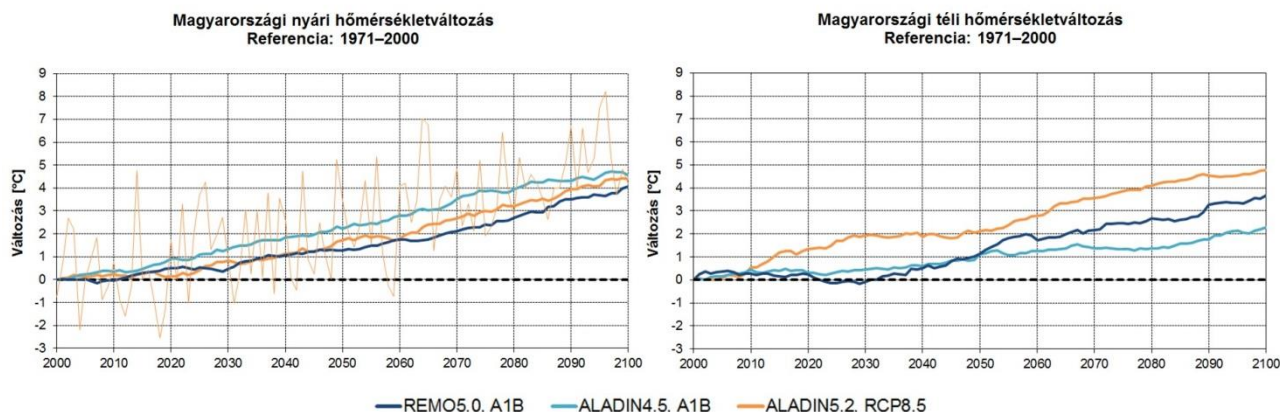


4. ábra: Az éves átlaghőmérséklet várható megváltozása [°C] a 21. században az átlagos (RCP4.5 – fent) és a gyorsan emelkedő (RCP8.5 – lent) kibocsátású forgatókönyvekre alapozva – RCA4\EC-EARTH klímamodell szimulációi alapján

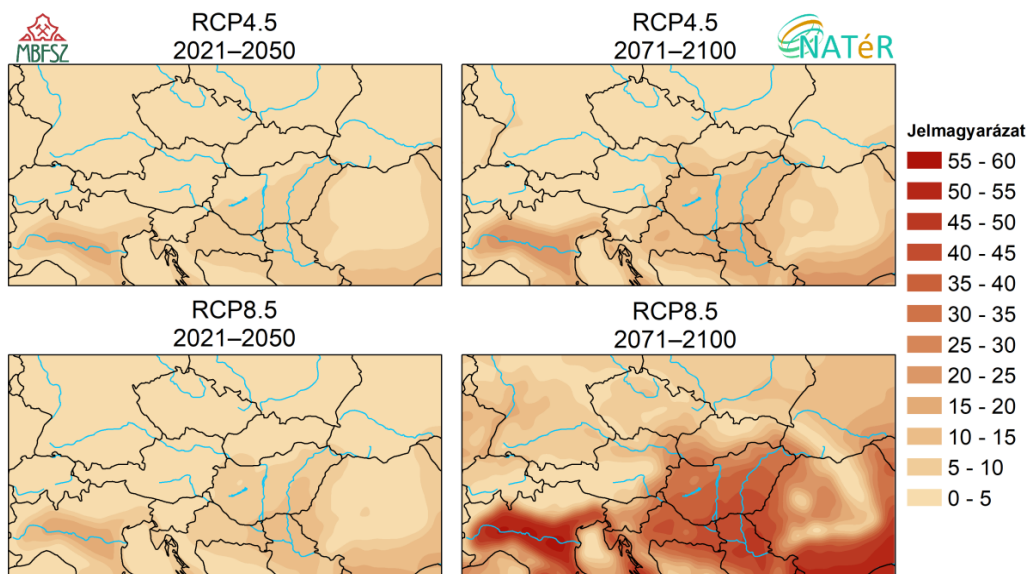
(Forrás: NATÉR, alapadatok forrása: EURO-CORDEX, SMHI)

A hazai modelleredmények nyáron az éves átlagnál fokozottabb és folyamatos, míg télen többségében mérsékelt melegedést mutatnak (5. ábra). Továbbra is számíthatunk az éves és évszakai átlaghőmérséklet évek közötti változékonyságára, azaz arra, hogy lesznek az átlagnál

alacsonyabb hőmérsékletértékek (pl. az átlagosnál hűvösebb nyár, melegebb év; 5. ábra, balra). A néhány fokkal hőmérsékletemelkedés azonban jelentős változásokat eredményezhet a ritkán előforduló, szélsőséges események gyakoriságában.



5. ábra: Nyári és téli hőmérséklet országos átlagának változása [°C] a XXI. században három hazai modellszimuláció alapján az 1971–2000 referencia időszakhoz képest. A vastag görbék 30-éves mozgóátlagok (pl. a 2050-es érték jelöli a 2021–2050 időszak átlagát), míg a bal oldali ábrán lévő vékony görbe az évenkénti értékeket mutatja az egyik modellkísérlet esetében. (Forrás: OMSZ)



6. ábra: A hőségriadós napok számának várható megváltozása [nap] a 21. században az átlagos (RCP4.5 – fent) és a gyorsan emelkedő (RCP8.5 – lent) kibocsátású forgatókönyvekre alapozva – RCA4\EC-EARTH klímamodell szimulációi alapján.
(Forrás: NATÉR, alapadatok forrása: EURO-CORDEX, SMHI)

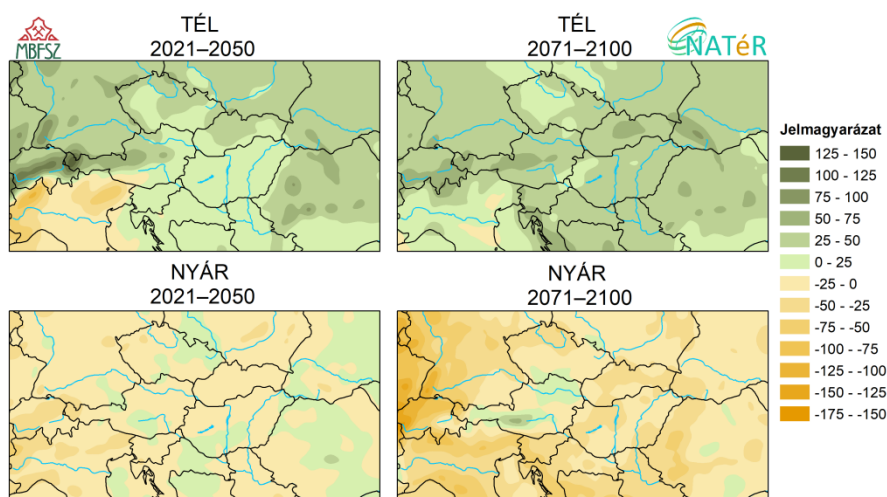
A hőmérséklettel kapcsolatos szélsőségek egyértelműen és szignifikánsan a melegedés irányába mozdulnak el: **a fagyos napok száma csökkenni, a nyári napok és a hóhullámos napok előfordulása növekedni fog.** A hőségriadós, azaz a 25°C-ot meghaladó középhőmérsékletű napok számában is emelkedés várható, így a Kárpát-medence – kiemelten Magyarország – térsége Európában az erőteljesebben kitett területek közé tartozik a hőmérsékleti szélsőségek várható alakulása szempontjából (6. ábra).

Egyre több hóhullámos időszakra számíthatunk a 21. század során, amelyeknek a hossza és intenzitása is növekedni fog. A legoptimistább szimuláció szerint a XXI. század közepére legalább a múltbeli (1971–2000) érték kétszeresére növekszik, a század végére pedig évi átlagos előfordulása megközelítheti az egy hónapot is, jelentősen megterhelve ezzel az emberi szervezetet. Az Alföld és az ország délkeleti területei különösen kitétek a növekvő hóhullámos időszakok okozta hőstressznek (a pesszimista forgatókönyvre alapozott szimuláció szerint a 2071-2100-ra a hőségriadós napok száma itt akár 30-40 nappal is emelkedhet; 6. ábra), a Dunántúl és a magasabb hegyvidékeink felett alacsonyabb változások várhatók. Egyre gyakoribbak lesznek azok a *meleg éjszakák*, amikor a napi minimumhőmérséklet nem süllyed 20°C alá. Előfordulásuk a következő évtizedekben egyes területeken akár évi 9-16 nappal is nőhet, s ez különösen a nagyobb városokban és a Balaton partján eredményezhet magas értékeket.

A *vegetációs időszak hossza* (kezdetét és végét azon időpontok jelölik ki, amikor a napi átlaghőmérséklet 5 napon keresztül először 5°C feletti, majd július után először 5°C alatti) a jövőben egyértelműen növekedni fog. A múltbeli átlagosan 239 nap legalább 20 nappal, de akár másfél hónappal is hosszabbodhat a század közepére. A legnagyobb változások az ország délnyugati területein várhatók (itt akár az évi 310 napot is meghaladhatja ezen időszak hossza).

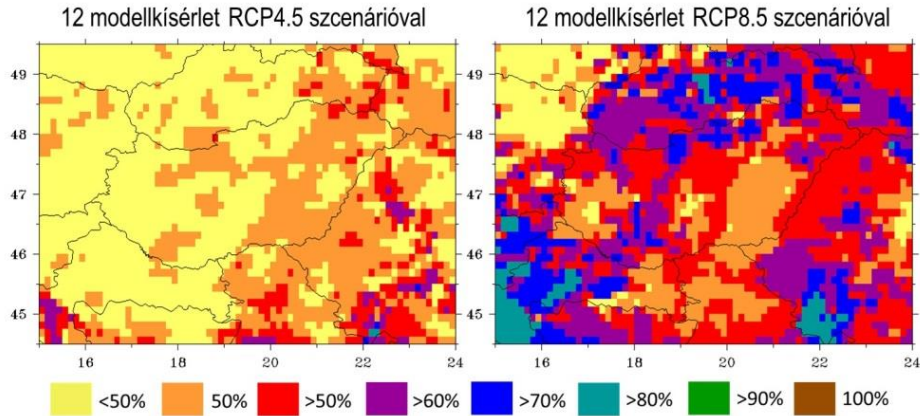
Csapadék

A csapadék jövőben várható változásának iránya és mértéke sokkal kevésbé egyértelmű, mint a hőmérsékleté, és nem mutat összefüggést a szimulációban alkalmazott antropogén kibocsátási forgatókönyvvel. A csapadék térbeli és időbeli változékonysága miatt Magyarországon különösen nagy bizonytalanságot mutatnak a modelleredmények, következtetések gyakran csak az évszázad végére tehetők, amikor a változások nagysága meghaladja a természetes változékonyság mértékét. A hazai modellszimulációk többsége szerint a XXI. század első felében nyáron némileg kevesebb csapadékra számíthatunk (7. ábra), míg tavasszal és télen inkább növekedés valószínű, azonban a modelleredmények közötti bizonytalanság akár 20-30% is lehet. Ősszel egyértelmű növekedés várható.



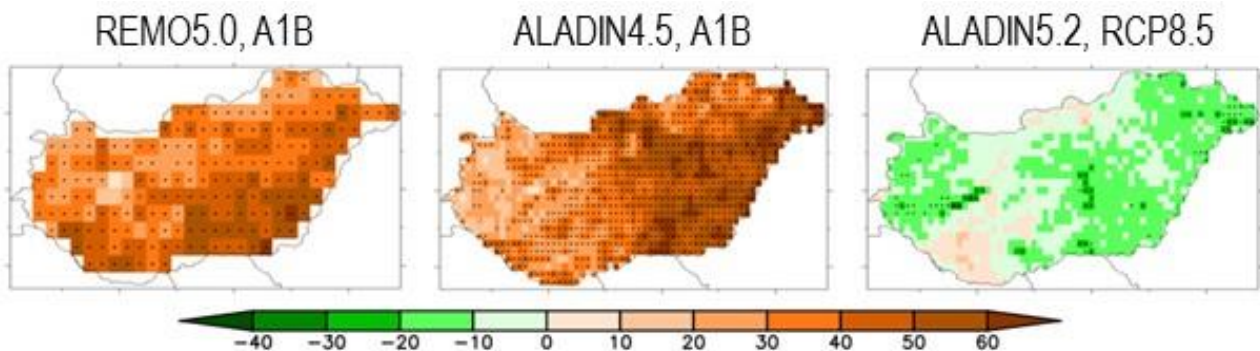
7. ábra: A téli és nyári csapadékmennyiségének várható megváltozása [mm] a 21. században a gyorsan emelkedő kibocsátású (RCP8.5) forgatókönyvre alapozva – RCA4\EC-EARTH klímamodell szimulációi alapján (Forrás: NATéR, alapadatok forrása: EURO-CORDEX, SMHI)

Az európai eredmények gyorsan emelkedő antropogén kibocsátást feltételezve a nyári csapadékmennyiség további csökkenését valószínűsítik 2071–2100-ra, míg átlagos ütemű kibocsátás mellett csapadéknövekedés és -csökkenés egyaránt lehetséges (8. ábra).



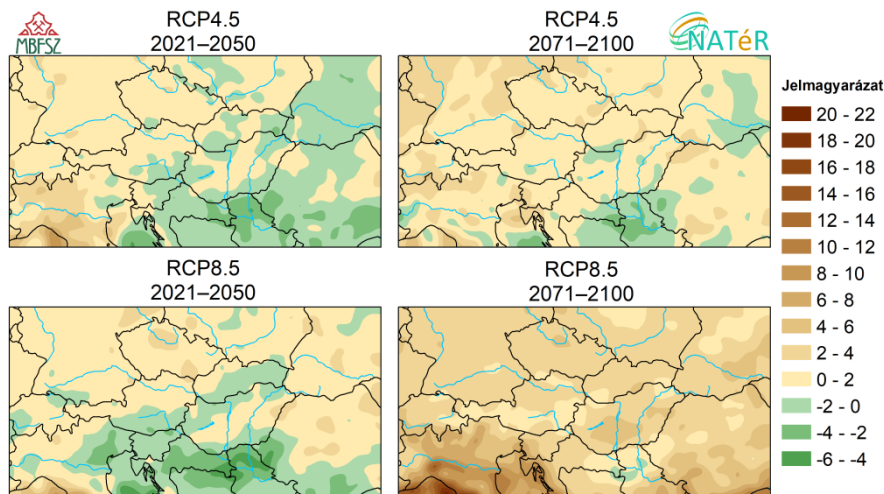
8. ábra: A nyári csapadékmennyiség növekedésének valószínűsége [%] 2071–2100-ra az 1971–2000 referencia időszakhoz viszonyítva az átlagos (RCP4.5 – balra) és a gyorsan emelkedő (RCP8.5 – jobbra) kibocsátású forgatókönyv figyelembevételével készült európai modellkísérletek eredményei alapján. (Forrás: OMSZ, alapadatok forrása: EURO-CORDEX)

A múltban a leghosszabb száraz időszakok (amikor a napi csapadékösszeg 1 mm alatti) nyáron átlagosan 15 napig, míg ősszel és télen átlagosan 21-22 napig tartottak. A hazai szimulációk eredményei alapján a 2021–2050 időszakban tavasszal és nyáron (9. ábra) hosszabb, míg ősszel és télen rövidebb száraz periódusokra számíthatunk.



9. ábra: A száraz időszakok maximális hosszának várható megváltozása [%] nyáron 2071–2100-ra az 1971–2000 referencia időszakhoz viszonyítva az átlagos (SRES A1B – balra és középen) és a gyorsan emelkedő (RCP8.5 – jobbra) kibocsátású forgatókönyv figyelembevételével készült hazai modellszimulációk eredménye alapján. Pontozás jelöli azokat a területeket, ahol a változás nagysága meghaladja a változékonyság mértékét. (Forrás: OMSZ)

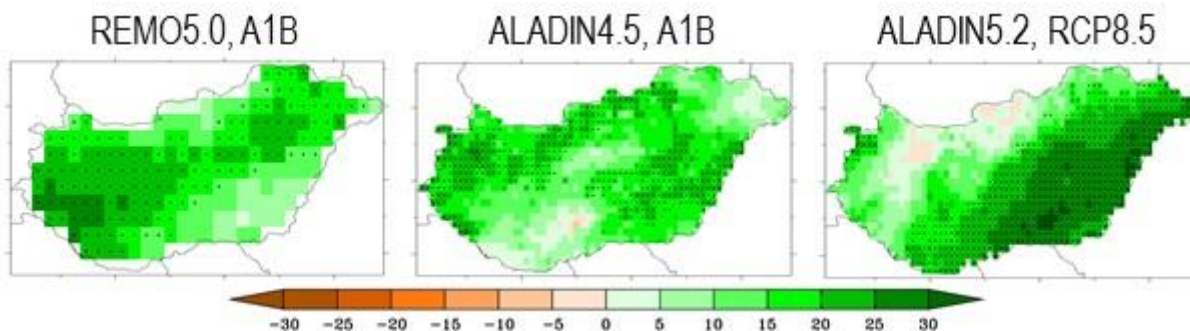
A Kárpát-medence térségében a száraz időszakok maximális hossza a nyári félévben növekszik: az évszázad végére ez akár 6 napos emelkedést is jelenthet, ugyanakkor egyes modellkísérletek a csökkenés lehetőségét is mutatják (10. ábra). A változás iránya, ahogy a csapadék alapú indikátorok többségénél, ennél a paraméternél is változatos a Duna vízgyűjtőjének térségében, Magyarország középső részében azonban mindegyik szimuláció néhány napos emelkedést vetít előre már az évszázad közepére is.



10. ábra: A száraz időszakok maximális hosszának várható megváltozása [nap] a nyári félévben, a 21. században az átlagos (RCP4.5 – fent) és a gyorsan emelkedő (RCP8.5 – lent) kibocsátású forgatókönyvekre alapozva – RCA4\EC-EARTH klímamodell szimulációi alapján.

(Forrás: NATÉR, alapadatok forrása: EURO-CORDEX, SMHI)

A csapadék intenzitását legegyszerűbben az átlagos napi csapadékoszággal, azaz az adott időszakban hulló csapadékoszággal és a csapadékos napok arányával adhatjuk meg. Az 1971–2000 időszakban a legnagyobb átlagos napi csapadékoszámok nyáron, míg a legkisebbek télen voltak. A jövőben három évszakban várhatóan nőni fog az átlagos csapadékintenzitás, míg tavasszal nem számíthatunk szignifikáns változásokra. A legnagyobb mértékű növekedés várhatóan ősszel és nyáron lesz (11. ábra).



11. ábra: Az őszi csapadékintenzitás várható megváltozása [%] 2071–2100-ra az 1971–2000 referencia időszakhoz viszonyítva átlagos (SRES A1B – balra és középen) és gyorsan emelkedő (RCP8.5 – jobbra) kibocsátású forgatókönyv figyelembevételével hazai eredmények alapján. Pontozás jelöli azokat a területeket, ahol a változás nagysága meghaladja a változékonyság mértékét. (Forrás: OMSZ)

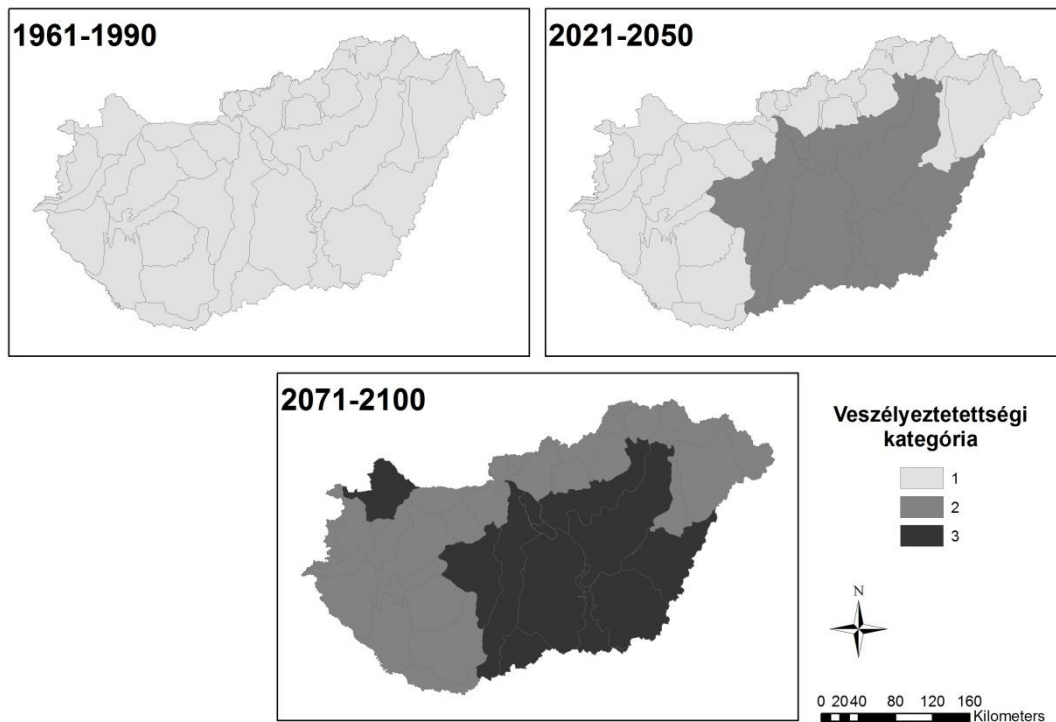
III. Az éghajlatváltozás szektorális hatásainak ismertetése

III.1. Vízgazdálkodás

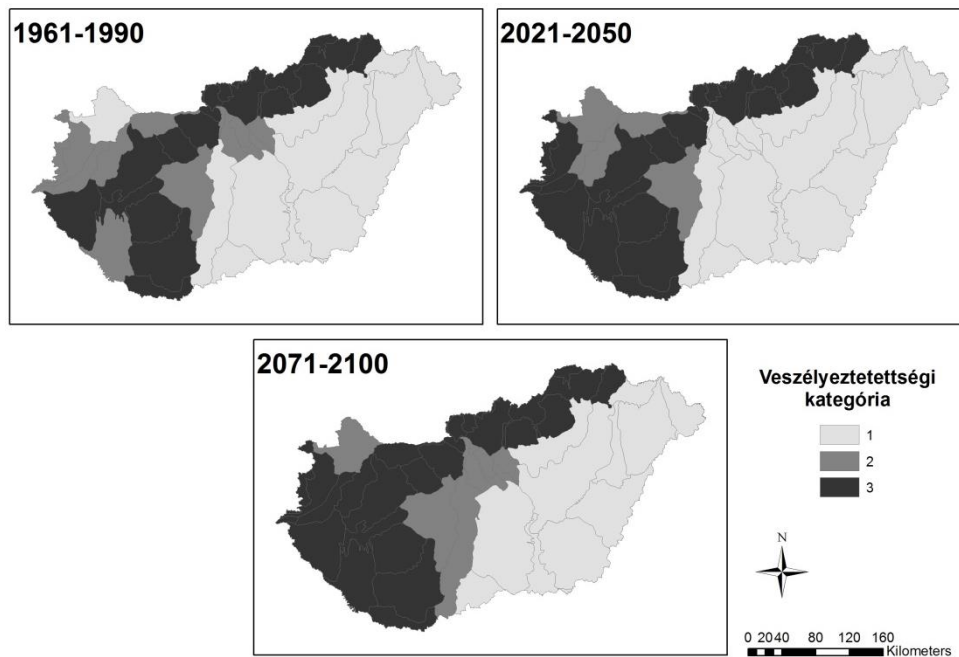
Vizeink, vízfajtatól függően eltérő mértékben érzékenyek az éghajlatra, az időjárásra, **főként a hőmérséklet és a csapadék területi és időbeli változására**. Történelmi és kutatási adatok igazolják, hogy a csapadék és a hőmérséklet viszonylag kismértékű változása nagy hatással van a víz körforgására: **többéves időszakok átlagos évi csapadécai közötti 15-20%-os eltérés, párosulva az évi középhőmérséklet 1-2°C-os eltéréssel az átlagos évi lefolyásban akár 60%-os különbséget is eredményezhet**. A vízgazdálkodási beavatkozások ellenére a vízjárásban többnyire nemcsak kimutatható az éghajlat területi változatosságának hatása, hanem igazolható annak vizeinkben történő felerősödése. A várható hatások az alábbiak:

Az **átlagos évi lefolyás folyóink többségén csökken**, várható az **éven belüli átrendeződése**, a lefolyás télen nő, nyáron csökken, hosszan tartó alacsony vízállás alakul ki. A nagy folyók vízjárására vonatkozóan azonban **nem állnak rendelkezésre olyan modellszámítások, amelyek a hosszú távú folyamatokat a klímamodell-eredmények figyelembevételével becsülik**. Árvízvédelmi vonatkozásban pedig összefoglalóan a következő éghajlati hatásokra lehet számítani: a téli eső eredetű árvizek kockázata nő, az olvadásos árvizeké bizonytalan, a villámárvizek gyakorisága és intenzitása növekszik, növekvő árvízkarok (Nováky, 2013). A magyarországi vízgazdálkodásban **az árvízvédelem fokozódó jelentőségével is számolni kell**, ugyanis az árvizek kialakulásának kockázata, a gyakoribbá váló záporok miatt döntően a hegy- és dombvidéki kisvízfolyásokon fog kialakulni, de alvízi országgént a nagyobb és közepes folyókon is megnőhet és korábbra tolódhat a nagy árhullámok gyakorisága, illetve megváltozhatnak az árvizek levonulásának sajátosságai is. Hirtelen megnövekvő vízállásra, nagyobb vízhozamokra kell számítani az intenzív csapadéktevékenységek következtében, azonban egyéb esetekben extrém kis vizek lesznek a jellemzőek. A kisvízfolyások vízhozama szélsőségessé válik, a csapadékhiányos nyári időszakban tartósan kiszáradhatnak, ugyanakkor az egyre gyakoribbá váló extrém csapadékesemények a villámárvizek gyakoriságát is növelhetik.

A kutatások alapján, az ország területe több esetben is erős érzékenységet mutat a várható aszály és villámárvizek tekintetében. Az aszály a század végén döntően az alföldi és kisalföldi területeken érinti majd kiemelten az Alsó-Tisza és a Körösök mentét, míg a villámárvizek gyakoriságának növekedésére az Északi- és a Dunántúli-középhegység, illetve a Dunántúli-dombvidék és a Mecsek területén kell majd számítani. (12-13. ábra)



12. ábra: Az aszályra való érzékenység várható változása (Csorba et al., 2012 nyomán)



13. ábra: A villámárvizekre való érzékenység várható változása (Csorba et al., 2012 nyomán)

Az előrejelzések szerint a jövőben a **nagytavak vízmérflege romlani fog**, gyakoribbá válnak a tartósan alacsony vízállások. Ennek különösképpen a Balaton lesz kitéve, ugyanis a **Balaton vízkészlet-változása az elmúlt évtizedekben folyamatosan romlik** (14. ábra). Az éghajlatváltozás következtében főként a hőmérséklet-emelkedés, és annak nyomán a párolgás fokozódása jelent

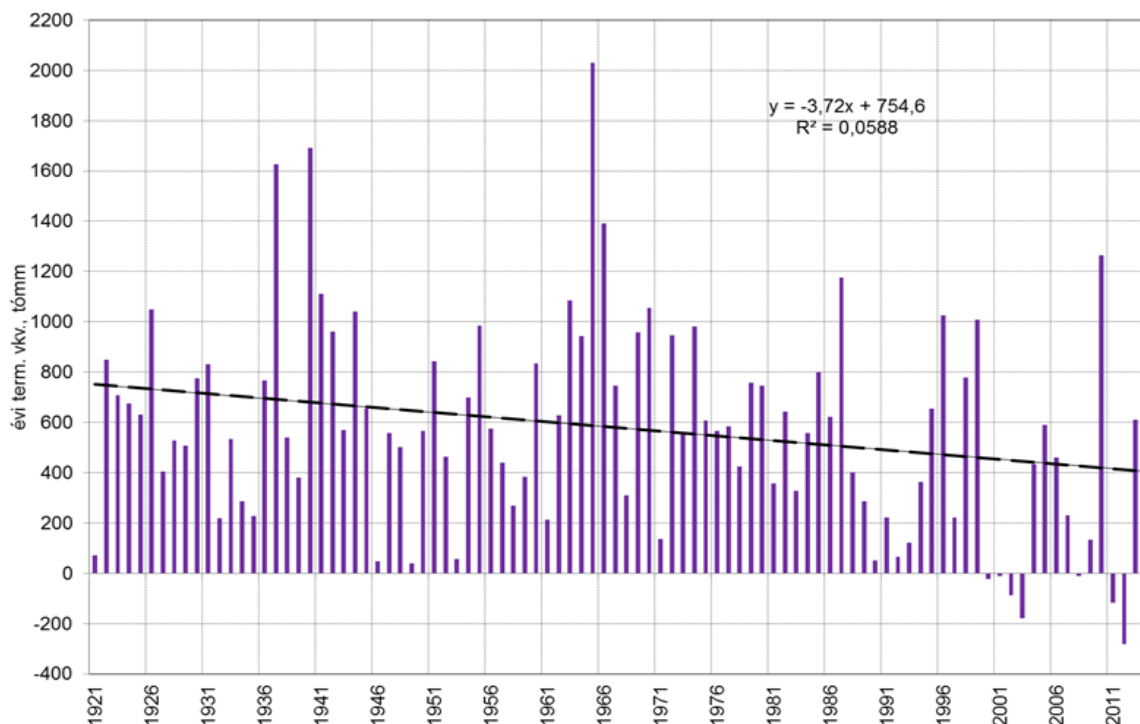
kihívást. A **vízhőmérséklet emelkedik**, ami **rontja a vízminőséget**, emellett a jégjelenségek csökkennek.

A Balaton térsége egy összetett természeti, társadalmi, gazdasági egység, amely nagyon sérülékeny és veszélyeztetett a környezeti és éghajlatváltozási hatásokra. A Balaton, mint nagytó esetében, az alábbi konkrét hatásokkal lehet számolni:

- A Balaton vízháztartásában a bevételi oldal csökkenése és a kiadási oldal növekedése valószínűsíthető.
- Halmozódó vízhiány a Balatonban (alacsony vízszint).
- Szélsőséges éghajlati értékek (vízháztartási, vízjárási) következményei nem fenntartható állapotot idéznek elő a Balaton üdülőtő jellegű hasznosításában.

Mindemellett a Balaton turisztikai funkciókat ellátó szerepe is veszélybe kerülhet abban az esetben, ha a klímaváltozás okozta vízmennyiség és -minőség is csökkenő tendenciát fog mutatni. Így tehát nemcsak természet- és környezetvédelmi szempontok alapján, hanem gazdasági megfontolásból is különös figyelmet kell biztosítani a Balaton ökoszisztémájára a jövőben.

Az éghajlatváltozás következtében a csapadékviszonyok átrendeződése zajlik, a téli félév csapadékmennyisége növekszik, a nyári félévé pedig csökken. Ezzel párhuzamosan folyamatosan csökken a csapadékos napok száma, ugyanakkor növekszik a csapadékesemények intenzitása. E folyamatok eredményeként **a lefolyás növekedésével és a beszivárgás csökkenésével számolhatunk**, ezáltal **mérséklődik a felszín alatti vizek természetes utánpótlása**. Ez a negatív hatás rövidebb-hosszabb távon káros kihatással lehet a felszín alatti áramlási rendszerekre is, ami az **ivóvízkészleteink mellett a mélyebb elhelyezkedésű ásvány-, gyógyvíz- és hévízkészleteinkre is kihathat**.

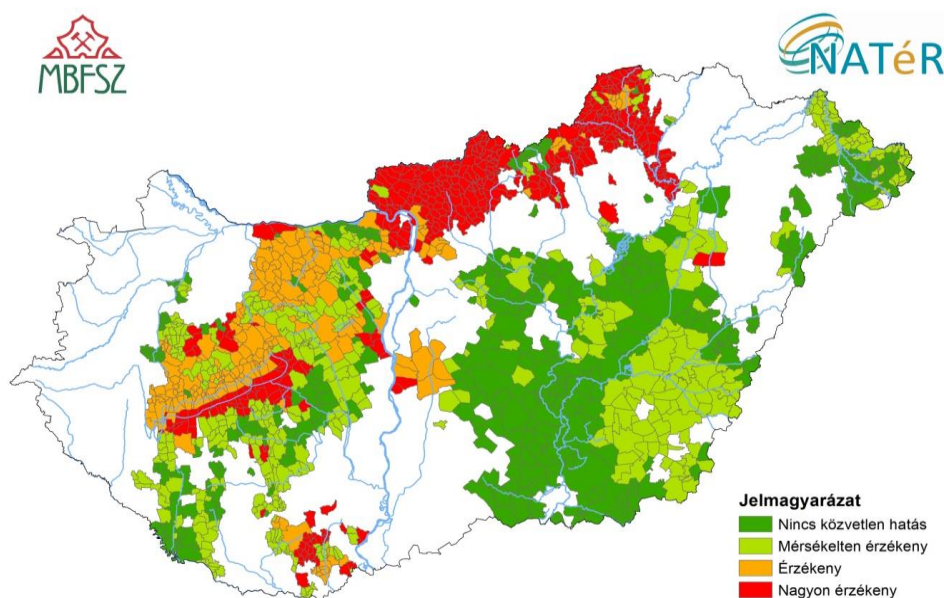


14. ábra: A Balaton évi természetes vízkészlet-változása

Forrás: Nováky B., Varga Gy., Homolya E., Szépszó G., Csorvási A. (2015): A Balaton vízforgalmának a klímaváltozás hatására becsült változása. Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer, Kutatási Jelentés (nater.mbfisz.gov.hu)

A talajvízszint süllyedése, a talaj romló nedvesség-ellátottsága növeli az aszályhajlamot, nő az aszályos évek gyakorisága, az aszály a mainál nagyobb térségre terjedhet ki. A talajvízszint süllyedése csökkenti a talajvíztől függő felszíni vizek vízutánpótlását. A belvizek alakulása bizonytalan, várhatóan szélsőségesse válik.

Az ivóvízellátás terén átfogó vizsgálat zajlott a NATÉR továbbfejlesztése keretében, amelynek alapján felülvizsgálatra került a hazai ivóvízbázisok éghajlatváltozással szembeni ellenállóképessége, illetve az ivóvízellátás sérülékenysége. Az éghajlatváltozás hatásai a Kárpát-medencében a legnagyobb mértékben a vízfolyások által befolyásolt sekély és parti szűrésű (Északi-középhegység, Duna mente), a karsztos (Dunántúli-középhegység, Mecsek térsége) és a felszíni ivóvízbázisokat (Balaton térsége) érintik negatívan (13. ábra).



15. ábra: Települések klíma-érzékenységi besorolása egyes regionális vízművek működési területén
 Forrás: Rotárné Szalkai Á., Fejes L., Selmeczi P. (2019): Az ivóvízellátás klímaváltozással szembeni sérülékenysége. Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer, Kutatási Jelentés (nater.mbfisz.gov.hu)

Az éghajlatváltozás vízgazdálkodást érintő hatásainak számbavétele során fokozott figyelmet kell szentelni a vízigények változásának a felszíni és felszín alatti vízkészletek jó mennyiségi és minőségi állapotának elérése, megőrzése érdekében:

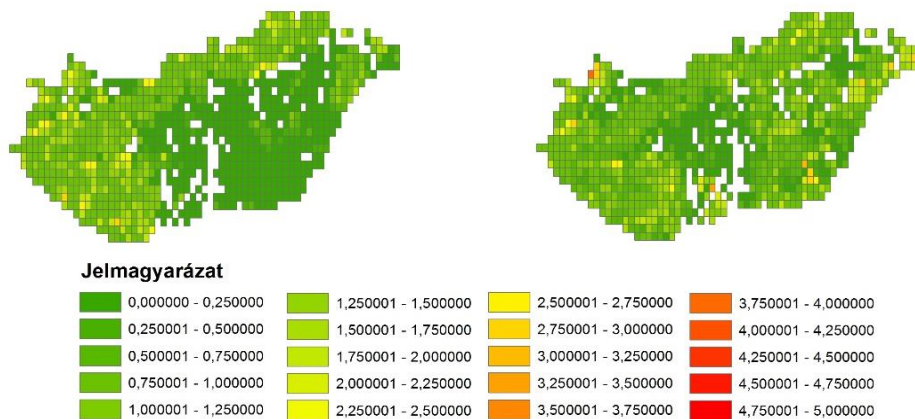
1. **mezőgazdasági vízigény:** a növénytermesztés terén a gyakoribbá váló aszályok, a vegetációs időszak átlaghőmérsékletének emelkedése és a fokozódó párolgás miatt **növekvő öntözési vízigény mutatkozik**. A felszíni vizekből történő **öntözés infrastrukturális feltételeinek megteremtése**, a **felszín alatti vizek fenntartható használatának biztosítása**, a vízbázisok túlhasználata elkerülése, a **felszín alatti vízkészletek utánpótlódásának elősegítése** kiemelten fontos ezen igények kielégítése érdekében. **Kiemelt kihívás tehát az öntözési vízigények biztosítása a felszíni és felszín alatti vizek jó mennyiségi és minőségi állapotának fenntartása mellett.**
2. **ipari technológiai és hűtési vízigény:** az átlaghőmérséklet emelkedése nyomán **fokozódik az ipari hűtővízigény**. Az ipari kapacitások növelése szintén növeli mind a hűtő, mind a

technológiai vízigényt. Az ipari és energiatermelés biztonsága, fenntarthatósága szempontjából **fontos a vízigények ismerete, az ellátást befolyásoló felszíni vizek várható lefolyásváltozásának vizsgálata, valamint az innovatív víztakarékos technológiák, hűtési módok fejlesztése, elterjesztése.**

3. **lakossági ivó- és öntözési vízfogyasztás:** A társadalmi igények változása (kertek öntözése, medencehasználat) révén **növekvő vízigények** figyelhetők meg az elővárosi, kertvárosi térségekben. Az aszályos időszakok gyakoribbá válásával **fokozódik a lakosság részéről is az öntözési vízhasználat**, amely egyrészt az **ivóvízellátási infrastruktúrát**, másrészt a **felszín alatti vizeket terheli**. Főként a talajvízkutak, de jelentős mennyiségben a rétegvízkutak használata jelentős mennyiségi és minőségi kockázatot jelent, amelyre vonatkozóan csak korlátozott információkkal rendelkezünk.
4. Az ökoszisztémák, az életközösségek **ökológiai vízigényét** ki kell elégíteni, ugyanúgy mint bármelyik más vízigényt, ha ezt nem tesszük, akkor előbb degradálódnak az élőhelyek, majd kiszáradnak és végleg eltűnnek. Így hosszú távon az ökoszisztémák adta szolgáltatásokat sem élvezhetjük.

III.2. Természet és -biodiverzitásvédelem

A természetes és természetközeli élőhelyek a klímaváltozással kapcsolatban több módon is érintettek. Egyrészt **jelentős szerepük van a mikroklíma és a vízháztartás szabályozásában** is, ezáltal ellensúlyozni tudják a klímaváltozás bizonyos hatásait, másrészt a változó klimatikus körülmények hatására maguk az élőhelyek átalakulnak, **esetenként élehetlenné válnak a korábban jelen lévő fajok és fajták számára.**



16. ábra: Klímaérzékeny természetes élőhelyek együttes sérülékenysége 2021-2050-ben az Aladin (balra) és a RegCM (jobbra) modell szerint

Forrás: Bede-Fazekas Á.; Lepesi N.; Czúcz B. (2016): Természetes ökoszisztémák éghajlati sérülékenységének elemzése. Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer. Kutatási jelentés (nater.mbfsz.gov.hu)

Az egyes élőhelyek különböző mértékben érzékenyek a klímaváltozás hatásaira. Az MTA Ökológiai Kutatóközpont a NATÉR rendszer kialakítását célzó projekt keretében végrehajtott egy kutatást, amely meghatározta a 12 leginkább klímaérzékeny hazai természetes élőhely éghajlati sérülékenységét, amelyek között erdők, vizes élőhelyek, gyepek és lág egyaránt szerepelt. A kutatás

keretében elkészült becslések **arról adnak információt, hogy az egyes élőhelyek jelenléte adott területen mennyiben válik kétségessé klímaváltozás esetén.** Ehhez figyelembe vették az egyes területeken várható klímamódosulásokat két klímamodell alapján, illetve az adott területen az élőhelyre jellemző alkalmazkodóképességet is több szempont alapján.

A különböző típusú élőhelyeket külön-külön megvizsgálva a kutatók megállapították azt, hogy **az erdőkre nézve a klímaváltozás következtében várható hatások legtöbbször kedvezőtlenebbek, míg a gyepekre nézve inkább kedvezőek lesznek.** Ezzel párhuzamosan az is megállapítható, hogy a **hegyvidék természetes növényzete sérülékenyebbnek bizonyult** az alföldinél. Mivel Magyarország számos területén több klímaérzékeny élőhely is megtalálható, ezért a 11. ábrán az adott területen jelen lévő összes klímaérzékeny élőhely összevont sérülékenysége látható. Azokra a területekre vonatkozóan látható adat a térképen, ahol legalább egy klímaérzékeny élőhely előfordul. A fenti megállapítás eltérő mértékben, de mindkét klímamodell esetében megfigyelhető.

A fentiekben bemutatott klímamodellek predikciók, ugyanakkor a nemzetközi szakirodalom és a hazai tapasztalat már azt erősíti meg, hogy a melegedő és szárazabbá váló klíma egy sor, hazánkban őshonos állat- és növényfajt sodorhat a kipusztulás szélére, így hazánk biodiverzitása várhatóan jelentősen csökkenni fog. Különösen veszélyeztetettek a hegyvidéki, illetve a vizes élőhelyekhez kötődő fajok. A környezeti tényezők megváltozása kedvezőtlen folyamatokat indított meg tájainkban is, spontán változásokat okozva a tájkarakterben. A Kárpát-medencében a XXI. század folyamán a fauna számára nagyobb problémát fog jelenteni az inváziós tulajdonságra képes fajok megjelenése és azok tényleges elterjedése.

Figyelemmel kell arra is lenni, hogy a klímaváltozás a Kárpát-medencében nem egy érintetlen természeti tájat, hanem egy erősen antropogén hatás alatt álló, már átalakított és mozaikos tájat érint, amelyben dominálnak a kultúrtáj részletek. A természetes önfenntartó rendszerek relatíve elszigetelt mozaikokban vannak jelen, ami a klímaváltozás hatásaira való érzékenységüket és veszélyeztetettségüket jelentősen növeli.

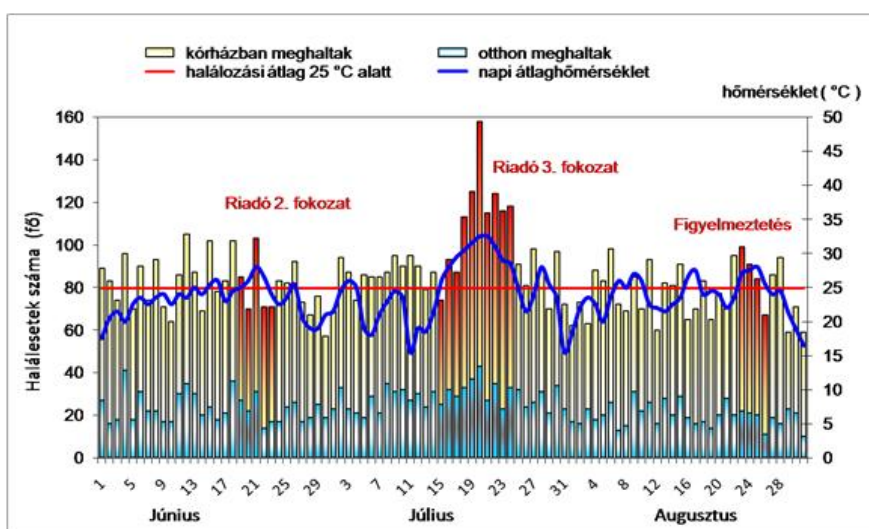
A Kárpát-medencére vonatkozó klímamodellek szerint az erdőssztyepp-klíma közel másfélszeresére növekedne. Súlyos károkat szenvedhetnek el az Alföld kocsányos tölgyesei is, mivel a belvízcsatornák kialakítása miatt a már eleve mélyebbre süllyedt talajvíz továbbcsúszol, ennek következtében szárazodásuk és az állományok teljes kiszáradása fokozódik. Viszont a melegebb éghajlatot, szárazabb termőhelyi adottságokat jobban elviselő vagy kedvelő inváziós növényfajok (pl. zöld juhar, amerikai kőris) kiszorítják az őshonos növényeket. Az ökoszisztéma -funkciók károsodása az ökoszisztéma szolgáltatások csökkenéséhez, azok degradációjához, a természeti erőforrások kiaknázhatóságának csökkenéséhez vezet, amely közvetlenül is befolyásolja a mindennapi életünket.

Hegyvidékeken a források kiszáradhatnak, a vizük által táplált speciális élőhelyek részben elpusztulhatnak. Az Alföldön a Kiskunság területén és a Dél-Tiszántúlon a talajvízszint drasztikus csökkenése korlátozhatja a sziki élővilág létét, a szikes tavak nyáron korábban száradnak ki, ennek következményeként élővilágukkal együtt el is tűnhetnek. A jelenlegi száraz homokterületek elsivatagosodása várható. A megmaradó vizeknél a nyári vízvirágzások (algásodás) gyakoribbá válnak. A folyókon a vízjárás szélsőségesebb lesz, amely megváltoztatja az árterek élővilágának dinamikáját, fokozódó gyomosodást okozva és teret engedve az inváziós fajoknak.

A változó éghajlati feltételek következtében **az ökoszisztémára jellemző rendkívül komplex kapcsolatok is megváltozhatnak.** Ez azt jelenti, hogy a természetben jellemző táplálékláncokban bekövetkező változások több állat- és növényfaj populációjának életműködését is megzavarhatják, mivel a természetben összetett kölcsönhatások érvényesülnek.

III.3. Egészségügy

A klímaváltozás hatásai az emberi egészséget több módon is negatívan befolyásolják. Ezek a **hatások már Magyarországon is statisztikailag kimutathatók**, a jövőben pedig várhatóan fokozódni fognak. Össztársadalmi szinten a legjelentősebb és potenciálisan legtöbbet érintő veszélyt a **hőhullámok keringési rendszert érő káros hatásai** jelentik, aminek elsősorban az idősek és kisebb mértékben, de az átlagnál jobban a gyerekek vannak kitéve. Kutatások alapján **az utóbbi harminc évben a legjelentősebb hőhullámok 12-52%-kal növelték a napi többlethalálozást**, a problémának tehát már ma súlyos következményei vannak. A hőstressznek elsősorban az **5 évnél fiatalabb és a 60 évnél idősebb emberek vannak kitéve**, emellett a mezőgazdasági dolgozókat és a krónikus betegeket érintik a hőségnapok negatív hatásai a leginkább. A **jelenlegi hőmérsékleti trend folytatódása esetén a 2021-2050 közötti időintervallum során 121%-kal, míg a 2071-2100 közötti időszakra vetítve 778%-kal fog növekedni a többlethalálozások száma.**



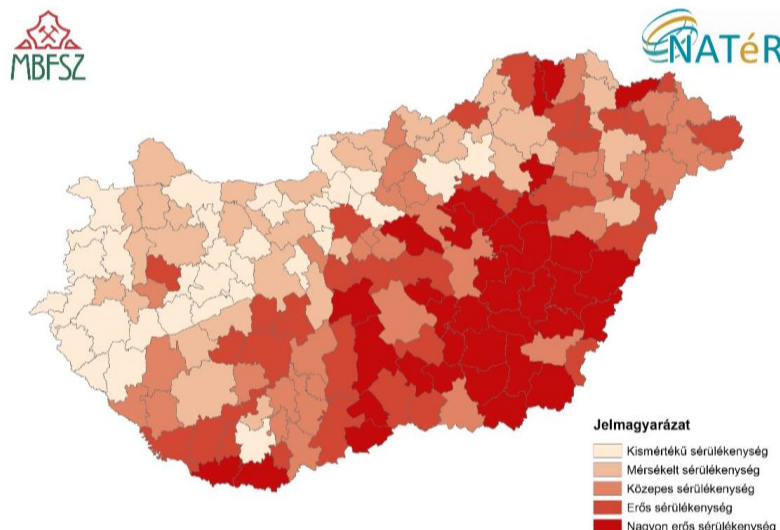
17. ábra Többlethalálozás a Közép-magyarországi Régióban, 2007. július, forrás: Páldy Anna, Nemzeti Népegészségügyi Központ

A Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont Regionális Kutatások Intézete által a KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 „NATÉR továbbfejlesztése” c. projekt keretében készült kutatása megmutatja, hogy a **hőhullámok okozta várható károsodás az emberi egészségben Magyarország különböző területein nagyon eltérően alakul**. A sérülékenység az észak-nyugati területektől a dél-keletiek felé folyamatosan növekszik. Ennek oka egyrészt, hogy az **alföldi területeken gyakoribbak és intenzívebbek a hőhullámok**, továbbá, hogy jellemzően rosszabb társadalmi–gazdasági helyzetének következtében a keleti országrész alkalmazkodóképessége a klímaváltozás okozta hatásokhoz szintén alacsonyabb.

A hőhullámok hatásai mellett fontos megemlíteni a felmelegedés hatására megjelenő új állati hordozók (vektorok) és új betegségek megjelenését és elterjedését is. A klímaváltozásnak jelentős szerepe van például az egyiptomi csípőszúnyog és az általa terjesztett **nyugat-níluszi láz** terjedésében is. A Nemzeti Népegészségügyi Központ jogelődjét képező ÁNTSZ adatai szerint 2014 és 2018 között **jelentősen nőtt a bejelentett fertőzések száma** (2014: **10**; 2015: **22**; 2016: **48**; 2017: **23**; 2018: **225**). A változó paraméterek következtében az eddig trópusi betegségek közé tartozó Rift-völgyi láz, Chikungunya-láz potenciálisan megjelenhet. Területi aspektusból térségünk

délnyugati irányból válik veszélyeztetettebbé, amelynek oka a 0 °C –os izoterma északabbra tolódása.

Mindezek mellett a megnövekedett **UV-sugárzás következtében növekvő számú daganatos betegségekkel** és egyes allergén növények elterjedésének megváltozásával is számolnunk kell. A hőmérséklet emelkedésével a Kárpát-medencében kitolódik az allergén növények időszaka.



18. ábra: Éghajlati sérülékenység a hőhullámok hatásaival szemben Magyarország járásaiban

Forrás: Uzzoli A.; Szilágyi D.; Bán A. (2019): Az éghajlatváltozás egészségkockázatai és népegészségügyi következményei – A hőhullámokkal szembeni sérülékenység területi különbségei Magyarországon. Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer. Kutatási Jelentés (nater.mbfsz.gov.hu)

A jelenlegi hazai egészségügyi hálózatot fel kell készíteni a hőmérséklet-növekedés mértékéből, illetve annak tartamosságából adódó megbetegedések okozta kihívásokra:

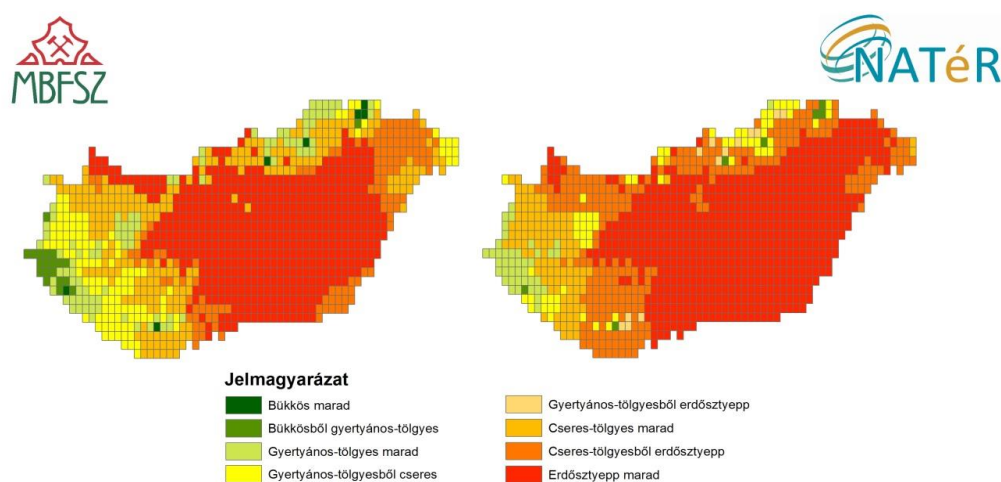
- ez egyfelől a **kórházi épületek** klímarezilienssé tételét jelenti (hőszigetelés kialakítása, árnyékoló eszközök felszerelése);
- másrészt a **kórtermek és műtéti termek** hűtésének megoldását a hőségriadós napokon.

III.4. Erdőgazdálkodás

Az erdőknek fontos szerepük van a klímaváltozás hatásainak mérséklésében, hiszen egyrészt **megkötik a légköri szén-dioxid jelentős mennyiségét**, másrészt kedvező mikro-, mezo- és makroklimatikus hatásuk révén **hozzájárulnak a szélsőséges hőmérsékleti és csapadékviszonyok mérsékléséhez**. Hazánk vegetációföldrajzi helyzetéből adódóan a zárt erdők és az erdőpuszta átmenet zónájában fekszik, ezért **az éghajlatváltozás érzékenyen érintheti erdőterületeink közel felét**. Az erdőket alkotó fafajok életlehetősége, növekedési potenciálja – fatermőképessége – a genetikai adottságokon túl leginkább a termőhelyük által befolyásolt. Az adott termőhely adottságait az **évi csapadékeloszlás megváltozása, az évi átlaghőmérséklet növekedése, az aszályos időszakok gyakoribbá válása, az alacsony relatív páratartalom és a szélsőséges időjárási jelenségek** (pl. szélviharok) gyakoriságának növekedése mind jelentősen befolyásolják. Mindezek alapján az erdők életfeltételeit és az adott területen a **gazdaságos és fenntartható erdőgazdálkodás lehetőségeit** tehát az erdészeti klímátípusok vagy klímaosztályok változása alapvetően meghatározza.

Az Erdészeti Tudományos Intézet, valamint a Nyugat Magyarországi Egyetem kutatásai alapján nyilvánvalóvá vált, hogy **Magyarországon az erdészeti klímaosztályok jelentős eltolódása következik be** (17. ábra), északi és a magasabb tengerszintű területek irányába vándorolnak. A **klímaosztályok vándorlásának prognosztizált üteme messze meghaladja a fafajok természetes terjeszkedésének ütemét**, ezért a kedvezőtlen klímazónában „ragadt” fafajok, erdőtársulások fennmaradása csak bizonytalan ideig lehetséges.

A jelenlegi kedvezőtlen irányú éghajlatváltozás hatására **lucfenyveseink már legyengültek, ezért jelentős pusztítást okoznak a szűfélék**. E jelenség a **Kárpát-medence egészében jelentős károkat okoz az egykorú monokultúras hegyvidéki állományokban**. A bükk állományok felújítása jelenleg is csak az éghajlatváltozás hatásainak ellenállóbb állományokból származó szaporítóanyagokkal végezhető sikeresen. **Fel kell készülnünk arra is, hogy a ma még erdősült területeken a jelenlegi fafajok már nem lesznek képesek fennmaradni, az ország elmúlt 90 évben folyamatosan növekvő erdőterülete csökkenni fog**. Ez a gyors változás felboríthatja az ország több mint felét borító, őshonos faállományaink ökológiai egyensúlyát. **A romló termőhelyi adottságok elkerülhetetlen velejárója a fák növekedésének visszaesése, hosszabb távon az erdőkből kitermelhető faanyag mennyiségének csökkenése, tehát kevesebb megújuló alapanyag és tüzelő áll majd rendelkezésünkre**. Az éghajlatváltozás szempontjából különösen kedvezőtlen, hogy a növekedés mérséklődése és a fapusztulások miatt jelentősen csökken a fák által tárolt és folyamatosan megkötött szén mennyisége, ami tovább gyorsítja az éghajlatváltozást.



19. ábra: Erdészeti klímaosztály változás **1961-90 és 1991-2010 között (bal)** CarpatClim-HU alapján, valamint a becsült változás **1991-2010 és 2021-2050 között (jobb)** az ALADIN klímamodell eredményei alapján
Forrás: NAIK Erdészeti Tudományos Intézet alapján Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (nater.mbfisz.gov.hu)

Jól mutatja az éghajlatváltozás veszélyeit az elmúlt évtized, különösen az elmúlt évek kiugróan magas erdőkárai, amelyek a szlovén, német, cseh erdőket jelentősen átformálják és már hazánkban is megfigyelhetők.

Nemzetközi példák igazolják az erdőtüzek gyakoriságának várható növekedését, amire itthon is folyamatosan fel kell készülnünk.

A hazai komplex ökonómiai modellbe vont erdőgazdaságokban **a jövedelemkiesés még enyhe kimenetelű éghajlatváltozás esetében is számottevő**, közepesen erős (1,7°C nyári

átlaghőmérséklet-emelkedés) változás esetén a jövedelemkiesés mértéke pedig már olyan nagyságrendű, ami megkérdőjelezi a gazdálkodás rentabilitását is. **Már sajnálatos valóság, hogy a párás klímát kedvelő lucfenyő fokozatosan kipusztul hazánkból. Az erdészeti kutatás által készített előrejelzések alapján 2050-re a bükk számára alkalmas termőhelyek is eltűnnek az országból, a legszárazabb erdészeti klímátípus, az erdős sztepp területe sokszorosára növekszik.**

Az erdők állapotának romlása nem csak a faanyagellátásra gyakorol kedvezőtlen hatást, csökkennek, beszűkülnek, esetenként meg is szűnnek az erdők által a társadalom számára nyújtott, széles körű ökoszisztéma szolgáltatások (talaj, vízkészletek, települések védelme, rekreáció stb.), amelynek gazdasági és szociális hatásai szinte felbecsülhetetlenek.

III.5. Mezőgazdaság

Az éghajlatváltozás **más ágazatoknál és régióknál erőteljesebben érinti a mezőgazdaságot, mind a kitétség, mind a hozzájárulás szempontjából.** Közvetlen hatások a szélsőséges időjárási jelenségek (pl.: aszály, csapadék változékonny eloszlása, belvíz, felhőszakadás), valamint a minőségi problémák, új növény-egészségügyi kockázatok megjelenése (pl.: cseresznyelégység). Közvetett hatások az ingadozó világpiaci árak, valamint az ingadozó gazdálkodói jövedelmek. Hiszen az éghajlatváltozás veszélyezteti a termelés és jövedelembiztonságot is, miközben befolyásolja a környezet minden biotikus és abiotikus elemét – talajt, vizet, levegőt, a növény- és állatállományt – illetve a közöttük lévő kapcsolatokat. A mezőgazdaságnak elemi érdeke, hogy fenntartható állapotban őrizze meg ezen környezeti tényezőket, hiszen ezek egyben a legfontosabb termelési tényezők.

III.5.1. A talaj, a víz és a levegőminőség változása térségünkben

Magyarország esetében a Mezőgazdasági Kockázatkezelési Rendszer (MKR) keretein belül 2012 és 2019 között bejelentett káresemények is igazolják a nemzetközi előrejelzések által leírt szárazodási és hektikusági trendeket. Az elmúlt 7 év átlagában **a legfontosabb kárnemek az aszálykár, jégeső és a tavaszi fagykár voltak.** Ugyanakkor az egymást követő évek közötti nagy eltérések is megfigyelhetők, például 2015-ben 122 ezer hektárra jelentettek a termelők aszálykárt, 2016-ban 2 ezer hektárra. Mi több, 2019-ben erőteljesen éreztették hatásukat az olyan szélsőséges időjárási jelenségekből következő káresemények, amelyek **eddig nem voltak jellemzőek, mint a tavaszi aszály és a viharkárok.**

A jövőben a klimatikus viszonyok kedvezőtlen változásából adódóan a csapadékmennyiségben és a hőmérsékletben bekövetkező változások hatással lesznek nem csak a **felszíni és felszín alatti vizeink mennyiségére és minőségére,** hanem a talaj állapotára is. Az egyre gyakoribbá váló nagy intenzív csapadékok dombvidéki és hegyvidéki területeinken a talajerózió mértékét is növelik, amely a talaj termékenységének jelentős és gyors csökkenéséhez vezet az erodált lejtőkön és a mélyebb fekvésű szedimentációs területeken egyaránt. A párolgató vízháztartás a talajok szikesedésének kedvez, mely a mezőgazdasági hasznosítás feltételeit rontja. A folyóvizeink szabályozása jelentősen módosította az áradások lefolyását, illetve az ártéri területek talajainak vízgazdálkodási jellemzőit, emiatt javasolt a jelenlegi folyószabályozási gyakorlat felülvizsgálata.

A légköri szennyezők az éghajlatváltozás előidézéséhez és annak további fokozásához járulnak hozzá. A **mezőgazdaságot érintően az ammónia, a szállópor és a metán rendelkezik a legjelentősebb környezeti terheléssel.** A legjelentősebb kibocsátó az állattenyésztés (trágyatárolás, istállótechnika, takarmányozási technikák), de a növénytermesztés is jelentős hatással bír a műtrágya felhasználás, szerves trágya kijuttatás és a talajművelési technikák miatt. Az európai uniós

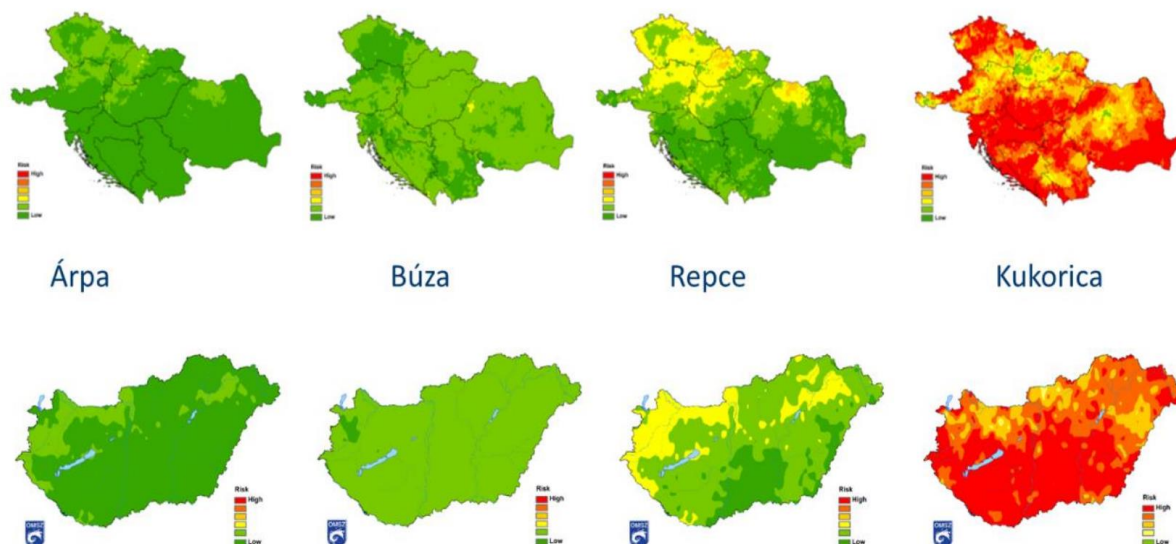
irányelveknek megfelelően a mezőgazdasági ammónia kibocsátásunkat 2020-ig 10%-kal és 2030-ig 32%-kal szükséges csökkentenünk. A 2020 évi célt teljesítjük, ugyanakkor a 2030. évi cél eléréséhez jelentős ágazati technológiai fejlesztésre van szükségünk.

III.5.2. A növénytermesztés változása térségünkben

A **zöldségek és gyümölcsök** esetében a klímaváltozás a hőösszeg tekintetében a termésmennyiségre **pozitív hatással lehet**, amennyiben az öntözés és vízpótlás az egyenlőtlen eloszlású és csökkenő csapadék esetén biztosítva lesz. Mivel számítani kell arra is, hogy az öntözésre rendelkezésre álló víz mennyisége jelentősen csökkenhet, ezért kiemelkedő fontosságú lesz a hazánkba érkező víz megtartása a termelés miatt is. Továbbá az öntözés mellett gondolnunk kell a szárazságtűrő növényfajok termesztésére, a régi tájfajták, ökotípusok nemesítésben történő hasznosítására is. Az ilyen fajok génbanki tételei megtalálhatók a Nemzeti Biodiverzitási és Génmegőrzési Központban (Tápiószele).

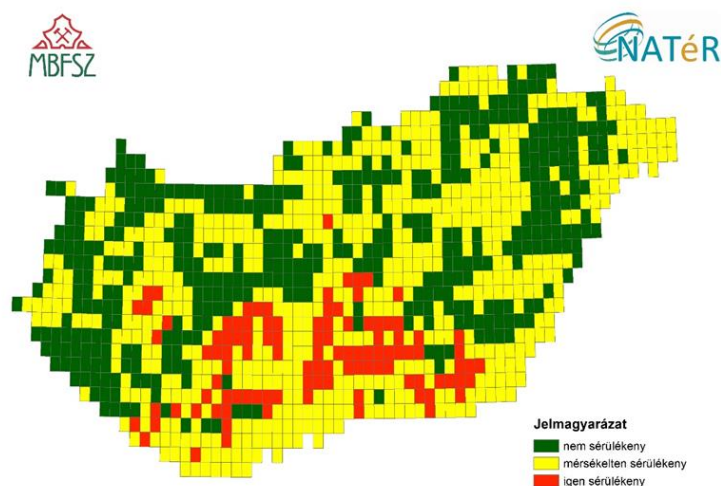
A **szőlőnövény más növénykultúrákhoz képest szárazságtűrőbb**, azonban az aszály, és az aszálykárok komoly nehézséget fognak okozni az éghajlatváltozás hatására. Ennek elkerülésének egyik lehetősége a szőlőültetvények öntözése, amely Magyarországon jelenleg nem elterjedt. Mindemelllett a szárazságtűrőbb szőlőfajták előtérbe kerülése is várható, fontos a hagyományos fajtáink ilyen irányú nemesítése. A szőlőültetvényekben a szüret várhatóan minden fajtánál a sok éves átlaghoz képest korábbi időpontban kezdődhet majd és időben lerövidül. Az éghajlatváltozás a szőlőnövény **károsítói elleni védekezést is átrendezi**, az elmúlt évek komoly veszélye az aranyszínű sárgaság és az azt terjesztő amerikai szőlőkabóca megjelenése.

A **szántóföldi növénytermesztést** különösen érinti az éghajlatváltozás: a **tavaszi vetésű növények** (búza, árpa, rozs, tritikálé, napraforgó) várhatóan nagy vesztesek lesznek, míg az **őszi vetésűek** (őszi búza, őszi árpa) termésátlagai egyre nagyobb hozamnövekedést mutatnak, a legjelentősebb negatív hatásokra a kukorica esetében számíthatunk (18. ábra). A **nagy vízigényű kultúrák** (cukorrépa, burgonya, lucerna) előreláthatóan kizárólag öntözéssel lesznek termeszthetőek, de ez annyira növelheti a költségeket és ronthatja az eredményességet, hogy akár meg is szűnhet a termesztésük (leginkább cukorrépa).



20. ábra: 10 partnerország részvételével a Duna-régióra és hazánk területére készült aszálykockázati térképek
 Forrás: Klímaváltozás Magyarországon. Tények és trendek. Időjárási szélsőségek. Regionális hatások. Országos Meteorológiai Szolgálat. Budapest, 2019. augusztus

Magyarország legfontosabb szántóföldi növényeinek éghajlati sérülékenységet a NATÉR társprojektje, az AGRATÉR keretében is vizsgálták. A kutatás fontos eredménye, hogy a klímaváltozás várható hatása a tavaszi és az őszi vetésű szántóföldi növényekre eltérő. **Sérülékenységről csak a tavaszi vetésű növények esetében beszélhetünk, amelyek esetében – főleg az ország déli területein – a termésnövekedés a 30%-ot is meghaladja (19. ábra).** A kukorica esetében az ország nagy részén jelentős termésnövekedés prognosztizálható, amely öntözéssel és a vetés idejének korábbra időzítésével részben orvosolható.



21. ábra: Tavaszi vetésű szántóföldi növények klímaváltozással szembeni sérülékenysége
 Forrás: MTA Agrártudományi Kutatóközpont alapján Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (nater.mbfsz.gov.hu)

A **takarmánynövények** estében mind a **vetés**, mind a **betakarítás ideje** módosulni fog és a termésátlagok csökkenése is előre jelezhető. A **gyógy- és fűszernövény** ágazat a klímaváltozás egyik **nyertese lehet** a fajok sokfélesége okán, mivel a klímaváltozáshoz való alkalmazkodóképesség szempontjából ez kifejezett előnnyé fordítható. A **növényi kártevők szaporodására**, áttelelésére, s így általános elterjedésükre is kedvező hatással lesz az éghajlatváltozás, az ellenük való védekezés szintén költségnövelő tényezőként fog jelentkezni. Déli irányból folyamatosan érkeznek újabb és újabb károsítók, viszont el is tűnnek egyes eddig honos kártevő fajok, vagyis alapvetően meg fog változni a növényvédelem ezen aspektusa is.

A mezőgazdaság klímaváltozásokkal szembeni ellenállóképességét növeli, ha a növénytermesztési gyakorlatban minél diverzebb fajtaválasztás valósul meg, mely a kistermelők számára piaci előnyt jelenthet.

III.5.3. Az állattenyésztés változása térségünkben

Az **állattenyésztés** nem csak kitett a klímaváltozásnak, hanem jelentős mértékben hat a kibocsátásokra. Az **intenzív ágazatok** esetében (sertés, baromfi), ahol a zárt, istállózott tartás a jellemző, **kevésbé hat a klímaváltozás**. Itt elsősorban a **nagyobb beruházási igény**, illetve a klímaberendezések üzemeltetésének megnövekedett költsége lesz eredményrontó tényező.

Már ma is megfigyelhető, hogy a nyári időszakban az európai **tejtermelés 10 százalékkal esik vissza**, az istállók klimatizálása sem jelent teljes megoldást. A legelőn tartott kettőshasznú állományoknál a tejtermelés csökkenés elkerülhetetlen. Legelőn tartott húsmarhák esetében a meleg miatt 15-50%-os **termékenyülési arányromlást** rögzít a szakirodalom, a hízékonyság csökkenése a nyári időszakban 10-20%-os lehet.

A **kiskérődzők jól tolerálják a hőséget**, amennyiben a juhok nyírását jól időzítik, viszont a nyári hőség kiégeti a legelőket, ez megnövekedett tartási és **takarmányozási költségeket** jelent.

A **vízszárnyasok** hagyományos tartási mód esetén szintén ki vannak téve a nyári hőségnek, ekkor csökken a tömeggyarapodás és költségnövekedést okoz a fürdetővíz biztosítása.

A **méhek**re több módon is hat a klímaváltozás: egyrészt lerövidül a haszonnövények tenyészideje, így **lerövidül a főhordás ideje** is. Megfelelő méhlegelő híján legyengülnek az állományok és **fogékonyak lesznek a betegségekre** is, illetve újabb kártevők érkeznek Afrika felől.

Az állattenyésztési ágazat további fontos kihívását jelentik a **délről északra terjedő, eddig ismeretlen betegségek**, betegségterjesztő ízeltlábúak, amelyek gyakrabban fertőzhetik az állományokat. Ezen betegségek elleni védekezés jelentős költségnövekedést fog okozni, valamint a betegségek megjelenése komoly negatív hatással lehet az agrártermékek kereskedelmére nézve, a járványügyi korlátozó intézkedések miatt.

A KAP közvetlen támogatások (I. pillér) esetében kötelező környezeti és klímavédelmi előírásokat kell betartani a termelőknek (kölsönös megfeleltetés és a Zöldítés), és ezek betartása a kifizetések 30%-ának előfeltételévé vált. A KAP vidékfejlesztési forrásai (II. pillér) esetében önkéntes környezeti és klímavédelmi vállalásokat tehetnek a termelők (Agrár-környezetgazdálkodási Célprogramok). Ugyanakkor tagállami kötelezettség, hogy a VP támogatásainak minimum 30%-át a klímaváltozás elleni küzdelmet szolgáló és környezetvédelmi célokat megvalósító intézkedésekre kell elkölteni. Magyarország mezőgazdasága számára klímapolitikai szempontból a következő fejlesztési célok kiemelt jelentőségűek: öntözésfejlesztés, digitalizáció és precíziós mezőgazdaság fejlesztése, állattartótelepek és trágyakezelés, kijuttatás korszerűsítése, mezőgazdasági kockázatkezelési rendszer működtetése és fejlesztése, agrár-környezeti és klíma kutatási, innovációs és tudásátadási rendszerek fejlesztése.

III.6. Halgazdálkodás

A globális klímaváltozás befolyásolja a vízkészletek mennyiségét, minőségét, valamint szezonálisát, ami a vízi ökoszisztémák megváltozását eredményezi. A klíma változékonyságára érzékeny édesvízi ökoszisztémákban a fizikai, kémiai és biológiai folyamatok változásának számos fiziológiai és ökológiai hatása van mind a halakra, mind az édesvízi ökoszisztémára nézve.

Az akvakultúrára gyakorolt rövid távú hatások közé tartozhatnak a termelési veszteségek, a szélsőséges eseményekből származó infrastrukturális károk. Hosszú távon várható a csapadék éves eloszlásának változása, a nyári csapadék mennyiségének csökkenése, ami fokozza az édesvizekért történő versenyt. Az évi átlagos középhőmérséklet és a magasabb középhőmérsékletű napok számának emelkedése miatt a víz hőmérséklet is emelkedik, amit tavaink sekélye is elősegít. **A megnövekedő párolgási veszteség miatt a halastavak vízigénye is növekszik, így fel kell készülni a vízkészletek tervszerűbb, hatékonyabb felhasználására. Várható a vízkészletgazdálkodási szabályozás további szigorodása, a vízért fizetendő díjak emelkedése, ami kihatással lehet a tógazdaságok gazdasági fenntarthatóságára.** Szükségessé válhat egyes tógazdaságok felhagyása, elsődleges funkciójuk megváltoztatása, vagy a víztakarékosabb termelési technológiákra való fokozottabb áttérés, ami maga után vonja az ilyen rendszerekben gazdaságosan termelhető halak részarányának növekedését is. Ugyanakkor a víz hőmérséklet növekedése miatt az oldott oxigénkoncentráció csökkenése és a tavi bióta metabolikus intenzitásának növekedése kiemelten fontossá teszi a tavi oxigénpótlás kérdését is, ami a haltermelés önköltségét is befolyásolja.

Ezek mellett fontos hangsúlyozni, hogy a halastórendszerek azáltal, hogy a tavaszi vízfelesleg idején betárazott vizet a nyári aszályos időszak során haltermelésre használják, a vízgazdálkodás javítása, az árvíz, belvív-és aszálykárok mérséklése és a talajvízszint szabályozása mellett a klíma temperálásához is hozzájárulnak. A halastavak által teremtett mikroklíma miatt az éves hőingadozás kisebb, így a halastórendszerek bővítése és fenntartása megfelelő eszköz lehet a szélsőséges időjárási viszonyok, a klímaváltozás lokális hatásainak mérséklésében. Tekintettel arra, hogy az előrejelzések alapján a klímaváltozás hatására Magyarországon tovább fog csökkenni a vegetációs időszak csapadékösszege, a nyílt vízfelülettel rendelkező halastavak e hatása a jövőben várhatóan még jobban fel fog értékelődni.

A szélsőségesebb csapadékviszonyok miatt a modellek szélsőséges lefolyási viszonyokat prognosztizálnak, ezért az alacsonyabban fekvő területeken tél végén, tavasz elején tartós belvizek, míg a vízfolyásokban magasabb árhullámmal jellemezhető árvizek alakulhatnak ki, és a villámárvizek gyakorisága is növekedni fog. Az intenzívebb csapadék növelheti az eróziót is, ami a hordalékmozgáson keresztül nemcsak ott hat negatívan, ahonnan elszállít, hanem ott is, ahol lerak, így a jövőben növelni kell a karbantartási munkákat is. Ezzel kapcsolatban felértékelődhet a halastavak vízgazdálkodási szerepe, mivel ezek a tavaszi belvizek és árvizek vízfeleslegének betárazásával csökkenthetik az ezek által okozott kárt. Ezt a hatást fontos figyelembe venni a vízgazdálkodás tervezése során (amit a jelenlegi szabályozás meg is tesz, azzal, hogy ezt a betárolt vízmennyiséget ingyenesen bocsátja az ágazat rendelkezésére), ugyanakkor a termelők számára haltermelési szempontból gondot okozhat a belvizek gyakran nem kielégítő vízminősége.

III.7. Katasztrófavédelem, biztonságpolitika, klímamigráció

Az extrém időjárási viszonyoknak, köztük a szárazságoknak, hóhullámoknak, viharoknak, s az ezek hatására keletkező tűzvészeknek, árvizeknek, földcsuszamlásoknak olyan következményei is lehetnek, amelyeket az elszenvedő önkormányzatok egyedül nem képesek kezelni. A klímaváltozás következményei, különösen az azok hatására megjelenő, a természeti környezetre, valamint az

emberi és az ember által létrehozott környezetre gyakorolt fokozódó fenyegetések a **biztonságpolitika egyik központi elemévé emelték az éghajlatváltozást.**

Az elkövetkezendő évtizedekben **a klímaváltozás következtében a természeti katasztrófák számának emelkedésével kell számolni.** Az eddigiek alapján várhatóan szinte az összes szektort érinteni fogják az éghajlati paraméterek változásából adódó katasztrófák. A jövőben, az alábbi területeken lenne **szükségszerű különösen felkészülni: élelmiszer-biztonság, árvíz által veszélyeztetett területek, ivóvízvédelem, kritikus infrastruktúra védelem, ipari termelés.**

Nemzetbiztonság: Közvetett veszélyfaktor, hogy a sarkvidéki jégsapkák olvadása következtében előtört tengermelléki területeket, valamint a közel-keleti és észak-afrikai területeket elsősorban a vízhiány, a növekvő szárazság okozta élelmiszerhiány, valamint az emberek, az állatok és a víz által terjesztett fertőzések veszélyeztetik a legnagyobb mértékben. Ázsia esetében az árvizek, a hóhullámok okozta többlethalálozások növekedése, illetve a szárazság okozta élelmiszerhiány fokozódása jelenthet veszélyt, továbbá a mediterrán országokban elhúzódó hóhullámok, szárazságok és súlyos víz- és élelmiszerhiány jelenhet meg. Mindezek miatt **Magyarország a globális klíma-migráció cél-, vagy tranzitországává válhat.** Az éghajlatváltozás következtében a menedékkérők növekedése az EU-ban a század végén várhatóan 28% körül alakulhat. Ha követjük az üvegházhatású gázok kibocsátásának jelenlegi pályáját (a pesszimista forgatókönyvek szerinti akár +3,5-4,5°C fok 2100-ra), az Európába irányuló migrációs áramlás megduplázódhat. A migráció azonban számos kihívást jelenthet, mind az **egészségügyi rendszer,** mind az **élelmiszer- és ivóvíz-készlet,** mind pedig **szuverenitás** tekintetében. Az **egészségügyre** a bevándorló társadalom által új, a térségünkre eddig nem jellemző fertőzések elterjedése jelenthet kockázatot, amelyre a jelenlegi egészségügyi ellátórendszer még nem áll készen. Az **élelmiszer- és ivóvízkészletek is korlátosak,** amely tény a migráció okozta népességnövekedés következtében kezelendő kihívást jelenthet és az ellátásbiztonságot csökkentheti. További problémát okozhatnak a **társadalomban potenciálisan keletkező konfliktusok** is, amelyek akár az ország **szuverenitását is veszélyeztethetik.**

A "NATÉR továbbfejlesztése" projekt keretében az **MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete** megvizsgálta, hogy **különböző társadalmi-gazdasági forgatókönyvek** (BAU: nem feltételez drasztikus változásokat a modellezés társadalmi-gazdasági peremfeltételeiben; "Utópia": (többtényezős) társadalmi-gazdasági paradigmaváltást feltételeznek), népmozgalmi forgatókönyvek (alacsony, alap, magas: teljes termékenységi arányszám 2031-re 1,45; 1,6; 1,75), **különböző klímamodellek** (CNRM-CM5, EC-EARTH), illetve **különböző kibocsátási forgatókönyvek** (RCP4.5; RCP8.5) alapján hogyan fog változni Magyarország járásainak népessége 2051-re. A modellezés eredményei azt mutatták, hogy mindhárom népmozgalmi forgatókönyv jelentős népességsökkenést vetít előre (magas: 9,138 millió, alacsony: 8,342 millió fő). A **BUS alapszenárió** szerint (tehát amelyben **a klímaváltozás hatásai még nincsenek figyelembe véve**) **Budapest tágabb (Székesfehérvárig, Tatabányáig tartó) agglomerációjában növekvő népességre kell számítani, az ország többi járásában pedig szinte mind csökkenőre.** Az "utópia" forgatókönyv eredményei alapján a budapesti agglomerációba áramlás lassul.

A klímamodellek beépítése és az ebből kapott eredmények után elmondható, hogy a klímaváltozás hatása a belső migrációs folyamatokra - egyéb vándormozgalmi folyamatokhoz képest - várhatóan elenyésző lesz a század közepére.

Ipari biztonság: Egyes erőforrás-igényes ipari ágazatokat – pl. vegyipar, élelmiszeripar, építőanyagipar – a klímaváltozás következményeként fellépő vízhiány, a növekvő hűtésigény, a növekvő CO₂ csökkentési költségek és a változó fogyasztói igények egyaránt kedvezőtlenül érinthetnek. A hirtelen lezúduló, özvízyszerű csapadék okozta villámárvizek egyes veszélyes anyag tárolókat, hulladékkezelő létesítményeket, így különösen veszélyeshulladék-lerakó

létesítményeket veszélyeztethetnek. A szélsőséges időjárási viszonyok gyakoribbá válása miatt megnőhet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos üzemzavarok bekövetkezésének valószínűsége, emelkedhet a veszélyes anyag kibocsátással járó nem várt események száma, súlyossága.

III.8. Településfejlesztés és -üzemeltetés

A települések, mint a földrajzi térben a társadalom, a gazdasági élet és az ezeket kiszolgáló lakóhelyek, infrastruktúra és létesítmények fizikai csoportosulásai, a klímaváltozás hatásainak és következményeinek különösen kitett entitások. **A két legdominánsabb változás, a felmelegedés és a növekvő gyakoriságú és intenzitású szélsőségek a városokat, községeket sokrétűen érintik.** A növekvő hőhullám-gyakoriság és -mérték az épületekben élő és dolgozó emberek egészségi állapotára, az erősödő UV sugárzás a szabadterén tartózkodókra, az extrém viharok pedig a közmű- és közlekedési infrastruktúrára, a lakó- és középület-állomány fizikai állapotára hatnak. A heves esőzések, a viharos erejű szelek, illetve a viharos időjáráshoz kapcsolódó hőmérsékletesés jelenségeiben bekövetkező változások súlyos károkat okozhatnak az épületállomány szerkezetében és funkciószerű használatában.

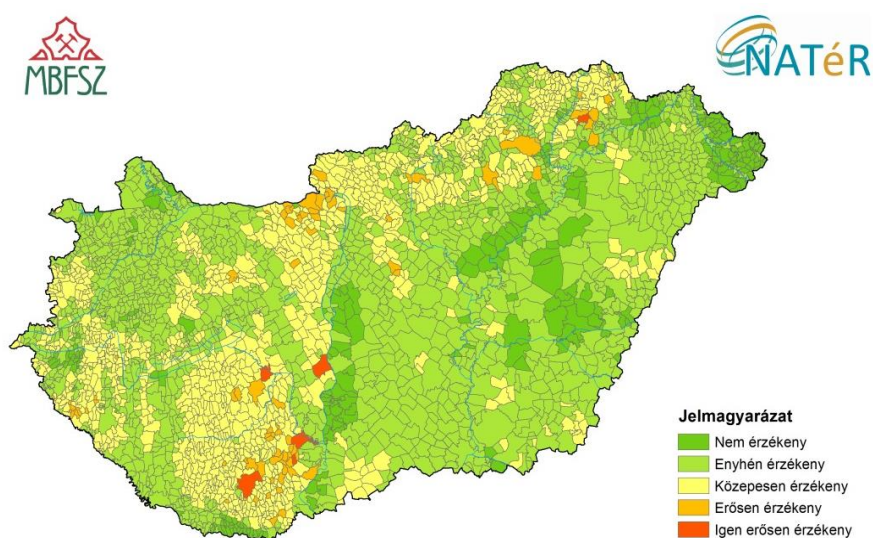
A jövőben **várhatóan növekedni fog a hőhullámok gyakorisága és erőssége:** a század végére az alkalmazott klímamodelltől függően várhatóan 20-45 nappal, elsősorban az Alföld délkeleti részén. Azaz várhatóan többször, hosszabb időtartamban és magasabb napi átlaghőmérséklettel számolhatunk, ami **közegészségügyi** szempontból (kiemelten az idősek és gyermekek esetében) nagy **kockázatot** jelent. A hőség elleni aktív védekezésként használt légkondicionálók a hűtés céljából az épületekből elvont hőt a környezetbe engedik ki, ami tovább növeli a hősziget-hatást.

A **maximális szélsőségek, valamint a szélviharok gyakoriságának várható növekedése** a század végére a vonatkozó mutatókat tekintve (heves szélvész, orkán /85 km/h-t meghaladó széllel/ jelenséggel vagy hirtelen hőmérsékleteséssel /10°C 3 óra alatt/ érintett napok éves számának változása) elsősorban a Délkelet-Alföldön, a középhegységeinkben és az Alpokalján **jelent** közvetlen **veszélyforrást az épületek** külső határoló elemeire (homlokzat- és tetőburkolatok, nyílászárók, árnyékolók, tetőfedő elemek, vízszigetelő lemezek, villámvédelmi berendezések, kémények, antennák), az **utcai berendezésekre** (jelzőlámpa, villanyoszlop, telefonfülke, közlekedésbiztonsági berendezések, KRESZ-táblák) és a **növényzetre** egyaránt. Nyáron a villámcsapások gyarapodása a vasútbiztonsági berendezéseket is veszélyezteti. A viharok károsíthatják a villamos hálózaton túl a távközlési infrastruktúra egyes elemeit, irányítási rendszereit is, ami kedvezőtlenül érintheti az Internet elérhetőségét és az elektronikus adatforgalmazást.

A **hirtelen, nagy csapadékhozamú esőzések** nyomán dombvidéki településeken **villámárvizek**, a síkvidékeken pedig **belvizek alakulhatnak ki.** A települési vízgazdálkodás egyik legkritikusabb területe napjainkban a megszokottól eltérő csapadékviszonyok eredményezte új esővíz-gazdálkodási feladatok megvalósítása. A lehulló átlagos csapadék éves összegében nem számíthatunk nagy változásokra, de az eddigi évszakos eloszlás nagy valószínűséggel átrendeződik. Az RCP8.5 forgatókönyvre alapozva, az RCA4\EC-EARTH klímamodell szimulációi alapján például a század végére az országban átlagosan a nyári félévben 25-50 mm-rel csökkenhet, a téli félévben 25-50 mm-rel növekedhet a csapadékmennyiség. A nyári csapadék csökkenése bizonyosnak tűnik, amelyet nagy valószínűséggel az őszi és a téli csapadék növekedése kompenzál; a legnagyobb növekedés ősszel valószínűsíthető, elsősorban Magyarország középső, déli és keleti területein. Az általában lokálisan jelentkező, hirtelen lezúduló, 30 mm/nap intenzitást meghaladó csapadékesemények bizonyos feltételek fennállása esetén villámárvíz kialakulását eredményezhetik. Ilyen peremfeltétel az extrém hidrometeorológiai okon túl a vízgyűjtők felszínborítás-, geomorfológiai, vízrajzi és talajadottságai, valamint a vízgyűjtőt jellemző lejtőszögek kellően

magas volta. A terheléssel leginkább a hegységekben, dombvidékeken, illetve a hegylábaknál elhelyezkedő települések sújtottak. **Az ország szinte valamennyi dombvidéki területe legalább közepesen érzékeny.**

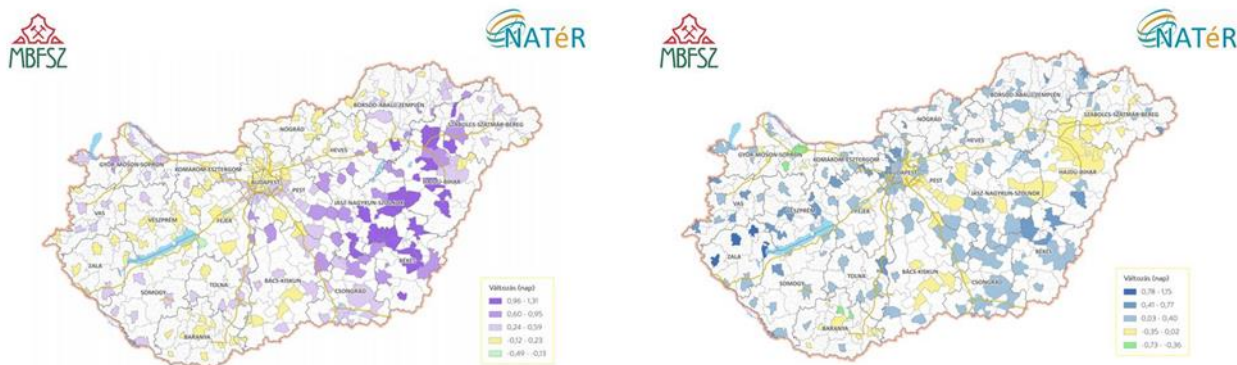
Az áradások és viharok gyakoriságnövekménye **veszélyezteti az alacsonyabban fekvő városrészeket, ártereken, vízfolyások mentén** a felszíni közlekedési infrastruktúra elemeit és a földalatti közlekedést is. Az út- és járdahálózat egy része tartós vízborítás alá kerülhet, a magasabb területekről lezúduló vizek pedig elmoshatják az utakat és egyéb műtárgyakat, vasúti töltéseket, partfalakat. Árvízvédelmi töltéseknél felpúposodás, buzgárok, altalaj-folyósodás károsíthatják az infrastruktúrát. A hirtelen lezúduló csapadék esetenként földcsuszamláshoz vezethet. A tartósabb aszály pedig ugyanezen műtárgyak állékonyosságát rontja süppedés révén. A **műemléképületeket, műemléki területeket** szintén az áradások, a szélsőséges csapadékhullás és az extrém szélsőségek veszélyeztetik, a szélsőséges napi és évi hőingadozás, a fagyás/olvadás gyakori változásának kedvezőtlen hatásai mellett.



22. ábra: Érzékenységi térkép a felszínmozgással érintett földtani képződmények, a lejtésviszonyok és a települések közigazgatási határán belüli káresemények (2005-2010) számának kapcsolata alapján

Forrás: Tildy P, Halupka G. (2019): A földtani veszélyforrások éghajlatvédelmi szempontú értékelése Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer, Kutatási Jelentés (nater.mbfisz.gov.hu)

A **hirtelen, nagyhozamú esők, a duzzadó agyagtalaj** felerősíthetnek egyes, az épített környezetet is fenyegető **földtani veszélyforrásokat** (pl. partfalomlás, földcsuszamlás, sárfolyás) is. A hulladékgazdálkodás létesítményei közül a **lerakók**, valamint a **bányászati meddőhányók, ipari zagyártározók** szigetelése, stabilitása sérülhet az éghajlatváltozás hatására erősödő csapadék okozta erózió miatti talajvízszint-emelkedés okozta talajmechanikai változások, mozgások következtében. A szél sebességének és irányának változásával, illetve a maximális szélsőségek várható növekedésével fokozódhat a szállópor-terhelés a lerakók környezetében.



23. ábra: 30 mm-t meghaladó mennyiségű csapadékkal érintett (bal), valamint viharos erejű (85 km/h-t meghaladó) szellőkéséssel érintett napok éves átlagos számának változása (jobb) a magyar városokban.

Forrás: Lechner Nonprofit Kft. (2019): Magyarországi épületállomány éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatát települési szinten lehetővé tevő módszertan (nater.mbfsz.gov.hu)

A zöldfelületek segítik az éghajlatváltozás káros hatásai mértékének csökkentését és a hozzájuk való alkalmazkodást: a fény egy részének elnyelésével csökkentik a talajközeli levegő (nem üvegház alapú) felmelegedését, az evapotranszpiráció során bekövetkező párologtatás hűti a mikroklimát, a CO₂ megkötésével pedig csökkenti az üvegházhatást. Így tehát különösen fontos a meglévő zöldfelületek megőrzése, újabbak kialakítása.

A járművekre, a közlekedőkre, a forgalomra és a közlekedési infrastruktúrára közvetlenül is **negatívan hatnak a felsorolt időjárási elem-változások.** A hőhullámok a közösségi közlekedés résztvevőire kiemelkedően nagy terhelést jelentenek, mivel a közlekedési eszközök belsejében a hőmérséklet több fokkal is meghaladhatja a szabadban lévőét, ami közlekedésbiztonsági problémákat (pl. figyelemzavar) okozhat, ezért kiemelt figyelmet kell fordítani a közlekedők megfelelő tájékoztatására. Télen a síkos utak és a rossz látási viszonyok (köd) előfordulása növekedhet, mely a közlekedési feltételek romlását vonja maga után. Az aszfaltrepedésekbe szivárgó és megfagyó nedvesség kátyúsodást okoz, gyakoribb hóakadályokra is fel kell készülni.

III.9. Energiagazdálkodásra gyakorolt, az éghajlatváltozásból fakadó hatások

Az energiatermelés és -ellátás a társadalom és a gazdaság alapvető mozgatórugója, így a felerősödő és gyakoribbá váló szélsőséges éghajlati események következtében keletkező hatások is továbbgyűrűzhetnek, a gazdaság működésének egészét befolyásolva. Az erőművek számára az elsődleges kihívást a módosuló energiaigények jelentik. **Télen a fűtési energiaszükséglet (elsősorban földgázfogyasztás) mérséklődésére, nyáron pedig a hűtési villamos energiaszükséglet jelentős növekedésére számíthatunk,** nyáron a távhűtés iránti igény is megjelenhet. **Az erőművi hő- és villamosenergia-termelés hűtővíz-ellátása is megváltozik.** A rendelkezésre álló hűtővíz (vagy hűtőlevegő) hőmérséklete jelentős technológiai hatással bír, a gázturbinás erőművek esetében a külső levegő hőmérsékletének növekedésével csökken a teljesítőképesség. **A folyók emelkedő vízhőmérséklete, valamint megváltozó vízhozama szintén problémákat okozhat a megfelelő hőmérsékletű és mennyiségű hűtővíz rendelkezésre állása szempontjából.** Az éghajlatváltozás érinti majd a megújuló energiahordozók rendelkezésre állását is, de a változások mértéke (esetenként még a változás iránya is) meglehetősen bizonytalan. **A napenergia hasznosítását a várhatóan erősödő globálsugárzás és a felhőzetben bekövetkező**

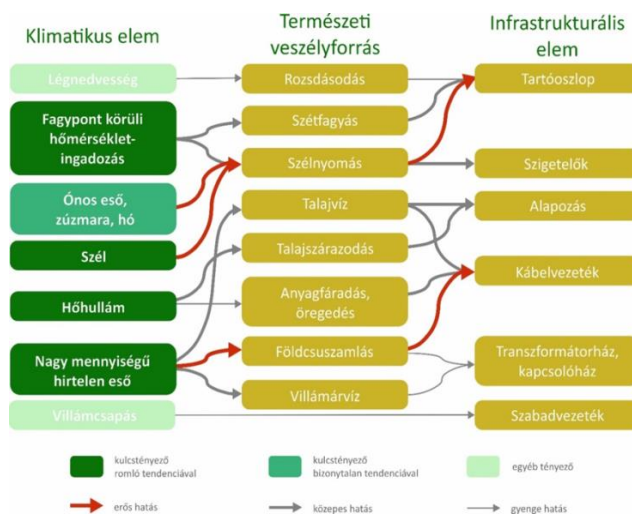
változások egyaránt érintik. A vízenergia alkalmazását alapvetően meghatározza majd a folyók módosuló vízhozama, a szél erőművek teljesítményét pedig a széljárásban bekövetkező változások.

A kritikus energetikai infrastruktúrák működőképességének fenntartása az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás egyik kiemelten fontos területe.

III.9.1. Áramellátás

A heves szellőkésekkel járó viharok gyarapodása veszélyezteti a légvezetéseket, áramátalakító berendezéseket, illetve a talaj felázása következtében instabillá válhatnak a tartószerkezetek. Az év leghidegebb hónapjaiban a zúzmara, a vizes hőteher és az ónos eső ráfagyása okoz növekvő terhelést a légvezetéseken. A villámcsapás okozta tüzek, az ártereken az elöntések, a dombvidékeken a villámárvíz jelentenek új kockázatot a légvezetések tekintetében. A kábelvezetékek a hirtelen lezúduló nagy mennyiségű esővel és az abból származó földcsuszamlással szemben érzékenyek. A gyakoribbá váló forró és hőségriadós napok fokozzák a villamos energia csúcsterheléseket, ez pedig váratlan és nagy kiterjedésű áramkimaradásokat okozhat.

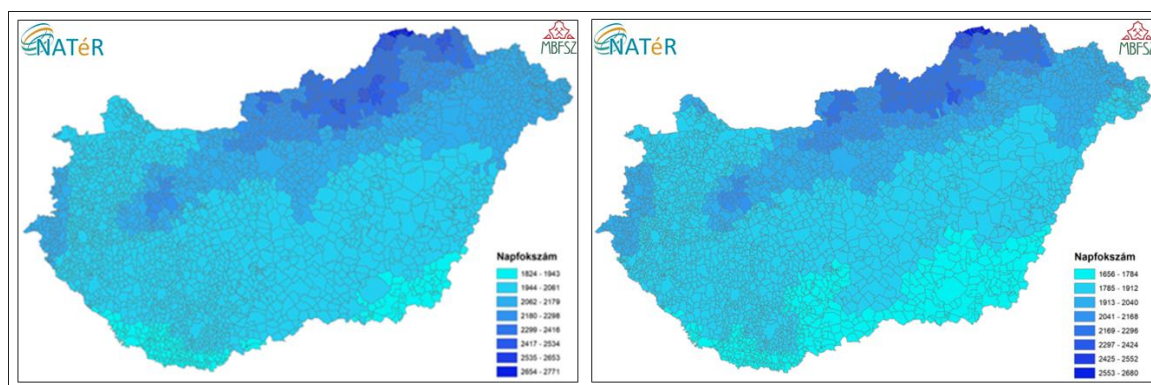
Emellett a tényleges fizikai behatások mellett az átviteli hálózatok kapacitása is visszaesik a hőmérséklet emelkedésével. A fogyasztóknak és a szolgáltatóknak számolniuk kell egyrészt az infrastruktúra működési zavarainak megnövekedő kockázataival (hosszabb idejű, vagy gyakoribb szolgáltatás kiesések), illetve esetenként várhatóan költségnövekedéssel is (pl. biztosítási díjak, egyedi biztonságot növelő beruházások).



24. ábra: A klimatikus tényezők által az áramellátó infrastrukturális elemekre tett hatások útvonalai
 Forrás: A magyarországi villamosenergia-ellátás éghajlati szempontú értékelése, KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 azonosítószámú NATér továbbfejlesztése projekt, FICÉP Kft.-MBFSZ 2019.

III.9.2. Gázellátás

A gázellátásban nem az infrastruktúra a leginkább veszélyeztetett, hanem az ellátásbiztonságot veszélyeztető szélsőséges jelenségek okozta egyéb, a gázellátó rendszereket is érő váratlan időjárási hatások jelentik a legnagyobb kockázatot. A lakosság fogyasztása várhatóan csökkenni fog és ez nagymértékben befolyásolja a tározói kapacitások tervezését is. A gázellátás esetében a lakosság fűtési időszaki gázfogyasztását befolyásoló jövőbeli klimatikus viszonyokat a *földgázellátásról szóló 2008. évi XL. törvény (Get.) rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 19/2009. (I. 30.) Korm. rendeletben (Get. Vhr.)* meghatározott napfokszám értékek várható alakulásán keresztül mutatjuk be, a NATÉR rendszer alapján. A napfokszám a fűtési küszöbérték (16°C) alatti hőmérsékleteknek a fűtési időszak hidegmennyiségével arányos meghatározott értéke. A fűtési küszöbérték az a napi átlagos külső hőmérséklet, amely mellett a fűtőberendezések üzembe helyezése célszerű és szükséges. Az elvégzett elemzések egyöntetűen a napfokszám-értékek előfordulásának csökkenő tendenciáját vetítik előre a következő 30 évre vonatkozóan az ország egész területén, a melegedő éghajlat miatt.



25. ábra: A lakossági gázellátást meghatározó klimatikus faktor, a napfokszám éves összértékének településenkénti alakulása 2050-re a CNRM-CM5 RCP4.5 (balra), CNRM-CM5 RCP8.5 (jobbra) klímamodellek alapján.

Forrás: A gázellátás éghajlati szempontú értékelése, KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 azonosítószámú NATÉR továbbfejlesztése projekt, Geolgold Kárpátia Kft.-MBFSZ 2019.

A térképeken a magasabb napfokszám értékek (sötétkék területek) jól „kirajzolják” hazánk hegyvidéki területeit: az Északi-, és Dunántúli-középhegység és az Alpokalja mellett az északkeleti területeket (Cserehát, Zemplén, Nyírség). A nagyobb átlaghőmérséklet emelkedést előrevetítő 8.5-ös pesszimista éghajlati forgatókönyv alapján végzett modellinformációk szerint az összesített **napfokszám értékei az ország délkeleti területein csökkennek leginkább**, így lerövidül a gáztüzelésre alapozott háztartások fűtési időszaka, és így csökkenhet az igényelt gázmennyiség is. Ez azt vetíti előre, hogy a **tározói kapacitásokban kevesebb gázmennyiséget kell évről-évre lekötni, ami hozzájárul az ellátásbiztonság kiegyensúlyozottabbá válásához, és a fosszilis energia eltüzeléséből származó ÜHG kibocsátások csökkenését is eredményezheti a lakossági szektorban.**

III.9.3. Távhőellátás

A távhőellátás az éghajlati alkalmazkodás egyik eszköze, mert lehetővé teszi olyan energiaforrások hasznosítását, amelyek az egyedi fogyasztó szintjén nem alkalmazhatóak gazdaságosan. (Gondolunk a földhőre, az ipari hulladékhőre, a kapcsoltan termelt hőre, a biomassa vagy hulladék égetéséből származó energiára vagy a nagy teljesítményű hőszivattyúkra). Az éghajlatváltozás miatt megváltozó időjárás közvetlenül hat a távhőszolgáltatás fizikai infrastruktúrájára (építmények, vezetékek, berendezések). Gondot okozhatnak az időjárási jelenségek hatására bekövetkező közvetett természeti változások is, mint az ár- és belvizek vagy az aszályok. Ezek a kockázatok a létesítmény-fenntartási intézkedések keretében nagyrészt kezelhetők, ezért a **közvetlen klimatikus hatásokkal szemben a távhő műszaki infrastruktúrája kevésbé érzékeny.**

A legsúlyosabb problémát a távhő rendszerekben a külső fizikai és gazdasági környezetben bekövetkező változások okozhatják. Ha az éghajlatváltozás közvetlen vagy közvetett hatásai miatt zavar áll be a gáz-, villamosenergia- vagy vízszolgáltatásban, a szokásos kialakítású távhő rendszerek működésképtelenné válnak, és a sérülékeny rendszereknél a rendszerre kapcsolt fogyasztók átmenetileg akár fűtés nélkül is maradhatnak. A távhőellátás esetleges működési zavara a távhővel fűtött kb. 660 ezer lakás lakóinak kezelhetetlen problémát okozna, alternatív fűtési mód híján. Valamilyen mértékben ezekre a külső zavarokra is fel lehet készülni alternatív ellátási módok kiépítésével és tartalékok képzésével, de ezek a beavatkozások már meglehetősen költségesek, így árnövelő hatásuk is lehet.

Az ország legnagyobb távhő szolgáltatója a FŐTÁV Zrt., amelyre vonatkozóan 2019-ben készült el pilot jelleggel, klímamodell információkon alapuló éghajlati sérülékenységvizsgálat. A kutatás eredményeit összegezve az prognosztizálható, **hogy a fűtési időszaki napi középhőmérsékleteinek átlaga a bázishoz képest 2050-re akár 2°C-ot is emelkedhet. A mértékadó legalacsonyabb hőmérsékletben viszont a klímaadatok szerint akár 5°C emelkedés is fellephet, ennek következtében a fűtési időszak hossza is rövidül.** Az így felszabaduló hőmennyiség használható új fogyasztók bekapcsolására, de az energetikai korszerűsítések miatti értékesített hőmennyiség csökkenés is ellensúlyozandó, célszerű lenne a nagyvárosokban a távhűtés lehetőségeit kielemezni.

III.10. Turizmus

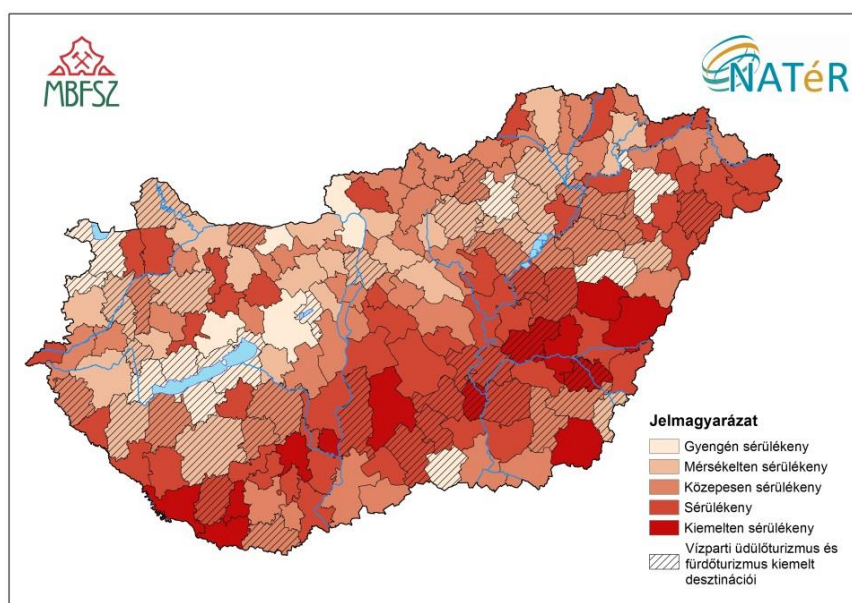
A turizmus a **gazdasági ágazatok közül az éghajlati elemek változásának az egyik leginkább kitétt alszektor**, hiszen természetéből fakadóan a földrajzi helyek fizikai tényezőihez (éghajlat, növényzet, vízrajzi és domborzati adottságok stb.) szorosan kötődik. Az éghajlati elemekre egy oldalról erőforrásként tekint, de e tényezők változásai komolyan befolyásolják egy adott desztináció vonzerejét is: korlátozhatnak vagy fokozatosan ellehetetleníthetnek adott kínálati elemeket, ugyanakkor újabb alternatív termékek kialakítását is ösztönözhetik. **A klimatikus viszonyok, a gyakoribbá és intenzívebbé váló időjárási szélsőségek főképp a szabadtéri időtöltést preferáló turisztikai termékek esetében játszanak kulcsszerepet.** Ilyen termékek Magyarországon is meghatározóak: a **vízparti turizmus**, a **kulturális örökségturizmus** (pl. városlátogatás, zárandokturizmus, rendezvényturizmus) és az **aktív turizmus** egyaránt a hazai turisztikai kínálat kulcselemei.

A NATÉR a turizmus éghajlati sérülékenységének témakörét is kutatta, a fogadóterületek jellemző kitétségi, érzékenységi, alkalmazkodóképességi, és sérülékenységi jellemzőit komplex mutatókkal vizsgálva 3 kiemelt hazai turisztikai termékre (vízparti fürdő-; városnéző kulturális örökségi; és természetközeli aktív turizmus) a hazai járásokban. A vizsgálat célja annak feltérképezése, hogy **az**

adott turizmus típusnak leginkább megfelelő potenciál hol áll rendelkezésre az országban; és ennek ellenpontjaként mely térségek a legsérülékenyebbek az éghajlati elemek változása és saját adottságaik szerint.

Az eredmények alapján mindhárom turizmustípus esetében jellemzőek a területi különbségek és ezek időbeli trendjei. A **leginkább sérülékeny térségek jellemzően egyes alföldi régiókban és a hazai külső és belső perifériatárségekben helyezkednek el.** A legalacsonyabb sérülékenység az adott termék bevezetett desztinációiban jelentkezik, a kedvezőbb éghajlati kitettség és/vagy az idegenforgalmi frekvenciák miatt alacsonyabb érzékenység okán.

Trendtől való eltérést turizmus-termékenként specifikus térségekben tapasztalunk, pl. **a vízparti turizmus esetében a Tisza-tó, a városi turizmusnál pedig Miskolc térsége mutat a környezeténél magasabb sérülékenységet** kedvezőtlenebb társadalmi-gazdasági adataik okozta gyengébb alkalmazkodóképesség eredményeként.



26. ábra: A vízparti üdülő és (strand) fürdő turizmus éghajlati sérülékenysége TCI értékek alapján az RCA4\EC-EARTH klímamodell és RCP8.5 forgatókönyv kombinációjában a 2071-2100 időablakra. Forrás: NATÉR.

Az időbeli változások sajátos mintát mutatnak: összességében **várhatóan némileg romlik a különböző turisztikai termékek helyzete az évszázad során.** A trendnek csak a **leginkább bevezetett desztinációk tudnak majd valamennyire ellenállni szakmai tapasztalatuk és meglévő infrastruktúrájuk révén.** Kivételt jelent a **városnéző turizmus, ahol alig romló vagy stagnáló országos trend látszik.**

IV. Legfontosabb válaszlépések, beavatkozási irányok, és szempontok

IV.1. Elsődleges kormányzati intézkedések

IV.1.1. Szakpolitikai döntéshozatal

Az ágazati szakirányítás feladatai keretében, kiemelten a klímapolitikai és energetikai ágazati irányítás és szakpolitikai tervezés előkészítés alatt álló, valamint esedékes dokumentumainak véglegesítése, elkészítése, elfogadása és végrehajtásának biztosítása kiemelt kormányzati feladat. Jelenleg az EU-s klímapolitika, az Európai Green Deal, a Just Transition Mechanism és a 2021-2027-es uniós támogatások kialakításában való részvétel, a hazai prioritások azonosítása, a hazai szakpolitikai stratégiai dokumentumok, projektek megvalósítása jelent megoldandó feladatot.

A legfontosabb aktuális teendők:

- A 2018 októberében az Országgyűlés által elfogadott **második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia** következetes megvalósítása, ennek keretében a Stratégia által előírt
 - *I. Éghajlatváltozási Cselekvési Terv (ÉCsT) megvalósítása*
 - *következő lépésként pedig az I. ÉCsT által előkészített projekteket tartalmazó II. ÉCsT kidolgozása*
- Az EU-s kötelezettségként 2019. december 31-ig elkészítendő **Nemzeti Energia és KlímaTerv (NEKT)** megjelenése és végrehajtása
- A felülvizsgált és aktualizált, a NEKT és ÉCsT dokumentumokkal harmonizált tartalmú **új Nemzeti Energiastratégia (NES)** megjelenése és megvalósítása
- Az **Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia egyeztetése és 2020 év végéig történő véglegesítése**

IV.1.2. Szakpolitikai finanszírozás

A szakpolitikai tervdokumentumokban és ágazati fejlesztési programokban rögzített beavatkozási irányok pénzügyi támogatása:

- **Kvótabevételek:** Az ország üvegházhatású gáz-kibocsátása 1990 óta harmadával csökkent. Mindennek következtében jelentős kvótatöbblettel rendelkezünk és rendelkezhetünk a következő időszakban is. A további kibocsátás-csökkentés ösztönzése így nem csak az éghajlatváltozás elleni fellépés, hanem az ország bevételei szempontjából is kedvező hatással bírhat.
- **EU-s források:** A kibocsátások csökkentését előirányzó beruházások és egyéb fejlesztések mellett a 2021-2030 közötti időszakban az éghajlatváltozás negatív hatásaira történő felkészüléshez is szükséges felhasználni az EU-s forrásokat.
- Az éghajlatváltozás Kárpát-medencei kedvezőtlen hatásainak mérséklését célzó beavatkozások további elengedhetetlen pénzügyi eszköze a **magántőke** – lakossági vagy privát szektor – **minél hatékonyabb és eredményesebb bevonása**. A magántőke eredményes bevonását példázza az energiahatékonyság-alapú ESCO konstrukció, amely esetén a beruházás megtérülését az elért energetikai megtakarítás fedezi, így nem jelent

plusz kiadást, mégis azonnali ÜHG csökkentést eredményez és a hitel visszatörlesztés után pedig jóval alacsonyabb rezsiköltségeket.

IV.2. Kiemelt, a hiányterületeket érintő innovatív kutatási projektjavaslatok

- **Kritikus infrastruktúrák éghajlati sérülékenységének vizsgálata** (potenciális résztvevők: ITM, MBFSZ, FGSZ, MAVIR, MATÁSZSZ, NKM). Villamosenergia-átviteli és -elosztó hálózatok (transzformátorhálózat, elosztóhálózat) rendszerének (szerkezetének, kapacitásának) értékelése a klímaváltozás hosszú távú hatásainak figyelembe vételével, az ellátásbiztonság garantálása szempontjából.
- **Nagy folyók várható vízjárási szélsőségeinek éghajlati sérülékenység-vizsgálata** (potenciális résztvevők: OVF, OMSZ, MBFSZ). Az éghajlatváltozás várhatóan jelentős hatást fog gyakorolni a vizeinkre. A legtöbb klímamodell scenárió szerint a jövőben a szélsőséges időjárási csapadékesemények egyre gyakoribbá válhatnak hazánkban, valamint megnő az aszályos időszakok hossza is, melyeknek következtében megváltozik a felszíni vízfolyások vízjárása. Az árvízi eseményekkel veszélyeztetett területek lehatárolását és a veszélyeztetettség mértékét meghatározó, a jövőbeli vízállás értékekről becslést adó, az öntözési lehetőségeket is elemző kutatás.
- **A NATÉR Kárpát-medencei kiterjesztése** (potenciális résztvevők: ITM, MBFSZ, OMSZ, NSKI, AM, NAIK). A klímaváltozás, az időjárási jelenségek változása nem áll meg a politikai országhatároknál. A 2016 óta működő, magyarországi fókuszú alkalmazkodási térinformatikai rendszer országosról nemzeti és makroregionális léptékűvé kiterjesztése segítené a regionális változási folyamatok megértését, a külhoni magyarlakta régiók felkészítését az éghajlati alkalmazkodási tevékenységekre.
- **Települési viharkár-sérülékenység vizsgálata** (potenciális résztvevők: BM, MBFSZ, LTK). A települések térben koncentrált humánerőforrás és gazdasági erejük révén kiemelten veszélyeztetettek a szélsőséges időjárási eseményekkel szemben. A jég-, vihar, eső- és szélkárokkal szembeni kockázatelemzés és éghajlati sérülékenység-vizsgálatok segíthetik a felkészülést, valamint a hatékony és innovatív válaszlépések kimunkálását.
- **A turizmus szektor alkalmazkodóképességének erősítése** (potenciális résztvevők: ITM, MBFSZ, MTÜ, OMSZ, érintett felsőoktatási intézmények, megyei és települési önkormányzatok). Az éghajlatváltozás turizmusra gyakorolt hatásainak, és ezek társadalmi és gazdasági következményeinek a beazonosítása még viszonylag feltáratlan terület Magyarországon. A negatív klímahatások ellensúlyozását segítő tanulmányok elkészítése, vizsgálatok lefolytatása, nemzetközi és hazai jó gyakorlatok összegyűjtése, a módszertani fejlesztések, útmutatók, módszertani segédletek elkészítése e hiányos ismeretek kiküszöbölésében nyújt segítséget a különböző területi szintek ágazati és területi/települési tervezői számára.
- **A hazai mezőgazdasági termelés klímaváltozással szembeni kitettségének csökkentése** (potenciális résztvevők: nemesítő intézetek, felsőoktatási intézmények, Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ) abiotikus stresszekkel (szárazság, hó) szemben ellenálló növényfajták nemesítésével, valamint a talajnedvesség megőrzésére alkalmas termesztéstechnológiai eljárások kidolgozásával.
- **A digitalizáció erősítése a klímavédelemben** - A digitalizáció fejlődése során egyre szélesebb körben használt eszközök – például IoT eszközök, mesterséges intelligencia, 5G hálózatok, okosmérők – nem csak a munkaerő-piac esetén okoznak jelentős változást, de az

extrém időjárási jelenségek esetén a lakossági információellátásban, vagy az élelmiszer- és vízpazarlás kimutatásában, hulladékkezelési rendszerek optimalizálásában, az energiahatékonyság javításában is jelentős, növekvő mértékű hozzáadott értékkel rendelkeznek.

IV.3. Szakpolitikai fejlesztési tervezés szempontjai

IV.3.1. Természeti erőforrás-gazdálkodás

Vízgazdálkodás

- A biztonságos ivóvízellátás fenntartása érdekében különösen a klímaváltozás szempontjából legsérülékenyebb, a vízfolyások által befolyásolt sekély és parti szűrésű (Északi-középhegység, Duna mente), a karsztos (Dunántúli-középhegység, Mecsek térsége) és a felszíni ivóvízbázisok (Balaton térsége) esetében speciális ivóvízbázis védelmi intézkedések megtervezése.
- Kulcskérdés a **vízviasszatartás**, amely a vízgazdálkodás valamennyi tevékenységében átfogó célként kell megjelenjen a következő időszak fejlesztéseiben.
- A vízviasszatartó vízgazdálkodás elősegítése érdekében szükséges a területhasználatok – különösen a **mezőgazdasági földhasználat – felülvizsgálata** a változó ökológiai és éghajlati feltételek szempontjából.
- Javasolt a mezőgazdasági szempontból gazdaságtalanul hasznosítható területek művelésének átalakítása, **ártéri tájgazdálkodási mintaterületek kialakítása, természetközeli vízpótlási rendszerek kialakítása**, kistáji vízkörforgások rehabilitációja, erdők, vizes élőhelyek fokozott szerephez juttatása a vizek megtartásában.
- A **víztaarékos vízhasználatok lehetőségeinek feltárása**, elterjesztése mellett fontos a **kevésbé vízigenyes technológiák kutatása**, fejlesztése (innováció).
- A várható hatások okán **lehetőség szerint összefüggő nagy vízfelületek kialakítása szükséges, továbbá vizsgálandó a korábbi természetes vízkörforgás helyreállításának lehetősége.**
- Az összefüggő nagy vízfelületek a lefolyás éven belüli kiegyenlítése mellett, turisztikai és rekreációs igényeket is szolgálnak, amely az ország versenyképességét növeli. A nagyobb vízfelület kedvező a vízi ökoszisztémának, természetes életteret biztosít számukra.

Természetvédelem

- A **természetes és természetközeli ökoszisztémák megőrzése és a degradált ökoszisztémák helyreállítása** a klímaváltozás hatásainak mérséklése érdekében.
- **Feltáró vizsgálatok** készítése az élővilágot érintő éghajlati és más antropogén hatásokról.
- A „**zöld infrastruktúra**” **elemeinek összehangolt fejlesztése**, az élőhelyek közti kapcsolatok, összeköttetések erősítése.

Mezőgazdaság

- Magyarország mezőgazdasága számára klímapolitikai szempontból a következő fejlesztési célok kiemelt jelentőségűek:
 - öntözésfejlesztés, kapcsolódva a vízviisszatartás fontosságát hangsúlyozó országos stratégiai célkitűzésekhez, különös figyelmet fordítva a lehetséges környezeti károk (például másodlagos szikesedés) megelőzésére,
 - digitalizáció és precíziós mezőgazdaság fejlesztése,
 - állattartótelepek és trágyakezelés, kijuttatás korszerűsítése,
 - mezőgazdasági kockázatkezelési rendszer működtetése és fejlesztése,
 - agrár-környezeti és klíma kutatási, innovációs és tudásátadási rendszerek fejlesztése.
- **A természetes csapadék talajba jutásának, tározásának, hasznosulásának elősegítése, természetközeli vízpótlás.**
- A talaj védelme, a **talajdegradáció megelőzése, a legfontosabb talajdegradációs folyamatokkal** (például erózió, szikesedés, savanyodás, talajszerkezet romlása) **érintett területeken a talajjavítás eddigi tapasztalatainak értékelése** és új szempontú, komplex, területi **meliorációs szemlélet és beavatkozások kidolgozása** figyelembe véve a természetvédelmi, a környezetvédelmi, a vízgazdálkodási szempontokat, korlátokat és az új talajtani és talajvédelmi tudományos eredményeket.
- Olyan **terület- és tájhasználat** kialakítása, amely hozzájárul az időjárási szélsőségek csökkentéséhez. Ennek keretében a **diverz, helyi adottságokhoz alkalmazkodó mezőgazdasági ökoszisztémák kialakításának támogatása**, a monokultúrás természet felülvizsgálata, átalakítása.
- Az éghajlatváltozás hatásaihoz jobban alkalmazkodó, **szárazságtűrő növényfajok** termesztése, a régi tájfajták, ökotípusok nemesítésben történő hasznosítása.
- A mezőgazdaságra irányuló termelési nyomás mérséklése érdekében **az élelmiszerpazarlás, az élelmiszerhulladék mennyiségének csökkentése** a feldolgozás és a végfelhasználás során egyaránt. Emellett olyan élelmiszerellátási rendszerek és folyamatok széles körű elterjesztése, amelyek lehetővé teszik az élelmiszercsomagolás jelentős mértékű csökkentését (helyi ellátási láncok fejlesztése, hazai élelmiszerek és idénytermények előnyben részesítése).

Erdészet

- Az **erdőterületek nagyságának megőrzése, sőt növelése** szükséges a Nemzeti Erdőtelepítési Programban foglaltak szerint, az éghajlatváltozás hatására változó termőhelyi adottságoknak megfelelő – elsősorban őshonos – fafajok és hazai szaporítóanyag alkalmazásával.
- **Modellek kidolgozása az erdőgazdálkodók részére**, figyelemmel a hosszú távú, fenntartható erdőgazdálkodás követelményeire, a 30-150 éves vágásfordulók specialitásaira, és az erdőgazdálkodók lehetőségeire.
- A **klímaváltozás hatásait figyelembe vevő fafaj megválasztási és erdőnevelési segédletek** összeállítása az erdőtervezés számára. Az erdőgazdálkodást és erdőtervezést segítő, a klímaváltozás hatásait is figyelembe vevő **döntés támogatási rendszer bevezetése** és működtetése.

- **Erdőterületek vízrendezése, az erdők vízmegtartó-képességének növelése, vízellátottságuk javítása. A klímaváltozás hatásainak mérséklésére, elsősorban a síkvidéki területeken biztosítani kell a vízmegtartást, vízpótlást, a talajvíz szintjének emelését, ami hosszú távon javítja az erdők állékonyságát, lehetővé teszi azok fennmaradását.**
- Az éghajlatváltozás hatásainak mérséklésére, az erdőgazdálkodás hosszú távú fenntarthatósága és jövedelmezősége érdekében szükséges az **őshonos fafajokból álló elegyes erdőállományok területének további növelése**. Ahol ez még lehetséges, az erdők **felújítása, új erdők telepítése őshonos fafajokkal és helyi génkészletű szaporítóanyaggal**. Emellett szükség van a szárazabb területekről, akár **az országhatáron túlról származó, a szárazságnak jobban ellenálló szaporítóanyag felhasználására**. Az erdőtakaró megőrzése érdekében, az ökológiai és klimatikus viszonyok figyelembe vételével elkerülhetetlennek látszik a hazánkban nem őshonos, de a szárazodó klímát toleráló fafajok alkalmazása is.
- A károsítások megelőzése, gyors felszámolása, a további károk elkerülése érdekében **jelentős mértékben fejleszteni kell az erdei úthálózatot** (feltáró hálózat), el kell érni a szakmailag kívánatosnak tartott 20 m/ha útsűrűséget.
- **Az erdők állapot változásainak nyomon követése, a károk mielőbbi felderítése, felmérése érdekében tovább kell fejleszteni az Erdészeti Mérő- és Megfigyelő Rendszert.**

IV.3.2. Fizikai infrastruktúra

Településfejlesztés

Települési és településeggyüttes-szintű, **alkalmazkodási hangsúlyú klímastratégiák kidolgozásának folytatása**, a bennük foglalt **intézkedések következetes megvalósítása**, és a települések éves költségvetési terveibe való rendszeres beépítése. Az alkalmazkodási intézkedések keretében:

- A települési csapadékvíz-gazdálkodás rendszerek klímabiztos ki- vagy átalakítása, a **csapadék biztonságos összegyűjtése, visszatartása és hasznosításának ösztönzése;**
- A települési ár- és belvízvédelmi infrastruktúra **műszaki felmérése és a szükséges beavatkozások elvégzése**, az időszakos többlet vízmennyiség biztonságos tározása és száraz időszaki felhasználása;
- A biztonságos ivóvízellátás hosszú távú fenntartása a **sérülékeny ivóvízbázisok megóvásával és a víziközmű infrastruktúra fejlesztésével;**
- **Zöldfelületek kataszterezése, tervszerű bővítése és minőségi fejlesztése**, a zöldfelületi rendszer -tervezési, létesítési, valamint a megszüntetést és fakivágást érintő szabályrendszerének részletes felülvizsgálata;
- A települési **oktatási, egészségügyi, szociális** intézmények **hőségriadó** intézkedési terveinek **kidolgozása/aktualizálása, a kritikus helyiségek hőszabályozásának és UV sugárzás elleni védelmének biztosítása;**
- A vihkárokkal szemben leginkább **sérülékeny épületállomány felmérése és alkalmazkodási szempontú rehabilitációja;**
- A **közösségi közlekedési hálózat felkészítése** a szélsőséges időjárási jelenségekre: utak és a kötött pályás közlekedési rendszerek tervezése során a hőmérséklet várható emelkedésének,

a hőhullámok gyakoribbá válásának figyelembe vétele, „alternatív”, környezetbarát egyéni közlekedési formák igénybevételének ösztönzése, közlekedési elektrifikáció támogatása;

- A **felszínmozgásokra érzékeny területek** felmérése, a meglévő hulladéklerakók, zagy-és iszaptározók, valamint meddőhányók, továbbá a potenciálisan lerakásra kijelölt területek klímareziliencia szempontú **felülvizsgálata és a szükséges állagerősítő beavatkozások elvégzése**;
- Az **alkalmazkodás és a fenntarthatóság szempontjainak** az agglomerációs, településfejlesztési és településrendezési tervekbe, valamint az **építésgazdaság** stratégiai és **tervdokumentumaiba** való **következetes beépítése** és megjelenítése, építési és területhasználati előírások klímaváltozási szempontú felülvizsgálata, szigorítása és következetes betartatása.

Energetika

- Szükséges az **éghajlati kockázatok integrálása az erőművi és az energetikai infrastruktúratervezésbe**.
- Információgyűjtés és hatásértékelés keretében az energiatermelő és elosztó hálózat „klímabiztossága” szempontjából a **tényleges hatásláncok alapján éghajlati kockázati értékelési módszertanfejlesztés**.
- Az **időjárásfüggő megújuló energiahordozók készleteinek és fenntartható hasznosításának felülvizsgálata**, a várható éghajlatváltozás figyelembevételével.
- A geotermia, mint időjárás független megújuló energiaforrás, elterjedésének vizsgálata.

IV.3.3. Speciális, időjárás-érzékeny ágazatok

Turizmus

- Különböző kockázatelemzések, sérülékenységvizsgálatok kapcsán a központi módszertanfejlesztés; ehhez kapcsolódóan **desztinációs szintű gyakorlatorientált klímakockázati értékelést** és a turizmus szakterületi stratégiai tervezését **támogató irányelvek, segédanyagok, kézikönyvek** kidolgozása; a kialakított tudáskészlet megosztása, desztinációs műhelyrendezvények szervezése; kapcsolódó tananyagfejlesztés;
- A **turisztikai „alkalmazkodási” közelítésmód térhódításának**, a klímatudatos gondolkodásnak, a várható hatásokra való felkészülésnek, a negatívumok kivédésére fókuszáló tevékenységeknek az **ösztönzése**, a szereplők ösztönzésére szakmai szervezetek díjak, tanúsítványok elismerések kialakítása és odaítélése (pl. Zöld szálloda cím).

Emberi egészség

- A **kórházak, egészségügyi és szociális ellátó intézmények** kritikus helyiségei **hőszabályozásának fejlesztése**;
- A kullancsok, egyiptomi csípőszúnyog és más **állati betegséghordozók**, valamint **allergén növényfajok elterjedtségének kontrollálása, a fertőzöttség monitorozása**;
- **Felkészülés a klímaváltozással kapcsolatos egészségügyi vészhelyzetekre és gyors közegészségügyi válaszadásra** (pl. hőségriadó tervek).

A jelentés kidolgozásában az alábbi szervezetek vettek részt:

- Innovációs és Technológiai Minisztérium
- Agrárminisztérium
- Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Nemzeti Alkalmazkodási Központ Főosztály
- Országos Meteorológiai Szolgálat

TUDOMÁNYOS BIBLIOGRÁFIA

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS KÁRPÁT-MEDENCÉRE GYAKOROLT ESETLEGES HATÁSAINAK TUDOMÁNYOS ÉRTÉKELÉSÉRŐL SZÓLÓ JELENTÉSHEZ

VÍZGAZDÁLKODÁS

1. BEUTHE M. ET AL. (2014): Climate change impacts on transport on the Rhine and Danube: A multimodal approach. In: Transportation Research Part D: Transport and Environment Volume 27, March 2014, pp. 6-11.

Ez a tanulmány értékeli és méri az alacsony vízszinteknek a Rajna és a Duna belvizi hajózási navigációjára gyakorolt lehetséges hatásait az időjárási variabilitás és számos éghajlatváltozási forgatókönyv összefüggésében. Bemutatásra kerül egy hosszú távú multimodális hálózati szállítási elemzés a 2005–2050 közötti időszakban; elemzi a várható éghajlati és időjárási változásoknak a vízmélységre és vízszintekre valamint a szállítási költségekre és a modális felosztásra gyakorolt hatását három versengő üzemmód között. Az eredmények azt mutatják, hogy az éghajlatváltozás hatásait 2050-ig megelőzni és lehetőség szerint kiküszöbölni szükséges.

2. BISSELINK B. ET AL. (2018): Impact of a changing climate, land use, and water usage on water resources in the Danube river basin – A model simulation study. European Commission JRC Technical Reports 71 o. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/impact-changing-climate-land-use-and-water-usage-water-resources-danube-river-basin>

Ez a jelentés leírja és bemutatja az éghajlatváltozás, a földhasználat változása és a vízfogyasztás változásainak a Duna vízgyűjtőjének vízkészletére becsült jövőbeni hatásait, a JRC LISFLOOD vízkészlet-modelljének felhasználásával. A Duna vízgyűjtő területén végzett vizsgálat céljából két 30 éves klímaablakot vizsgáltak, és összehasonlították az 1981-2010-es éghajlati ellenőrző ablakkal.

3. DIDOVETS, I. ET AL. (2019): Climate change impact on regional floods in the Carpathian region. In: Journal of Hydrology: Regional Studies Volume 22, April 2019, 100590. Absztrakt - Mintaterületek: a Tisza és a Prut folyók vízgyűjtő területe. Tanulmányi fókusz.

A tanulmány célkitűzései: Az éghajlatváltozásnak a térségben az árvízveszélyre gyakorolt hatásait és (ii) a hidrológiai modellezéssel, a méretcsökkentési technikákkal és az éghajlati előrejelzésekkel kapcsolatos bizonytalanságot vizsgálja. A tanulmányban alkalmazott klíma-előrejelzések öt szimulációból származtak. Az így kapott éghajlatváltozási forgatókönyveket táplálták be a SWIM öko-hidrológiai modellbe, amelyet a megfigyelt éghajlati és hidrológiai adatok felhasználásával előre kalibráltak és validáltak a vízgyűjtők számára. A 30 éves árvízveszély, valamint a kibocsátás 98 és 95 százalékában bekövetkezett változásokat a távoli jövőbeli időszakra (2071–2100) értékelték a referencia-időszakhoz (1981–2010) képest.

4. DOBÓ K. (2019): Változások kora az árvízvédelemben. In: Műszaki Katonai Közlöny, 29. évfolyam, 1. szám pp.57-64. DOI:10.32562/mkk.2019.1.5. <http://journals.uni-nke.hu/index.php/mkk/article/view/88>

„A hazai vízgazdálkodás folyton változó feltételrendszerében a klímaváltozásból származtatható szélsőségek növekedése miatt új irányt kell venni a vízkárelhárításában. Magyarország vízgazdálkodási szempontból erősen kitett a felvízi országoknak, mert az ott történő szerkezeti, illetve nem szerkezeti beavatkozások közvetlenül érintik hazánk vízgazdálkodását. A szerző a cikkben a változások bemutatásán kívül, a probléma megoldására is javaslatot tesz.” Véleménye szerint a jelenleg alkalmazott vízgazdálkodási jogszabály túl merev, a változásokhoz történő megfelelő alkalmazkodáshoz, és felkészüléshez dinamikusabb rendszer kialakítására van szükség.

5. HAVRIL T. ET AL. (2018): Impacts of predicted climate change on groundwater flow systems: Can wetlands disappear due to recharge reduction? In: Journal of Hydrology, Volume 563, August 2018, pp. 1169-1180.

Az éghajlatváltozás közvetlenül befolyásolhatja a felszín alatti vízrendszereket a az utánpótlódás és feltöltődés módosításával. Az éghajlatváltozás nemcsak a felszín alatti víz szintjére és az áramlás dinamikájára lehet hatással, hanem a felszín alatti víz áramlási rendszereinek töredezettségére és hierarchiájára is. A tanulmányban az éghajlatváltozás hatásait vizsgálják a felszín alatti vizek szintjeire és az egymással kapcsolatban lévő felszín alatti vizek áramlási mintáira. Mivel nem volt jelentős antropogén hatás, a magyarországi Tihanyi-félsziget ideális terület volt a vizsgálathoz. A következő kérdésekkel foglalkoztak a szerzők: i) Hogyan befolyásolja a várható éghajlatváltozás a felszín alatti vízrendszert, beleértve a felszín alatti víz és a felszíni víz kölcsönhatását, és a felszíni víztesteket? ii) Mennyire érzékenyek a talajvízhez kapcsolódó vizes élőhelyek ezekre a változásokra, és megmaradnak-e ezek, vagy végül eltűnnek? E kérdések megválaszolására kétdimenziós tranziens numerikus szimulációkat végeztek a helyspecifikus mérések és az éghajlati előrejelzés alapján a Tihanyi-félszigeten.

6. HATTERMAN, F. F. ET AL. (2018): Simulation of flood hazard and risk in the Danube basin with the Future Danube Model. In: Climate Services Volume 12, December 2018, pp. 14-26.

Az elmúlt évtizedben Közép- és Kelet-Európában jelentős folyóvíz- és villámárvíz-események jelentkeztek, emlékeztetve a közvéleményt és például a biztosítási szektort arra, hogy az éghajlattal kapcsolatos kockázatok valószínűleg még súlyosabbak és térben kiterjedtebbek lesznek az éghajlati minták megváltozásakor. A jelenlegi és a jövőbeli szélsőséges éghajlati viszonyokról azonban gyakran nincs információ. A jövőbeli Duna-modell (FDM) a végfelhasználók által vezérelt, több veszélyt és kockázatot jelentő modellszámítás a Duna-régió számára, amelyet úgy fejlesztettek ki, hogy az éghajlati szolgáltatásokkal összefüggésben olyan veszélyekkel számoljon, mint például a csapadékeloszlás megváltozása, a napi rendkívüli csapadékmennyiségek, a hóhullámok, az áradások és az aszályok a közelmúltban. Ennek eredményeként a Duna vízgyűjtő területén térbeli szempontból következetes információkat szolgáltat a szélsőséges eseményekről és a természeti erőforrásokról. Használható az éghajlati kockázatok számszerűsítésére, az EU keretirányelvek végrehajtásának támogatására, az éghajlattal kapcsolatos információk alapján történő település- és

földhasználat-tervezéshez, a vízkészlet-gazdálkodáshoz és a nagyléptékű infrastruktúra-tervezés éghajlati összefüggéseinek feltárásához, beleértve a költség-haszonelemzést is.

7. HOMOLYA E., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SELMECZI P. (2017): Climate impact on drinking water protected areas. In: Szépszó, G. (szerk.): Időjárás – Special Issue: Quantitative climate change information for adaptation to the impacts. Vol. 121, No. 4 pp. 371-392
<https://www.met.hu/omsz/kiadvanyok/idojaras/index.php?id=583>

Az éghajlatváltozás következtében fellépő szélsőséges időjárási események, valamint az ivóvíz források csökkenése, számos nehézséget okoztak és okozhatnak az elkövetkezőekben a hazai ivóvízellátásban. A NATÉR keretében végzett vizsgálat célja módszertan fejlesztése és az ivóvízbázisok klímasérülékenységének meghatározása volt a CIVAS modell alapján. A vizsgálat figyelembe vette a várható környezeti változások mellett a társadalmi-gazdasági folyamatokat, valamint – a hasonló hatásokat eredményező, éghajlatváltozástól független – antropogén aktivitást is. Az eredmények arra utalnak, hogy a vizsgált területen számos régió veszélyeztetett bizonyos mértékig az éghajlatváltozás által, és a sebezhetőség fokozódik a 21. század végére.

8. ICPDR (2018): Climate change adaptation strategy 43 o. <https://www.icpdr.org/main/activities-projects/climate-change-adaptation>

A Nemzetközi Duna-védelmi bizottság adaptációs stratégiája 2018-ból. Az európai klímavédelmi helyzet bemutatásán túl jellemzi az ICPDR eddigi vizsgálati és adaptációs tevékenységét, és kiemelten a Duna vízgyűjtőn várható klímaváltozási folyamatokat különféle időjárási elemekre (hőmérséklet, csapadék, időjárási extrémumok) többféle scenárió alapján. Hangsúlyos eleme a várható fő hatások és a sérülékenységi jellemzők azonosítása a Duna-vízgyűjtőre.

9. LENDÉR H. (2016): A klímaváltozás várható hatásai a vízgazdálkodás területén. Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság Vízvédelmi és Vízgyűjtő-gazdálkodási Osztály.
http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/34/dolgozatok/word/0320_lender_henrik.pdf

A publikáció a klímaváltozás vízgazdálkodásra (felszíni és felszín alatti vízkészletekre egyaránt) mért várható hatásairól szól. A vízgazdálkodást elsősorban az évi csapadékmennyiség időbeli eloszlásának változása határozza meg. A jövőre vonatkozó predikciók szerint nyáron ennek mértéke csökkenni fog és a csapadékösszeg maximuma a téli hónapokra fog koncentrálni, így ennek következtében a hidrológiai folyamatokban is változások következhetnek be, ami a vízkészletek elérhetőségére fognak hatni. A jövőben várható szélsőséges időjárási jelenségek okozta nehézségekre (főleg az aszály és a belvíz szempontjából) el kell kezdeni a felkészülést azért, hogy minél könnyebben tudjunk adaptálódni a megváltozott klimatikus körülményekhez.

10. NAGY ZS., BARDÓCZYNÉ SZÉKELY E., LENDÉR H. (2018): Kézikönyv települések számára a települési belterületi vízrendezés klímareziliens tervezéséhez – NATÉR Kutatási jelentés. MBFSz, Budapest.

A klímaváltozás hatására kialakuló rendkívüli csapadékviszonyok és a következményükként lezúduló villámárvizek kihívások elé állítják a dombvidéki településeket, felülírva a hosszú ideje alkalmazott konzervatív belterületi vízrendezési módszereket. E kézikönyv célja, hogy átfogó képet

adjon azokról a költséghatékony, komplex lehetőségekről, amelyek a kistelepüléseken a jövőben egyre nagyobb mértékben várható szélsőséges csapadékviszonyok okozta károk kivédéséhez, az ilyen eseményekre való felkészülés érdekében elvégzendő feladatok tudatos mérnöki megfogalmazásához szükségesek. A kézikönyv az előbbieket szemléltetésére tartalmaz egy konkrét esettanulmányt is Bezeréd településről.

11. ROTÁRNÉ SZALKAI Á., HOMOLYA E., SELMECZI P. (2015): A klímaváltozás hatása az ivóvízbázisokra. Kutatási jelentés. Nemzeti Alkalmazkodási Központ. Magyar Földtani és Geofizikai Intézet. http://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/Ivoviz_HU.pdf

Hazánk ivóvízellátását döntő többségben a felszín alatti vízkészletek biztosítják. Azonban, fontos megjegyezni, hogy ezeket a készleteket alapvetően befolyásolja a társadalom és a gazdaság vízhasználata. A jövőben a klímaváltozással együtt járó szélsőséges időjárási feltételek is még inkább kifejtik hatásukat a hasznosítható vízkészletek mennyiségére és minőségére, illetve csökkentik a vízkészletek megújulásának képességét. Várhatóan, az éghajlatváltozás következtében a felszín alatti vízkészletek utánpótlási ideje fog megnövekedni, így az ivóvízellátás biztosítása válik kérdésessé, de ahhoz, hogy ennek mértékét csökkenteni lehessen, fontos a megfelelő vízgazdálkodási eljárások és további kutatási eredmények alkalmazása, hasznosítása.

12. ROTÁRNÉ SZALKAI Á., HOMOLYA E., SELMECZI P. (2016): Ivóvízbázisok klíma-sérülékenysége. In: Hidrológiai Közlöny. Vol. 96, No. 2. http://www.hidrologia.hu/mht/letoltes/HK2016_02_web.pdf

„A szélsőséges időjárási viszonyok gyakoribb megjelenése, illetve a jövőben várható további változások szükségessé teszik, hogy a magyarországi ivóvízbázisok biztonsága érdekében meghatározzuk azok klíma-sérülékenységét. A NATÉR projekt keretében az ivóvízbázisok klíma-sérülékenységének jellemzési módszere, illetve olyan térinformatikai elemeket tartalmazó adatrendszer felépítésére került sor, amely segíti az alkalmazkodási képesség fokozását, illetve a kedvezőtlen hatások csökkentését.”

13. TÓTH GY., KUN É., SELMECZI P., HOMOLYA E., FEJES L., MAIGUT V., FARKAS R., KOVÁCS A. (2019): A klímaváltozás sekély felszín alatti vizekre gyakorolt közvetlen és közvetett hatásainak vizsgálata módszertani fejlesztés és országos kiterjesztés – NATÉR Kutatási jelentés. MBFSz, Budapest.

A klímaváltozás hatására megváltozó csapadék- és hőmérséklet-viszonyok jelentős mértékben érintik a felszín alatti vízkészleteinket, elsősorban az utánpótlásukat jelentő beszivárgások megváltozása következtében. Az elvégzett vizsgálatosorozat és módszertani fejlesztés eredményei lehetővé teszik az ország bármely területére a talajvízszintek, a repedésvízszintek és a karsztvízszintek szimulációját. Az összekapcsolt klimatikus és víztermelési scenáriók vizsgálata középtáji mérettartományban történt, melyre vonatkoztatva megfelelő alkalmazkodási stratégiák, területi fejlesztések és intézkedések alakíthatók ki.

14. TURCZI G., HOMOLYA E., MATTÁNYI ZS. (2016): A magyarországi hegy- és dombvidéki területek villámárvíz veszélyeztettsége. In: Pálvölgyi T. – Selmeczi P. (2016): Tudásmegosztás, alkalmazkodás és éghajlatváltozás. MFGI Budapest pp. 49-55.

A klímaváltozás egyik legszembetűnőbb hatása a mindennapi életben megtapasztalható időjárási szélsőségek sokasága. A villámárvíz igen nagy károkat tud okozni, amennyiben hegy és dombvidéki területeken a rövid idő alatt lehulló koncentrált, nagymennyiségű csapadék hatására lehetőség nyílik a kialakulására. Ez a veszélyeztettség akkor áll fenn, ha a település vízgyűjtőjének mérete, alakja és egyéb, a felszíni lefolyást befolyásoló tulajdonságai egymást erősítve a településre vezetik a csapadékot. A vízgyűjtő csak egy potenciális lehetőség, a kitétséget az extrém mennyiségű csapadék okozza. A projekt egységes elemzést ad a hegy- és dombvidéki települések vízgyűjtőinek veszélyeztettségére, valamint a klímamodellekre támaszkodva kiértékeli az extrém csapadékhelyzetek várható alakulását.”

15. Water in Hungary Status overview for the National Water Programme of the Hungarian Academy of Sciences. MTA, Budapest.

https://mta.hu/data/dokumentumok/Viztudomanyi%20Program/Water_in_Hungary_2017_07_20.pdf

A publikáció a vízgazdálkodás jelenlegi hazai helyzetéről ad számot. Alapvetően bemutatja a haza víztestek ökológiai állapotát, az azt befolyásoló tényezőket, a felszín alatti vizek minőségi és mennyiségi paramétereit, a vizekben lévő kémiai anyagokat és a hozzájuk kapcsolódó veszélyeket, illetve kitér a klímaváltozás által érintett vízkészletek elérhetőségére, az árvizekre és az aszályok jelentőségére. A kiadványban a NATÉR alkalmazása is kiemelkedik, melynek célja a klímaváltozás hatásainak értékelése és annak térképi megjelenítése. A hazai vízkészletekre az emelkedő átlaghőmérséklet, a csapadékmennyiség időbeli eltolódása, illetve a hirtelen, nagy intenzitású időjárási események fogják a legnagyobb terhet róni, melynek hatása a víztestek melegedésében, a vizek minőségében és mennyiségében fog megmutatkozni, ami viszont mind a gazdaságban, mind a társadalomban komplikációkat fog okozni.

EGÉSZSÉGÜGY

16. CSÉPE P., PÁLDY A., ANTAL Z. L. (2019): A klímaváltozás egészségkárosító hatásai különös tekintettel a hóhullámokra és a fertőző betegségekre. Összefoglaló Közlemény. In: Orvostovábbképző Szemle Online. Kapcsolódó fájlok.

http://otszonline.hu/cikk/a_klimavaltozas_egeszsegkarosito_hatasai_kulonos_tekintettel_a_hohullamokra_es_a_fertozo_betegsegekre

A cikk kiemeli az éghajlatváltozás okozta egészségügyi hatások vizsgálatának jelentőségét az orvosok képzésében. Sorra veszi a várható kritikus pontokat, mint például az egészségügyi kockázatokat, a hirtelen emelkedő hőmérsékletek okozta egészségkárosodásokat, a légszennyezést, az ultrabolya sugárzás növekedését, a víz- és élelmiszerek által terjesztett fertőzések potenciálját, a fertőző betegségeket hordozó vektorokat (szúnyogok, kullancsok, ízeltlábúak), illetve ezek hatását az egészségügyi intézményekre. Ahhoz, hogy a jövőben lépést tudjunk tartani a változó éghajlati

paraméterek okozta egészségügyi hátrányokkal (betegségekkel, fertőzésekkel), fontos az orvosok megfelelő szintű felkészítése, hogy minél hatékonyabban járulhassanak hozzá az emberi egészség megőrzéséhez.

17. HOYK E., UZZOLI A., SZILÁGYI D., BÁN A., 2018: Az éghajlatváltozás népegészségügyi következményei – a lakosság sérülékenysége az éghajlatváltozás emberi egészségre gyakorolt hatásaival szemben – NATÉR Kutatási jelentés. MBFSz, Budapest.

A hőhullámos időszakok és a forró éjszakák gyakoriságának változása már mérhető és várhatóan hazánkban is növekedni fog a jövőben, de a fenti klímahatásokhoz köthető egészségkárosodások területileg eltérők. A *NATÉR továbbfejlesztése* projekt keretében végzett kutatás a hőhullámok okozta egészségügyi sérülékenység járási vizsgálatát végezte el a CIVAS modellt alkalmazva. A kutatás eredményei alapján a sérülékenység az észak-nyugati területektől a dél-keletiek felé folyamatosan növekszik. Ennek oka egyrészt, hogy az alföldi területeken gyakoribbak és intenzívebbek a hőhullámok, továbbá, hogy jellemzően rosszabb társadalmi–gazdasági helyzetének következtében a keleti országrész és a déli járások alkalmazkodóképessége gyengébb.

18. KOHUT L. (2013): A globális klímaváltozás egészségügyi hatásai Magyarországon. In: *Hadtudomány. A Magyar Hadtudományi Társaság és a Magyar Tudományos Akadémia Hadtudományi Bizottságának Folyóirata*. 23. évf. Elektronikus Különszám. pp. 153-164. <http://mhht.eu/hadtudomany/2013/eghajlatvaltozas.pdf>

Az éghajlatváltozásnak közvetett és közvetlen egészségügyi hatásai lesznek. A közvetlen hatások között az átlaghőmérséklet változása, az ibolyántúli sugárzás megnövekedése várható, míg a közvetett hatások között a fertőző betegségek, áradásokkal összefüggő egészségügyi kockázatok, a levegőminőségi és allergén anyagok koncentrációjának növekedése és az élelmiszerhiány okozhat majd problémát. Az egészségügyi rendszer és az ember egészség szempontjából fontos tisztában lenni az éghajlatváltozás várható hatásaival és további kutatásokat, intézkedéseket szükséges alkalmazni, hogy mihamarabb megkezdődhessen az adaptáció, hogy a jövőre jellemző negatív hatásokat tompítani lehessen.

19. PÁLDY A., BOBVOS J. (2013): Éghajlatváltozás és biztonság: humán-egészségügyi kockázatok. In: *Hadtudomány. A Magyar Hadtudományi Társaság És a Magyar Tudományos Akadémia Hadtudományi Bizottságának Folyóirata*. 23. évf. Elektronikus Különszám. pp. 6-20. <http://mhht.eu/hadtudomany/2013/eghajlatvaltozas.pdf>

A publikációban a szerzők a klímamodellek és az IPCC 4. jelentésében megállapított várható többlethalálozások értelmében az utolsó 10 év többlethalálozások és mentőhívások adatait elemzik. Az adatok összevetéséből kiderül, hogy valóban összefüggés áll fenn a hőhullámos napok és a többlethalálozások között, illetve ezen többlethalálozások és a mentőhívások száma a jövőben növekedni fog.

20. PÁLDY A., BOBVOS J., MÁLNÁS T. (2018): A klímaváltozás hatása egészségünkre és az egészségügyre Magyarországon. In: Magyar Tudomány 179. évf. 9. sz. pp. 1336-1348. DOI: 10.1556/2065.179.2018.9.7. https://mersz.hu/dokumentum/matud_307

A klímaváltozás egészségügyi kockázatai már napjainkban is mérhető. A korábbi évek adatainak vizsgálatával kiderült, hogy a 2013-2017 közötti időintervallumban 15%-kal nőtt a napi halálozások országos átlaga. Továbbá, ez a kutatás is számol az újabb fertőző betegségekkel, allergiát kiváltó pollenek koncentrációjának megnövekedésével, a víz- és élelmiszerfertőzésekkel. A várható negatív következményekre való felkészülés szorgalmazza a publikáció, melynek releváns és hatékony eszköze lenne a egészségügyi intézmények felkészítése.

21. SCHMIDT P. (2017): Progresszív, lakosságfelkészítési, szabályozási stratégia kialakítása különös tekintettel az éghajlati eredetű természeti folyamatokra. Pécsi Tudományegyetem. Földtudományok Doktori Iskola. PhD értekezés tézisei. Pécs. <http://foldrajz.ttk.pte.hu/files/doktori-iskola/hv/tezis/Schmidt%20Petra%20tezisek.pdf>

Az éghajlatváltozás a szélsőséges időjárási jelenségek gyakoriságának és intenzitásának növekedésével jár, melynek hatása már napjainkban is látható. Fontos, hogy az ezzel járó esetleges katasztrófákra a társadalom tagjainak tájékoztatására és védelmére alkalmazott stratégiák kidolgozása, mivel ezek a romboló hatású időjárási jelenségek nem csak az épített környezetben, infrastruktúrában és a természetben tesznek kárt, hanem akár emberéleteket is veszélyeztethet. A változó éghajlati feltételekkel egy időben felerősödő, sokasodó szélsőséges időjárási jelenségek a gazdasági károk mértékén túl, az halálozások számának növekedését okozza, melynek tendenciája a jövőben folytatódni fog, így ennek megelőzésére a lakosságot felkészítő egységesebb, alkalmazkodást elősegítő és szabályozottabb stratégia kialakítása szükséges.

22. TRÁJER A. J., BEDE-FAZEKAS Á., BOBVOS J., PÁLDY A. (2013): Új vektoriális betegségek megjelenésének lehetősége és a már őshonos betegségek jelentőségének növekedése a klímaváltozás következtében. A XXI. század egészségügyi és hadászati biztonságát fenyegető hazardok. In: Az éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései. http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/1419/1/TA-BFA-BJ-PA_KlimaBizt_hu.pdf

Bár a kutatás, elsősorban a hadsereg szempontjából vizsgálja az emberi egészséget, de az éghajlatváltozás és az emberi egészség kapcsolatát vitatja. Eszerint megállapítható, hogy a melegedő éghajlat következtében a vegetációs időszak kitolódása várható, ami maga után vonja az olyan újabb betegségek megjelenését és terjedését, amelyet az ízeltlábúak terjeszhetnek. A fertőzések térbeli terjedését a külföldi kiutazások, majd hazatérések idézhetik elő a legkönnyebben. Az ízeltlábúak által hordozott, potenciálisan hazánkban is megtelepedésre képes fertőző betegségek miatt fel kell készíteni, tájékoztatni kell az embereket.

23. UZZOLI A. (2019): Az éghajlatváltozás várható népegészségügyi következményeire való felkészülés megjelenése a hazai stratégiai tervezésben. In: Közép-Európai Közlemények, XII. évf. 2019/1. No. 44. pp. 27-41. <https://ojs.bibl.u-szeged.hu/index.php/vikekkek/article/view/31745>

A jövőben a hőhullámok számának, hosszának és gyakoriságának növekedésére lehet majd számítani. E tekintetben a Kárpát-medence az egyik legsérülékenyebb régió Európában. A stratégiai

tervezésben is szükséges lesz felkészülni a hőhullámok okozta megbetegedések és többlethalalozások enyhítésére, amely főként a sérülékeny társadalmi csoportok esetében kiemelt feladat. A tanulmány célja az éghajlatváltozással összefüggésbe hozható hőhullámok társadalmi-gazdasági következményeinek azonosítása, különös tekintettel az egészséghatásokra. A kutatás során a hazai stratégiai tervezés –fontosabb ágazati és intézményi fejlesztési dokumentumok, aktuális jogszabályok – vizsgálata történt meg abból a szempontból, hogy milyen mértékben foglalkoznak az éghajlatváltozás egészségügyi következményeivel. A tanulmány az eredmények közlésén túl javaslatokat is tartalmaz a helyi (köz)intézmények felkészülését és adaptációját elősegítendő.

24. UZZOLI A., SZILÁGYI D., BÁN A. (2019): Az éghajlatváltozás egészségkockázatai és népegészségügyi következményei – A hőhullámokkal szembeni sérülékenység területi különbségei Magyarországon. In: Területi Statisztika, 59. évf. 4. sz. DOI: 10.15196/TS590403. http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/terstat/2019/04/ts590403.pdf?_ga=2.78313436.915316812.1567085469-1580948061.1567085469

A kutatás célja, hogy felmérjék és azonosítsák a jelenlegi hazai egészségügyi intézmények és a lakosság érzékenységét a modellezett változó klimatikus paraméterekhez viszonyítva. A klímaváltozás hatások az ország különböző részein eltérő mértékűek lesznek, így azokat helyi szinten lenne érdemes kezelni már napjainkban azért, hogy felkészülhessen a magyar lakosság és az egészségügyi rendszer a várható negatív hatásokra.

ERDŐGAZDÁLKODÁS

25. BARTHA D., BERKI I., LENGYEL A., RASZTOVITS E., TIBORCZ V., ZAGYVAI G. (2018): Erdőtársulások és fajok átrendeződési lehetőségei a változó klímában. In: Erdészettudományi Közlemények 8. évfolyam 1. szám pp. 163-195. http://real.mtak.hu/84003/1/2018_011_u.pdf

„Összefoglalás: Honos fajok becsült reakciói alapján elemeztük őshonos fajú erdő-társulásaink várható átrendeződését. Az elméleti becsléseket összedolgoztuk az újulatra és mortalitásra vonatkozó terepi vizsgálatok eredményeivel. Potenciális, invázióbiológiai szempontból alacsony kockázatú cserefafajokat kerestünk a várhatóan visszaszoruló fajok esetleges helyettesítésére. A honos és inváziós fajok esetében országos adatokon nyugvó, cserefafajok esetében európai léptékű modellezéssel is becsültük a fajok potenciális és prognosztikus elterjedését. Potenciális természetes erdő-társulás (PTE) adatbázist építettünk fel az ország erdőterületeire az Országos Erdőállomány Adattár alapján, a jelenre és jövőre vonatkozóan egyaránt. Eredményeink alapján az erdő- és erdőssztyep-társulások esetében egyaránt a magas összetételi (elegyesség) és szerkezeti diverzitás (gyepekkel, cserjésekkel mozaikoló állományok) jelenthet nagyobb alkalmazkodóképességet. A kiválasztott tájidegen fajok alkalmazására csak az új körülmények között is vitális, őshonos taxonok és az általuk alkotott (akár újszerű) társulások által nyújtott lehetőségek kimerülését követően kerülhet sor.”

26. BIDLÓ A., HORVÁTH A. (2018): Talajok szerepe a klímaváltozásban. In: Erdészettudományi Közlemények. 8. évf. 1. sz. pp. 57-71. DOI: 10.17164/EK.2018.004. http://real.mtak.hu/84007/1/2018_004_u.pdf

A talajok jelentősége óriási a klímaváltozás tekintetében, ugyanis a különböző bonyolult, talajban lejátszódó folyamatok (pl. mállás, szerves anyagok felhalmozódása, kilúgzás, erózió) gyorsasága és mértéke eltérő lehet, melynek eredményeként új termőhelytípusok jelennek meg. Továbbá, a talajtípusoknak megfelelően csak meghatározott fajokkal való erdőgazdálkodást érdemes folytatni. A klímaváltozás hatására, a talajokban lejátszódó változó folyamatok következtében, az eddig jellemző fajok számára nem fog megfelelni a jövőbeli klíma, így szükségessé válik a szakemberek, kutatók felmérései és ajánlásai az új termőhelytípusoknak megfelelő fajok tekintetében.

27. CICEU, A. ET AL (2020): Climate change effects on tree growth from Romanian forest monitoring Level II plots. In: Science of The Total Environment, Volume 698, August 2020. https://www.researchgate.net/publication/335466376_Climate_change_effects_on_tree_growth_from_Romanian_forest_monitoring_Level_II_plots

Az erdő egészségi állapotát negatívan befolyásolják az éghajlatváltozás, a légszennyezés és igénybevételi és szennyezési folyamatok. A szélsőséges aszályok csökkentik az faállomány fejlődését, termelékenységét, növelik a károsítókkal szembeni sebezhetőséget, és akár erdőpusztulást is előidézhetnek. A fák és az erdőállomány szintjének növekedési dinamikáját tekintik az erdő-ökoszisztéma-struktúra stabilitásának és termelékenységének fő mutatóinak. A fák növekedésének fő éghajlati tényezőit szintetikus mutatóként az alapterület-növekedés (BAI) alkalmazásával azonosították. A BAI kronológiákat a szaporításban használt magokból nyerték az 1960–2012 közötti időszakokra. Hat fajt elemeztek a növekedést korlátozó tényezők azonosítása céljából. A romániai legfontosabb tölgyfajok esetében kiszámították az ellenálló képességi összetevőket az aszályos eseményekre adott válaszuk elemzése céljából.

28. CZIROK I. et al. (2016): Magyar Erdők. A magyar erdőgazdálkodás. Vidékfejlesztési Minisztérium, NÉBIH Erdészeti Igazgatóság. Pauker Nyomdaipari Kft. <http://www.oee.hu/upload/html/2016-02/Magyar%20erd%C5%91k%20-%20A%20magyar%20erd%C5%91gazd%C3%A1lkod%C3%A1s.pdf>

A tudományos kiadvány ismerteti az erdők jelentőségét a Kiotói Jegyzőkönyvben is felvázolt üvegházgáz-leltárak értelmében. A publikációban azonosításra kerülnek a hazai jellemző erdőtársulások, amelyek közül a lucfenyvesek az éghajlatváltozásra legérzékenyebb társulásnak minősülnek. Kiemeli a fenntartható erdőgazdálkodás jelentőségét is, melynek célja az olyan erdőgazdálkodás, amely hosszú távon biztosítja az erdők biodiverzitását, termő- és megújulóképességét, illetve az ember számára rekreációs tevékenységek helyszínéül szolgál. A hazai erdők funkcióit a jövőben is tudni kell biztosítani, melynek hatékony eszköze a fenntartható és alapos, körültekintő tervezésen alapuló erdőgazdálkodás biztosítása.

29. FÜHRER E. (2017): A klímaváltozáshoz alkalmazkodó erdőgazdálkodás kihívásai – III. Az erdészeti klímaosztályok új lehatárolása öko-fiziológiai alapon. In: Erdészeti Lapok 152. évf. 6. sz. (2017. június) pp. 173-177.

http://erdeszetilapok.oszk.hu/01825/pdf/EPA01192_erdeszeti_lapok_2017-06_173-177.pdf

„Összefoglalás - A tartamos erdőgazdálkodás eredményessége elsősorban a termőhely termőképességének optimális hasznosításán múlik. A termőhelyi tényezőket (klíma, hidrológia, talaj) mindmáig állandónak tekintettük, mára azonban ezek közül a klíma igen dinamikus változó tényezővé vált. Emiatt indokolt az erdészeti klímaosztályozás átértékelése és ökofiziológiai alapokra helyezése annak érdekében, hogy erdőgazdálkodásunk megfelelő válaszokat tudjon adni a klímaváltozás várható következményeire.”

30. GÁLOS B., MÁTYÁS CS., JACOB, D. (2012): Az erdőtelepítés szerepe a klímaváltozás hatásának mérséklésében. In: Erdészettudományi Közlemények 2:1 pp. 35-45.

<http://real.mtak.hu/17797/>

„Kivonat - Az aszályos nyarak valószínűségének és szélsőségességének várható alakulását, valamint az erdőterület-változás lehetséges klímamódosító hatását a REMO regionális klímamodell segítségével elemeztük. A 2021-2025-ös időszakra vizsgáltuk, hogy a rossz adottságú és gyenge minőségű szántók helyére tervezett erdők, illetve az egész ország beerdősítése milyen irányban és mértékben képes befolyásolni az A1B kibocsátási forgatókönyv alapján előrejelzett hőmérséklet- és csapadéktendenciákat. A feltételezett maximális erdőtelepítés hatását az 2071-2100-as periódusra, fokozottan melegedő és szárazodó éghajlati viszonyok között is számszerűsítettük. A modellszimulációk eredményei alapján a 21. század végén a melegedő-szárazodó tendencia az ország délnyugati részén a legnagyobb. A gazdaságtalan szántók helyén potenciálisan megvalósítható, országos átlagban 7 %-os erdőterület-növekedésnek nincs jelentős hatása a regionális éghajlati viszonyokra. A 2071-2100-ig tartó időszakra az erőteljes szárazodó tendenciát csak az ország növényzettel borított felszíneinek teljes beerdősítésével lehetne jelentősen enyhíteni. Az erdőtelepítés legnagyobb hatása az északkelet-magyarországi régióban mutatható ki, ahol a klímaváltozással járó csapadékmennyiség csökkenés akár 50 %-kal mérsékelhető, amennyiben van elegendő vízmennyiség a talajban.”

31. GÁLOS B., FÜHRER E. (2018): A klíma erdészeti célú előrevetítése. In: Erdészettudományi Közlemények. 8. évf. 1. sz. pp. 43-55. DOI: 10.17164/EK.2018.003.

http://real.mtak.hu/84011/1/2018_003_u.pdf

Az erdőállományok összetételét a jövőben a változó átlaghőmérséklet és csapadékmennyiség, illetve annak idő és térbeli eloszlása fogja leginkább meghatározni. A változó klimatikus körülmények által a hazai erdőtársulások máig jellemző fafajainak változása várható. Napjainkban egyelőre az erdőgazdálkodásra kifejezetten alkalmas zárt erdők vannak jelen, ugyanakkor a jövőben az erdőszepp társulások terjedése várható, ami viszont kevésbé kedvező képet mutat az erdőgazdálkodás terén. Mivel az erdőgazdálkodás során történő erdőtelepítésekkel nemcsak néhány évtizedre, hanem akár évszázados léptékben is meghatározhatjuk a faállományok összetételét, ezért olyan döntéstámogató rendszerek alkalmazása javasolt, amelyek által könnyebben meghatározhatók a javasolni kívánt célállományok.

32. ILLÉS G. – FONYÓ T. (2016): A klímaváltozás fatermesre gyakorolt várható hatásának becslése az AGRATÉR projektben. In: Erdészettudományi Közlemények, 1. pp. 25–34
<http://real.mtak.hu/44302/>

Az AGRATÉR projekt a NATÉR kialakítása során többek között arra vállalkozott, hogy megbecsülje a klímaváltozás várható fatermőképességre gyakorolt hatását. A vizsgálat termőhelytípusonként adott becslést a fatermés változására a 2021–2050 és a 2071–2100 időablakokra vonatkozóan a klímamodellek által megadott klimatikus feltételek mellett. Az eredmények azt mutatták, hogy eltérő mértékben ugyan, de mindegyik jelentősebb fafajunk esetében várhatóan kedvezőtlenebbé válnak a fatermőképességi mutatók.

33. ORSZÁGGYŰLÉS HIVATALA (2017): Erdőtörvény. In: Infojegyzet. 2017/12. Országgyűlés Hivatala. Közgyűjteményi és Közművelődési Igazgatóság. Képviselői Információs Szolgálat.
https://www.parlament.hu/documents/10181/1202209/Infojegyzet_2017_12_erdotorveny.pdf/8dd07f2a-741c-4acb-992b-c3fad1128909

Ez a publikáció is felhívja a figyelmet arra, hogy az éghajlatváltozás a jelenleg ismert összetételű erdőállományok pusztulásával járhat. Ennek hátterében az áll, hogy a napjainkban az éghajlatunkra jellemző fafajok (klímazonális erdőtársulások) alkalmazkodóképessége nem teszi lehetővé a megváltozó klimatikus paraméterekhez való igazodást. Ebből adódóan a hazai lucfenyvesek és feketefenyvesek is ki vannak téve ennek a veszélynek. A klímaváltozás következtében a hazai erdőállományok összetételének változása várható, amely a megfelelő, fenntartható erdőgazdálkodás keretén belül megfelelően lehet kezelni.

34. RAKONCZAI J. (2013): A klímaváltozás következményei a dél-alföldi tájon. A természeti földrajz változó szerepe és lehetőségei. Akadémiai nagydoktori thesis, Szegedi Tudományegyetem.
http://real-d.mtak.hu/612/7/RakonczaiJanos_doktori_mu.pdf

Itt is megállapításra kerül, hogy a talajok állapota, illetve az ezt meghatározó paraméterek (talajvíz, tengersizint feletti magasság, makroelemek – Na, Ca, Mg) és általuk meghatározott vegetáció a változó éghajlati jellemzők mellett területi megosztottságot mutat. Az erdőterületek tekintetében pedig már napjainkban észlelhető a klímaváltozás hatása. A tudományos kutatások alapvetően szükségesek ahhoz, hogy a problémák azonosításával és más fontos szereplőkkel együtt működve megfelelő eljárási módszereket lehessen alkalmazni hosszú távon a gyakorlatban, melynek célja ismét az alkalmazkodás és felkészülés.

35. SOMOGYI Z. (2018): A klímaváltozás miatti fapusztulás tovább gyorsíthatja a klímaváltozást. In: Erdészettudományi Közlemények. 8. évf. 1. sz. pp. 211.226. DOI: 10.17164/EK.2018.013.
<http://www.erdtudkoz.hu/cikkek/2018-013.pdf>

A publikáció az erdőállományok és a klímaváltozás közötti kapcsolatot, illetve kölcsönhatásokat részletezi. Ennek jelentősége az erdőkben tárolt szénmennyiségben rejlik, amely a globális szén ciklusban alapvető tényező, így a klímaváltozás folyamata során érdemes erre nagy figyelmet fordítani. A klímaváltozás hátrányos következményekkel jár az erdőállományok szempontjából, különös tekintettel a fanövekedésre, a fafajösszetételre és a mortalitásra, ami az európai szinten releváns üvegházgáz leltárak esetén kardinális kérdéssé válhat.

MEZŐGAZDASÁG (NÖVÉNYTERMESZTÉS, ÁLLATTENYÉSZTÉS, HALGAZDÁLKODÁS)

36. BIRKÁS M., JOLÁNKAI M. (2008): A növénytermesztés és a klímaváltozás összefüggései. In: Klímaváltozás: Környezet-Kockázat-Társadalom. Kutatási eredmények. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, pp. 131-151. ISBN 978-963-9736-87-0. <http://real.mtak.hu/5283/1/1143003.pdf>

A növénytermesztés szempontjából, a talajművelés módja az éghajlatváltozás következtében még nagyobb jelentőséggel fog bírni a jövőben. A kutatás során azonosították a kritikus pontokat a talajművelési technikákban, továbbá a talajhasználat és a klímaszcenáriók által előrevetített, várható éghajlati paraméterek közti kapcsolatot részletezték a szerzők, melyekre megoldási javaslatokkal is szolgálnak. A várható jövőt bemutató klímaszcenáriókhoz mérten fontos lesz a megfelelő talajművelési technikák ajánlása és alkalmazása azért, hogy a mezőgazdaság számára biztosítani lehessen a megfelelő mennyiségi és miniségi paraméterekkel rendelkező talajt.

37. EEA (2019): Climate Change adaptation in the agricultural sector in Europe. EEA Report No 4/2019 108 o. Copenhagen <https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture>

Az éghajlatváltozás már a közelmúltban is negatív hatással volt az európai mezőgazdasági ágazatra, és ez a jövőben is folytatódni fog. A jövőbeli éghajlatváltozásnak is lehet pozitív hatása az ágazatra a hosszabb növekedési időszakok és a megfelelőbb környezeti viszonyok változása miatt. Azonban a várhatóan növekszik az európai mezőgazdaságot negatívan befolyásoló szélsőséges események száma. Az éghajlatváltozás Európán kívüli hatásainak sorozatai befolyásolhatják a termékek árát, mennyiségét és minőségét, és következésképpen a kereskedelem jellemzőit, szokásait, amelyek viszont befolyásolhatják az európai mezőgazdasági jövedelmet. Noha az EU takarmány- és élelmiszerbiztonsága valószínűleg nem lesz kérdés, az élelmiszerigény növekedése nyomást gyakorolhat az élelmiszerárakra az elkövetkező évtizedekben. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szóló uniós stratégia és a közös agrárpolitika lehetővé tette az alkalmazkodási intézkedéseket a mezőgazdasági ágazatban. A 2021-2027 közötti időszakra javasolt az új közös agrárpolitikának egyértelmű célkitűzése az alkalmazkodás, amely az EU tagállamai esetében azt eredményezi, hogy növelniük kell az ágazat alkalmazkodási intézkedéseinek finanszírozását. Az EU tagállamai nemzeti alkalmazkodási stratégiáikban vagy nemzeti alkalmazkodási (cselekvési) terveikben egyik fő prioritásként határozták meg a mezőgazdasági ágazatot. A nemzeti vagy regionális szintű intézkedések magukban foglalják a figyelemfelkeltést, a szélsőséges időjárási események hatásainak és kockázatainak csökkentését célzó gyakorlati intézkedéseket vagy kockázat-megosztási stratégiákat, valamint az öntözés és az árvízvédelem infrastruktúrájának fejlesztését és fenntartható működtetését. A talaj és a víz kezelésének javítását célzó, létező intézkedések végrehajtására van lehetőség a gazdaságok szintjén, amelyek előnyöket nyújthatnak az alkalmazkodáshoz, az éghajlatváltozás mérsékléséhez, a környezet minőségének javításához és a gazdaság alkalmazkodásához. A gazdaságok szintjén történő klímaalkalmazkodás azonban sok esetben nem történik meg többek között a beruházásokhoz szükséges erőforrások, az alkalmazkodáshoz szükséges politikai kezdeményezések, az intézményi kapacitás és az alkalmazkodási ismeretekhez való hozzáférés hiánya miatt.

38. G. MEZŐSI, T. BATA, B. C. MEYER, V. BLANKA, ZS. LADÁNYI (2014): Climate Change Impacts on Environmental Hazards on the Great Hungarian Plain, Carpathian Basin. In: International Journal of Disaster Risk Science. Vol. 5, Issue 2, pp. 136-146. DOI 10.1007/s13753-014-0016-3. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13753-014-0016-3>

A publikáció az éghajlatváltozás környezeti kockázataira (a szárazságra, a szélrózsióra és a belvízre) hívja fel a figyelmet az Alföld térségére vonatkozóan. Az Alföldön várható tendenciák megállapítására a REMO és az ALADIN klímamodelleket alkalmazták, amellyel közép és hosszú távon lehet modellezni az előbb felsorolt tényezők jövőre vonatkozó várható tendenciáit. A klímamodellek alkalmazásának eredményeként megállapítható, hogy az Alföld területén várhatóan a szárazság növekedése fogja okozni a legnagyobb problémát, míg a szélrózsió általi veszélyeztetettség is növekedni fog, bár a belvíz gyakoribbá válására már nagyok a bizonytalanságok, mivel a belvíz egy túlságosan komplex jelenség, melynek alakulását nehéz előre jelezni.

39. GAÁL, M., QUIROGA, S., FERNANDEZ-HADDAD, Z. (2014): Potential impacts of climate change on agricultural land use suitability of the Hungarian counties. In: Regional Environmental Change, 14. pp. 597–610. DOI: 10.1007/s10113-013-0518-3

A közép- és kelet-európai országok mezőgazdasága fokozottan érintett a klímaváltozás hatásai által. A tanulmány értékeli a hazai növénytermesztés társadalmi-gazdasági kockázatait. Országon belül a csapadék területi eloszlása erősen változik a nyugati nedves körülményektől a keleti félszáraz körülményekig. Jelenleg a növénykultúrák elsősorban esőztetettek, a vízigények jelentős mértéke kihasználatlan. Az éghajlatváltozási forgatókönyvek által előre jelzett vízstressz azonban teljesen megváltoztathatja ezt a helyzetet. A tanulmány eredményei szerint a közeljövőben (2021–2050) a vizsgált növények többségének jobb éghajlati feltételei lehetnek, míg a század végén (2071–2100) alacsonyabb termés várható. Mindezek okán az alkalmazkodási stratégiáknak integrált értékelésen kell alapulniuk, amely összekapcsolja a gazdasági és az éghajlati szempontokat, és mivel az eredmények az egyes növénykultúrák esetében jelentős különbségeket mutatnak, a válasznak növény- és régióspecifikusnak kell lennie.

40. GELYBÓ G., TÓTH E., FARKAS C., HOREL Á., KÁSA I., BAKACSI Z. (2018): Potential impacts of climate change on soil properties. In: AGROCHEMISTRY AND SOIL SCIENCE. 67. évf. 1. sz. pp. 121-141. DOI: 10.1556/0088.2018.67.1.9.

http://real.mtak.hu/85592/1/2_PDFsam_Gelyb_et_al_2018_AT_RomeoGreen_1_u.pdf

A változó hőmérséklet és csapadékmennyiség jelentős hatással van és lesz a talajok jellemzőire, mivel az atmoszféra és a pedoszféra (talaj) között állandó a kapcsolat. Ez viszont a talaj rendkívül komplex biogeokémiai és hidrológiai folyamataiban is változásokat idézhet elő. Az éghajlat által meghatározott talajok állapotának és funkciójának (azaz produktivitásának) fenntartásáért, a talajvízkészletre gyakorolt negatív klimatikus hatások felmérése szükséges, így ezáltal a klímaváltozás mértékét lehetne mérsékelni.

41. HARNOS ZS. (2011): A klímaváltozás és annak növénytermesztésre gyakorolt hatása. In: Tamás P. – Bulla M. (szerk. 2011): Sebezhetőség és adaptáció (A reziliencia esélyei) MTA Szociológiai Kutatóintézete Budapest. pp. 253-286.

A tanulmány a klímaváltozás globális és hazai várható alakulásának rövid bemutatásával indít. A növénytermesztésre globálisan ható fő folyamatok érzékletetésén túl a hazai növénytermesztésre gyakorolt klímahatások és a búza- és burgonyatermesztésben jelentkező hozam és kockázati változások kerülnek részletesebben általános és területi elemzésre.

42. HOYK E., HÜVELY A., PETŐ J., FARKAS J. ZS., PÖLÖS E., VECSERI CS. (2014): A Duna-Tisza közének aktuális környezetgazdálkodási problémái. Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai kar MTA KRTK ATI Kecskemét. <https://core.ac.uk/download/pdf/50569566.pdf>

A kutatás középpontjában a Duna-Tisza közeli környezetgazdálkodási problémák állnak, azon belül is a szárazodó éghajlat okozta vízgazdálkodási nehézségeket fejtik ki a szerzők. Kitérnek a változó körülmények okozta vegetációváltozásra, a halastavi gazdálkodásra, az invazív növényfajokra, a nitrátkimosódásra, illetve arzénos öntözővizek alkalmazásának veszélyeire. Fontos azt az összefüggést is felismerni, hogy a klímaváltozás a talajvízszint süllyedésén keresztül közvetve hat a vizsgált paraméterekre, melynek értéke a jövőben fokozódni fog. A Duna-Tisza közeli térség alapvető erőssége a mezőgazdasági termelés és az ahhoz kapcsolódó szolgáltatások megléte, de a klímaváltozás nagymértékű gazdasági károkat okozhat az ott élő és gazdálkodó emberek számára a változó talajadottságokhoz mérten.

43. JOLÁNKAI M., TARNAWA Á., HORVÁTH CS., NYARAI H. F. (2016): Impact of climatic factors on yield quantity and quality of grain crops. In: Időjárás (Budapest, 1905), évf. 120, sz. 1. pp. 73-84.
https://www.researchgate.net/publication/300031767_Impact_of_climatic_factors_on_yield_quantity_and_quality_of_grain_crops

A klímaváltozás direkt és indirekt módon egyaránt érintheti a mezőgazdasági termelést és a ráépülő élelmiszeripart. Ez a publikáció is megerősíti azt a tényt, miszerint a mezőgazdaságra elsősorban a csapadékban bekövetkező változások okoznak majd problémát. A cikkben a termés hozamokra, a rovarok által terjesztett betegségek veszélyére, illetve a szemes szántóföldi növények hozamának és minőségének várható alakulására térnek ki. A mezőgazdaság számára kulcsfontosságú tényező a csapadékmennyiség tér- és időbeli eloszlása, így a megfelelő vízgazdálkodási tevékenységek alkalmazása kardinális pont lesz a jövőben is.

44. KEMÉNY G., MOLNÁR A., FOGARASI J. (szerk., 2019): A klímaváltozás hatásának modellezése a főbb hazai gabonafélék esetében. In: Agrárgazdasági Kutató Intézet Budapest, p.115

„Kivonat - Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, illetve azok negatív hatásaihoz történő alkalmazkodás hiányában, a globális és regionális klímaszcenáriók előrejelzése alapján (amelyek jelentős szórást mutatnak) a mezőgazdasági termelés környezeti feltételeinek további romlása várható. Mindez jól megalapozott felkészülést tesz szükségessé az agrárágazat szereplői részéről. Ehhez szükséges számszerűsíteni a lehetséges beavatkozások következményeit, azok hozamokra, költségekre és jövedelmezőségre gyakorolt hatását. Jelen kutatás a hatékony

alkalmazkodás szempontjából kiemelkedően fontos, országosan reprezentatív, valós üzemi szintű (mikrogazdasági) agromenedzsment adatokra alapozott szimulációs hatásvizsgálatot dokumentál. Több regionális klímamodell szimulációs eredményének figyelembevétele alapján – azok bizonytalansága mellett – a jelenlegi agrotechnika alkalmazása mellett a búza hozamának kisebb, míg a kukorica hozamának nagyobb mértékű csökkenése várható. A szimulációk eredménye szintén rámutat az egyes beavatkozások időpontjának változására, a tenyészidőszak eltolódására. Az őszi búza esetében, az általunk vizsgált alkalmazkodási lehetőségek (intenzívebb tápanyaggazdálkodás, öntözés) átlagosan nem tudták kompenzálni a klímaváltozás negatív hatását. Ugyanakkor a kukorica esetében az öntözés és az ehhez kapcsolódó megnövelt műtrágya felhasználás számottevően javítja az adaptáció eredményét: 2050-ig akár még hozamnövekedés is elképzelhető (+10 százalék a jelenlegi színvonalhoz képest), 2100-ig pedig csak 7 százalékkal csökkennek a hozamok a pótlólagos víz kijuttatásával (szemben az adaptáció nélkül várható 28%-os csökkenéssel).”

45. KIRÁLY G. (2017): Éghajlatváltozás és alkalmazkodás a mezőgazdaságban. In: Szónokné Ancsin G. (szerk.) Magyarok a Kárpát-medencében 2.: Tudományos Nemzetközi Konferencia. Konferencia helye, ideje: Szeged, Magyarország, 2016.11.17 Szeged: Egyesület Közép-Európa Kutatására. pp. 369-379. (Közép-európai monográfiák; 16.) (ISBN:978-615-80462-2-0) http://acta.bibl.u-szeged.hu/50378/1/kek_mono_016.pdf

Az éghajlatváltozás szempontjából a mezőgazdaság az egyik leginkább kitett ágazat. Különösen igaz ez a Kárpát-medencére, ahol a gazdálkodóknak a jövőben alkalmazkodniuk kell a hosszabb esőmentes nyári időszakokhoz és a szélsőséges időjárási eseményekhez. Jelen tanulmány egy magyar biofinomító társaság társadalmi hatásvizsgálatának eredményeire épül, mely a kukorica termelő gazdák éghajlatváltozási észleléseit és alkalmazkodási gyakorlatait vizsgálta. Jelen tanulmány az eredeti tanulmány leíró eredményközlésén túl új megközelítést javasol a mezőgazdasági alkalmazkodás tanulmányozására, összpontosítva a klímaváltozás észlelése és az alkalmazkodási gyakorlatok közötti hétköznapi kapcsolat fontosságára.

46. M. GAÁL – S. QUIROGA - Z. FERNANDEZ-HADDAD (2013): Climate Change Impacts on the Agricultural Potential of Hungary. EFITA – WCCA – CIGR 2013 Conference. Sustainable Agriculture through ICT innovation. Torino, Italy. 23-27/06/2013. <http://www.cigr.org/Proceedings/uploads/2013/0221.pdf>

A Kárpát-medence sajátos, átmeneti és heterogén földrajzi és éghajlati jellemzőkkel rendelkezik. Az ebből származó modellezési nehézségek ellenére, a klímaszcenáriók szerint a közeljövőben a szántóföldi terméshozamok javarészt növekedni fognak, majd a XXI. század második felében csökkenés fog mutatkozni. Azt azonban érdemes megjegyezni, hogy az egyes termesztett növényfajták között a hatások mértéke eltérő lehet, hiszen minden növényfajta más tűrőképességgel rendelkezik. A jövőben, a klímaváltozással együtt járó extrém időjárási jelenségek okozta károk (tavaszi fagy, jégesők, hóhullámok) mértéke növekedni fog, illetve a klímaváltozás által jelentős mértékben érintett vízgazdálkodás felkészítése szükségeltetik.

47. MEZŐSI G. – BATA T. – BLANKA V. – LADÁNYI ZS. (2017): A klímaváltozás hatása a környezeti veszélyekre az Alföldön. In: Földrajzi Közlemények. 141. évf. 1. sz. pp. 60-70. https://www.foldrajzitasasag.hu/downloads/foldrajzi_kozlemenyek_2017_141_evf_1_pp_060.pdf

A cikkben a klímaváltozás okozta felerősödő és egyre gyakoribbá váló természeti jelenségek kerülnek megemlítésre. Ezek közül az aszály, a belvíz, a szélrózsió és a zivatarok érintik leginkább térségünket, amelyekhez óriási anyagi károk társulnak. A kutatási terület ismét az Alföld volt, amelyre az említett paraméterek jövőbeli változását becsülték meg a kutatók a REMO és az ALADIN éghajlati modellek segítségével. Az Alföld (60%-os szántóföldi területhasználata miatt) területe különösen érintetté fog válni a klimatikus feltételek változása következtében, így elsősorban az aszály, másodsorban a szélrózsió fog nagyobb problémát (gazdasági károkat) okozni.

48. NATÉR (2018): Éghajlatváltozási Alkalmazkodáskutatás a Hazai Mezőgazdaságban. Készítette az Agrárgazdasági Kutató Intézet a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat megbízásából a KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 azonosítószámú „NATÉR továbbfejlesztése” projekt keretében. Agrárgazdasági Kutató Intézet.

https://nater.mbfisz.gov.hu/sites/nater.mfgi.hu/files/files/Mezogazdasag_NateR2.pdf

A publikáció az éghajlatváltozás mezőgazdaságra gyakorolt hatását részletezi. A kutatás célja az volt, hogy megállapítsa, hogy melyek azok a tényezők, amelyek a mezőgazdasági termelést befolyásolják; milyen kockázatkezelési lehetőségek állnak rendelkezésre; illetve, hogy hogyan tudna alkalmazkodni a mezőgazdaság az éghajlatváltozáshoz. Ahhoz, hogy az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodni tudjon a mezőgazdaság, nélkülözhetetlennek minősül az érintettek (gazdálkodók, döntéshozók, kutatók) együttműködése, mivel az egyre fokozódó szélsőséges időjárási jelenségek további gazdasági és ökológiai károkat okoz.

49. PETŐ J., FUCSKÓ K., CSERNI I., HÜVELY A. (2015): A Duna-Tisza közti homokhátság és a Mezőföld talajainak változása a XX. század elején. In: A talajok térbeli változatossága – Elméleti és gyakorlati vonatkozások. Talajtani Vándorgyűlés – III. szekció, Földtan, légkör. Keszthely. Talajvédelmi Alapítvány. pp. 123-131.

http://talaj.hu/wp-content/uploads/2016/01/vandorgyules_Keszthely.pdf

Ahhoz, hogy fel tudjuk mérni az éghajlatváltozás várható hatásait, fontosnak bizonyulnak a terepi kutatások eredményei. A publikáció céltérsége a Kiskunsági homokhátság (ami a szárazodó éghajlatnak jobban ki van téve) és a Mezőföld (ahol hazánk legjobb termőföldjei vannak) egy területe. A klímaváltozás okozta változások mértéke és ezáltal a talajok érzékenysége, sérülékenysége területi különbséget mutat, ugyanakkor általánosan elmondható, hogy olyan intézkedésekkel lenne szükséges támogatni a mezőgazdaságot, ami a talajok vízháztartását és tápanyagellátását biztosítja.

50. SEN LI ET AL. (2017): Relating farmer's perceptions of climate change risk to adaptation behaviour in Hungary. In: Journal of Environmental Management Volume 185, 1 January 2017, pp. 21-30.

https://www.researchgate.net/publication/309391743_Relating_farmer's_perceptions_of_climate_change_risk_to_adaptation_behaviour_in_Hungary

„Összegzés - Alapvető fontosságú annak megértése, hogy a gazdálkodók hogyan érzékelik az éghajlatváltozás kockázatait, és ez hogyan befolyásolja az alkalmazkodási gyakorlatok elfogadására való hajlandóságukat a hatékony éghajlatváltozási válaszstratégiák kidolgozásához a mezőgazdasági ágazatban. Ez a tanulmány (i) a mezőgazdasági termelők éghajlatváltozási

jelenségekkel kapcsolatos tudatossága, az éghajlatváltozás kockázatainak feltételezései és a tényleges alkalmazkodási viselkedés közötti észlelési kapcsolatokat vizsgálja, és (ii) hogyan változtathatja meg ezeket a kapcsolatokat az üzemi szintű előzmények és a gazdaság jellemzői. Egy átfogó háztartási felmérést készítettünk az alkalmazkodási stratégiák jelenlegi mintáinak megvizsgálására, és adatok gyűjtésére ezekről az észlelési változókról és potenciális elődeikről a magántulajdonosoktól Veszprém és Tolna megyékben, Magyarországon. A változók közötti ok-okozati összefüggések feltárására útvonal-elemzést használtunk. Megállapítottuk, hogy az éghajlatváltozás kockázatával kapcsolatos gondolkodás fokozódott a közvetlenül megfigyelhető éghajlatváltozási jelenségek (azaz vízhiány és szélsőséges időjárási események) fokozott ismerete mellett. A szélsőséges időjárási események tudatossága az alkalmazkodási viselkedés jelentős mozgatórugója volt. A gazdálkodók tényleges alkalmazkodási viselkedését elsősorban pénzügyi motívumok és vezetői megfontolások vezetik, és egy innovatív személyiség, valamint a társadalmi-mezőgazdasági hálózatokból származó információk rendelkezésre állása ösztönzik. "

51. SURÁNYI D. (2016): A klímaváltozás lehetséges hatásai – új gyümölcsfajok a termesztésben. In: Magyar Tudomány 2016/4. pp. 452-460. <http://www.matud.iif.hu/2016/04/09.htm>

A tanulmány a szakirodalmi előzmények bemutatásán felvázolja a gyümölcsstermesztés szempontjából legfontosabb várható hőmérsékleti és csapadékváltozások és az extremitások fő jellemzőit. Majd tömören, de nagy számban mutatja be azokat a gyümölcsfajtákat, amelyeket ma is termesztetnek vagy kísérleti jelleggel termesztenek hazánkban (például japán, mandzsu, kínai egres, briançoni kajszai, törökmogyoró, fügefajok stb). Külön fejezetet szentel a próbatermesztésre javasolt további gyümölcsfajok és fajták rövid jellemzésének is (például pekándió, görög számocefa azaroló (olasz galagonya).

52. TARNAWA Á. – PÓSA B. – KASSAI K. – NYÁRAI H. F. – FARKAS A. – BIRKÁS M. – JOLÁNKAI M. (2017): Climate change research review – 10th anniversary of the VAHAVA report. Columella - Journal of Agricultural and Environmental Sciences Vol. 4, No. 2 http://real.mtak.hu/78342/1/Tarnawa_Columella_vol4no22017_55_62_u.pdf

A mezőgazdaság jövője a talajok állapotától függ, hiszen a talaj fő funkciója, annak termékenysége. Ugyanakkor, a változó éghajlati körülmények (csökkenő csapadékmennyiség, szárazodás, extrém időjárási jelenségek) között ezek a jellemzők változni fognak. Összességében, a megfelelő földművelési struktúrát, illetve az öntözés és a vetésforgó szükségességét ajánlják figyelembe venni. A mezőgazdaságban is szükséges lenne az alkalmazkodás előkészítése, a megfelelő földművelési technikák elsajátítása, amely tudományos publikációk ajánlásain alapulnak, hiszen a jövőben a mezőgazdasági talajokat elsősorban a csapadékmennyiségben bekövetkező változások határozzák meg.

53. TAMÁS J. (2017): Az aszály. In: Magyar Tudomány. 178. évf. 10. sz. pp. 1228-1237. DOI: 10.1556/2065.178.2017.10.6. <http://www.matud.iif.hu/Ma-Tud-2017-10.pdf>

A publikáció az aszály tér- és időbeli jellemzőinek változásáról, a változás számszerűsítéséről és a jövőre vonatkozó modellek eredményeiről szól. Eszerint, az éghajlatváltozás az aszály felerősödését, illetve térbeli és időbeli kiterjedését okozza. Ez hazánkat is (elsősorban az Alföldet)

érinti, amit az is bizonyít, hogy az utóbbi évek során egyre gyakoribbá vált. A XXI. század folyamán hazánk éghajlata egyre inkább a szemiárid (féligszáraz) jelleg felé fog mutatni és a helyzet súlyosságát csak növelni fogják a szélsőséges és intenzív időjárási események, így szükségesnek bizonyulnak az ezzel kapcsolatos további kutatások.

54. VANSCHOENWINKEL, J. – MENDELSON, R. – VAN PASSEL, S. (2016): Do Western and Eastern Europe have the same agricultural climate response? Taking adaptive capacity into account. In: *Global Environmental Change*, 41. pp. 74–87.

A cikk egy új módszertani megközelítést javasol annak vizsgálatára, hogy egy régió éghajlatváltozási képessége hogyan változik, ha az adaptív képesség megváltozik. A tanulmány ötvözi az éghajlati, talaj-, földrajzi, társadalmi-gazdasági és a gazdaságok adatait, és megvizsgálja, hogy Kelet- és Nyugat-Európában, milyen éghajlati válaszreakciók vannak, és hogy ezek a válaszok hogyan változnak, ha a regionális alkalmazkodóképesség nő. A tanulmány arra a következtetésre jut, hogy mindkét régió éghajlati válasza jelenleg jelentősen eltér, de ha Kelet-Európa ugyanazokat az alkalmazkodási lehetőségeket valósítaná meg, mint Nyugat-Európa, akkor akár elkerülheti a földérték jelentős csökkenését, és éghajlati forgatókönyvtől függően akár az éghajlatváltozás pozitív hatásaiból is részesülhet.

TERMÉSZET- ÉS KÖRNYEZETVÉDELLEM

55. BÁLDI A. – CSÁNYI B. – CSORBA G. – ERŐS T. – HORNUNG E. – MERKL O. – OROSZ A. – PAPP L. – RONKAY L. – SAMU F. – SOLTÉSZ Z. – SZÉP T. – SZINETÁR CS. – VARGA A. – VAS A. – VÉTEK G. – VÖRÖS J. – ZÖLDI V. – ZSUGA K. (2017): Behurcolt invazív állatok Magyarországon. In: *Magyar Tudomány*, 178. évf. 4. sz. <http://www.matud.iif.hu/2017/04/04.htm>

A Magyar Tudomány ezen kiadványában az idegenhonos invazív válnó fajokról számolnak be. A kiadványban számos ilyen állatfajt említene meg, melyek tágabb tűrőképességük révén az őshonosnak minősülő állatok kiszoríthatják élőhelyükről. Ezt a folyamatot viszont a klímaváltozás is felerősíti. A jövőben, a melegedő éghajlat következtében a nagyobb kompetenciaképességgel rendelkező újonnan betelepülő és invazív válnó állatfajok potenciálisan kiszoríthatják az eddigi őshonos fajainkat, melyek jellemzően védett természeti értéként vannak számon tartva.

56. CZÚCZ B. (2010): Az éghajlatváltozás hazai természetközeli élőhelyekre gyakorolt hatásainak modellezése. Kertészettudományi Doktori Iskola. Budapest. http://phd.lib.uni-corvinus.hu/523/1/czucz_balint.pdf

A természetes élőhelyek és a bennük élő állatok és növények bonyolult kölcsönhatásban élnek egymással, így az éghajlatban bekövetkező változások hatása nem csak a rendszer egy adott elemét fogja érinteni, hanem minden más elemre kihat. Ebből adódóan körültekintően kell eljárni természeti környezetünk védelméért, hiszen nem csak az éghajlat szempontjából fontos szabályozó elem, hanem az ember jóléte is függ az ökoszisztéma szolgáltatások állapotától. A természetben már megindultak azok a változások, amelyek a klímaváltozás hatásait tükrözik, így minél hamarabb

szükséges elsajátítani azt a szemléletmódot, miszerint a gazdaság és a társadalom a természet által nyújtott javaktól függ.

57. KOVÁCS-LÁNG E. – KRÖEL-DULAY GY. – CZÚCZ B. (2008): Az éghajlatváltozás hatásai a természetes élővilágra és teendők a megőrzés és kutatás területén. In: Természetvédelmi Közlemények. 14. sz. pp. 5-39. <https://www.okologia.mta.hu/sites/default/files/LANGEFINAL.pdf>

A publikációban rávilágítanak a változó éghajlati körülményekben rejlő veszélyekre, amelyek a természetes élővilágot negatívan befolyásolhatják. Korábban úgy gondolták, hogy az ökoszisztéma szolgáltatások a gazdaság többi ágazatával egy szinten helyezkedik el, azonos mértékben fontos elemek. Ugyanakkor, az IPCC rávilágított arra, hogy a globális változások először az ökoszisztémákra hatnak a gazdaság különböző szektoraira (pl. élelmiszeripar, energiatermelés, turizmus). klímaváltozás okozta hatások olyan változásokat fognak beindítani az ökoszisztéma szolgáltatásokban, amelyek különböző társadalmi és gazdasági vonatkozású következményekkel jár és azért, hogy a változások mértéke ne rendítse meg alapjaiban gazdaságunkat, időben fel kell készülni.

58. MOLNÁR ZS. ET AL. (2018): Növényzet. In: Kocsis K. (főszerk.): Magyarország Nemzeti Atlasza: Természeti Környezet. Budapest, MTA CSFK Földrajtudományi Intézet. pp. 94-103. http://www.nemzetiAtlasz.hu/MNA/MNA_2_8.pdf

A Magyarország Nemzeti Atlaszának új kiadásának Növényzet c. fejezetében részletes betekintést és magyarázatot nyújt a bennszülött (öshonos) fajok jelenlétéről. A bennszülött fajok értékét igazolja, hogy csak egy adott földrajzi térségben (megfelelő klimatikus körülmények között) tudnak fennmaradni. Hazánk ilyen endemikus fajok gazdag térségnek számít, de az invazív fajok hatására kiszorulhatnak. A Kárpát-medence jellegzetes földrajzi elhelyezkedéséből adódóan számos endemikus fajjal rendelkezik, melyek védelme a klimatikus változások (így az újabb invazív fajok megtelepedésének és terjedésének) következtében a fajokat élőhelyükkel együtt kell védeni, hiszen azok a fajok csak az adott élőhelyen tudnak fennmaradni, amelyen ma is találhatók.

59. ÓNODI G. (2016): Az idegenhonos, illetve inváziós fajok élőhelyformáló hatásai. In: Erdészettudományi Közlemények. 6. évf. 2. sz. pp. 101-113. DOI: 10.17164/EK.2016.008 http://www.termeszetvedelem.hu/user/browser/File/IAS/IAS_rendelet_HU_elfogadott_nyelvijav.pdf

Az Európai Parlament 2014-ben rendelkezett az idegenhonos és invazív fajok betelepítéséről és behurcolásának megelőzéséről, illetve kezeléséről. A dokumentumban megindokolják ezen növény- és állatfajokkal kapcsolatos problémákat, melyek között a klímaváltozás is megjelenik, mint fontos kiváltó tényező. alábbi idézet az V. fejezet: Horizontális rendelkezések, 21. cikk alatt olvasható: „A „szennyező fizet” elvvel összhangban és a 2004/35/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv sérelme nélkül a tagállamok törekednek az idegenhonos inváziós fajok káros hatásának megelőzéséhez, minimalizálásához vagy enyhítéséhez szükséges intézkedések költségeinek megtérítésére, a környezeti és erőforrásköltségeket, valamint a helyreállítási költségeket is beleértve.”

60. SOMODI I. – BEDE-FAZEKAS Á. – LEPESI N. – CZÚCZ B. (2016): A klímaváltozás hatása a természetes élőhelyekre. In: Tudásmegosztás, Alkalmazkodás és Éghajlatváltozás a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet kutatási-fejlesztési eredményei a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer létrehozására. Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, Budapest, pp. 57-63. ISBN 978-963-671-308-9.

http://real.mtak.hu/41196/1/NATeR_kotet_MFGI_2016_BedeFA.pdf

A publikációban a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszert mutatják be, melynek célja az éghajlatváltozás hatásának számszerűsítése modellek segítségével azért, hogy a természetközeli élőhelyek jövőjére vonatkozó információkhoz jussunk. Az eredmények azt mutatják meg, hogy a XXI. század folyamán, az egyes élőhelyek mennyire érzékenyek a változó klimatikus körülményekre, vagyis melyek a legveszélyeztetettebb területeink. A XXI. században a zárt erdőállományok fenntartása lesz a legnagyobb kihívás, mivel a modellezések eredményei szerint a melegedő éghajlattal a nyíltabb élőhelyek felé fog eltolódni a hazai vegetáció.

KATASZTRÓFAVÉDELEM, BIZTONSÁGPOLITIKA

61. BOZÓ L. (2013): Meteorológiai szélsőségek és környezetbiztonság. In: Hadtudomány – A magyar hadtudományi Társaság és a Magyar Tudományos Akadémia Hadtudományi Bizottságának Folyóirata XXIII. évf. Elektronikus Különszám. Az éghajlatváltozás és a biztonság összefüggései. pp. 21-29. <http://mhdt.eu/hadtudomany/2013/eghajlatvaltozas.pdf>

A publikáció átfogó jellegű összefoglalásként szolgál arra vonatkozóan, hogy a klímaváltozásnak milyen globális és regionális aspektusai vannak, illetve kitér arra, hogy mely főbb szektorokra lesz a legnagyobb hatással. Ezekben a szektorokban különös tekintettel kell lenni a biztonság megteremtését illetően. Ahhoz, hogy a társadalom és az általa kialakított gazdaság is könnyebben tudjon alkalmazkodni a változó környezeti feltételekhez, már most el kell kezdeni a felkészülést, rendszereink, szektoraink ellenálló-képességét kell növelni, illetve érdemes lenne konkrét cselekvési stratégiákkal irányt mutatni.

62. TEKNŐS L. – KÓRÓDI GY. (2016): A vízzel kapcsolatos veszélyeztetettség éghajlatváltozással kapcsolatos aspektusainak katasztrófavédelmi szempontú elemzése és kiértékelése I., In: Hadmérnök. XI. Évfolyam 2. szám, 2016. június http://hadmernok.hu/162_11_teknos.pdf

„Az éghajlat jelenlegi (rohamléptű) változásának üteme számos kihívást jelent a társadalmaknak. A klíma módosulása az egyik legvitatottabb és legtöbbet kutatott környezetbiztonsági, gazdasági, társadalmi témaköre a tudományos szimpóziumoknak. Ennek értelmében a szerző kísérletet tesz arra, hogy az éghajlatváltozás okozta, a vízzel kapcsolatos fenyegetések elleni küzdelemben javaslatokat, ajánlásokat tegyen, a hazai hidrológiai sajátosságokat a megfigyelt változások alapján - a jelenlegi reagáló képességét - értékelje, a lehetséges prognózisokat figyelembe véve kijelölje a hivatásos katasztrófavédelmi szervezet valószínűsíthető jövőbeni feladatait.”

63. TEKNŐS L. – KÓRÓDI GY. (2016): A vízzel kapcsolatos veszélyeztetettség éghajlatváltozással kapcsolatos aspektusainak katasztrófavédelmi szempontú elemzése és kiértékelése II., In: Hadmérnök. XI. Évfolyam 3. szám, 2016. szeptember http://hadmernok.hu/163_07_teknos.pdf

A jelenlegi (gyorsuló) ütemben zajló éghajlatváltozás számos kihívást jelent a társadalomnak, így ez az egyik legvitatottabb és leginkább vizsgált környezeti, gazdasági és társadalmi téma a tudományos szimpóziumokon. A fentiekre való tekintettel a szerzők megkísérik, hogy ajánlásokat tegyenek a klímaváltozás okozta vízzel kapcsolatos veszélyek megoldására és hogy értékeljék Magyarország hidrológiai jellemzőit - és reagáló képességét – a megfigyelhető változások alapján, valamint a katasztrófavédelem potenciális jövőbeni feladatait hozzárendelni a jövőbeli prognózisokhoz.

64. TEKNŐS L. (2016): A magyarországi árvíz kockázat elemzése, hatásainak vizsgálata a katasztrófavédelem feladatrendszerére. XXXIV. Országos Vándorgyűlés dolgozata, Magyar Hidrológiai Társaság, ISBN 978-963-8172-35-8, Debrecen, 2016. július 6-8. http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/34/dolgozatok/word/0226_teknos_laszlo.pdf

„A XXI. században az tapasztalható, hogy a meteorológiai és hidrológiai eredetű veszélyeztető hatások egyre intenzívebben, kiterjedtebben fejtik ki hatásaikat, nagyobb beavatkozási, reagálási komplexitást követelve a hivatásos katasztrófavédelmi szervektől. Magyarország földrajzi elhelyezkedése következtében a hazai természeti veszélyeztető források közül kiemelten érvényesülnek az árvizek hatásainak domináns szerepei. Az utóbbi tizenöt évben megfigyelhető az, hogy az árvízzel kapcsolatos kockázatok a gyakoriságot és az intenzitást tekintve gyakoribbak és pusztítóbbak. A szerző kísérletet tesz annak az elemzésére, hogy ezekre a paraméterekre hatással lehet-e az éghajlat jelenlegi (rohamléptű) változásának üteme, továbbá arra, hogy a hazai hidrológiai sajátosságokat a megfigyelt változások alapján értékelje, a lehetséges prognózisokat figyelembe véve kijelölje a hivatásos katasztrófavédelmi szervezet valószínűsíthető jövőbeni feladatait.”

ENERGIAGAZDÁLKODÁSRA GYAKOROLT, AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSBÓL FAKADÓ HATÁSOK

65. EEA (2019): Adaptation challenges and opportunities for the European energy system (Building a climate-resilient low-carbon energy system) EEA Report No 01/2019 p. 117 Copenhagen, <https://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-in-energy-system>

„Összegzés – fő üzenetek - Az európai energiarendszernek egyre inkább alkalmazkodnia kell és az éghajlatváltozással szemben rugalmasabbá kell válnia.

Az éghajlatváltozás és a szélsőséges időjárási események egyre inkább befolyásolják az energiarendszer összes elemét. Ezek befolyásolják a primer energiaforrások (különösen a megújuló energiaforrások) elérhetőségét, az energia átalakítását, átvitelét, elosztását és tárolását, valamint az energiaigényt. Alapvető fontosságú, hogy ezeket a hatásokat figyelembe vegyék a tiszta energia átmenetében.

A kulcsfontosságú EU éghajlat- és energiapolitikák és stratégiák előmozdítják az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás integrálását az energiapolitikákba. Az energiaunió fejlesztése - amelynek célja az energia biztonságosabbá, megfizethetőbbé és fenntarthatóbbá tétele - fontos lehetőségeket kínál az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás további integrálására az európai és a nemzeti energiatervezésben.

A legtöbb európai ország az éghajlatváltozással kapcsolatos nemzeti hatásokkal, sebezhetőségi és kockázatértékeléssel, nemzeti alkalmazkodási stratégiákban és / vagy cselekvési tervekben foglalkozik az energiaágazattal. További intézkedésekre van szükség az éghajlatváltozás hatásainak figyelembevétele érdekében az energiaunió keretében kidolgozott nemzeti éghajlati és energiatervek és hosszú távú stratégiák kidolgozásakor, valamint a nemzeti alkalmazkodási stratégiák és cselekvési tervek frissítése során. A kormányok tovább könnyíthetik az alkalmazkodást az energiapiacok szabályozása és egyéb politikai beavatkozások révén.

Számos energiaszolgáltató, hálózati szolgáltató és az energiaágazat más érdekelt felei már foglalkoznak az alkalmazkodási igényekkel. Az energiaszektor minden piaci szereplőjének, ideértve az üzleti szövetségeket is, vállalkozásuk szerves részeként fontolóra kell vennie az éghajlatváltozással szembeni ellenálló képesség erősítését.”

66. EEA (2018): Renewable energy in Europe — 2018 Recent growth and knock-on effects EEA Report No 20/2018, p. 80, Copenhagen <https://www.eea.europa.eu/publications/renewable-energy-in-europe-2018>

„Összegzés - A megújuló energiaforrások jelentős szerepet játszanak az EU energiaszerkezetében. Néhány tagállamban a végső energiafogyasztás növekedése lelassítja a megújuló energiaforrások részesedésének növekedését. Abszolút értelemben a megújuló energiaforrásokat leginkább fűtésre és hűtésre használják; a közlekedésben kisebb a jelentőségük. A megújuló energiaforrások fokozott felhasználása 2005 óta lehetővé tette az EU számára, hogy 2017-ben több mint egytizeddel csökkentse fosszilis tüzelőanyag-felhasználását és az ahhoz kapcsolódó üvegházhatást okozó gázok kibocsátását. A megújuló energiaforrások a globális energiakapacitás nettó kiegészítésének kb. 70%-át teszik ki 2017-ben. Az EU az egy főre jutó megújuló villamosenergia-kapacitás globális vezetője, ám a gyors növekedés az EU-n kívül is látható. Más országok gyorsabb haladást mutatnak a megújuló energiákkal kapcsolatos munkahelyek egy főre jutó arányának tekintetében. 2030-ra a tagállamoknak és az EU-nak fokozniuk kell éghajlati és energiaügyi erőfeszítéseiket.”

67. EEA (2018): Trends and projections in Europe 2018, Tracking progress towards Europe's climate and energy targets EEA Report No 16/2018 p. 118, Copenhagen <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2018-climate-and-energy>

„Összegzés - Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentésére, a megújuló energiára és az energiahatékonyságra vonatkozó új 2030-as célkitűzésekre most kitűzött célokkal új erőfeszítéseket kell tenni e célok elérése érdekében. A 2020-ra kitűzött három éghajlati és energiaügyi célkitűzés felé történő haladás lelassult, elsősorban a növekvő energiafogyasztás miatt. Az ágazati trendekre és előrejelzésekre való összpontosítás segíthetne a hatékony enyhítési lehetőségek azonosításában. A kiadvány három fő tématerülete összhangban az EU célkitűzésekkel:

az üvegházhatású gázok kibocsátása, a megújuló energia felhasználása és az energiahatékonyság helyzete és tendenciái az EU-ban. A közlekedési ágazat, ahol a kibocsátás az utóbbi három évben növekszik, sürgős intézkedéseket igényel.”

68. EUROSTAT (2019): Energy balance sheets 2017. <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/10077623/KS-EN-19-001-EN-N.pdf/59b44e6f-ff33-488b-a85f-9c4f60703afc>

„Összegzés - A kiadvány a 2017., a 2010., a 2010., a 2011., a 2012., a 2013., a 2013., a 2014., a 2015., a 2016. és a 2017. évre vonatkozó egyszerűsített energiamérlegeket és az energiamérlegek kulcsfontosságú elemeinek idősorát mutatja be. Az energiaadatok mindenki számára elérhetők az Európai Unió tagállamaira, valamint Izland, Norvégia, Montenegró, Észak-Macedónia, Albánia, Szerbia, Törökország, Bosznia és Hercegovina, Koszovó (ENSZ BT 1244/99. Sz. Határozat), Grúzia és Ukrajna esetére. Az energiamérlegeket az Eurostat módszertana szerint állítottuk össze az egyes energiaforrások és energiaforrások energiatartalma alapján. Az energiamérlegeket ezer tonna olaj-egyenértékben (ktoe) fejezik ki.”

69. FICÉP ÉPÍTŐIPARI KERESKEDELMI ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT., 2019: A magyarországi villamosenergia-ellátás éghajlati szempontú értékelése – NATÉR Kutatási jelentés. MBFSz, Budapest.

https://nater.mbfsz.gov.hu/sites/nater.mfgi.hu/files/files/FICEP_NATeR_villamosenergia_serulekenyseg_tanulmany.pdf

A kutatás az éghajlat változásából fakadó hatások villamosenergiaellátásra gyakorolt hatásait vizsgálta. Ennek keretében elemezte a villamosenergia-ellátórendszer jövőbeni kihasználtságának és teljesítőképességének prognózist (igényoldalt befolyásoló tényezők), valamint a hazai villamosenergia-ellátórendszer műszaki infrastruktúrájának kiterjedését és érzékenységet (a kínálati oldal jellemzése). A kutatás eredményei azt mutatják, hogy igény oldalon a legjelentősebb áramfelhasználás-növekedést a hőszén-dioxidok számának gyarapodása, a GDP növekedése és az elektromos eszközök elterjedése (főleg a közlekedés elektrifikációja) fogja okozni. Az infrastruktúra felmérése megmutatta, hogy a leginkább kiterjedt infrastruktúrális elem a tartóoszlopok szerkezete. A legnagyobb hatást a szél, a tapadó csapadék és a hirtelen lezúduló nagy mennyiségű eső gyakorolják az infrastruktúrára.

70. GEOGOLD KÁRPÁTIA KFT., 2019: A gázellátás éghajlati szempontú értékelése – NATÉR Kutatási jelentés. MBFSz, Budapest.

https://nater.mbfsz.gov.hu/sites/nater.mfgi.hu/files/files/NATeR_gaz_tanulmany.pdf

A kutatás az éghajlat változásából fakadó hatások gázellátásra gyakorolt hatásait vizsgálta. A gázellátás esetében a lakosság fűtési időszakos gázfogyasztását befolyásoló jövőbeli klimatikus viszonyokat a napfokszám értékek négy klímamodell szerint várható alakulásán, illetve azok valószínűsíthető következményein keresztül vizsgálta. Az eredmények alapján elmondható, hogy a napfokszám értékek területi eloszlása jól követi a domborzati viszonyokat. E mellett egy északkelet-délnyugat irányú trend is mutatkozik, amelynek következtében az ország északkeleti részén a napfokszám értékek jóval magasabbak, mint a déli és délnyugati területeken. A

klímamodell-eredmények alapján a jövőben a napfokszám értékek csökkenése várható, így a fűtési igények mérséklődése prognosztizálható.

71. GEOGOLD KÁRPÁTIA KFT., FE-BIO FELSZŐ-BÁCSKA BIOENERGETIKAI KFT., 2019: A távhőellátás éghajlati szempontú értékelése – NATÉR Kutatási jelentés. MBFSz, Budapest. https://nater.mbfsz.gov.hu/sites/nater.mfgi.hu/files/files/NATeR_Tavhoellatas_tanulmany.pdf

A kutatás az éghajlat változásából fakadó hatások távhőszolgáltatásra gyakorolt hatásait vizsgálta. A klímaváltozás miatt megváltozó időjárás közvetlenül hat a távhőszolgáltatás fizikai infrastruktúrájára, valamint a csökkenő fűtési energiaigények ronthatják a távhőrendszerek költséghatékonyságát. A kutatás során elkészült a távhőszolgáltatás sérülékenységének vizsgálatára alkalmas módszertan, illetve két mintaterületen a módszertan tesztelése. Az eredmények azt mutatják, hogy a távhő létesítmények a klímaváltozás hatásaival szemben kevésbé sérülékenyek, nagy kihívást jelenthet azonban a szolgáltatóknak a magasabb téli hőmérséklet és az épületenergetikai beruházások miatt a kihasználtság csökkenése. Ennek ellensúlyozására célszerű új fogyasztók bevonása a távhőellátásba.

72. H. SZEMZŐ – É. GERŐHÁZI – A. GERTHEIS – O. FÜLÖP – L. MAGYAR – A. ÁMON - UNIVERSITY OF CAMBRIDGE INSTITUTE FOR SUSTAINABILITY LEADERSHIP (2019): The energy transition in Central and Eastern Europe: The business case for higher ambition. Cambridge, UK: The Prince of Wales's Corporate Leaders Group. <https://www.corporateleadersgroup.com/reports-evidence-and-insights/publications/publications-pdfs/cee-energy-transition-report.pdf>

A publikáció elsősorban a Közép- és Kelet-Európai országok helyzetét méri fel, de ennek a régióknak hazánk és a Kárpát-medence is részét képezi. Elsősorban a klímaváltozással szemben ható mitigációs kulcstényezőket (energiahatékonyság, épületszektor, megújuló energiaforrások, mobilitás) azonosítják a szerzők és a dekarbonizációs célokat szem előtt tartva, egy nulla karbonkibocsátású gazdaság vízióját vázolják fel, melynek megvalósításához ajánlásokat tesznek. A klímaváltozás jövőben várható következményeinek mérséklésére a dekarbonizáció folyamata is hatékony módszernek minősül, melynek sikeres kivitelezéséhez ilyen és ehhez hasonló átfogó, problémákat feltáró, megoldásokat kínáló hosszú távú stratégiák kidolgozása ajánlott.

73. Heinrich Böll Stiftung, Magyar Természetvédők Szövetsége (2018): Energia Atlasz. Tények a megújuló energiaforrásokról Európában. ISBN 978-963-9802-09-4. <https://mtvsz.hu/dynamic/energiaatlasz.pdf>

Az Energia Atlasz egy olyan összetett áttekinthető információt nyújt az európai energetikai rendszerről, melynek lényege a teljes Kárpát-medencére is értendő. Ez a publikáció is kihangsúlyozza, hogy a klímaváltozáshoz való alkalmazkodással még elérhető lenne a legrosszabb kimenetel, így a kulcsfontosságú tényezők (pl. gazdaság, közösségi energia, mobilitás, villamos és hőenergia, energiahatékonyság) azonosításával részletezi a főbb területekben rejlő potenciálokat, amikkel a klímaváltozás ellen ható folyamatokhoz járulhatnánk hozzá. Ahhoz, hogy az Európai Unió és a globális szintű célkitűzéseket is teljesíteni lehessen, egyrészt az energiarendszer átmenetének ütemezése szükséges, másrészt pedig fontos felismerni, hogy a jövő energiarendszere

lokális irányba mutat, ezért fontos, hogy a globális és Európa-szerte megállapított elvárásokhoz fűződő módszerek (mitigáció, adaptáció, szemléletformálás) lokálisan (önkormányzati és lakossági szinten) valósuljanak meg.

74. P. JAKOB (2019): How does climate change affect electricity system planning and optimal allocation of variable renewable energy? Applied Energy Volume 252, 15 October 2019.

„Abstract - Ez a cikk egy kétlépcsős modellezési keretet alkalmaz az éghajlatváltozás erőteljes hatásainak felmérésére egy költséghatékony, szén-dioxid-mentes, főleg megújuló energiaforrásokon alapuló európai villamosenergia-rendszerre. Ezért két villamosenergia-rendszer tervezési stratégiájának - az egyik nem az éghajlatváltozás előrejelzésén alapuló, a másik az éghajlatváltozás várható hatásain alapuló - teljesítményét vizsgálja az éghajlatváltozás különféle hatásai alapján. A szél- és a napenergia-erőforrásokra gyakorolt hatások 2100-ban találják a legnagyobb rendszerhatást. Az éghajlatváltozással kapcsolatos együttes hatásait modellező szcenárióban megnövelik az éghajlatváltozás előretervezése nélküli rendszer rendszerköltségeit a megnövekedett üzemanyag- és szén-dioxid-kibocsátási költségek miatt.”

75. KSH (2018): A fenntartható fejlődés indikátorai Magyarországon 2018, KSH Budapest <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/fenntartfejl/fenntartfejl18.pdf>

A KSH 2 évente megjelenő, aktuális kiadványa az ENSZ Fenntartható Fejlesztési Céljainak (SDG 2015-2030) megfelelő célkitűzések és indikátoraiknak megfelelő tematikában mutatja be a hazai fő fenntarthatósági célokat, témaköröket és főleg mutatókat. Kiemelendő a Természeti erőforrások fejezet (106-185.oldal), amelyben az üvegházhatású gázok kibocsátásának trendjei mellett az energiainport-függőség, az energiaintenzitás és a megújuló energiaforrások több alapmutatója és változásai is bemutatásra kerülnek.

76. KSH (2019): Környezeti helyzetkép 2018, KSH Budapest <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/kornyhelyzetkep18.pdf>

A KSH 2 évente megjelenő, aktuális kiadványa hazánk környezeti állapotáról a terhelések, szennyezések és a fő válaszintézkedések bemutatásával. A 7. energia (94-105.oldal) fejezet a primer- és villamosenergia-termelésről, az energia-felhasználásról és megújuló energiákról közöl elemzéseket, amelyeket a STADAT adattáblái alapján készített diagrammokkal és térképekkel illusztrál.

77. MUNKÁCSY B. (szerk.) (2014): Egy fenntartható energiagazdálkodás felé vezető út. Erre van előre! – Vision 2040 Hungary 2.0. ELTE TTK, Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék. Környezeti Nevelési Hálózat Országos Egyesület. <http://munkacsy.web.elte.hu/ERRE%20VAN%20ELORE%202.1.pdf>

A publikáció elsősorban egy fenntartható energiagazdálkodási rendszert vázol fel, melynek minden eleme a fenntarthatóságot állítja középpontba. A tanulmánykötet lehetőséget biztosít arra, hogy a jövő energetikai rendszerét már most olyan döntésekkel támogathassuk, melyek a kibocsátás-csökkenést célozzák az energia termelésétől kezdve, annak elosztásán át a felhasználásig. További fontos elemként jelennek meg az energiarendszerhez kapcsolódó technológia koncepciók, illetve jó

gyakorlatokkal is alátámasztja ezek megvalósíthatóságát. A jövőben, a klímaváltozás okozta hatásokat csak a mitigáció, az alkalmazkodás és a szemléletformálás segítségével lehet mérsékelni, melyhez rendelkezésre állnak az eszközök, technológiák, stratégiák, de ehhez a társadalom tagjainak, kutatók, szakértők és döntéshozók kooperációjára van szükség.

78. P. WARREN (2013): Electricity demand-side management: best practice programmes for the UK. In: WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol 176. pp. 69-80. Doi: 10.2495/ESUS130061.

<https://pdfs.semanticscholar.org/4018/24a4142b9e90a7562352041d1414cb917e6c.pdf>

Ez a cikk bár nem kifejezetten a Kárpát-medencére vonatkozik, de viszont jó gyakorlatokat mutat a DSM (~Demand-Side Management), vagyis a keresleti (fogyasztói) oldal fogyasztásának mérséklésére. Az ilyen praktikák alkalmazásával alapvetően a klímaváltozással szemben ható üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, illetve az ellátásbiztonságot lehet elősegíteni, amely a Kárpát-medence szintjén is alkalmazható lehet. A fogyasztási szokásokat támogató megoldások, technológiák már rendelkezésre állnak, de egyelőre vannak olyan módszerek, amelyek beruházási költsége egyelőre magas, de ettől függetlenül az ehhez kapcsolódó technológiák alkalmazásával a fogyasztók hatékonyan tudnak energiát spórolni, ami többlet üvegházgáz-kibocsátással járna.

79. S. LECHTENBÖHMER – M. PRANTNER – C. SCHNEIDER (WUPPERTAL INTITUTE) – O. FÜLÖP – F. SÁFIÁN (2016): Zöld Magyarország Útiterve. Zöld Műhely Alapítvány Budapest.

A Zöld Magyarország – Energia Útiterve a 2015-ös COP21-en létrehozott Párizsi Megállapodás motiválta, melynek keretén belül több mint 190 ország vállalta, hogy a klímaváltozás mértékének csökkentése érdekében a Föld átlaghőmérsékletének növekedését elsősorban 1,5°C, de legfeljebb 2 °C alatt tartja. Ahhoz, hogy ezt a célt elérhessük, a kitűzött célt, az energiaszektorban is nagymértékben át kell alakulnia, melyhez jó kiindulási pontnak számít a publikációban felvázolt négy forgatókönyv, melyek alapján hatékonyabban építhetők fel a különböző hosszú távú cselekvési stratégiák. Ahhoz, hogy klímaváltozásra való felkészülés hatékony legyen, már a napjainkban meghozott döntések is kihatással vannak a jövőre, így most van szükség az érintettek (lakosság, döntéshozók, kutatók, szakértők) kooperációjára, melynek keretén belül egy hosszú távú, fenntartható energetikai rendszer kidolgozása szükséges.

80. SZŐKE D. (2018): Energy Policy Goals and Challenges for Hungary in the 21st Century. In: Series of the Institute for Foreign Affairs and Trade, Institute for Foreign Affairs and Trade Budapest p. 11. https://kki.hu/assets/upload/16_KKI-elemzes_HUN_Szoke_20180423.pdf

„Összefoglalás - Az elemzés célja a magyar energiapolitikát érintő legfontosabb célkitűzések és kihívások ismertetése. Először röviden bemutatja a magyar energiamix összetételének alakulását, majd három, a magyar energiastratégia szempontjából kulcsfontosságú kérdésre fókuszál: az energiafüggőségre (főként az orosz földgázimport kapcsán), az atomenergia jövőbeni szerepére, valamint a klímaváltozás által hosszú távon felvetett kihívásokra. Végezetül kitér a magyar energiastratégia biztonsági vetületeire is, legyen szó akár a közép-európai térség geopolitikai

helyzetéről, akár olyan új típusú biztonsági fenyegetésekről, mint az energetikai infrastruktúra kibervédelme.”

KÖZLEKEDÉSI INFRASTRUKTÚRA

81. SIMONYI S. – MATOLCSY M. (2012): Elektromos hajtású gépjárművek fejlesztésének és üzemeltetésének legfontosabb alapvetései, különös tekintettel a tömegközlekedés vonatkozásaira. In: A Jövő Járműve. A Magyar Járműipar Tudományos Lapja. V. évf. 3-4. szám. http://jovojarmuve.hu/content/imageup/cikk_pdf/e0d842b9d559d498ebb84e8ca7fdda4c.pdf

A publikáció az elektromos meghajtású és hibrid közlekedési eszközök klímaváltozással szembeni előnyeiből indul ki. Kiemelendő, hogy a kutatók teljes életciklusban gondolkodva végeztek számításokat az elektromos járművek esetében, amely alapján kirajzolódik a hagyományos járművek alkalmazásával járó többlet CO₂-kibocsátás, illetve az elektromos meghajtású eszközök esetében szükséges energiatárolási módszerekre is kitér. A technológia fejlődésével a klímavédelmet célzó mitigációt elősegítő elektromos meghajtású és hibrid járművek elterjedése várható, amihez további kutatásra, oktatásra és fejlesztésre lesz szükség.

TURIZMUS

82. BIHARI, Z. (SZERK..) (2016): A klímaváltozás okozta sérülékenységi vizsgálata, különös tekintettel a turizmusra és a kritikus infrastruktúrára, KRITÉR (EEA-C12-13). Összefoglaló a projekt eredményeiről. OMSZ, Budapest, p. 36

A jelen záró kiadvány a KRITÉR projekt vizsgálatát és eredményeit összegzi az egészségügy a kritikus infrastruktúra és a turizmus éghajlatváltozással szembeni kitettsége tekintetében. A projekt célja volt egyrészt egy olyan módszertan kidolgozása, amely alapján az egyes szektoroknak a klímaváltozás hatásainak való kitettségét, sérülékenységét és alkalmazkodási képességét objektív módon számszerűsíteni lehet, másrészt az új módszerek eredményeként létrejövő adatrétegek beépítése a NATÉR adatbázisába. A tanulmány összegzi az eredményeket a hőhullámok okozta többelhalálzás vizsgálata, a szélsőséges időjárási események közötti balesetekre gyakorolt hatása, valamint a klimatikus viszonyok turizmusra gyakorolt hatásának vizsgálata területeken.

83. CZIRA T. – SÜTŐ A. (2018): A hazai turizmus ágazat éghajlati kitettségi, sérülékenységi és alkalmazkodóképességi területi különbségeinek vizsgálata. In: II. Turizmus és Biztonság Nemzetközi Tudományos Konferencia, Tanulmánykötet. Pannon Egyetem Nagykanizsai Kampusz, 2017. pp. 253-262. https://uni-pen.hu/files/konferencia/2017/Teljes_konf_tanulmanykotet.pdf

„Az éghajlat és az időjárás a turizmus erőforrásai, amelyek alapvetően határozzák meg egy adott desztináció vonzerejét, alakulásuk befolyásolja a turisztikai tevékenységek körét. A klímaváltozás hatásai érintik az úti célok vonzerejét, az utazási döntéseket, a szezonalitást. A klímaváltozás Magyarországon is eltérően érinti az egyes desztinációkat, amelyek hatásviselő képességüktől függően eltérő érzékenységek; társadalmi/ gazdasági környezetük különbözősége pedig

meghatározza eltérő alkalmazkodóképességüket is. Az éghajlati sérülékenység a klímaváltozás hatásaira ráadásul tovább mélyülhet. Hazánkban jelenleg még nem terjedtek el az egyes desztinációkat érintő kockázatokat, a területeket jellemző kitettség, érzékenységi, alkalmazkodóképességi, és sérülékenységi mutatókat komplexen, integráltan kezelő, a különböző térségeket összehasonlító vizsgálatok, e téren előrelépés szükséges.” Ennek lehet az egyik eszköze a 2013-ban indult, és jelenleg „NATÉR továbbfejlesztése” című kiemelt projekt. A tanulmány a NATÉR keretében megvalósuló, a hazai turizmus ágazat éghajlati kitettség, sérülékenységi és alkalmazkodóképességi területi különbségeinek vizsgálatát összegzi.

84. CZIRA T. – SÜTŐ A. – VÁSÁRHELYI CS. (2019): Térségi turisztikai sérülékenység-vizsgálat lehetőségei Magyarországon és gyakorlati alkalmazás a pécsi járás példáján. In: III. Turizmus és Biztonság Nemzetközi Tudományos Konferencia, Tanulmánykötet, Pannon Egyetem Nagykanizsai Kampusz, 2019. pp. 165-178. https://uni-pen.hu/files/konferencia/2018/Turbizt_kotet_2018.pdf

A NATÉR továbbfejlesztése projekt keretében kidolgozott „A turizmus szektor sérülékenysége” munkacsomag fő célja volt hozzájárulni a turizmus szektor klímabarát irányba való elmozdulásához, ahol az ágazat tudatosan számol az éghajlat megváltozásával és felkészül ennek kedvező és kedvezőtlen következményeire egyaránt. Ma világszerte ugyanúgy, mint Magyarországon, alapvető kihívás a klímaváltozás hatásaival szembeni reagálóképesség megteremtése és megerősítése. Ebben kulcsszerepet játszhat az egyes turisztikai desztinációk adaptációs folyamatai kialakításának elősegítése, ennek keretében a klímatudatosság erősítése, az alkalmazkodási gyakorlatok fejlesztése. A munkacsoportban a feladat két szinten valósult meg: helyi szintű konkrét példák feltárásával és ezeken, valamint nemzetközi tapasztalatokon és hazai adatelemzéseken és értékeléseken alapuló, általánosan hasznosítható ajánlások formájában. A jelen cikkben a pécsi járásban végzett terepi munka és kapcsolódó kutatásaink során rögzített és megismert tapasztalatainkat mutatjuk be.

85. KOVÁCS A. – UNGER J. – SZÉPSZÓ G. (2015): Adjustment of tourism climatological indicators for the Hungarian population in assessing exposure and vulnerability to climate change. In: Proceedings of the 4th International Conference on Climate, Tourism and Recreation – CCTR2015 (szerk.: Demiroğlu, O.C. et al.), Istanbul Policy Center, Isztambul, Törökország, pp. 71-76. ISBN 978-605-9178-18-1. http://real.mtak.hu/32627/1/2015_CCTR2015_Kovacs_Unger_Szepszo_u.pdf

Összegzés: „A NATÉR által nyújtott magas színvonalú információ-szolgáltatás miatt működő lehetőség, hogy további felhasználók (kutatók, döntéshozók) felhasználhatják az információkat ugyanazon bemeneti adatok alapján. A projekt keretében elkészítendő módszertan más tanulmányokhoz is adaptálható. Az objektív hatásvizsgálatok eredményei rámutatnak az éghajlatváltozás hatásainak enyhítésére vagy kiaknázására irányuló konkrét intézkedésekre. A CRITÉR projektben kidolgozott és beillesztett turisztikai mutatók jelentős támogatást nyújtanak a turisztikai szolgáltatásokhoz, és elősegítik az alkalmazkodási stratégiák kidolgozását és az objektív döntéshozatalt az éghajlatváltozás megelőzése érdekében. Végül hangsúlyozzuk, hogy a turizmus éghajlati erőforrásainak és az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdések értékelésekor fontos figyelembe venni az egyének szubjektív értékelési mintázata közötti különbségeket. Ezért kulcsfontosságú az éghajlati mutatóknak a helyi éghajlati viszonyokhoz történő igazítása.”

86. SÜTŐ A. (szerk.) (2016): Turizmus és klímaváltozás. Kutatás jelentés a turizmus szektor sérülékenységének vizsgálatához. KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 „NATÉR továbbfejlesztése”. https://nater.mbfisz.gov.hu/sites/nater.mfgi.hu/files/files/Turizmus_Kutat%3%a1si_jelentes.pdf

A NATÉR keretein belül készült a kutatás, melynek célja a hazai turizmus (mint fontos nemzetgazdasági ágazat) sérülékeny pontjainak azonosítása, a klímaváltozás várható jövőbeli hatásának megbecslése és a jó gyakorlatok bemutatása. A turizmus érintettjei már napjainkban is látják, érzékelik a klímaváltozás pozitív (kitolódó szezon) és negatív (szélsőséges időjárásból adódó káresemények) hatásait, ugyanakkor a vizsgálat eredményeként megállapítható a klímaváltozással kapcsolatos szemléletformálás és a tudatosságnövelés szükségességét.

87. SÜTŐ A. - DR. NÉMETH K. (szerk.) (2018): Magyarországi esettanulmány: A Nyugat-Balaton térség turizmus szektort érintő klímaalkalmazkodási kérdései. NATÉR továbbfejlesztése projekt C3 munkacsomag esettanulmány jelentés.

https://nater.mbfisz.gov.hu/sites/nater.mfgi.hu/files/files/BKU_reszregio_esettanulmany.pdf

A Nyugat-Balaton térség turizmusának jelentőségéhez nagymértékben hozzájárul a turisztikai tevékenységek sokszínűsége (vízparti, gyógy- és wellness, természetjáró, valamint bor- és gasztronómiai turizmus). Ugyanakkor, a számos szolgáltatást nyújtó környezet törékenysége miatt fontos a hosszú távra tervezett stratégiák kialakítása, amelyek jó gyakorlatokkal segítik a helyiek adaptációját. A turizmus felkészítése az éghajlatváltozás hatásaira azért rendkívül fontos, mert a turisztikai tevékenységek zöme az időjárással összefüggésben áll, így az az egyes szektorok és térségek alkalmazkodási lehetőségeinek felmérésével, illetve a lakosság szemléletformálásával és jó gyakorlatok átvételével, elsajátításával hatékonyabban lehet felkészülni.

88. SÜTŐ A. – FEJES L. (2019): A turizmus ágazat jelenlegi és potenciális éghajlati sérülékenységének területi különbségei Magyarországon. In: Tér és Társadalom, 33 (3), pp. 108-126. http://real.mtak.hu/102661/1/suto_turizmus_2019.pdf

Összegzés „(...) A cikk célja a NATÉR 2 kutatás során kifejlesztett módszertan bemutatása a turizmus ágazat magyarországi éghajlati sérülékenységéről és annak kitettségi, érzékenységi, alkalmazkodóképességi dimenzióiról. A munkacsomag keretében a fogadóterületeket jellemző kitettségi, érzékenységi, alkalmazkodóképességi és éghajlati sérülékenységi mutatókat és területi különbségeket integráltan vizsgáltuk. A vizsgálat és a térképi ábrázolás a CIVAS modell lépésein haladt végig járasi, három esettanulmány-régióban pedig települési léptékben, három időablakra: a jelenlegi állapot vizsgálata mellett a 2021–2050-es és a 2071–2100-es időszakokra. A három időablak mindegyikére két meteorológiai modell (EC-EARTH, CNRM-CM5) és az IPCC 5. értékelő jelentésében (AR5) az újabb generációs RCP (Representative Concentration Pathway) klímaváltozási scenáriók közül kettő (RCP4.5, RCP8.5) alapján azonosítottuk a járasi (az esettanulmányok esetében a települési) trendeket. Jelen vizsgálat jövőbeni kiterjesztésével várhatóan tovább mélyíthető a vizsgálat magyarázóereje és növelhető a hasznosíthatósága.”

89. SÜTŐ A. – VÁSÁRHELYI CS. – NAGY K. – LENDÉR H. – MAGYAR E. – TAKSZ L. (2018): Turizmus és klímaváltozás, kutatási jelentés a turizmus szektor sérülékenységének vizsgálatához – NATÉR Kutatási jelentés. MBFSz, Budapest.

https://nater.mbfsz.gov.hu/sites/nater.mfgi.hu/files/files/Turizmus_Kutat%3%a1si_jelentes.pdf

A kutatás kifejezetten a turizmus éghajlati sérülékenységének témakörét vizsgálta. Egyrészt egy módszertani ajánlást készített a turizmus komplex klímásérülékenységének és annak időbeli változásának egzakt mérésére, másrészt e módszertant helyben tesztelte is, esettanulmányok keretében, a helyi alkalmazkodási attitűdöket és gyakorlatokat terepi kutatással is számba véve. A vizsgálat a jelenlegi helyzet bemutatásán túlmenően jövőbeli időablakokra vonatkoztatott modellezésre is kísérletet tett.

ÉPÜLETÁLLOMÁNY, TELEPÜLÉSI INFRASTRUKTÚRA

90. HRABOVSZY-HORVÁTH S. – PÁLVÖLGYI T. ET AL. (2013): Generalized residential building typology for urban climate change mitigation and adaptation strategies: The case of Hungary. In: Energy and Buildings, Volume 62, July 2013, pp. 475-485

Az éghajlatváltozásnak kettős hatása van az épített környezetre: egyrészt a települések és épületek érzékenyek a változó éghajlat hatásaira, másrészt az építőiparnak jelentős éghajlatváltozás-csökkentési lehetősége van. A vonatkozó fenntartható fejlesztési és építési politikáknak, valamint az épülettervezési, építési és karbantartási stratégiáknak együttesen reagálniuk kell az éghajlatváltozás mérséklésére és az ahhoz való alkalmazkodásra. A tanulmány összegzi, mire kell a városfejlesztőknek összpontosítaniuk egy fenntartható és biztonságos város megtervezéséhez a változó éghajlati körülmények mellett. Továbbá bemutat egy, a lakóépületállomány általános építési tipológiáján alapuló módszertant a lakóépület szektor mitigációs potenciáljának, valamint sérülékenységének felmérésére. A kutatás magyarországi esettanulmányt is bemutat a tetőszerkezeti hatások és sebezhetőség felmérése tekintetében.

91. HRABOVSZKY-HORVÁTH S. (2015): Az energiatudatos panel-rehabilitáció klímastratégiai aspektusai. Doktori Értekezés. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki Kar. <https://repositorium.omikk.bme.hu/handle/10890/1477>

A klímaváltozás az épített környezetre is hatással van és lesz. Jelentősége abban rejlik, hogy alapvetően egy-egy épületet hosszú évtizedekre (80-100 évre) terveznek. Az elkövetkezendő évtizedek változó és egyre szélsőségesebbé váló éghajlati körülményeket figyelembe véve, az épített környezet is jelentős hatásoknak lesz kitéve, de az épületállományban számos mitigációs és adaptációs lehetőség rejlik. A jövőben várható éghajlati eredetű hatások enyhítése érdekében, az alkalmazkodás és a mitigáció keretén belül fontos a viharos szellőkéseknek jobban kitett magasabb épületek biztosítása, a megfelelő tetőforma kialakítása, az árnyékolási technikák alkalmazása, illetve fontos a megfelelő hőszigetelés és a nyílászárók megléte.

92. Magyarországi épületállomány éghajlatváltozási sérülékenység-vizsgálatát települési szinten lehetővé tevő módszertan. Készítette a Lechner Nonprofit Kft. a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat megbízásából a KEHOP-1.1.0-15-2016-00007 azonosítószámú „NATÉR továbbfejlesztése” projekt keretében.

https://nater.mbfsz.gov.hu/sites/nater.mfgy.hu/files/files/Epuletallomany_NATeR2.pdf

A publikáció célja egy olyan index létrehozása, amely a NATÉR rendszerébe illesztve, a hazai épületállomány sérülékenységének mértékét mutatja az éghajlatváltozás függvényében. Erre azért van szükség, mert a szélsőséges időjárási jelenségeknek a hazai épületállomány is jelentős mértékben ki van és ki lesz téve. A kidolgozott, tudományos módszertan az önkormányzatok és a döntéshozók munkáját segítheti.

Az ilyen és ehhez hasonló kutatások és módszertanok kifejlesztése segítségével nem csak számszerűsíthetőek a várható változások hatása, hanem a most hozott döntések felelősségteljességét növelhetik, hiszen az épületszektor elemeit is nagymértékben érintik az éghajlatváltozás hátrányai.

93. NEMZETI ÉPÜLETENERGETIKAI STRATÉGIA (National Building Energy Strategy), Budapest, 2015.

<https://www.kormany.hu/download/d/85/40000/Nemzeti%20E%CC%81pu%CC%88letenergetikai%20Strate%CC%81gia%20150225.pdf>

A Nemzeti Épületenergetikai Stratégia a Nemzeti Energiastratégiában megfogalmazottak elérése érdekében rögzíti azokat a célokat és fő irányokat, amelyek a 2020-ig terjedő időszakban, kitekintéssel 2030-ig a hazai épületállomány korszerűsítését, energiafelhasználásának jelentős mértékű csökkentését teszik lehetővé, megadva a későbbiekben kidolgozandó épületenergetikai cselekvési tervek, konkrét programok, intézkedések elvi keretét.

94. TILDY P, HALUPKA G. (2019): A földtani veszélyforrások éghajlatvédelmi szempontú értékelése Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer, Kutatási Jelentés.

A kutatás azt tűzte ki célul, hogy feltárja az összefüggéseket a felszínmozgások és a klíma adatok között. A feldolgozás során az események [partfal], [patak], [pince], [rézsű], és [épített] kategóriákba lettek besorolva, a mozgásnak „otthon adó” környezet szerint. További lépésként az eseményekhez csapadék-idősorokat rendeltek a kutatók. A cél az események közelében olyan csapadék maximumok keresése volt, amelyek szerepet játszhattak a mozgás elindításában. A vizsgálat kapcsolatot talált az adatrendszerben szereplő előfordulások és a csapadékjellemzők között, valamint meghatározott két, napi csapadék küszöbértéket, mely értékek feletti csapadékesemény után várható az adott környezetben újabb felszínmozgás. Az eredményeket 4 tematikába sorolva térképeken ábrázolták.

TÉRSÉGI VIZSGÁLATOK, TERÜLETI ÉGHAJLATI SÉRÜLÉKENYSÉG

95. FARKAS J. ZS. – RAKONCZAI J. – HOYK E. (2015): Környezeti, gazdasági és társadalmi éghajlati sérülékenységi esettanulmány a Dél-Alföldről. In: *Tér és Társadalom*, 2015. (29. évf.) 1. sz. pp. 149-174. <http://real.mtak.hu/22465/1/2675-7529-1-PB.pdf>

Összegzés: „Publikációnkban a nemzetközi trendekhez csatlakozva egy dél-alföldi regionális léptékű elemzést mutatunk be, melyben egyrészt a környezeti, másrészt a gazdasági-társadalmi éghajlati sérülékenységet vizsgáljuk. Elemzésünkben a sérülékenységi összetevői mentén haladunk, sorra vesszük a klímaváltozásnak való kitettséget, a klímaérzékenységet és az adaptációs képességet. A vizsgálat célja annak felmérése, hogy milyen mértékű kitettséggel, jövőbeni kockázatokkal, érzékenységgel kell számolni az egyes országokban, régiókban, gazdasági szektorokban és társadalmi csoportokban. Az éghajlati sérülékenységi környezeti szempontú vizsgálatának keretében elemeztük a tájban zajló változásokat, elvégeztük a talajvízváltozások geoinformatikára alapozott részletes mennyiségi értékelését, valamint elkészítettük a Dél-Alföld természetes növényzetének klímaérzékenységi térképét. (...) Gazdasági-társadalmi oldalról a kutatás keretében települési szinten meghatároztuk a gazdasági és társadalmi klímaérzékenységi részindexeket, illetve az adaptációs és kitettségi részindexeket. Az első kettő azokat a társadalmi jellemzőket és gazdasági ágazatokat tartalmazza, amelyeket a hazai körülmények között az éghajlatváltozás szempontjából sérülékenynek tartunk. (...) A kitettségi részindex esetében az alapvető éghajlati indikátorok mellett olyan mutatókat is kiválasztottunk, amelyek a változások hatásait felerősítik, mint például a települési vízfogyasztás adatai. A részindexek összegzésével dolgoztuk ki a gazdasági-társadalmi éghajlati sérülékenységi indexet, melynek segítségével kirajzolódott az e szempontból különösen érzékeny „forró pontok” a Dél-Alföldön. (...) Vizsgálatunk azt is megmutatja, hogy a kutatásokat célszerű települési szinten végezni, hiszen így a sérülékenyebb területek a térben pontosabban és komplex szempontok alapján jelölhetőek ki. Elemzésünk eredményei rámutatnak arra, hogy a klímaváltozás következményei egy összetett rendszer részei, továbbá hogy a társadalom tájra gyakorolt hatásainál és azok következményeinek feltárásánál is rendszerben kell gondolkodni, és hogy jelenleg a rendszerszemléletű megközelítés még hiányzik a hazai klímaváltozás kutatásából. (...)”

96. LABUDOVÁ, L. – FAŠKO, P. – IVANÁKOVÁ, G. (2015): Changes in climate and changing climate regions in Slovakia. In: *Moravian Geographical Reports* Vol. 23, 3/2015 https://www.researchgate.net/publication/283226432_Changes_in_climate_and_changing_climate_regions_in_Slovakia

Az éghajlatváltozás összefüggésében a kutatók az éghajlatváltozás értékeléséhez szükséges (általában 30 éves) referencia-időszakokat állapítanak meg. A közelmúltban számos tanulmány jelent meg, összehasonlítva a legújabb előrejelzett trendeket az utolsó, 1961–1990 referencia-időszakkal. Ebben a cikkben bemutatják az éves, szezonális és havi átlagos léghőmérsékleti tendenciákat, valamint az éves, szezonális és havi csapadékmennyiségeket Szlovákiában, hogy rámutassanak azokra a változásokra, amelyek valószínűleg a következő, 1991–2020 közötti referencia-időszakban mutatkoznak meg. A tanulmány második részében a szlovákiai éghajlati régiókban bekövetkezett változásokat elemzik, összehasonlítva a térbeli eloszlást az 1961–1990 és az 1961–2010 közötti időszakban.

97. SZŐCS E. (2010): A klímaváltozás okozta területi sérülékenység vizsgálata Romániában, a növénytermesztés vonatkozásában. In: Közgazdász fórum, 2010. (13. évf.) 1. sz. pp. 41-56. http://epa.oszk.hu/00300/00315/00085/pdf/EPA00315_Kozgazdasz_Forum_2010_01_041-056.pdf

A dolgozat célja a romániai megyék területi sérülékenységének becslése a klímaváltozás szántóföldi növénytermesztésre gyakorolt hatásával szemben, és ezáltal azoknak a megyéknek az azonosítása, amelyek az elkövetkező két évtizedben a leginkább veszélyeztetettek lesznek.

TÖBB SZEKTORT MEGJELENÍTŐ PUBLIKÁCIÓK

98. A. D. KOVÁCS – E. HOYK – J. ZS. FARKAS (2017): Homokhátság – A semi-arid region facing with complex problems in the Carpathian Basin. In: European Countryside Mendelu. Vol. 1. pp. 29-50. DOI: 10.1515/euco-2017-0003. https://pdfs.semanticscholar.org/5cd5/dc816208106752217e0e74d377820a82433a.pdf?_ga=2.71786459.973481216.1567503149-282306327.1567064306

A kutatási terület ismét a Duna-Tisza közti Homokhátság, ahol a fokozódó klímaváltozás által kiváltott szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedése okozta problémákra helyezik a hangsúlyt. Ezalatt a csapadékmennyiség időbeli eloszlásának változása következtében kialakuló vízhiány a vegetációs időszakban okozhat fennakadásokat, amely a mező- és erdőgazdálkodás, illetve a természetvédelem számára problémákat jelenthet. A jövőben főleg a várható vízhiány, az antropogén hatások (beépített területek, városok terjeszkedése), a talajok és a vegetáció érzékenysége, illetve a hidrológiai rendszerek modellezésének nehézsége következtében az amúgy is sérülékeny Duna-Tisza köze még nagyobb kihívások elé néz.

99. Climate change vulnerability and ecosystem-based adaptation measures in the Carpathian region. Final Report - Integrated assessment of vulnerability of environmental resources and ecosystem-based adaptation measures. Alterra Wageningen UR. Wageningen. ISSN 1566-7197. <https://edepot.wur.nl/351036>

A mellékelt publikáció is kihangsúlyozza, hogy a klímaváltozás a Kárpát-medence számos szektorára (pl. a vízkészletekre, az erdőgazdálkodásra, a mezőgazdaságra, a turizmusra) hatással lesz, illetve kitekintést nyújt az adaptációs módszerek anyagi vonzatára és a jó gyakorlatokra. A változó klimatikus körülményeken belül elsősorban a hőmérsékletnövekedés, a csapadékmennyiség változása, a szélsőséges időjárási jelenségek és a vízkészletek sérülékenysége fogja leginkább befolyásolni a gazdaság egészét. A megoldás, az időben megkezdett adaptációs folyamat, melyhez rendelkezésre állnak az eszközök, módszerek, javaslatok és jó gyakorlatok, így a komplex adaptációs stratégia alkalmazásával hatékonyabban lehet végrehajtani a klímaváltozáshoz való alkalmazkodást.

100. Gazdaság- és Vállalkozáskutató Intézet (2015): A klímaváltozás várható gazdasági hatásai Magyarországon 2020-2040. MKIK Gazdaság- és Vállalkozáskutató Intézet. Budapest. https://gvi.hu/files/researches/470/klima_2015_elemzes_150902_.pdf

A publikáció a klímaváltozás gazdaságra, pontosabban a beruházásokra gyakorolt várható hatásaival foglalkozik. Alapvetően felvázolja a klímaváltozásból eredő negatívumokat és két fő cselekvési irányt azonosít, ami a jövőbeli beruházásokat befolyásolja: az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését és a változó körülményekhez való alkalmazkodást. A szektorokon belüli problémák azonosítása azért fontos, mert így hatékonyabban lehet eljárni az előbb említett két beavatkozási folyamat terén. A klímaváltozás egy minden szektorra kiterjedő folyamat, amely a fokozódó negatív hatásai következtében a racionális, jövőbetekintő, felelősségteljes klímavédelmet célzó beruházásokat igényli.

101. GYETVAI G. – KOZMA CS. – PALIK ZS. – TÓTH T. (2015): Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz egy példatelepülésen. EIT Climate-KIC. https://klimavalasz.hu/sites/default/files/content/klimavalt_telepules_szinten_climate-ctanulmany.pdf

Bár a klímaváltozás egy globális jelenség, ám ezek hatásait elsősorban lokálisan, helyben lehet a leginkább érzékelni. Ennek egyik kézzelfogható és (a kormányok által hozott jogszabályokkal) befolyásolható szint a település. Azért, hogy minél sikeresebb legyen az alkalmazkodás folyamatának végrehajtása, fontos az érintettek (önkormányzatok, döntéshozók, kutatók) szoros együttműködése. Ahhoz, hogy minél hatékonyabban lehessen alkalmazkodni az éghajlatváltozás okozta kihívásokhoz, érdemes szektoronkénti bontásban azonosítani a problémákat és annak megfelelően tudományos alapokra helyezett cselekvési terveket készíteni és végrehajtani, mivel a változás minden szektorra kiterjed.

102. Innovációs és Technológiai Minisztérium (2018): Melléklet 23/2018. (X. 31.) OGY határozathoz: a 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. https://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/N%C3%89S_Ogy%20%C3%A1ltal%20elfogadott.PDF

A 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia a kibocsátás-csökkentés (Hazai Dekarbonizációs Útiter), az alkalmazkodás (Nemzeti Alkalmazkodási Program) és a szemléletformálás (Partnerség az éghajlatért szemléletformálási terv) területén tartalmazza a főbb hazai cselekvési irányokat, beavatkozási területeket. A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia a dekarbonizáció területén rögzíti, hogy a költséghatékony és egyúttal a fenntartható fejlődést támogató magyarországi dekarbonizációnak 2050-re 52-85% közé kell esnie az 1990-es bázisévhez képest.

103. KSH (2018): Magyarország, 2017. Központi Statisztikai Hivatal. Budapest. ISSN: 1416-2768. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mo/mo2017.pdf>

A publikáció figyelembe veszi a klímaváltozás egészségügyre gyakorolt hatását, érzékelteti a védett természeti értékek, a fenntartható erdőgazdálkodás és a megújuló energiaforrások jelentőségét.

Ugyanakkor, felhívja a figyelmet az ország növekvő energiaigényére, az energiafüggőség mértékére is. Az adatok és információk szintetizálásával az az üzenet alakulhat ki az olvasóban, hogy hazánk nemcsak a klímaváltozáshoz járul hozzá, hanem környezetünk állapotának alakulását is erőteljesen befolyásoljuk, így az egyik legnagyobb potenciál a változásra, magukban a fogyasztókban rejlik.

104. WCRP (2019): PannEx, a GEWEX Regional Hydroclimate project (RHP) over the Pannonian Basin White Book. World Climate Research Programme. WCRP Publication No.: 03/2019. <http://www.wcrp-climate.org/WCRP-publications/2019/WCRP-Report-No3-2019-PannEx-WB.pdf>

A kiadvány a teljes Kárpát-medencére vonatkozóan határozza meg a klímaváltozás által előidézett hidrológiai alapú kihívásokat különböző területekre lebontva. Ezek a következők: mezőgazdaság, levegőminőség, fenntartható fejlődés, vízgazdálkodás és az ezekkel kapcsolatos oktatás. Már napjainkban fontos a klímaváltozás hatásaira való felkészülés, amelynek hatékony eszköze az adatok gyűjtése, modellek fejlesztése és azok validálása, amelyek a csapadék tér- és időbeli eloszlására, illetve annak várható tendenciáira adnak választ.