

Az Árvízi Irányelv magyarországi végrehajtása

3. ciklus

1. országjelentés

Klímaváltozás figyelembevétele az Árvíz kockázat kezelésben Magyarországon

Készítette:

**Országos Vízügyi
Főigazgatóság**



**VIZITERV Environ
Nonprofit Kft.**



2025. március 22.

Tartalom

1. Összefoglaló	3
2. Az Európai Klímarendelet árvizekre és árvízvédelemre vonatkozó rendelkezései	4
Célkitűzések	5
3. Klímaváltozás hatásai az árvizekre globálisan és Magyarországon.....	5
Heves csapadék és árvizek	5
Folyók árvizei.....	6
Globálisan megfigyelt trendek.....	7
Modellelemzés.....	8
Észlelés és események vizsgálat.....	8
Jövőbeli előrejelzések.....	9
4. Az ICPDR stratégiai útmutató alapelvei és javaslatai	10
Konkrét javaslatok (ICPDR)	10
5. Árvíz hidrológia és klímaváltozás Magyarországon	17
Árvíz levonulási tapasztalatok.....	17
Klímaváltozás hidrológiai hatásai.....	21
6. A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia megállapítása a vízgazdálkodás körében 34	
7. Második Nemzeti Éghajlat Stratégia – további releváns részek kivonata.....	41
8. Vízrajzi adatok elemzése: Jellemző nagyvízi statisztikai jellemzők meghatározása a dunántúli folyókon	59

1. Összefoglaló

A globális felmelegedés következményeként Magyarország és a Kárpát-medence éghajlata melegsik, rövidtávon az évi középhőmérséklet várhatóan 1-2,5°C-kal emelkedik. Az évi csapadék változása bizonytalan, kisebb csökkenése vagy növekedése egyaránt lehetséges, várható az éven belüli átrendeződés, nő a téli-tavaszi és csökken a nyári-őszi félévben hulló mennyiség. Az éghajlat szélsőségesebb lehet, gyakoribbá válnak az időjárási szélsőségek, nő a tartósságuk és intenzitásuk, ami növeli a rendkívüli árvizek kockázatát. Hasonló változások várhatók nagyobb folyóink határainkon túli vízgyűjtőiben is. A kisebb vízfolyásokon várhatóan emelkedik a villámárvizek kockázata. Vizeink, vízfajtotól 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 csapadékaik 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 változásának hatása, hanem igazolható annak vizeinkben történő felerősödése.

Az éghajlatváltozás jelentős hatással lesz vizeinkre, súlyosítja a nem éghajlati eredetű kedvezőtlen hatásokat (területhasználat változásai, növekvő környezetterhelés). A hatások feltárására végzett vizsgálatok több évtizedes múltira tekintenek vissza, s az évtizedek során sokat fejlődtek a vizsgálati módszerek. A fejlett kutatási módszerek ellenére számos bizonytalansággal kell szembesülnünk: eltérő, egymásnak ellentmondó éghajlati forgatókönyvek, a hidrológiai modellek bizonytalansága, a nem éghajlati hatások korlátozott figyelembevétele, a modellek igazolásának korlátozott lehetőségei, a modelleredmények ellentmondásai, a hazai hatásvizsgálatok alacsony száma. Az előrejelzések bizonytalansága elsősorban a hatások mértékében van, amelyek rövi távon többnyire nem jelentősek és aligha különíthetők el egyértelműen a természetes változékonyság hatásaitól.

A különböző kibocsátási forgatókönyvek szerinti árvízi előrejelzésekről szóló tanulmányok alacsony rendelkezésre állása figyelhető meg, és arra a következtetésre jutunk, hogy a regionális árvizeket kiváltó mechanizmusok összetettsége miatt rendkívül nagy a bizonytalanság az árvízi események előrejelzésében. A különböző jelentések közepes biztonsággal értékelik a jövőbeni árvízváltozások mintázatát, beleértve az árvízi veszélyeket, amelyek a Föld körülbelül felén növekednek. Kontinentális és regionális léptékben az árvizek előrejelzett változásai a világ különböző részein egyenetlenek, de a régiók nagyobb hányadánál tapasztalható növekedés, mint csökkenés a 21. században. Ezek az eredmények azt sugallják, hogy globális szinten nagy a bizonytalanság az árvizek tendenciáiban, és még nagyobb bizonytalanság tapasztalható az előrejelzett regionális változásokkal szemben.

A globális hidrológiai modellek előrejelzése szerint a földterületek nagyobb hányadát érinti a folyami árvizek növekedése, mint a folyami árvizek csökkenése. A folyami árvizek regionális változásai bizonytalanabbak, mint a pluviális árvizek változásai, mivel összetett hidrológiai folyamatok és paraméterek érintettek, beleértve a talajborítás változását és az emberi vízgazdálkodást.

A teljesség igénye nélkül a következő bizonytalanságokat kell figyelembe venni: az árvizek időtartamának, intenzitásának és gyakoriságának változásai; eltolódások az árvizek előfordulásának évszakában; fokozott árvíz-kockázatok; árvizek az időszakos vízfolyásokban (különösen a kiszáradó régiókban); megváltozott a hóolvadás; a változó vízgazdálkodási trendek. Az árvíz-kockázat-kezelés során figyelembe kell venni az éghajlatváltozás hatását a

vízgyűjtő hidrológiai viselkedésére természetes és megváltozott körülmények között is. A kockázat csökkentési intézkedések magukban foglalhatják a területhasználat-tervezés különböző megközelítéseit, a nemzeti klímaváltozási politikákat, valamint az árvízzel való együttélés és az azokhoz való alkalmazkodás megtanulását, ha a megelőzés nem lehetséges.

Az árvíz kockázatok kezelésében, az árvízi védekezésben és a jövőbeli árvízvédelmi intézkedések klímaváltozást is figyelembe vevő kidolgozásában az EU Víz Keretirányelv, az Árvízi Irányelv és az ICPDR konkrét javaslatai adnak iránymutatást. A magyarországi Árvíz kockázat-kezelés metodikájának fejlesztése és felülvizsgálata során a fent említett számtalan bizonytalansági tényező ellenére a jelen dokumentumban részletesen bemutatott alapelvek lettek alkalmazva.

2. Az Európai Klímarendelet árvizekre és árvízvédelemre vonatkozó rendelkezései

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2021/1119 rendelete (2021. június 30.) a klímasemlegesség elérését célzó keret létrehozásáról és a 401/2009/EK rendelet, valamint az (EU) 2018/1999 rendelet módosításáról (európai klímarendelet)

(5) It is necessary to address the growing climate-related risks to health, including more frequent and intense heatwaves, wildfires and floods, food and water safety and security threats, and the emergence and spread of infectious diseases. As announced in its communication of 24 February 2021 entitled 'Forging a climate-resilient Europe – the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change', the Commission has launched a European climate and health observatory under the European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT, to better understand, anticipate and minimise the health threats caused by climate change.

(5) Szükség van az éghajlathoz kapcsolódó fokozódó egészségügyi kockázatok, többek között a gyakoribb és intenzívebb hőhullámok, erdőtüzek és áradások, az étel- és ivóvízbiztonságot, valamint az ivóvízbiztonságot és a vízellátás biztonságát érintő fenyegetések, továbbá a fertőző betegségek megjelenésének és terjedésének kezelésére. „Az éghajlatváltozás hatásaival szemben reziliens Unió létrehozása – Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó új uniós stratégia” című, 2021. február 24-i közleményében bejelentetteknek megfelelően a Bizottság az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás európai platformja (CLIMATE-ADAPT) keretében létrehozta az Európai Éghajlat- és Egészségvédelmi Megfigyelőközpontot az éghajlatváltozás okozta egészségügyi veszélyek jobb megértése, előrejelzése és minimalizálása érdekében.

(32) Ecosystems, people and economies in all regions of the Union will face major impacts from climate change, such as extreme heat, floods, droughts, water scarcity, sea level rise, thawing glaciers, forest fires, windthrows and agricultural losses. Recent extreme events have already had substantial impacts on ecosystems, affecting carbon sequestration and storage capacities of forest and agricultural land. Enhancing adaptive capacities and resilience, taking into account the United Nations Sustainable Development Goals, help to minimise climate change impacts, to address unavoidable impacts in a socially balanced manner and to improve living conditions in impacted areas. Preparing early for such impacts is cost-effective and can also bring considerable co-benefits for ecosystems, health and the economy. Nature-based solutions, in particular, can benefit climate change mitigation, adaptation and biodiversity protection.

(32) Az ökoszisztémák, a lakosság és a gazdaságok az Unió valamennyi régiójában az éghajlatváltozás olyan jelentős hatásainak lesznek kitéve, mint például a szélsőséges meleg, az áradások, az aszályok, a vízhiány, a tengerszint emelkedése, az olvadó gleccserek, az

erdőtüzek, a széltörések és a mezőgazdasági veszteségek. A legutóbbi szélsőséges események máris jelentősen kihatottak az ökoszisztémákra, és hatással voltak az erdők és a mezőgazdasági területek szénmegkötési és szén-dioxid-tárolási kapacitására. Az alkalmazkodóképességnek és a rezilienciának az ENSZ fenntartható fejlődési céljait figyelembe vevő fokozása, illetve megerősítése segíti az éghajlatváltozás hatásainak minimalizálását, az elkerülhetetlen hatások társadalmilag kiegyensúlyozott kezelését, valamint az életkörülmények javítását az érintett térségekben. Az ilyen jellegű hatásokra való korai felkészülés költséghatékony, és jelentős járulékos előnyökkel is járhat az ökoszisztémák, az egészség és a gazdaság szempontjából. A természetalapú megoldások különösen kedvezőek lehetnek az éghajlatváltozás mérséklése, az ahhoz való alkalmazkodás és a biológiai sokféleség védelme szempontjából.

Célkitűzések

Számos kulcsfontosságú tényezőt fontos értékelni és figyelembe venni az árvízkezelési tervek kialakításakor. A stratégia áttekintést tartalmaz a vezérelvekről, amelyek biztosítják az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás integrálásának támogatását az árvízi- és aszálykezelésben. Az adaptáció során prioritást élveznek a mindenki számára előnyös, a kockázatmentes és az alacsony kockázatot mutató intézkedések, melyek elég rugalmasan alkalmazkodnak a különféle körülményekhez.

A „Tudatosságnövelés korai figyelmeztető és felkészülési intézkedések” című leírásban található ajánlás az árvízkezelési intézkedések klímaellenőrzésére. A jelentés előnyben részesíti azokat a Duna-vízgyűjtő szintű árvízkezelési terv intézkedéseket, amelyek kellően robusztusok, figyelembe véve a bizonytalanságot az éghajlatváltozás hatásainak előrejelzésében.

Az EU Árvízi Irányelvében (Floods Directive) foglaltaknak megfelelően megfelelő célokat kell megállapítani az árvízkezelésre, amelyek az árvíz lehetséges káros következményeinek csökkentésére összpontosítanak, ezen belül is az emberi egészségre, a környezetre, a kulturális örökségre és a gazdasági tevékenységre. Az ICPDR 2015-ben fogadta el a Duna vízgyűjtő kerületre vonatkozó DFRMP célkitűzéseit – melyek a terv 2021-es frissítésének gerincét is képezik.

3. Klímaváltozás hatásai az árvizekre globálisan és Magyarországon

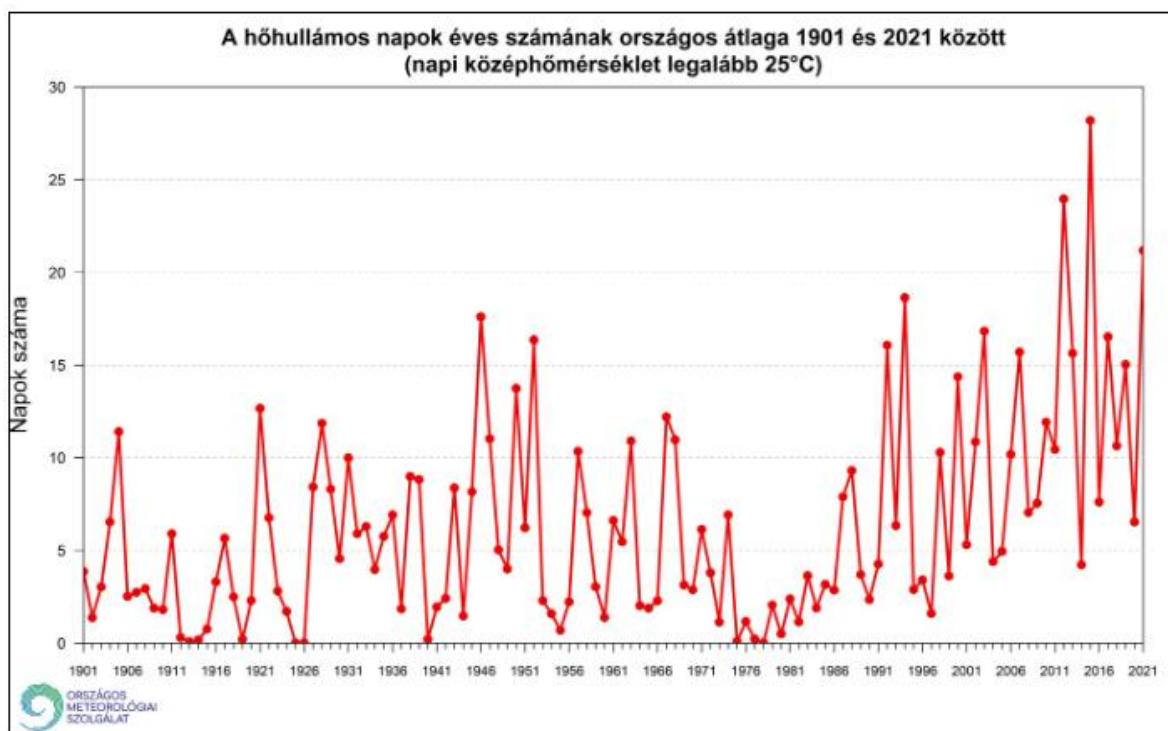
Heves csapadék és árvizek

A heves csapadékesemények gyakorisága és intenzitása globális szinten nőtt a jó megfigyelési lefedettséggel rendelkező szárazföldi régiók többségében. A heves csapadék mennyisége három kontinensen: Észak-Amerikában, Európában és Ázsiában nőtt meg kontinentális léptékben. Gyakoriságának és/vagy intenzitásának regionális növekedését figyeltek meg.

Az emberi befolyás, különösen az üvegházhatást okozó gázok kibocsátása a fő hajtóereje a szárazföldi régiók feletti heves csapadék megfigyelt globális felerősödésének. Valószínű, hogy az ember által előidézett éghajlatváltozás hozzájárult ahhoz, hogy Észak-Amerikában, Európában és Ázsiában kontinentális léptékű heves csapadékmennyiség figyelhető meg.

A heves csapadék általában gyakoribbá és intenzívebbé válik a további globális felmelegedéssel. Az iparosodás előtti szinthez képest 4°C-os globális felmelegedési szint

mellett a nagyon ritka (pl. 10 évenként egy vagy több) események gyakoribbá és intenzívebbé válnak, mint a közelmúltban, globális szinten és minden kontinensen. A gyakoriság és az intenzitás növekedése rendkívül valószínű a legtöbb kontinensen. Globális léptékben a heves csapadék felerősödése követni fogja a légkör melegedése során megtartott maximális nedvességtartalmának növekedését, ami körülbelül 7%-ot jelent minden 1°C globális felmelegedésre vetítve. A felmelegedés egyik szemléletes mutatója az átlag hőmérséklet emelkedése mellett a hóhullámos napok számának aránya. Az alábbi ábrán Magyarországon a hóhullámos napok számának éves átlagáról látunk statisztikát.



1.ábra A hóhullámos napok éves számának országos átlaga 1901 és 2021 között
(forrás: met.hu)

A heves csapadékesemények gyakoriságának növekedése nem lineáris a nagyobb felmelegedés mellett, és magasabb a ritkább eseményeknél. A 10 éves események gyakorisága megduplázódhat, illetve az 50 éves események gyakorisága megháromszorozódhat. Az extrém csapadék intenzitásának regionális léptékű növekedése a regionális felmelegedés mértékétől, a légköri keringés változásától és a vihardinamikától függően változik. A szélsőséges csapadék intenzitásának előre jelzett növekedése a pluviális árvizek – felszíni és villámárvizek – gyakoriságának és nagyságának növekedését jelenti, mivel a pluviális árvizek a természetes és mesterséges vízelvezető rendszerek kapacitását meghaladó csapadékinintenzitásból erednek.

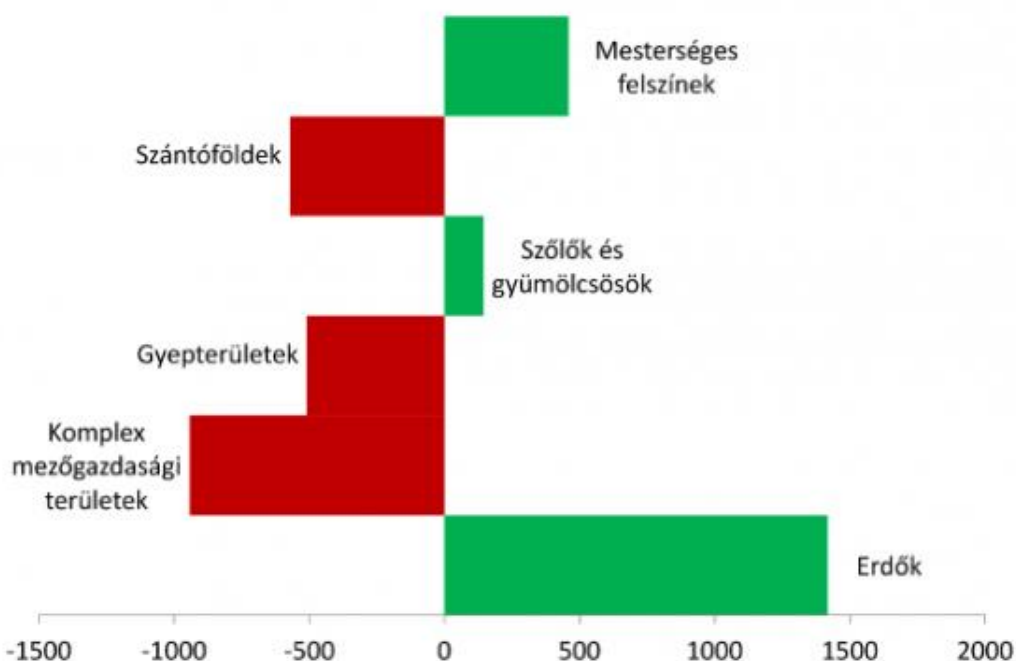
Folyók árvizei

Az elmúlt évtizedekben egyes régiókban jelentős tendenciákat figyeltek meg a vízfolyások maximális vízszintjében. A folyamok, folyók árvizeinek szezonálitása megváltozott azokon a hideg területeken, ahol a hóolvadás is szerepet játszik, és korábban jelentkeznek az áradások.

A globális hidrológiai modellek előrejelzése szerint a szárazföldi területek nagyobb hányadát érinti a folyami árvizek növekedése, mint a folyami árvizek csökkenése. A folyami árvizek regionális változásai bizonytalanabbak, mint a pluviális árvizek változásai, mivel összetett hidrológiai folyamatok és egyéb paraméterek befolyásolják, beleértve a talajborítás változását és az emberi vízgazdálkodást is.

A talajborítottság változásának vizsgálata alapvető tényezője a klímaváltozás hatásainak vizsgálata során. Egyrészt a változó lefolyási viszonyokat, beszivárgást és párolgást közvetlenül befolyásolja, másrészt a klímaváltozás mértékét is befolyásolja.

Magyarországon a Magyar Tudományos Akadémia tanulmányát lehet figyelembe venni a földhasználat jövőbeli alakulásának vizsgálatokor. A 2030-ig, illetve 2050-ig végzett trend előrejelzéseik alapján a felszínborítottság hazánkban homogénebbé válik, növekedés prognosztizálható a mesterséges felszínek és az erdősített területek arányában.



2.ábra Magyarország várható földhasználat változásának 2030-ig tartó előrejelzése (km²) (forrás: mta.hu)

Globálisan megfigyelt trendek

A SREX (Seneviratne et al., 2012) alacsony megbízhatóságot mért az árvizek nagyságrendjében vagy gyakoriságában megfigyelt változásokra globális szinten. Ezt az értékelést megerősítette az AR5 (Hartmann et al., 2013). Az SR1.5 (Hoegh-Guldberg és mtsai, 2018) egyes régiókban az áradások gyakoriságának növekedését és szélsőséges vízhozamokat tapasztalt, más régiókban viszont csökkenést. Míg az árvízi trendekkel foglalkozó tanulmányok száma nőtt az elmúlt években, a hidrológiai viszonyok változásának alakulását komplexebb feladat vizsgálni. A megfigyelt árvízi változásokkal foglalkozó szakirodalom heterogén, regionális és szubregionális vízgyűjtőléptékre koncentrált, ami megnehezíti a globális és néha regionális szinten történő szintetizálást. A tanulmányok túlnyomó többsége a folyók áradásaira összpontosít, de a mérések nem egyenletesen oszlanak meg a térben, a térbeli lefedettségben hiányosságok vannak, és lefedettségük bizonyos területeken nagyon gyenge, ami a hosszú távú észlelés nehézségeit okozza.

A mértékadó vízhozam trendeket nagy regionális eloszlás jellemzi, és hiányzik a csökkenés vagy növekedés általános statisztikai szignifikanciája az egész világon. Az USA-ban, Közép- és Észak-Európában, Afrikában, Brazíliában és Ausztráliában található több mint 3500 vízrajzi állomás közül az állomások 7,1%-a mutatott jelentős növekedést, és 11,9%-a mutatott jelentős csökkenést az éves maximális vízhozamban 1961 és 2005 között. Ez közvetlen ellentétben áll

a rövid távú extrém csapadék globális és kontinentális léptékű felerősödésével. Kontinentális léptékben a csökkenés Afrikában és Ausztráliában dominál, és a trendek térben változóak más kontinenseken. Európában az vízhozam trendek nagy térbeli különbségeket mutatnak, de úgy tűnik, hogy északon növekedési mintázat mutatkozik és jelentős változások következnek be a csúcsvízhozamok szezonálisában azokban a régiókban, ahol a hóolvadás dominál.

Összefoglalva, az árvizek szezonális megváltozása a hideg régiókban, ahol a felmelegedés hatására a hóolvadás uralja az áramlási rendszert. Globális szinten nagy a bizonytalanság az elmúlt évtizedek csúcsvízhozam trendjeivel kapcsolatban, de vannak olyan régiók, ahol növekedés tapasztalható, ideértve Ázsia egyes részeit, Dél-Amerika déli részét, az Egyesült Államok északi részét, Északnyugat-Európát és az Amazonast.

Modellelemzés

Az árvizek szimulálására használt hidrológiai modellek szerkezetileg változatosak, gyakran kiterjedt kalibrálást igényelnek, mivel a talajviszonyokat és a földfelszín tulajdonságait paraméterezni kell, függetlenül a térbeli felbontástól. A modellek felépítéséhez és kalibrálásához használt adatok általában durva felbontásúak, ami sokféle alkalmazkodási technikát tesz szükségessé. Ez nem csak a modelleknél, hanem a kalibrálás megbízhatóságánál is bizonytalanságot jelent. Az árvízi modellek minősége a térbeli léptéktől is függ, mivel a különböző méretű vízgyűjtőkön eltérőek az árvízi folyamatok. A nagy vízgyűjtők esetében bonyolultabb modellezni az árvízi folyamatokat, mivel ezeknél a vízgyűjtőknél a vízgazdálkodás és a vízhasználat gyakran bonyolultabb.

A regionális modellek ésszerűen jól reprodukálják a mérsékelt és a nagy vízhozamokat, de a legszélsőségesebb vízhozamoknál nagy torzítások vannak, függetlenül a vízgyűjtők éghajlati és hidrológiai jellemzőitől. A globális léptékű hidrológiai modellek még több kihívást jelentenek, mivel nehezen tudják reprodukálni az árvízveszély nagyságát. Ezen kívül több modell együttes átlaga sem teljesít jobban, mint az egyes modellek.

A hidrológiai modellek használata az árvizek változásainak értékelésére, különösen a jövőbeli előrejelzésekre, a bizonytalanság további dimenzióját növeli az éghajlati előrejelzések bizonytalansága mellett, beleértve a kibocsátási forgatókönyveket, valamint a vezető klímamodelleket (mind az RCM-ek, mind a GCM-ek). A hidrológiai modellek, valamint a klímamodell-eredmények utófeldolgozása a hidrológiai modellekhez, növelik az árvízi előrejelzések bizonytalanságát.

Összefoglalva megállapítható, hogy a készítőik által ismert regionális hidrológiai modellekkel a legszélsőségesebb vízhozamokra vonatkozó szimulációi nagy torzításokkal járhatnak. A globális léptékű hidrológiai modellek továbbra is küzdenek az árvizek nagyságának reprodukálásával. A jövőbeli árvizek előrejelzését hátráltatják ezek a nehézségek, beleértve a kibocsátási forgatókönyveket és az inputokat generáló éghajlati modellek bizonytalanságait.

Észlelés és események vizsgálat

Nagyon kevés tanulmány foglalkozik az árvizek hosszú távú változásainak vizsgálatával, de vannak tanulmányok az árvízi események változásairól. A legtöbb tanulmány a villám- és városi árvizekre összpontosít, amelyek szorosan kapcsolódnak az intenzív csapadékeseményekhez. Más esetekben az események vizsgálata a lefolyásra összpontosít a hidrológiai modellek segítségével. Az antropogén hatásokra vonatkozó megállapítások régióként és medencéként eltérőek. Egyes árvízeseeményeknél a jelenlegi éghajlaton kisebb a nagy árvizek valószínűsége, mint az emberi hatás nélküli éghajlaton, míg más esetekben az emberi hatás intenzívebb árvizekhez vezet. Az olyan tényező, mint a talajborítás változása szintén növelheti a nagy árvizek valószínűségét. Ezek, valamint a modellek bizonytalanságai és a tanulmányok általános

hiánya ezt eredményezik, hogy a klímaváltozás hatásait az árvízi eseményekre nem lehet prognosztizálni.

A heves csapadékban bekövetkezett változások nem fordíthatók le úgy, hogy az árvizek változásait az emberi tevékenységek okozzák kizárólag, mert a csapadék csak egy a sok tényező közül, amely befolyásolja az árvizeket. Például egy tanulmányban Teufel és mtsai. (2017) kimutatta, hogy bár az emberi befolyás növelte az áradást okozó csapadék valószínűségét a 2013-as kanadai Alberta-árvízben, nem észlelték, hogy ez befolyásolta volna magának az árvíznek a valószínűségét.

Gudmundsson et al. (2021) összehasonlították az 1971 és 2010 közötti időszakban megfigyelt nagy folyóhozamok regionális trendjeit a globális hidrológiai modelleken szimuláltakkal. A hidrológiai modelleket az éghajlati modell szimulációk eredményei vezérelték minden történelmi és iparosodás előtti feltétel mellett. Eredményeikben a folyók szélsőséges vízhozam trendjeinek összetett térbeli mintázatait látták. Azt is megállapították, hogy a megfigyelt trendek térbeli mintázata csak akkor reprodukálható, ha figyelembe veszik az ember okozta klímaváltozást és, hogy a víz- és területgazdálkodás szimulált hatásai nem képesek reprodukálni a megfigyelt trendek térbeli mintázatát. Mivel ez csak egy tanulmány, és több figyelmeztetés kapcsolódik hozzá, beleértve a viszonylag gyenge megfigyelési adatok lefedettségét, nem jelenthető ki határozott álláspont a klímaváltozás árvizekre gyakorolt jövőbeli hatásairól.

Jövőbeli előrejelzések

A különböző kibocsátási forgatókönyvek szerinti árvízi előrejelzésekről szóló tanulmányok alacsony rendelkezésre állása figyelhető meg, és arra a következtetésre jutunk, hogy a regionális árvizeket kiváltó mechanizmusok összetettsége miatt rendkívül nagy a bizonytalanság a jövőbeni árvízi események előrejelzésében.

Az IPCC SR15 tanulmánya megállapítja, hogy 2°C-os globális felmelegedéssel az árvízveszély által érintett globális terület növekedik a felmelegedés okozta heves csapadékok változásának következményeként.

A hidrológiai modelleken alapuló jövőbeli árvízi előrejelzéseket készítő új tanulmányok többsége jellemzően nem veszi figyelembe azokat a szempontokat, amelyek szintén fontosak az árvíz tényleges súlyossága vagy az árvízkárok szempontjából, mint például az árvízvédelmi intézkedések, vagy a felszínborítottság változása. Globális szinten Alfieri et al. (2017) azt találták, hogy Európa kivételével minden kontinensen folyamatosan nőtt a nagy árvizek gyakorisága, ami a globális felmelegedés fokozódásához (1,5°C, 2°C, 4°C) köthető.

Kontinentális és regionális léptékben az árvizek előrejelzett változásai a világ különböző részein egyenetlenek, de a régiók nagyobb hányadánál tapasztalható növekedés, mint csökkenés a 21. században. Ezek az eredmények azt sugallják, hogy globális szinten nagy a bizonytalanság az árvizek tendenciáiban, és még nagyobb bizonytalanság tapasztalható az előrejelzett regionális változásokkal szemben.

A globális hidrológiai modellek előrejelzése szerint tehát a területek nagyobb hányadát érinti a folyami árvizek növekedése, mint a folyami árvizek csökkenése. A folyami árvizek regionális változásai bizonytalanabbak, mint a pluvialis árvizek változásai, mivel összetett hidrológiai folyamatok és paraméterek érintettek, beleértve a felszínborítás változását és a vízgazdálkodást.

4. Az ICPDR stratégiai útmutató alapelvei és javaslatai

Az Árvízi Irányelv végrehajtása során megfontolandó általános kérdés, hogy a lehetséges változások mennyire pontosan előrejelezhetők, egyáltalán lehet-e ilyen tematikájú előrejelzésről beszélni. Az éghajlatváltozás változtatást igényel az árvízi kockázatok kezelésben. A teljesség igénye nélkül a következő bizonytalanságokat kell figyelembe venni: az árvizek időtartamának, intenzitásának és gyakoriságának változásai; eltolódások az árvizek előfordulásának évszakában; fokozott árvíz-kockázatok; árvizek az időszakos vízfolyásokban (különösen a kiszáradó régiókban); megváltozott hóolvadás, a jeges árvizek és a szabályozott folyók morfológiája; a változó vízgazdálkodási trendek. Az árvíz-kockázat-kezelés során figyelembe kell venni az éghajlatváltozás hatását a vízgyűjtő hidrológiai viselkedésére természetes és megváltozott körülmények között is. A kockázatcsökkentési intézkedések magukban foglalhatják a területhasználat-tervezés különböző megközelítéseit, a nemzeti klímaváltozási politikákat, valamint az árvízzel való együttélés és az azokhoz való alkalmazkodás megtanulását, ha a megelőzés nem lehetséges.

Az EU Víz Keretirányelv (VKI) „Vízgyűjtő-gazdálkodás változó éghajlatban” fejezete támogatást nyújt a vízgyűjtő gazdálkodással foglalkozó szakembereknek az éghajlatváltozás figyelembevételére a következő vízgyűjtő-gazdálkodási ciklusokban. Foglalkozik az árvíz-kockázattal kapcsolatos konkrét kérdésekkel, szem előtt tartva annak szoros összekapcsolásának szükségességét a gazdálkodással és vízgyűjtő-gazdálkodással a jövőben. Az útmutató dokumentum rámutat arra, hogy a szélsőséges csapadék intenzitása és gyakorisága a jövőben megváltozik a megváltozott területhasználattal, ami várhatóan az árvíz-kockázat növekedését okozza Európa nagy részén. Az Árvízi Irányelv (ÁI) számos jellemzővel rendelkezik a VKI-ben, mint például a kockázatértékelés ciklikus megközelítése, a kezelési tervek elkészítése és a konzultációs folyamatok. A VKI irányelve szerint a kockázatértékelés a biztonsági kérdéseket helyezi a középpontba. A vízgyűjtő-gazdálkodásra megfogalmazott elvek tehát közvetlenül alkalmazhatók az árvízkezelésre. Az ÁI tovább hangsúlyozza, hogy az éghajlatváltozással kapcsolatos összehangolt fellépésre van szükség az egész vízgyűjtőn, különösen ott, ahol határokon átnyúló vagy több régiót érintő árvíz-kockázati problémák állnak fenn. A VKI és az árvíz-kockázat-kezelési célkitűzések az éghajlat tekintetében több helyen átfedik egymást. Például a gyakoribb árvizek jótékony hatással lehetnek a vízi ökológiára, a talaj termékenységére és a vízpótlásra, valamint az ökológiai diverzitás fenntartására.

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szóló ICPDR stratégia célja, hogy útmutatást adjon az éghajlat integrációjához a tervezési folyamatokba.

Konkrét javaslatok (ICPDR)

- Meglévő árvízvédelmi infrastruktúra átalakítása - az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási tényező bevezetése töltésfejlesztés tervezésénél
- Az árvízkezelés adaptálása - megfelelő árvízvédelmi gyakorlat megvalósítása az árvíz előnyeinek feltárására:
 - A helyi érintettek bevonása - az árterek kiemelése a vízgyűjtő-gazdálkodásban a helyreállítási és árvízvédelmi tárolási területek kijelölése során
 - Az árvízkezelés adaptálása
 - az árvíz-kockázat-kezelés nem strukturális és strukturális intézkedéseinek kombinációja;
 - a vízgyűjtők védelmének fokozása passzív biztonsági intézkedésekkel és aktív folyószabályozással egyaránt;

- a területfejlesztési és fejlesztési tervek összhangja az árvíz stratégiával és az árvízi kockázat-kezelési tervekkel;
 - az árvíz kockázat-kezelés integrálása a területhasználat-tervezésbe
- Az árvízkezelés adaptálása a vízi infrastruktúrára vonatkozóan - vízfolyás szabályozása a vízfolyások csatornáinak vízhozam kapacitásának növelésével
- A tározók és tavak funkciójának megváltoztatása - állandó tározók helyett vésztározók kialakítása az árhullámok szabályozására
- Ártéri rendszerek adaptálása
 - Új ártéri területek kialakítása
 - Meglévő ártéri területek méretének növelése
 - Hidraulikai akadályok eltávolítása
 - Az árterek megőrzése, hatékony védelme és helyreállítása
 - A határokon átnyúló árterek kezelése a Duna teljes hosszában a meglévő kezdeményezések befejezésével és újak támogatásával
 - A mezőgazdasági területeken az intenzív vegyszerhasználatból adódó esetleges negatív hatások elkerülése a védett árterek reaktiválásának tervezése során
- Jogi kérdések, például vízügyi törvények kiigazítása
- A vízvédelmi technológiai irányelvek adaptálása
 - Az öntözéshez kapcsolódó víztakarékossági előírások, valamint a változó támogatási rendszer bevezetése, betartatása
 - A mezőgazdasági üzemek szintjén alkalmazandó szabványok meghatározása a víz öntözési célú felhasználása esetén a meglévő nemzeti engedélyezési eljárások betartására vonatkozóan
- Adaptálás a vízgazdálkodáshoz
 - A biodiverzitás figyelembevétele az árvízvédelmi és vízgyűjtő-gazdálkodási intézkedésekben
 - A felszíni vizek természetorientált kezelése, szükség esetén rekonstrukciója az ökoszisztémák természetes kapacitásának fenntartása érdekében
 - Meglévő töltések terveinek kidolgozása, hogy szükség esetén felszabaduljon a felesleges víz
- A vízgazdálkodás adaptálása
 - Ökológiailag érintett vízgazdálkodás az EU Víz Keretirányelv követelményeit követve
 - A tározók üzemeltetése az ökológiai szempontok figyelembevételével
- Adminisztráció
 - A nemzeti vízügyi jogszabályok harmonizálása az EU jogszabályokkal, különös tekintettel az EU VKI végrehajtására
 - Kormányközi koordináció és információcsere a vonatkozó politikák ((víz-keretirányelv), árvízvédelem (árvízi irányelv) és a biológiai sokféleség megőrzése (flóra-fauna-élőhely-irányelv és madárvédelmi irányelv) végrehajtásának megerősítése érdekében.
 - Környezeti és egészségügyi kockázatkezelés szélsőséges körülmények esetén
 - Támogató intézményi keret létrehozása (szabványok, jogszabályok és a legjobb gyakorlatokra vonatkozó útmutatások megváltoztatása, valamint megfelelő politikák, tervek és stratégiák kidolgozása)
 - Irányelvek, irányítás és koordináció – árjelzések, piaci alapú eszközök és magánfinanszírozás – EU-finanszírozási rendszerek
 - A meglévő intézmények hozzáigazítása a klímavédelmi politika aktív végrehajtásának és a nemzetközi megállapodásokból (UNFCCC, Kiotói Jegyzőkönyvek stb.) adódó kötelezettségek teljesítésének igényeihez.

- A vízhiányos területeken a tevékenység fejlesztésének korlátozása
 - A mezőgazdasági gazdálkodási rendszerek finanszírozási lehetőségének adaptálása, amely szinergiahatásokat tesz lehetővé a természetvédelem, a vízgazdálkodási rendszer (árvízvédelem, WRRL kialakítása) és a VKI-hez való alkalmazkodási intézkedések között.
 - Az erdőtüzek megelőzésének fokozása korai figyelmeztető rendszerekkel és az erdőtűzvédelmi rendszer fejlesztésével
 - Az erdészeti stratégiák frissítése
 - A helyi közösségek szerepének erősítése a fenntartható erdőgazdálkodásban
 - Az erdőtüzek megelőzésére és védelmére vonatkozó országos tervek aktualizálása, az erdőtüzek elleni védekezés javítása
- A talajvíz mesterséges feltöltése
- A nyilvánosság tudatosítása, képzése és oktatása
 - Az közoktatási és képzési programok támogatása, amelyek jelentős befektetéseket igényelnek a monitoring, a kutatás, a technológiaátadás és az oktatás terén
 - A közvélemény tudatosságának növelése az erdészeti előnyökkel és védelmük módjaival, a klímaváltozás hatásaival és a lehetséges alkalmazkodási intézkedésekkel kapcsolatban
 - A lakosság figyelemfelkeltése és felkészültségének biztosítása árvíz kockázatokkal kapcsolatos nyomtatott anyagok terjesztésével, valamint lakossági találkozók és képzések megszervezésével
 - Az éghajlatváltozással összefüggő árvíz kockázat-változások bevonása a folyamatban lévő oktatási kezdeményezésekbe az árvíz kockázati tudatosság és felkészültség javítása érdekében
 - Közösségi önvédelmi csapatok létrehozása, amelyek elősegítik a lakosság és a vállalkozások önállóságát, hogy minimálisra csökkentsék a személyes biztonságot és az anyagi károkat az árvízi események során
 - A lakosság felvilágosítása és tájékoztatása annak érdekében, hogy a polgárokat megfelelő magatartásra ösztönözze az árvíz elvonulása előtt, alatt és után, és tegye meg saját elővigyázatosságát
- Vészhelyzeti tervezés és képzés
 - Duna-menti árvíz-előrejelző rendszer kialakítása
 - Meglévő hazai és nemzetközi árvíz-előrejelzések értékelése
 - Időszerű és megbízható árvíz-előrejelzési és tájékoztatási rendszer kialakítása a vonatkozó regionális és országos rendszerek alapján
 - Meglévő rendszerek fejlesztése és összekapcsolása, pl. matematikai modellek és radarok bevezetésével, amelyek kvantitatív előrejelzést tudnak adni a csapadékról, további információk nyújtásával a nemzeti és regionális árvíz-előrejelző hatóságoknak, a korai előrejelző evakuálási tervek beépítésével
 - Az Európai Árvízriadó Rendszer részeként az FP EG-vel együttműködve egy vízgyűjtő szintű Dunai Árvízriasztó Rendszer továbbfejlesztése és tesztelése középtávú előrejelzésekhez, pl. a LISFLOOD rendszeren alapulva
- Árvízvédelmi stratégia kidolgozása
- Korai figyelmeztető rendszerek fejlesztése aszályokra és alacsony vízhozamokra
 - Európai és nemzeti szintek figyelembevétele

- A terhelések/szárazság csökkenésének monitorozása és a nyilvánosság tájékoztatása országos szinten
 - További megfelelő cselekvési intézkedések kidolgozása
 - A meglévő intézkedések megfelelőségének ellenőrzése, a hiányosságok azonosítása és új intézkedések javaslata a hiányosságok azonosítása esetén
 - Az érdekelt felek bevonása a vízhiány leküzdésére irányuló határozott intézkedések megvalósításába
 - Párbeszéd, részvétel, információcsere, közösségi hálózat
 - Nemzetközi együttműködés: a részvízgyűjtő-szintű együttműködés erősítése, új párbeszédkezdések kezdeményezése, a bevált gyakorlatok cseréjének elősegítése a Duna-medence integrált vízgazdálkodási kérdéseiben a döntéshozók között minden szinten és a Régió lakossága között
 - Támogató társadalmi struktúrák kialakítása (belső szervezeti rendszerek megváltoztatása, erőforrások fejlesztése az alkalmazkodási akciók végrehajtásához és partnerségben végzett munkához)
- Árvízvédelem
 - Árvízvédelmi tervezés
 - Áttekintés készítése a VKI környezetvédelmi célkitűzéseinek megvalósítását célzó jövőbeli intézkedések végrehajtásáról az árvízvédelem megfelelő szintjének biztosítása mellett
 - Árvíz kockázat értékelése
 - Árvíz kockázati vizsgálat végrehajtása az árvíznek kitett területek azonosítására
 - Előrejelzés / River Information Systems
 - A jobb szezonális vízhozam-előrejelzések vízi utak szintjén rövid távon segíthetnek az árvízi előrejelzésben
 - A vízszint helyzetének jobb előrejelzése 3 hónapig
 - Vízszint-előrejelzési módszerek fejlesztése
 - Harmonizált River Information Services (RIS) megvalósítása (cél: a belvízi hajózás biztonságának, hatékonyságának és környezetbarát voltának növelése, fontos a teljes Duna és fő hajózható mellékfolyói és csatornái mentén történő megvalósítás)
 - Előrejelző és korai figyelmeztető szolgáltatás
 - Az éghajlati és hidrológiai szélsőséges események korai figyelmeztető rendszereinek fejlesztése
 - Az éghajlatváltozás által befolyásolt lehetséges veszélyek korai felismerésének előmozdítása és támogatása, mint például a lavinák, áradások, sárcsuszamlás és földcsuszamlás veszélyei
 - Vízügyi információs szolgáltatások bővítése
 - Jégtörő flotta, mint határon átnyúló intézkedés
 - Technológiai megoldások megvalósítása alacsony vízhozam/szárazság esetén
 - Alkalmazzon alacsonyabb névleges teljesítményt használó turbinákat, hogy csökkentse az alacsony vízellátás vízerőművekre gyakorolt hatását
 - Az erőművek szükségvízcsatlakozásai létesítése arra az esetre, ha a folyóvízzel való hűtés a nyári szárazság miatt ellehetetlenülne
 - Az FD végrehajtása
 - Az árvízi irányelv végrehajtása, beleértve az éghajlatváltozás hatásait a felszíni vizekből és a part menti területeken keletkező árvizek kezelésére; a hatéves

- kockázatelemzéseket, veszély-/kockázattérképeket és árvízkezelési terveket rendszeresen felül kell vizsgálni a legújabb ismeretek figyelembevételével
- Az EU árvízi irányelv alkalmazása jogi keretként az árvízkezelési tervek felmérésére és kezelésére vonatkozó összehangolt megközelítéshez
 - A víztárolás növelése
 - Tározók vizsgálata és további helyszínek biztosítása az alacsony vízhozamok növelése és az ivóvíz biztonságának megteremtése érdekében; ezeket a vizeket tűz ellen és öntözésre is lehet használni
 - Helyi vízkészletek felhasználása tanyasi tavak létesítésével a csapadéklefolyás felfogására
 - Víztároló kapacitás növelése
 - a meglévő tározók bővítése és/vagy új tározók létesítése, hogy nyáron is lehetővé váljon a vízenergia-termelés
 - A kockázati területek feltérképezése
 - A nagy, potenciális árvíz- és vízhiányos területek azonosítása
 - Klímaváltozási hatásokkal kapcsolatos bizonytalanságot is tartalmazó árvízveszély-, kockázati és sérülékenységi térképek, adatbázisok létrehozása, használata és rendszeres adaptálása (pl. a Duna FLOODRISK projekt támogatása) az árvízveszélynek kitett területek lakossági tudatosságának növelése
 - Monitoring rendszerek
 - A hidrometriai hálózatok adaptálása az éghajlatváltozás vízkészletekre gyakorolt hatásának nyomon követésére,
 - Vízigény nyomon követése és előrejelzése az igényekkel és trendekkel kapcsolatos jobb ismeretek alapján.
 - Regionális tervezés
 - Az árvízvédelmi területek lefoglalása (a vízügyi jogszabályok által előírt árvízvédelmi területek kijelölésén túl), a meglévő kibocsátási és visszatartási területek védelme és szükséges bővítésük előkészítése
 - Területrendezési és építési tevékenységek az éghajlatváltozás és a megnövekedett árvízveszély összefüggésében
 - A területfejlesztési és fejlesztési tervek összefüggése a stratégiával és a kockázatkezelési tervekkel
 - A felszín alatti vízkitermelésre vonatkozó előírások
 - Kutatás
 - Az éghajlatváltozás által különösen érintett területek/régiók azonosítása. Részletes kutatás a klímaváltozás vízügyi hatásairól és az alkalmazkodási lehetőségekről (a bizonytalanság csökkentése érdekében)
 - Regionális és ágazati adaptációs kutatás
 - Az éghajlatváltozás ökorégiókra, tipológikákra és referenciahelyekre gyakorolt hatásainak vizsgálata, valamint megoldási javaslatok
 - A modellek (klíma és hidrológiai szempontok) és a DRB forgatókönyveinek javításának elősegítése, valamint az éghajlati ingadozások bemutatásának javítása
 - Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás költségeinek közgazdasági elemzése a vízügyi ágazatban

- A kutatás fejlesztése a hidrológiai folyamatok numerikus modellezése terén (csapadék/hólefolyás különböző időintervallumokra)
- Módszerek kidolgozása a határokon átnyúló ártereken
- Kockázatkezelés
 - A meglévő töltések vizsgálata az árvíz kockázat felmérésében és kezelésében, mert hozzájárulnak az árvíz kockázat kezeléséhez
 - Az éghajlatváltozás beemelése a jelenlegi kockázatkezelési stratégiákba egy nagyobb tervezési folyamat részeként a víz- és hőenergia-termeléssel kapcsolatban
 - Intézkedések megtétele az energiarendszer kritikus infrastruktúráinak (vízerőművek gátak) meghatározására a szélsőséges időjárási jelenségek esetén szükséges intézkedések meghatározása érdekében
- Kockázatkezelési rendszer
 - Az integrált kockázatkezelés előmozdítása és támogatása, amely teljes mértékben kiaknázza a lehetséges védelmi intézkedésekben rejlő lehetőségeket, összehangolt módon. Ezek a védelmi intézkedések magukban foglalják a megelőzést (területhasználat tervezés, korai figyelmeztető rendszerek, védőerdők gondozása, vízi utak renaturálása, védőszerkezetek), katasztrófakezelés (beavatkozás) és újjáépítés
 - A kockázatmegelőzés és a sérülékenység csökkentése céljának integrálása a területrendezés minden szintjébe
 - A közvélemény tájékoztatásának javítása a kockázat és az alkalmazkodási költségek közötti optimális egyensúly megteremtése érdekében
- Kockázattérképezés
 - A potenciális kockázati területek (területek, infrastruktúrák és közművek) azonosítása
- Szabványosítás
 - Világos meghatározás és módszertan bevezetése az aszályok gazdasági, társadalmi és környezeti költségeinek becslésére
 - Szerkezeti árvízvédelem / városi infrastruktúra adaptálása
 - Meglévő vízvezető rendszerek és kapacitás javítása, beleértve a szennyvíz elválasztását, a csatornamentesítést az árvíztől külső szivattyúzással és egyéb megoldásokkal
 - Mesterséges beszivárgás és retardáció megvalósítása az át nem eresztő területek csökkentése érdekében
 - Helyi tárolók kialakítása (tavak, épülettárolók, talajvíz ciszternák)
 - Új védőszerkezetek építése pl. árapály akadályok
 - Polderek építése, felújítása
 - Műszaki védőszerkezetek állandó karbantartása
 - A csatornázás adaptálása
 - Fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok
 - Az integrált termelés és az ökológiai stabilitás védelme
 - Új, fenntartható és környezetbarát technológiák fejlesztése és alkalmazása, pl. növényvédelem, valamint a növénybetegségek és kártevők elleni nem vegyi módszerek kiemelt fejlesztése
 - Árvíztűrő fajok betelepítése
 - A természetvédelmi és árvízvédelmi követelmények betartása
 - Mezőgazdasági gyakorlatok javítása

- Fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok
 - Vízvezetés javítása
 - Lefolyás csökkentésének támogatása agronómiai gyakorlatokkal, például a talajművelés nélküli és a növénytermesztési rendszerekkel
 - Szoros együttműködés a mezőgazdasággal a fenntarthatóbb mezőgazdasági gyakorlat elérése érdekében
- Fenntartható és integrált gazdálkodás
 - Új szövetségek és munkamódszerek létrehozása az innovatív megoldások érdekében, pl. vízgyűjtő-kezelés, forrásellenőrzés stb.
 - Az EU VKI által megkövetelt komplex vízgazdálkodási rendszer megvalósítása a természetvédelmi követelmények figyelembe vételével
 - A természeti erőforrásokkal való fenntartható gazdálkodás és az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdések integrálása
 - Víztakarékosági kultúra és etika megszilárdítása, jelentős vízhasználat, vízkészletek védelme Példa a jó gyakorlatra: Bajorországban (Németország) összehangolt intézkedéseket hajtottak végre a vízvizsszatartás optimalizálására a tőzeplápok és vizes élőhelyek exudációs renaturálására szolgáló tározók kombinálásával, vízbázis létrehozásával.
- A vízkészletek fenntartható kiaknázása
 - Vízkészletek fenntartható használatának vizsgálata
- Határon átnyúló együttműködés
 - Régiók közötti alkalmazkodási stratégia kidolgozása: a különböző régiók összekapcsolódnak és függenek egymástól
 - Határon áterjedő hatások megelőzése, ellenőrzése és csökkentése: megfelelő jogi, adminisztratív és műszaki intézkedések kidolgozása, elfogadása és végrehajtása, valamint a hatékony vízminőség-védelem és a fenntartható vízhasználat biztosítása és ezáltal a megelőzés érdekében szükséges hazai előfeltételek és alapok biztosítása, a határokon átnyúló hatások ellenőrzése és csökkentése
- Vízgazdálkodás
 - Vízgyűjtők közötti vízátadás egyes vízgyűjtők hiányának kompenzálására
 - További erőfeszítések megtétele a vízhiány megelőzése és az aszályok hatásainak kezelésére
 - Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás beépítése a vízgazdálkodásba a fenntarthatóságra való összpontosítással (fenntartható egyensúly a víz rendelkezésre állása és a kereslet között)
 - Vízhasználati korlátozások és korlátozások megvalósítása a vízkivételben és a szivattyúzásban aszályos események idején.
 - Az aszály idején alkalmazott vízellátási korlátozások hierarchiájának kialakítása és a közösségek koordinálása a vízgazdálkodásban érintett intézmények között
 - Vízgazdálkodási tervek adaptálása/módosítása

5. Árvíz hidrológia és klímaváltozás Magyarországon

Árvíz levonulási tapasztalatok

A Duna árvízére utaló legrégebbi történelmi feljegyzés 1012-ből származik. Az 1092, 1126, 1193, 1235, 1248, 1267, 1268 években is nagy árvizeket jegyeztek fel. A XIV-XVII. századból 14 pusztító árvizet (köztük az 1501 évit), a XVIII. századból 23 jelentős árvizet említenek. Minden idők legnagyobb dunai árvize az 1501 évi lehetett, amikor egyes becslések szerint (Stelczer, 2004) Mohácsnál 1057 cm volt a tetőzés.

A XIX. század elején az 1827, 1830 években is voltak elöntésekkel, illetve károkkal járó dunai árvizek. A jégtorlasz által okozott árvizek között az 1838. márciusi történelmi jelentőségű, amikor több település pusztult el Esztergomtól Vukovárig. A XIX. század második felében 1875, 1876-ban, 1895, 1897 és 1899 években, míg a XX. században 1920, 1923, 1926, 1940, 1941, 1944, 1954, 1956, 1965, 1991 években vonult le nagy árvíz a Dunán. A XXI. század elején 2002, 2006 és 2013 években voltak az addigi legnagyobb vízállásokat meghaladó árvizek. A Sión, Sárvízen és Kaposon 1940-ben, 1972-ben, 1974-ben, 1980-ban, 2005-ben és 2010-ben voltak jelentős árvizek.

1. táblázat. A folyószabályozási munkákat követő nagy dunai árvizek fő jellemzői

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
1876. II.-III.	Duna Dunaújváros, Dunaföldvár, Paks 803 cm, Baja 531 cm, Mohács 840 cm	Február második feléig vastag jégtakaró volt a teljes hazai Duna szakaszon. Több helyen, pl. a gerjéni jégtorlasz szétrepesztésére dinamittal próbálkoztak. Február közepén az Alpokban, enyhe időjárás állt be, felülről olvadás kezdődött és megáradtak a patakok. Az árvíz főleg a jégdugók miatt lett veszélyes. A hazai felső szakaszon már február 21-én töltésmeghágás volt. A következő napokban a folyam hazai alsó szakaszán is megindult az áradás, de a jég február 26-ig nem indult meg. Töltésszakadás volt Solt és Vejte, Dunavecse és Apostag, Tolna és Bába között. Elöntötte a víz Hajóst, Fajszot, Dusnokot, Bogyiszlót, Dunavecset, Dunapatajt, Szalkszentmártont, Kunszentmiklóst, Apostagot, Dunaegyházát, Kiskunlacházát, Ordast, Szabadszállást, Fülöpszállást, Baja és Paks alsó részét. Mohács 1770 házából 492-öt borított víz. Mohácsnál február 26-tól április 3-ig, 37 napig tartott az árvíz.
1899.IX	Duna Dunaújváros 640 cm, Dunaföldvár 647cm, Paks 811 cm, Baja 888 cm, Mohács 878 cm	Az árvizet döntően az Inn folyó, továbbá a Traun és az Ens vízgyűjtőjére hullott csapadék okozta. A Duna ausztriai és hazai, Komárom feletti szakaszán is 1965-ig ez volt a mértékadó nagy árvíz (az árvízvédelmi töltéseket ennek alapján méretezték), amely számos helyen okozott töltésszakadást, és jelentős területek kerültek elöntésre (Szigetköz). Az árhullám a hazai szakaszon ellapult.
1929.	Duna Dunaújváros 606 cm,	A Duna felső folyásán hatalmas hőtömeg hullott (az Inn felső folyásán 3,0 m vastagság). A hőmérséklet január-február hónapokban -20 és -30 C° volt. A

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
	Paks 618 cm, Dombori 616 cm Mohács 685 cm	Dunán a jég a 60 cm vastagságot is elérte. Január 21-én a jég megállott Dunapentelénél (Dunaújváros), és jégtorlasz keletkezett, mely a vizet 1,5 m-rel felduzzasztotta. A jégzajlás március közepén indult meg.
1940.III.	Duna Dunaújváros 685 cm, Dunaföldvár 640 cm, Paks 802 cm, Baja 878 cm, Mohács 878 cm Sió Simontornya 709 cm (jeges tetőzés)	<p>Az árvizek sorozata a március havi jeges árvízzel kezdődött, amit egy jégnélküli árvíz követett. Március 12-én a Gaja-patak elöntötte a Székesfehérvár feletti területeket, majd délkeletről körülvette a várost. Vízbe került a Hosszútemető, a vágóhíd, a Hosszúsétatér, az ár elérte a Székesfehérvár-komáromi vasútvonalat. A Sárvíz visszaduzzadó vize a Dinnyés-kajtori csatornán keresztül elöntötte Sárkeresztúr nyugati felét. A víz a Kapos a töltéseket 165 cm-rel haladta meg és elöntötte Kaposvár alsóbb részeit, és 6 km² területet és elsodorta a Kaposvár-szigetvári vasútvonal hidját. Víz alá került a taszári repülőtér, tönkrementek a homoki, nagyberki, szabadi Kapos-hidak. A víz Dombóvárnál a töltéseket 100 cm-rel haladta túl. A Sió Simontornyánál 110 cm-rel volt magasabb az LNV-nél. Tolnanémedinél elöntötte a kendergyárat. Március 16-án a Sió kettévágta Simontornyát. A Kapos és a Sió völgyében összedőlt 105 ház, megrongálódott 267. Tönkrement 2 vasúti és 8 közúti híd. A Karasica 9200 kat. holdat öntött el. Magyarboly községben 120 házat döntött romba.</p> <p>A Duna árvize március 20-án Dunaföldváron az alacsonyabb részeket elöntötte. A Harta-Uszod közötti és a Paks alatti jégtorlaszt a légierők bombázással rombolták. Pakson március 21-én tetőzött. Felette mindenütt károkat okozott. Március 20-tól jégnélküli árhullám indult el, veszélyeztetve a védműveket.</p>
1941.II.	Duna - Dunaújváros 864 cm, Dunaföldvár cm, Paks 968 cm, Dombori 874 cm, Mohács 826 cm	A jeges árvíz a Csepel-sziget alatt, Apostag és Dunaegyháza között a gátat öt helyen szakította át. A víz elöntötte a Duna vonala és a Dunavecse-Szabadszállás-Fülöpszállás-Kiskőrös-Baja menti vonal közé eső területeket. 80.000 ha került víz alá.
1954. VIII.	Duna Dunaújváros 671 cm (LNV-14), Dunaföldvár 651 cm (LNV-22), Paks 816 cm (LNV-36), Baja 912 cm (LNV+7),	Július 7-8-án felhőszakadás volt Felső Ausztriában (Scharfling 286 mm). Az árvíz kialakulásában főként az Enns a Traun és a Salzach játszottak szerepet. A Dunán az országba 14,2 milliárd m ³ víz folyt be, és a XIX. század végi folyó-szabályozást követő legnagyobb árvíz alakult ki. A Baja-Mohács-déli országhatár szakaszon az árvíz 7-24 cm-rel haladta meg a korábbi LNV-t. Mohácsnál július közepétől augusztus 1-ig, 17 napig tartott az árvíz. Az Alsó Dunán 320 km-es folyószakaszon védekeztek csurgás, szivárgás, átázás ellen. 67

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
	Mohács 924 cm (LNV+24)	buzgárt és kb. 50 töltéscsurgást fogtak meg. A Dunavölgyi-főcsatorna torkolati zsilipjénél a gátszakadást szádfalazással hártották el. A Gemenci-erdőnél gátszakadás volt, a vadállomány egy részét megmentették.
1956.III.	Duna – jeges tetőzések Dunaújváros 886 cm (LNV+22), Duna Paks 968 cm (LNV+116) Baja 1037 cm (LNV+125), Mohács cm 990 cm (LNV+66)	A vízgyűjtőn nagy hómenyiség halmozódott fel. Február közepére a Duna teljes magyarországi szakaszán jégpáncél alakult ki (186 millió m ³). Február végén olvadás kezdődött, és a Kárpátok nyugati lejtőin 100 mm csapadék hullott. Dunaföldvárnál és alatta jégtorlaszok jöttek létre. A tetőzések a korábbi LNV-t helyenként több mint 1 m-el haladták meg, pedig 58 gátszakadás volt. A hadsereg megkísérelte szétbombázni a jégtorlaszokat, de sikertelenül. Március 11–14-én a sükösdői Vajastorok és Érsekcsanád között 6, Baja környékén 2, Mohács térségében 14 helyen szakadtak át a gátak. A mentést nehezítette, a viharos szél és hóvihár. A települések körül nyúlógátak épültek, a lakosságot evakuálták. Nagybaracska tanyáin 150 házból csak 3 maradt meg, belterületén 25 ház dőlt össze. Baja mélyebb, nyugati részét öntötte el a víz, 360 család vált hajléktalanná. Víz alá került 74.000 ha föld, 8500 lakóingatlan. 39 elöntött községből 60.000 embert telepítettek ki. Áldozatul esett 5 ember. Gemenc szinte teljes szarvas állomány kipusztult, az áradást követően 2300 szarvas tetemét szállítottak el a helyszínről.
1965.VI	Duna Dunaújváros 742 cm (LNV+57), Dunaföldvár 703 cm (LNV+30), Paks 872 cm (LNV+18), Baja 976 cm (LNV+64), Mohács 984 cm (LNV 60)	A Duna felső vízgyűjtőjén a hótakaró (11 km ³) olvadásából és az esőzésekből március végétől június elejéig kialakult 7 árhullámmal 74,3 km ³ víz folyt be az ország területére. A magas vízállást az árhullámok egymásra futása és a bal parti mellékfolyók (Morva, Vág, Ipoly) árhullámainak közel egy időben érkezése okozta. A Duna Gönyűtől lejjebb LNV feletti, hosszan árvíz alakult ki. Tartóssága Mohácsnál 128 nap volt (23 nap az 1954. évi LNV felett). A magyar szakaszon nem volt töltésmeghágás és gátszakadás, de a töltések mentén árvízi jelenségek alakultak ki (átázás, csurgás, buzgár, töltésrészsű suvadás), amelyek védekezés nélkül gátszakadáshoz vezettek volna. A töltések mögött feltörő fakadó vizek több ezer hektár szántóterületet borítottak el és több száz házat megrongáltak.
2002. VIII.	Duna Dunaújváros 716 cm (LNV-26), Dunaföldvár 685 cm (LNV-28),	Az országban átlagnál melegebb és szárazabb időjárás miatt aszály alakult ki. A Duna vízgyűjtő felett kialakult nagy nedvességtartalmú ciklonból augusztus 12-14. között sok csapadék hullott (Traun és Ens vízgyűjtő 213 mm). Az Inn-en, a Rábán, az Ipolyon jelentősebb, a Vágon kisebb

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
	Paks 859 cm (LNV-13), Baja 943 cm (LNV-33),, Mohács 925 cm (LNV-59),	árhullám alakult ki. Ez az árvíz azt igazolta, hogy folyóinkon, bármilyen időszakban kialakulhatnak jelentős árvizek. Budapest feletti LNV-t túllépő vízállások miatt, 2002. augusztus 15-én a Kormány árvízi veszély-helyzetet rendelt el. Mohácsnál LNV alatt, 925 cm-el tetőzött. Készültséget 632 km hosszú védvonalon rendeltek el, melyből 286 km-en rendkívüli fokozatban. 2021 embert telepítettek ki. A védekezés összköltsége 4,76 milliárd Ft volt. Az úthálózat, az árvízvédelmi létesítmények, az agrárium nagy kárt szenvedtek. Víz alá került a Gemenci erdő ártéri részének kb. 80 %-a és kb. 1500 vad pusztult el.
2006.III-IV.	Duna Dunaújváros 724 cm (LNV-18), Dunaföldvár 691 cm (LNV-12), Paks 861 cm (LNV-11), Baja 852 cm (LNV-14),, Mohács 931 cm (LNV-53),	A Duna vízgyűjtőn február 18-án 20 km ³ volt a hóban tárolt vízkészlet, a sokéves átlag kétszerese. A több hullámban érkező frontrendszerek, felmelegedés és csapadéktevékenység hatására, a magasabb régiókban is olvadt a hó. A felső-dunai árhullámra március 30-án ráfutott a Morva (800 m ³ /s) és a Vág (1200 m ³ /s) árhulláma. A hazai Felső-Dunán LNV-t meghaladó szint volt. A Kormány árvízvédelmi veszélyhelyzetet hirdetett ki a Duna Komárom-Tass szakaszán. A Duna hazai alsó szakaszán is magas tetőzések voltak, de az 1965. évi LNV alatti szinten. A Dráván kisebb árhullám vonult le. Visszaduzzasztás hiányában az árhullám Adonytól fokozatosan ellapult, de tartós tetőzéssel (Mohácsnál 37 óra). Védekezés nélkül gátszakadás következett volna be. A baja-foktői szakaszon megtámasztó bordákat építettek, helyenként buzgárok ellen védekeztek. Április 19-ig volt készütség.
2010.V.,VI I.	Kapos Kurd 464 cm 2010.06.06. (LNV+5), Hábi csat. Csikostöttös 326 cm (LNV+6), Villány-pogányi vízf. Villány 118 cm (LNV +25)	Május 15-18-án a „Zsófia” ciklonból lehullott csapadék a Dél-Dunántúlon nagy területen meghaladta a 100–150 mm-t. A 12 nappal későbbi „Angéla” ciklon kisebb csapadéka telített talajra, telt medrekre hullott. A Kapos-Sió vízgyűjtőn esett a legtöbbet. Május 16-17-én Kaposvár-Dombóvár-Szakály térségében több 100 ha területet öntött el a Kapos, a Baranya-, a Hábi-, a Deseda-, az Orci-, a Méhész-patak, az Attala-inámi-árok és a Csicsói-árok. Június 16–21-én helyi csapadékok okoztak károkat. A Kapos és mecseki vízfolyások egy nap alatt kb. 3 m-t áradtak. A Mór-Bodajki-vízfolyáson a móri halastó-rendszer egyik völgyzárógátja átszakadt. Székesfehérvár védelméért vízvisszatartás volt a Fehérvárcsurgói-tározóban. Elöntött területek a Nádor-cs. és Sió mentén 13.000 ha. Június 20-án a Kapos, Koppány-, Mucsi-Hidas-, Völgységi-, Rák-, Lajvér-patak és a Szekszárdi-Séd vízgyűjtőkre 100 mm körüli csapadék hullott (Tevel 104 mm, Kurd 117 mm). Elöntések keletkeztek, közutak váltak járhatatlanná.

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
		Bátaszéket a Lajvér-patak és a Kövesdi-víz fenyegette. A KDTVIZIG nagy teljesítményű szivattyút üzemeltetett, így a várost megvédték az elöntéstől. Sásdon a Baranya-cs. gátjának átvágásával csökkentették a vízszintet. Fazekasbodát a Karasica és 14 halastó veszélyeztette. A településhez közeli tó gátját meghágtá a víz. Gátszakadás esetére előkészítették a lakók kitelepítését. Majs, Szederkény, Nagyharsány, Alsószentmárton és Csikóostóttos településeken is volt kitelepítés.
2013.VI	Duna Dunaújváros 755 cm, Dunaföldvár 721 cm, Paks 891 cm, Baja 989 cm, Mohács 964 cm (LNV-20)	A Duna vízgyűjtőn a hóban tárolt vízkészlet március 1-én a sokéves átlag 155 %-ka volt. <u>A 2000 m feletti hegyekben a hó megmaradt, az alacsonyabb szinteken a talajnedvesség nagy volt.</u> Május 30-június 4. között a területi átlag csapadék, a Felső-Dunán 113 mm, az Inn-en 121 mm, a Traunon és Ennsen 134 mm. A maximális vízállások az Alsó-Dunán meghaladták a III. fokú készültségi szintet, sőt a legalsó szakasz kivételével (Mohács), az eddigi LNV-t is meghaladták. Mohácsnál június 5-én haladta meg az I. fokot, és június 23-án apadt készültségi szint alá. Az I. fok feletti tartósság Dunaföldvárnál 156 óra, Mohácsnál 428 óra volt. Június 4-től a Kormány veszély-helyzetet hirdetett ki. Az Alsó-Dunán a védekezés kritikus pontjai Kisapostag, Báta, Baja és Dunaszekcső voltak. Bátán és Baján töltésmagasítás készült. Dunaszekcsőn a földgátat fél méterrel emelték meg, de a magasítás a víznyomás miatt meggyengült, ezért homokzsákos megtámasztás készült. Baján a Petőfi szigeten az ár betört a szennyvízhálózatba. Mohácson, a védvonaltól 40 m-nyire a város szennyvíz főgyűjtő csatornája fölött kiüregelődés miatt az úttest beszakadt. A Duna június 12-én elöntötte az újmohácsi hullámtéri üdülőket.

Klímaváltozás hidrológiai hatásai

Bevezetés

Az éghajlatváltozás folyamata természettudományos tény, a modern világban pedig világgazdasági externália (STERN, 2006). A globális klímaváltozás folyamata nem egyedülálló, a földi éghajlattörténetet klímaváltozások egymásutánisága definiálja, ugyanakkor fontos látni, hogy „a 21. század végére előre jelzett felmelegedés a földtörténeti középkor óta nem tapasztalt hőmérsékletre emelheti Földünk hőmérsékletét!” (RAKONCZAI, 2013)

A földi légköri hőmérséklete átlagosan 0,8-1°C-ot emelkedett a 20. század elejétől mostanáig, ennek hatása a jeges területeken a legszembetűnőbb. Magyarországon a

hőmérsékletemelkedés valamelyest a világátlag felett alakult az 1901-2011-es időszakban, ez +1,01°C-ot jelent, amely az elmúlt harminc évben +1,19°C-ra módosult (OMSZ) – ez már igen jelentős növekedés.

A csapadékváltozás trendjei területileg annyira különbözőek, hogy – szemben a hőmérsékletváltozással – erre vonatkozó világátlag megállapítása nem lehetséges, sőt, attól függően, hogy rövidebb vagy hosszabb időszakot¹ vizsgálunk, kisebb térségek esetében kaphatunk emelkedő és csökkenő trendeket egyaránt. Ez a csapadék nagyfokú változékonysága miatt van. Mindent összevetve ugyanakkor megállapítható, hogy Közép-Európában és a Mediterráneumban a csapadék csökkenő tendenciát mutat. Magyarországon az 1901-2012-es időszakot vizsgálva 60-80 mm-es csökkenés tapasztalható - persze rövidebb időintervallumot vizsgálva emelkedő trendet itt is kaphatunk. Jól példázza a csapadék változékonyságát továbbá az is, hogy két egymást követő évben tapasztalhattuk meg az utóbbi száz év országos területi átlagainak két szélsőségét (2010-ben 959 mm, 2011-ben 404 mm).

1991-1999 között az EC IV. keretprogramján belül egy átfogó kutatási program (MEDALUS – Mediterranean Desertification And Land Use) foglalkozott a klímaváltozás tágabb térségünkre vonatkoztatott káros hatásaival, kiemelten a szárazodás folyamatával. Ezen program II. és III. ütemébe az MTA FKI (Magyar Tudományos Akadémia Földtudományi Intézet) is bekapcsolódott és több éven keresztül végzett kutatásokat a Mediterráneum közvetlen szomszédságában zajló aridifikációs folyamatokkal kapcsolatban (MEDEAST). Az aridifikáció jellemző területe Magyarországon a DK-Alföld és a Duna-Tisza-köze (KERTÉSZ et al., 2001). Ez az a hazai térség, ahol a klímaváltozás hatása a leginkább kimutatható, emiatt a vonatkozó szakirodalom nagy hányada is ezzel a területtel foglalkozik.

Az aszály, mint szélsőséges meteorológiai esemény nem összetévesztendő az aridifikációval. Az aridifikáció a tartós szárazság folyamánya, egy állandósult csapadékhiányos állapotot feltételez, míg az aszály egy átmeneti esemény. Magyarországon a tapasztalat azt mutatja, hogy 10 évből átlagosan 4-ben aszályal kell számolni (PADÁNYI, 2012). A *Pálfai-féle aszályindex*² szerint az ország szinte teljes területét az igen aszály-érzékeny tartományba sorolták.

Magyarországon a vízügyi ágazat létrehozta az Operatív Vízhány Értékelő és Előrejelző Rendszert, mely a talajnedvességi adatok elemzésére irányul (<https://aszalymonitoring.vizugy.hu/>).

Éghajlati modellek és klímaszcenáriók

A klímamodellekkel az éghajlati rendszer viselkedését szimuláljuk térben és időben. A szimuláció célja, hogy általa jobban megértsük az éghajlatot irányító alapvető fizikai, kémiai és biológiai folyamatokat. A klímamodellek segítségével lehetőségünk nyílik leírni az éghajlati rendszer válaszát egy feltételezett jövőbeli kényszerre. Ilyen kényszer többek között az antropogén tevékenység. Mivel ennek a kényszerítő elemnek nagy a jövőre vonatkozó bizonytalansága, ezért a globális modellek számára ki kellett találni ún. klímaszcenáriókat, amelyekkel számszerűsítik az antropogén tényezők (népesség, mezőgazdaság és ipari szerkezet, energijafelhasználás, stb.) változásainak az éghajlati rendszerre gyakorolt *sugárzási*

¹ A meteorológia a közelmúlt változásait is kimutatni képes, statisztikai szempontból még elegendő hosszúságú időszakot 5 évben határozza meg.

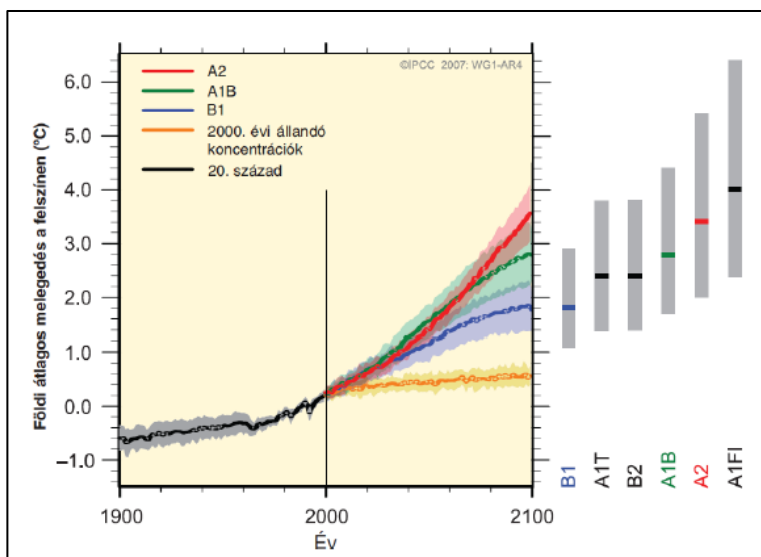
² Az adott tárgyév április-augusztus időszak átlagos hőmérsékletének és a megelőző év októberétől a tárgyév augusztusáig tartó súlyozott csapadékösszegének hányadosa.

kényszerét³, amelyből szén-dioxid-kibocsátást és koncentrációt kapunk. A kibocsátási tendenciákra számos forgatókönyv létezik, ezeket négy alapszcenárióba foglalták: A1, A2, B1, B2. Az ezek által leírt alternatív jövők tulajdonságait 1. táblázat foglalja össze. Az A1 szcenáriók (A1FI, A1T és A1B) gyors gazdasági növekedéssel számolnak. Az A1FI elsősorban fosszilis tüzelőanyagok használatával számol, míg az A1T az alternatív, nem-fosszilis tüzelőanyagokra épít. Az A1B szcenárióban nincs kitüntetett energiaforrás (GELENCSÉR, 2012).

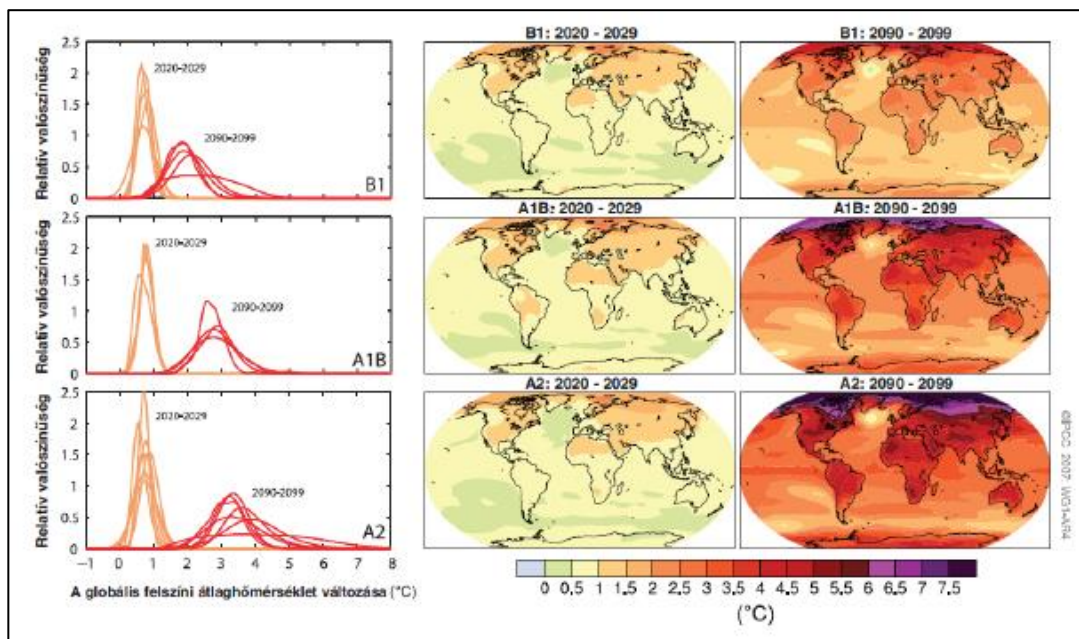
2. táblázat. Alapszcenáriók - társadalmi fejlődéstípusok a klímamodellekben. (PADÁNYI, 2012)

<p style="text-align: center;">A1</p> <ul style="list-style-type: none"> - nagyon gyors gazdasági növekedés; - a népesség növekedése a 21. század közepéig, utána csökkenés; - Új és hatékony technológiák gyors megjelenése és elterjedése; - az egyes régiók közötti kiegyenlítődség; - fokozott kulturális és társadalmi impulzusok; - a regionális jövedelemkülönbségek csökkenése. 	<p style="text-align: center;">A2</p> <ul style="list-style-type: none"> - heterogén fejlődési séma; - a helyi önkormányzatok, önszerveződések hangsúlyosabb működése; - folyamatosan növekvő népesség; - divergens regionális gazdasági változások; - lassú és területileg nem egyenletes technológiai fejlődés.
<p style="text-align: center;">B1</p> <ul style="list-style-type: none"> - kiegyenlítődségi gazdasági fejlődés - az A1-hez hasonló népességváltozások; - a gazdasági szerkezet gyors eltolódása a szolgáltatási és információs ágazatok felé; - környezetbarát és energiahatékony technológiák bevezetése; - a gazdasági, társadalmi és környezeti problémákra globális megoldások kidolgozása. 	<p style="text-align: center;">B2</p> <ul style="list-style-type: none"> - a gazdasági, társadalmi és környezeti problémák lokális szintű kezelése; - folyamatosan növekvő globális népességváltozás; - közepes mértékű gazdasági fejlődés; - az A1-hez és a B1-hez képest lassabb és sokoldalúbb fejlődés.

³ Azt mutatja, hogy egy gáz adott koncentrációjú légköri jelenlétének megemelése mellett mennyivel változik a felszínközeli légréteg energiaháztartása. Mértékegysége W/m². A sugárzási kényszer ismeretéből megbecsülhető az általa okozott felszíni hőmérséklet-változás mértéke.



3. ábra Globális átlaghőmérsékleti előrejelzések a különböző fejlődési scenáriókra. A1T: nem-fosszilis energiaforrások; A1B: kiegyenlített energiastruktúra; A1FI: fosszilis tüzelőanyagok. (NAKICENOVIC et al., 2007)



4. ábra A globális melegedés várható mértéke különböző scenáriók felhasználásával a 2020-2029 és a 2090-2099 időszakra. (NAKICENOVIC et al., 2000)

Egyes modell szimulációk az úgynevezett RCP-eket (Representative Concentration Pathway) alkalmazzák kibocsátási forgatókönyvként. Az „RCP” mögött rendre fel van tüntetve egy számérték, amely megadja a sugárzási kényszer 2100-ra vonatkoztatott növekedését az ipari forradalom előtti kibocsátáshoz képest.

A klímamodellek lehetnek

- energia megmaradási modellek (EBM),
- sugárzási-konvekciós modellek (RCM),
- statisztikai-dinamikus modellek (SDM) és
- általános körzési modellek (GCM).

Ezek közül a modell típusok közül a jövőre nézve kizárólag a GCM-ek és az RCM-ek állnak rendelkezésre.

A horizontális felbontás durvasága miatt a jelenlegi globális modellekkel (GCM-ek) nem lehet megfelelő pontosságú becsléseket készíteni regionális térskálán. Regionális hatástanulmányok készítéséhez a globális modellek eredményeit ún. leskálázási eljárásnak kell alávetni. Az így kapott regionális modellek (RCM-ek) nagy, 10-25 km-es területi felbontással rendelkeznek, így alkalmasak a GCM-ek által szolgáltatott eredményeket finomabb skálára leképezni.

Mivel egyetlen projekció érvényessége korlátozott, az Éghajlatváltozási Kormányközi testület (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) ajánlásai között szerepel, hogy minél több térség esetében minél több modell készüljön klímabecslésekre. Az egyes modellek összehasonlítása ugyanis rávilágíthat a Föld azon régióira, ahol nagy bizonyossággal vagy éppen bizonytalansággal tudjuk a jövő éghajlatának alakulását megbecsülni. A bizonytalanságok számszerűsítését - s így a kalibráció finomítását - több modelledmény együttes vizsgálata teszi csak lehetővé.

Éghajlati modellek hazai adaptálása

Az elmúlt egy-két évtizedben megjelentek az Európát vagy annak egyes kisebb térségeit átfogó projektek (PRUDENCE, ENSEMBLES, CECILIA, CLAVIER). Ezeknek a projekteknek a keretében került sor négy regionális klímamodell hazai adaptálására, ezek közül kettőt az Országos Meteorológiai Szolgálat (2024-től HungaroMet Nonprofit Zrt) Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztályán, kettőt pedig az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékén végeztek. A négy adaptált modell: ALADIN-Climate, PRECIS, RegCM, REMO. Ezek eredményei segítséget nyújtanak a 21. századi Kárpát-medence éghajlati változásainak előrejelzésében.

3. táblázat. A hazai regionális klímamodellek és szimulációik. (HORÁNYI et al., 2010)

Regionális klímamodellek	ALADIN-Climate	PRECIS	RegCM	REMO
Felbontás	10 km	25 km	10 km	25 km
Szintek száma	31	19	18	20
Validáció, határfeltételek	1961-2000 ERA40	1961-1990 ERA40	1960-2000 ERA40	1961-2000 ERA40
Referencia, határfeltételek	1961-1990 ARPEGE	1961-1990 HadCM3	1961-1990 ECHAM5/MPI-OM → RegCM	1951-2000 ECHAM5/MPI-OM
Projekciók	2001-2100: A1B	2071-2100: A2, B2	2021-2050: A1B 2071-2100: A1B	2001-2100: A1B



5. ábra A hazai regionális klímamodellek által alkalmazott integrálási tartomány. sárga – ALADIN, 10 km-es felbontás; kék – RegCM, 10 km; narancs – PRECIS, 25 km; zöld – REMO, 25 km; piros – ALADIN, 25 km. (BARTHOLY et al., 2011)

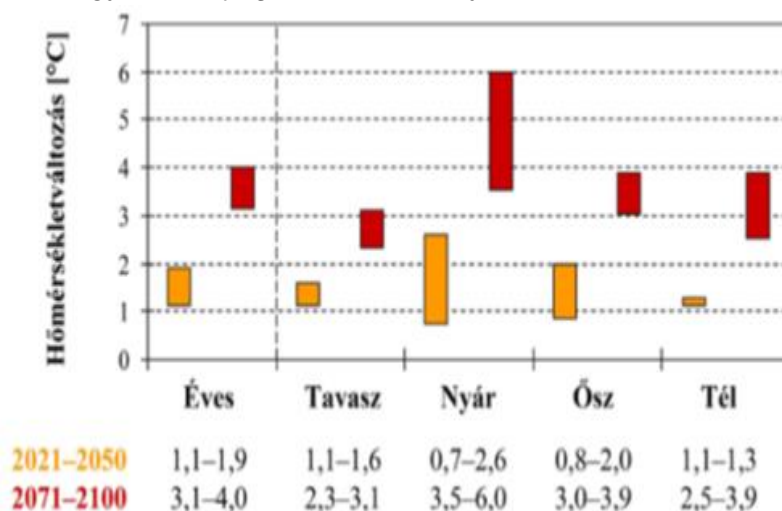
A négy modell közül három (ALADIN-Climate, RegCM és REMO) vonatkozik a közelebbi jövőre (2021-2050 közötti időszak), ezek egy mérsékelt (A1B) klímaszcenáriót vettek alapul. A távolabbi jövőre nézve (2071-2100 közötti időszak) mind a négy modellel készültek projekciók.

Modelleredmények

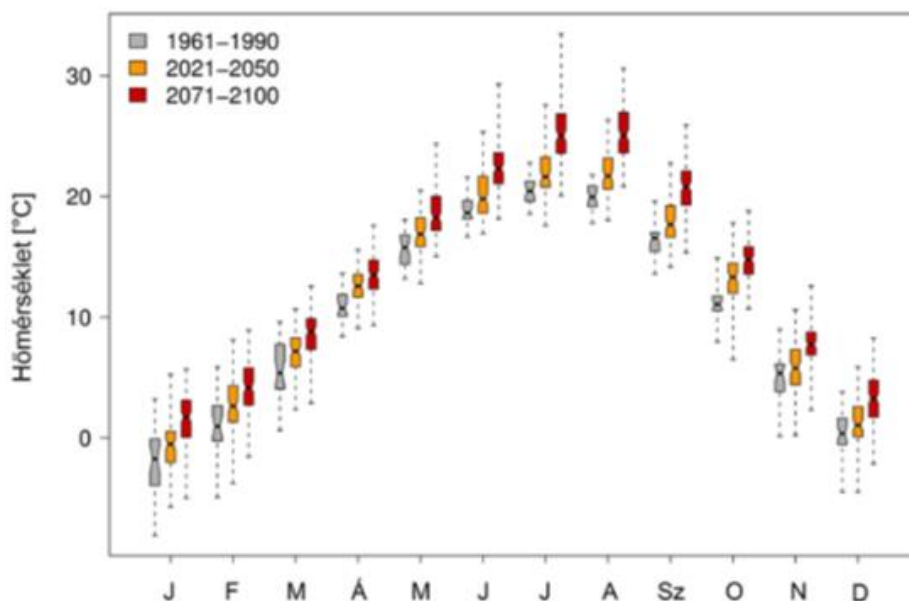
Hőmérséklet

A modelleredmények összeségében a hőmérséklet növekedését vetítik előre évszakos és éves szinten egyaránt:

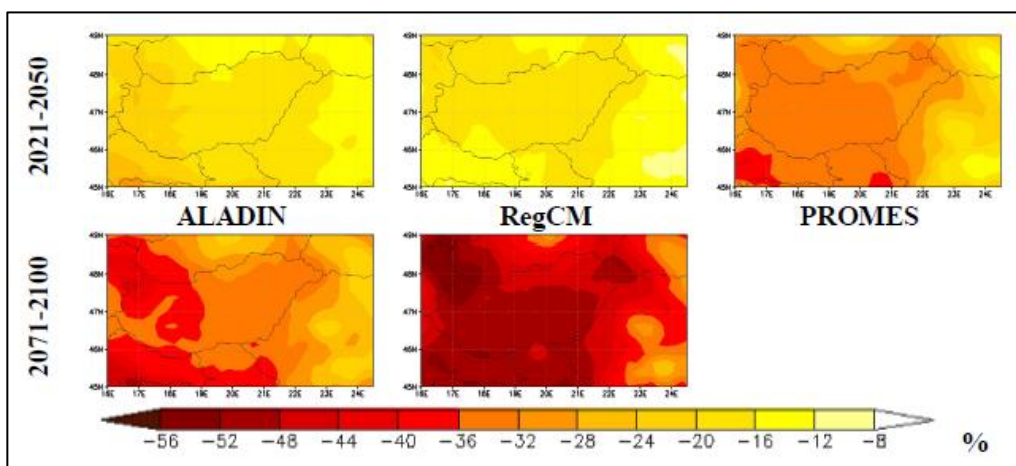
- a nyári napok ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) száma növekszik, a fagyos napok ($T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$) száma csökken;
- a bizonytalanság mértéke nyáron a legnagyobb;
- a változások statisztikailag szignifikánsak;
- bár az ország méretéből adódóan nagy regionális különbségek nem várhatók, megfigyelhető egy északnyugat-délkeleti irányú növekedés.



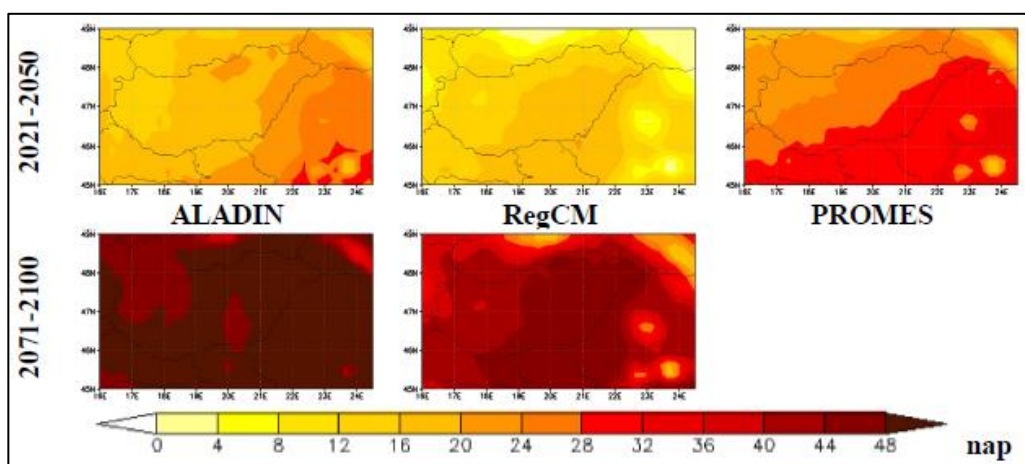
6. ábra A magyarországi átlaghőmérsékletek várható relatív változása ($^{\circ}\text{C}$) (Bartholy et al., 2011)



7.ábra Várható magyarországi havi átlaghőmérsékleteket szemléltető boksz-plot diagramok. Referencia időszak: 1961-1990. (Bartholy et al., 2011)



8.ábra A fagyos napok éves számának várható változása. Referencia időszak: 1961-1990. (PIECZKA, 2010)



9.ábra A nyári napok éves számának várható változása. Referencia időszak: 1961-1990. (PIECZKA et al., 2010)

4. táblázat. Az évi és évszakos hőmérsékleti átlagok várható változása (°C) az 1961-1990-es referencia időszakhoz képest a REMO és ALADIN modellek eredményei alapján.

periódus	év	tavas	nyár	ősz	tél
2021-2050	(+1,4)-(+1,9)	(+1,1)-(+1,6)	(+1,4)-(+2,6)	(+1,6)-(+2,0)	+1,3
2071-2100	+3,5	+2,3)-(+3,1)	(+4,1)-(+4,9)	(+3,6)-(+3,8)	(+2,5)-(+3,9)

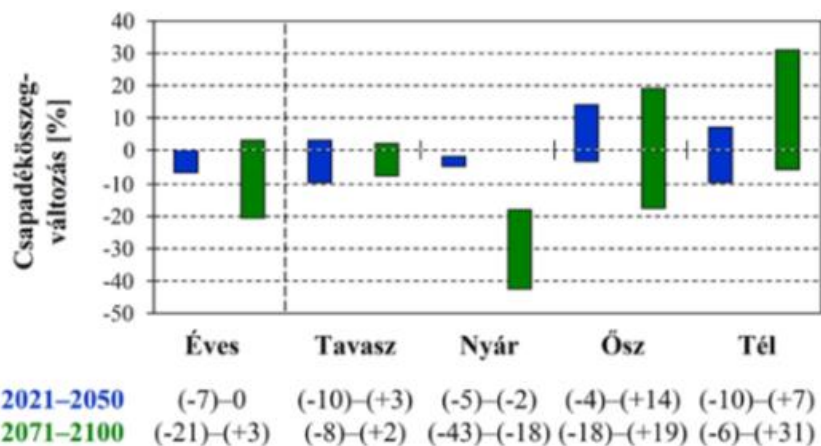
A REMO és az ALADIN modellek a közeli jövőre (2021-2050) éves szinten (+1,4)-(+1,9)°C-os hőmérséklet növekedést jeleznek a referencia időszakhoz képest, a távoli jövőre (2071-2100) pedig már 3,5°C-ot. A hőmérséklet csökkenése mind évi, mind évszakos szinten kizárható, a legnagyobb növekedést a nyári hónapokra jelzik a modellek, ekkor a következő 30 évben (+1,4)-(+2,6)°C-os, az évszázad végére pedig már nagyon nagy mértékű, (+4,1)-(+4,9)°C-os növekedést jósolnak.

Csapadék

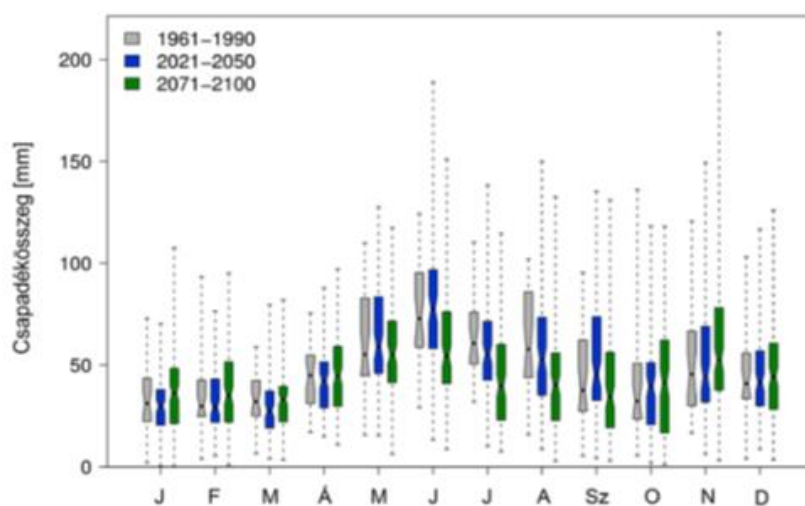
A csapadékvizonyokat tekintve kevésbé egységes előrejelzéseket adtak a modellek:

- a 2021-2050 közötti időszakban
 - o az éves csapadékösszeg változatlansága és a nyári csapadékátlag 5-10%-os csökkenése várható;
 - o a tavaszi és téli időszakokra teljesen különböző jövőképeket kapunk: 10%-ot meg nem haladó növekedés ugyanannyira valószínű, mint a hasonló mértékű csökkenés;
 - o ősszel növekedés valószínűsíthető, az egyes tájak tekintetében számottevő eltérésekkel;
- a 2071-2100 közötti időszakban
 - o az éves csapadékátlag 5%-ot meg nem haladó csökkenése várható;
 - o nyáron 20%-ot meghaladó csökkenés az ország egész területén;
 - o a téli hónapokra a század végére is egymásnak ellentmondó eredmények születtek: továbbra is elképzelhető 5%-ot meghaladó csökkenés, illetve 30%-os növekedés (ez utóbbit támasztja alá a durvább becslést adó PRUDENCE is).

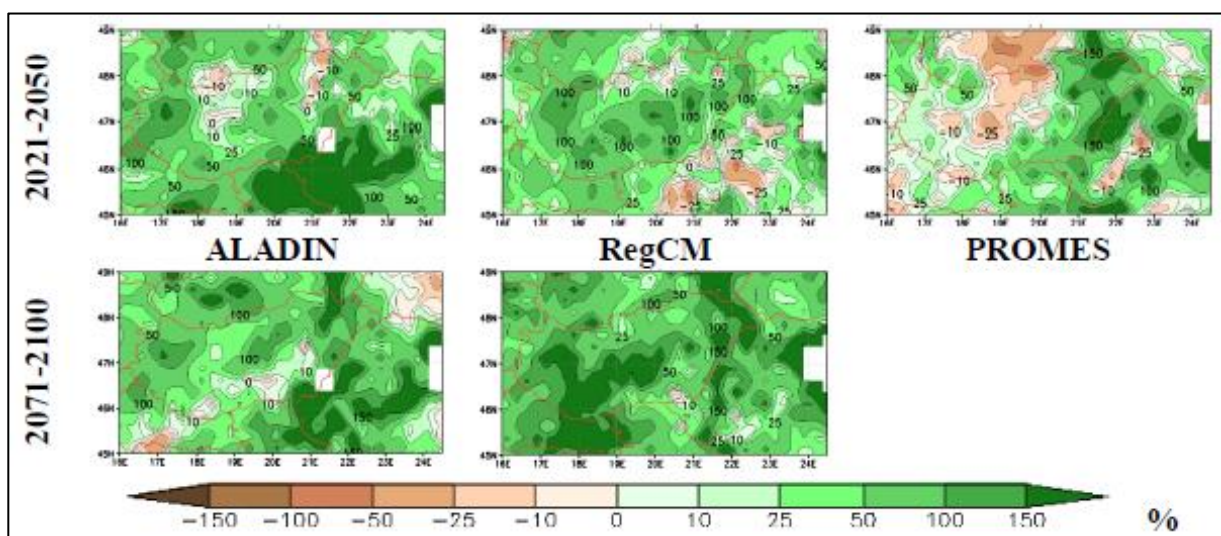
Az ELTE és az OMSZ (HungaroMet NZrt.) két-két modellje között tehát leginkább a téli csapadék hosszútávú előrejelzésében vannak eltérések. Az éves csapadékváltozás hasonló térbeli mintázatot mutat, mint a hőmérsékletváltozás, csak ellenkező előjellel: északnyugat-délkeleti irányú csökkenés várható.



10. ábra A magyarországi átlagos csapadékösszeg relatív megváltozása (%) (Bartholy et al. 2011)



11. ábra A várható magyarországi havi csapadékösszegek. Referencia időszak: 1961-1990. (BARTHOLY et al. 2011)



12. ábra Nagy csapadékkal (>20 mm/nap) járó időjárási események öszre várható relatív megváltozása. Referencia időszak: 1961-1990. (PIECZKA et al., 2010)

5. táblázat. Az éves és évszakos átlagos csapadékmennyiség várható változása az 1961-1990-es referencia időszakhoz képest a REMO és ALADIN modellek eredményei alapján. (SZABÓ et al., 2010)

periódus	év	tavas	nyár	ősz	tél
2021-2050	(-1)-0	(-7)-(+3)	-5	(+3)-(+14)	(-10)-(+7)
2071-2100	(-5)-(+3)	(-2)-(+2)	(-26)-(-20)	(+10)-(+19)	(-3)-(+31)

A REMO és ALADIN modellek csapadék előrejelzésre vonatkozó eredményeit összefoglaló táblázatból kitűnik a korábban említett bizonytalanság, főként a tavaszi és téli hónapok tekintetében. Ezekre az évszakokra a modellek egyaránt jósnak csökkenést és növekedést. A tavaszi hónapok előrejelzési bizonytalansága a század vége felé haladva csökken, míg a téli hónapok előrejelzési bizonytalansága nagymértékben növekszik. Konzisztensebb eredményeket kapunk a nyári és az őszi hónapokra. Nyárra egyértelmű csökkenést jeleznek a modelleredmények, illetve a becsült értékek szórása is itt a legkisebb, az őszi hónapokra vonatkozó adatok pedig egyértelmű növekedést mutatnak.

A klímaváltozás hidrológiai hatásai

A vízjárás leginkább a hőmérséklet és a csapadék időbeli alakulásától függ. A sok csapadék növeli, a magas hőmérséklet csökkenti az egységnyi területről lefolyó vízmennyiséget. A lefolyás az időjárással, a lefolyás karakterisztikája – mint pl. az átlagos évi lefolyás vagy annak változékonysága – pedig az éghajlattal van összefüggésben és olyan ütemben változik, mint maga az éghajlat (RADOCHAY, 2010). Az éghajlati hatásvizsgálatok azt mutatják, hogy Magyarországon és folyóink országhatáron túli vízgyűjtőin az éghajlatváltozás hatására a hidrológiai adottságok is meg fognak változni. Vízfolyásainkon a téli félév lefolyásának növekedése és a nyári lefolyás csökkenése valószínűsíthető.

Az IPCC II. Munkacsoportja által készített, a klímaváltozás hidrológiai hatásaival foglalkozó munka (ALCAMO et al., 2007) a következőképp jellemzi a 21. századi Közép- és Dél-Kelet-Európát:

- mivel a hőmérséklet várhatóan a téli időszakban is növekedni fog, ezért kevesebb csapadék várható hó formájában, a tavasszal jellemző, hóolvadásból származó árvizek előfordulása a télbe tolódik át;
- 2020-ra a hirtelen kialakuló, gyors lefolyású árvizek gyakorisága az egész kontinensen várható;
- a hűvösebb éghajlatú hegyvidékes vízgyűjtőkön a melegedés nem lesz akkora hatással a hóolvadásra, így az időben jobban elnyúlhat;
- a klímaváltozás várhatóan csökkenteni fogja az első hóolvadásos árhullám tömegét és a tetőző vízhozamokat;
- északon csökken, nyugaton és délen pedig növekszik az aszály kockázata (a jelenlegi 100 évente előforduló aszály gyakorisága megkétszereződhet Dél- és Dél-Kelet-Európában);
- a 2070-es évektől a jelenleg 100 éves gyakoriságú árvizek is sűrűbben fordulnak elő;
- a 21. század második felére az éves lefolyás csökkenése várható a Közép- és Dél-Kelet-Európai térségben (2050-re Dél-Kelet-Európában ~20-30%-os, 2070-re >35%-os csökkenés);
- a 2070 körüli időszakra a nyári kisvizek mennyiségének mintegy 80%-os csökkenése várható;

- a lefolyás éven belüli megoszlása is változik: a nyári időszakban kevesebb, míg a téli időszakban több víz érkezik a folyókra.

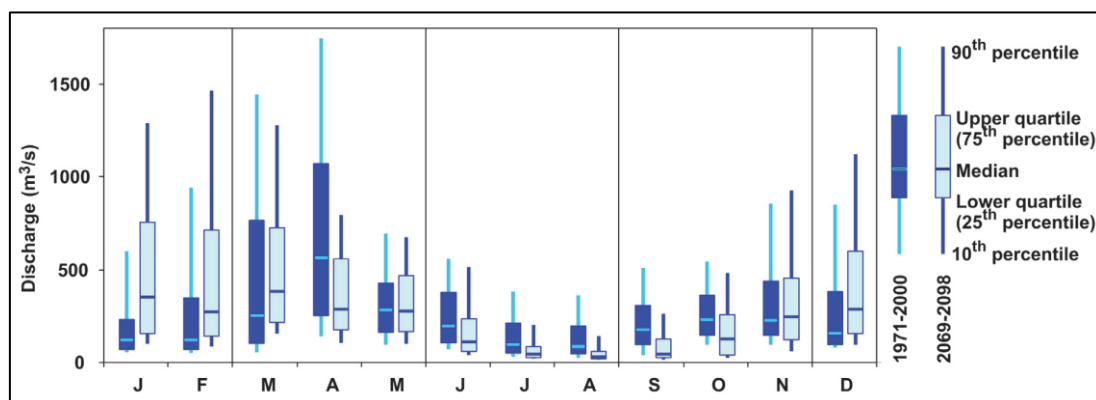
A hóolvadás indukálta árvizek tehát az eddiginél korábban jelentkezhetnek, ugyanakkor a tetőzés várhatóan alacsonyabb vízszintnél fog bekövetkezni az ilyen típusú árvizeknél (MADSEN et al. 2014).

Az előrejelzések alapján összességében elmondható, hogy a csapadék mennyisége éves átlagban csökkenni fog Magyarországon, ugyanakkor gyakoribbá válnak a hirtelen lehulló, koncentrált és intenzív csapadékesemények. A csapadék ily módon való alakulása kedvez a villámárvizeknek, az előrevetített hőmérsékletemelkedéssel együttesen pedig az aszály kialakulásának.

RADVÁNSZKY & JACOB (2008, 2009) a REMO regionális klímamodell, a HD hidrológiai modell⁴ és az A1B (mérsékelt) klímaszcenárió alapján a következőket állapította meg a Tisza teljes vízgyűjtőjére: a 21. század végére a Tisza vízhozama a referencia időszakhoz (1961-1990) képest csökkenni fog február és március hónapokban, illetve júniustól novemberig; áprilisban és májusban pedig növekedést feltételeznek.

A lefolyást tekintve a század végére (2069-2098) jelentős változások várhatók a Felső-Tisza vízgyűjtőjén (Tiszabecsnél mért napi lefolyás értékek éves eloszlásán alapuló RegCM4 modell; referencia időszak: 1971-2000; pesszimista, RCP8.5 kibocsátási forgatókönyv):

- a legjelentősebb csökkenés áprilisban várható: a számított napi vízhozamok szélsőségesen magas értékei 55%-kal csökkenhetnek, az alsó kvartilis, a medián és felső kvartilis pedig rendre 48%, 49% és 30%-kal;
- kisebb mértékű lesz a téli hónapokban zajló hófelhalmazódás az 1971-2000 években tapasztaltnál;
- a hóolvadás okozta árhullám tetőzése alacsonyabb szinten várható;
- júniustól szeptemberig a referencia időszakhoz képesti vízhozam csökkenést és folyamatosan alacsony vízhozamokat valószínűsítenek;
- novembertől februárig az átlagos és az afeletti, extrém és kiugróan magas vízhozamok jelentős növekedése várható;
- a nagyvizes időszak a téli hónapokra tolódik, míg a kisvizes időszak továbbra is nyárra várható. (KIS et al., 2017)



13. ábra Tiszabecsnél mért napi vízhozam adatokon alapuló becslés a 2069-2098-as időszak havi vízhozamaira vonatkozóan. (KIS et al, 2017)

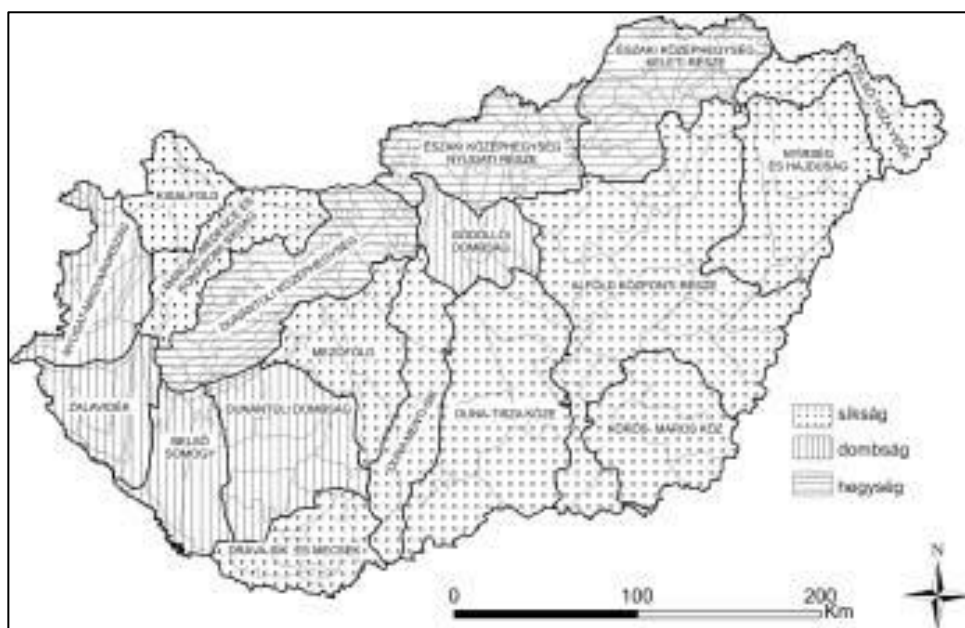
⁴ Napi adatokon alapuló lefolyási modell, amellyel kifejezhető egy folyó tetszőlegesen kiválasztott keresztmetszvényén a vízhozam mennyisége. (Lásd még HAGEMANN & DÜMELNI, 1998)

Extrém események

A GCM-ek horizontális rácsfelbontása (átlagosan 100-300 km) nem teszi lehetővé az extrém események megjelenítését, az ezeket leginkább reálisan leírni képes modellek a nagyobb felbontású RCM-ek. Ezek összességében az olyan szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedését jelzik, mint a heves zivatarok, az aszály vagy a hosszabb hőségperiódusok (CSORBA et al., 2012).

A szimulációs vizsgálatok a nagyobb és közepes folyóinkon új árvízi szélsőségek megjelenését és az árvízi kártételek 20%-os növekedését prognosztizálják a 21. századra (VAHAVA projekt). A nagyfolyók vízhozamát tekintve ugyanakkor megjegyzendő, hogy a klímaváltozás – noha a vízhozamokkal kapcsolatos összefüggés kétségtelen - inkább csak közvetett módon gyakorol hatást a folyók vízhozamára, a nagyobb árvizek kialakulásában az emberi beavatkozások (pl. medermorfológia megváltoztatása, területhasználat változás, érdességi viszonyok romlása a nagyvízi mederben) játsszák a főszerepet.

CSORBA et al. (2012) a klímaváltozás okozta tájatalakulásokat és az ezekhez kapcsolódóan növekedő gyakoriságú természeti veszélyeket vizsgálta a 2021-2050 közötti és a 2071-2100 közötti időszakokra. A vizsgálat szükségessé tette Magyarország területének felosztását, ami valamely, a klímaváltozás szempontjából kiemelt indikátorral szemben többé-kevésbé azonos hatást mutató területi egységek összevonásával történt. Az így kialakított 18 mezerégió szolgáltatta a vizsgálat területi alapegységeit.



14. ábra Magyarország 230 kistájából kialakított mezerégiós felosztása. (CSORBA et al., 2012)

A legfontosabb, a klímaváltozás által befolyásolt tájműködési veszélyek a csapadékvíz általi talajerózió, az aszály, a szélerózió, a villámárvizek és a tömegmozgások. A klímaváltozás ezeken kívül komoly hatással van a folyami árvizek levonulására és a belvíz megjelenésére.

CSORBA et al. (2012) a 18 mezerégió egyes tájműködési veszélyekkel szembeni érzékenységét 3 kategóriába sorolta (1=gyenge, 2=közepes, 3=erős). Ezeket összevetve a Magyarország területét lefedő regionális klímamodellek eredményeivel azt vizsgálták, hogy hogyan változik az egyes mezerégiók érzékenysége az 1961-1990-es referencia időszakhoz képest a 2021-2050 és 2071-2100 időszakokban, az eredményeiket pedig érzékenységi térképeken ábrázolták. Az

általuk vizsgált tájműködési veszélyek közül jelen tanulmány csak a villámárvizekkel és az aszályval kapcsolatos eredményeket közli.

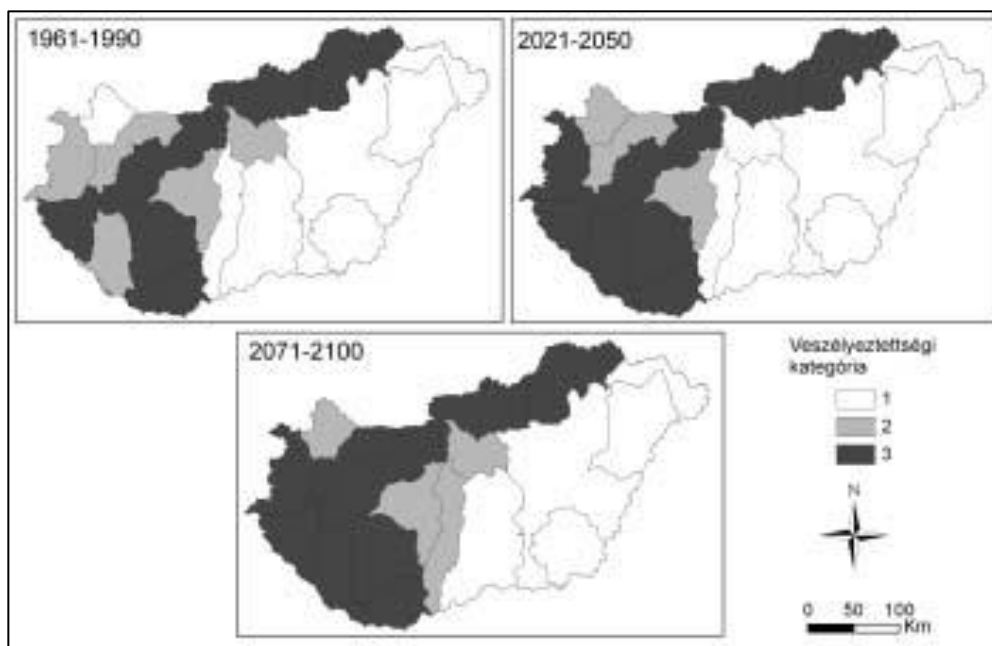
Villámárvizek

A villámárvíz-veszélyeztetettségi térkép megrajzolásához több mint 800 kisvízgyűjtő lejtősségi adatait, a talajuk agyag- és iszaptartalmát és erdőfedettségüket határozták meg, amely paraméterekre küszöbértékek alapján pontozási rendszert alakítottak ki (6. táblázat), így a vízgyűjtőket 3 veszélyeztetettségi kategóriába sorolták.

6. táblázat. A kisvízgyűjtőkre alkalmazott pontozási rendszer. (CSORBA et al., 2012)

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

A pontok alapján minden kisvízgyűjtőt 3 kategóriába soroltak, amik megadják az egyes vízgyűjtő területek érzékenységét. Ezeket összevetve a villámárvizek szempontjából releváns klímaméter, a 30 mm-t meghaladó csapadékesetek jövőbeli változásával az látszik, hogy a villámárvíz-veszélyeztettség a 2021-2050 közötti időszakban az ország nyugati területén, a 2071-2100 közötti időszakban pedig már a Dunántúl egész területén és az Északi-Középhegységben is növekedni fog.

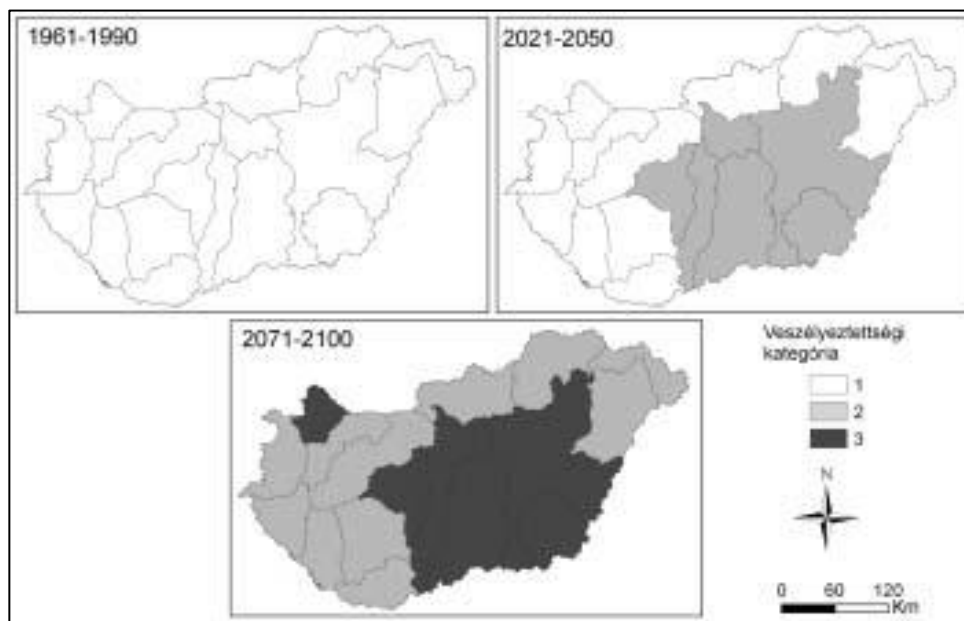


15. ábra A mezorégiók érzékenységének várható változása a villámárvizekre (1=gyenge, 2=közepes, 3=erős). (CSORBA et al., 2012)

Aszály

Ha a vízgyűjtőt meteorológiai aszály sújtja, akkor a tározók, tavak és folyók vízszintje, illetve vízhozama is lecsökken (hidrológiai aszály) (Pálfay, 2004). Mivel az emberi tevékenység közvetett módon erősen befolyásolja az aszályok alakulását, az előrejelzések hibahatára nagy.

A Magyarország területére vonatkozó regionális klímamodellek összességében a csapadékintenzitási index és az extrém csapadékú napok számának növekedését valószínűsítik, vagyis a jövőben a csapadék a jelenleginél koncentráltabban fog esni, így hosszabb távon az aszályveszély növekedése jósolható.



16. ábra A mezorégiók érzékenységének várható változása az aszályra (1=gyenge, 2=közepes, 3=erős). (CSORBA et al., 2012)

6. A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia megállapítása a vízgazdálkodás körében

Az Országgyűlés elfogadta a 2017-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiát (NÉS-2).

A NÉS-2 alapján az Országgyűlés megerősítette az alábbiakat:

- Az éghajlatváltozás egyike azoknak a környezeti, társadalmi-gazdasági kihívásoknak, amelyek közvetlenül befolyásolják az emberek létfeltételeit és életminőségét, veszélyeztetik a természeti erőforrások és az ökoszisztéma szolgáltatások készleteit és minőségét, károsítják az épített környezetet és infrastruktúrát, akadályozzák a kiemelt közszolgáltatásokhoz történő biztonságos és zavarmentes hozzáférést. A fenti hatások összessége miatt az éghajlatváltozás jelentős akadályát képezi a fenntartható fejlődésnek.
- Magyarország az éghajlatváltozás mérséklése érdekében – a közös, de megosztott felelősség elvének, valamint hazánk nemzeti érdekeinek következetes érvényesítése mellett részt vesz mindazon nemzetközi és európai uniós klímavédelmi folyamatokban, valamint eleget tesz azon kötelezettségeinek, amelyek az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére, valamint a szén-dioxid elnyelésének fokozására irányulnak.
- Az éghajlatváltozás mérséklése érdekében tett erőfeszítések mellett azonos súllyal kell kezelni az éghajlatváltozás kedvezőtlen hatásaihoz történő alkalmazkodást, különösen

az éghajlatváltozás hatásaival szemben kiemelkedő mértékben sérülékeny ágazatokban és térségekben.

- Az éghajlatváltozás elleni sikeres fellépés csak a fenntarthatóság elveivel összhangban, az érdekeltek széles körének bevonásával valósítható meg. Az éghajlatváltozás mérséklésére irányuló törekvés, továbbá a megváltozott körülményekhez való alkalmazkodás csak akkor lehet hatékony, ha az ezt szolgáló intézkedések szükségességét és indokoltságát társadalmi és szakpolitikai konszenzus övezi. Az éghajlatváltozással kapcsolatos szemléletformálás célja ezért a klímatudatosság és a fenntarthatóság szempontjainak integrálása a tervezésbe, a döntéshozatalba és a cselekvésekbe a társadalom minden szintjén.
- A kibocsátás-csökkentésre, az elnyelés mértékének növelésére és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásra irányuló célok elérése érdekében a 2.2–2.4. alpontokban meghatározott következtetéseket, feladatokat és célkitűzéseket integrálni kell az ágazati és területi szakpolitikai tervezési folyamatokba, valamint érvényesíteni kell azokat a kapcsolódó döntéshozatal során.

Feladatként rögzítették a következők elvégzését:

- Fordítson kiemelt figyelmet az Európai Unióval, annak tagállamaival, valamint más államokkal és nemzetközi szervezetekkel kialakított kapcsolatainak fenntartása és fejlesztése során az éghajlatváltozással kapcsolatos célok megvalósítására.
- Vegye figyelembe a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiában kijelölt cselekvési irányokat a hazai szakágazati és területi stratégiák előkészítése és felülvizsgálata során, különös tekintettel az Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Konceptióra, a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégiára, a Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégiára, a Kvassay Jenő Terv Nemzeti Vízstratégiára, Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájára, az Irinyi Tervre, a Nemzeti Környezetvédelmi
- Programra, a Nemzeti Épületenergetikai Stratégiára, a Nemzeti Közlekedési Infrastruktúra- fejlesztési Stratégiára, a Jedlik Ányos Tervre, továbbá a Nemzeti Energiastratégiára, valamint a Nemzeti Vidékfejlesztési Stratégiára, Nemzeti Természetvédelmi Alaptervre, a Nemzeti Biodiverzitás Stratégiára, a Nemzeti Erdőstratégiára, továbbá mindezek végrehajtási keretrendszerének esetében.
- A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia elfogadását követő hat hónapon belül, azt követően háromévente dolgozzon ki Éghajlatváltozási Cselekvési Tervet. Az Éghajlatváltozási Cselekvési Terv Dekarbonizációs Programjának kidolgozása során kiemelt figyelmet kell fordítani a Nemzeti Energiastratégia, a Nemzeti Közlekedési Stratégia, a Nemzeti Reform Program, a Nemzeti Erdőstratégia és a Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégia célkitűzéseivel való összhang megteremtésére.
- Az Éghajlatváltozási Cselekvési Terv dekarbonizációs, alkalmazkodási és szemléletformálási alprogramokból épül fel a következő tartalmi elemekkel:
- a tárgyidőszakban megvalósuló, a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia cselekvési irányainak megfelelő intézkedések, beavatkozások bemutatása;
- a jelentős üvegházhatású gáz kibocsátás-csökkentési és elnyelési potenciállal rendelkező, a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia előrehaladását nyomon követő indikátorok azonosítása;
- a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia nyomon követésére és értékelésére vonatkozó terv, valamint nyomon követési és értékelési rendszer.
- Gondoskodjon az éghajlatváltozással kapcsolatos információk előállításáról és rendszeres felülvizsgálatáról, ezen belül különösen az éghajlatváltozás hosszú távú előrejelzéséről; a magyarországi üvegházhatású gáz kibocsátás, valamint szén-

dioxid elnyelő kapacitás alakulásának nyomon követéséről; továbbá az éghajlatváltozással kapcsolatos hazai hatások és sérülékenység jellegének, illetve mértékének meghatározásáról szóló információkkal kapcsolatosan.

- Gondoskodjon az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához szükséges modellek előállításáról, folyamatos frissítéséről, azok módszertani és technológiai fejlesztéséről.
- Gondoskodjon a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia céljainak hatékony megvalósulását elősegítő források koordinációjáról, valamint a pályázati rendszerek kidolgozásánál vegye figyelembe az éghajlatváltozás mérséklésének és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásnak a szempontjait.
- A klímavédelmi célok megvalósítása érdekében segítse az épületenergetikai beruházások finanszírozását, különösen a lakóépületek és a közfeladatot ellátó intézmények vonatkozásában.
- Azonosítsa az éghajlatváltozási kockázatkezeléssel összefüggő kutatás-fejlesztési feladatokat, gondoskodjon azok végrehajtásáról.
- Ösztönözze az éghajlatváltozással kapcsolatos szemléletformálás eredményes megvalósítását.
- Módosítsa a tervek és programok stratégiai környezeti vizsgálati folyamatára vonatkozó szabályozást olyan módon, hogy a vizsgálati szempontok kiegészüljenek az éghajlatváltozásra gyakorolt hatások, valamint az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás mértékének és jellegének megítélésével.

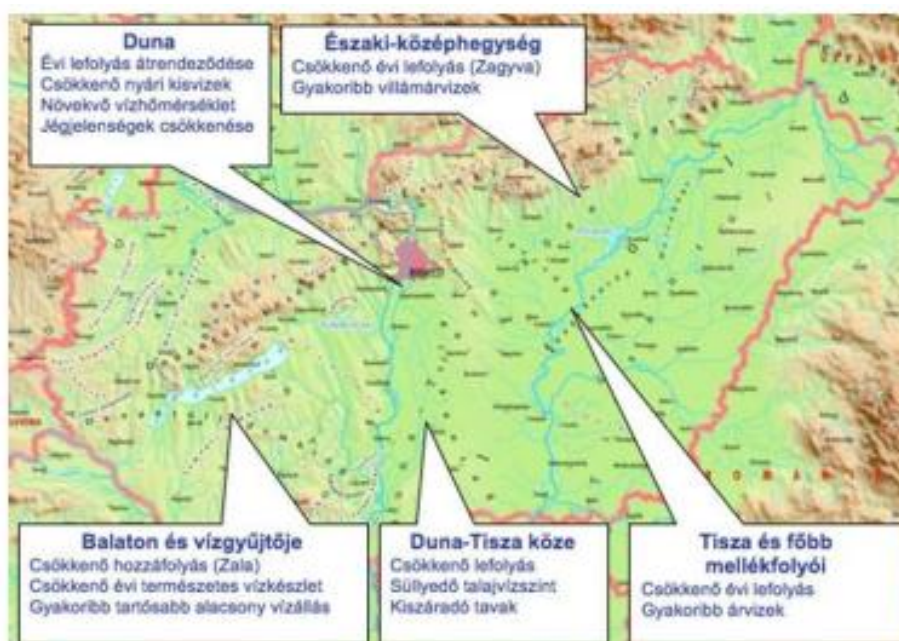
Az éghajlatváltozás várható hatásai

A NÉS-2 az éghajlatváltozás várható hatásait összefoglalja a vizek tekintetében is. Kifejti ugyanakkor, hogy a fejlett kutatási módszerek ellenére számos bizonytalanság terheli a hatások vizsgálatát. Eltérő, egymásnak ellentmondó éghajlati forgatókönyvek készültek, a hidrológiai modelleket bizonytalanság terheli, a nem éghajlati hatások korlátozott figyelembevételére lehetséges, a modellek igazolásának korlátozottak a lehetőségei, a modelleredmények ellentmondásosak, a hazai hatásvizsgálatok száma alacsony. Az előrejelzések bizonytalansága elsősorban a hatások mértékében van, amelyek rövidtávon többnyire nem jelentősek és aligha különíthetők el egyértelműen a természetes változékonyság hatásaitól. Ezen bizonytalanságok mellett célszerű a várható hatásokra tekintettel lenni.

A globális melegedés következményeként Magyarország és a Kárpát-medence éghajlata melegszik, rövidtávon az évi középhőmérséklet várhatóan 1-2,5°C-kal emelkedik. Az évi csapadék változása bizonytalan, kisebb csökkenése vagy növekedése egyaránt lehetséges, várható az éven belüli átrendeződés, nő a téli-tavaszi és csökken a nyári-őszi félévben hulló mennyiség. Az éghajlat szélsőségesebb lehet, gyakoribbá válnak az időjárási szélsőségek, nő a tartósságuk és intenzitásuk, ami növeli a rendkívüli árvizek kockázatát. Hasonló változások várhatók nagyobb folyóink határainkon túli vízgyűjtőiben is. A Duna felső vízgyűjtőjében a gleccserek olvadása lehet számottevő hatással a folyó vízjárására. A kisebb vízfolyásokon várhatóan emelkedik a villámárvizek kockázata. Vizeink, vízfajtától 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 csapadékaik közötti 15-20%-os eltérés, párosulva az évi középhőmérséklet 1-2°C-os eltéréssel az átlagos évi lefolyásban akár 60%-os különbséget is eredményezhet (IV.3.1. fejezet, 134. oldal).

Az éghajlatváltozás várható hatásait tekintve az alábbiakat azonosítja:

- 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 síkvidéki folyók olvadásos árvizek korábbra tolódnak, gyakoribbá válnak az esőeredetű árvizek, tetőző vízhozamuk növekedhet, az olvadásos árvizeké a vízgyűjtő fekvésétől függően csökkenhet, vagy növekedhet.
- A kisvízgyűjtők villámárvizei gyakoribbá válnak.
- A nagytavak vízmérlege romlik, gyakoribbá válnak a tartós alacsony vízállások.
- A kisvízfolyások vízhozama szélsőségesse válik, a csapadékhiányos nyári időszakban tartósan kiszáradhatnak.
- A beszivárgás csökken, mérséklődik a felszín alatti vizek természetes utánpótlása. Ez a negatív hatás rövidebb-hosszabb távon káros khatással lehet a felszín alatti áramlási rendszerekre is, ami az ivóvízkészleteink mellett a mélyebb elhelyezkedésű ásvány-, gyógyvíz- és hévízkészleteinkre is kihat.
- 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.
- A víz hőmérséklet emelkedik, a jégjelenségek csökkennek.



Forrás: Nováky (2013)¹¹⁹

17.ábra Magyarország vizeiben megfigyelt változások Forrás: NÉS2 – IV. 3.

A XX. században és különösen az utóbbi évtizedekben a vizeinkben megfigyelt (ám nem teljes körűen vizsgált) tendenciák többnyire jó összhangban vannak a várható változásokkal (20. ábra). Több vízfolyáson csökkent az évi középvízhozam, a síkvidéki folyókon gyakoribbá váltak a szélsőséges árvizek, a kisebb vízfolyásokon a villámárvizek. A Balaton évi természetes vízkészlete jelentősen csökkent, a Duna víz hőmérséklete a léghőmérséklethez hasonlóan 1926 és 2005 között – 1970-től gyorsuló ütemben – 0,6°C-kal emelkedett, a nagymarosi szelvényében a jégjelenségek időtartama 2,5 hónapról egy hónapra zsugorodott, a Duna-Tisza köze hátsági részén a talajvíz tartósan lesüllyedt. Esetenként jelentős lehet a vizeket érő

közvetlen emberi beavatkozás, a tározók (kisvízhozamok, vízhőmérséklet, jégviszonyok), a vízkivételek (talajvíz) hatása is.

Vizeink esetében várható éghajlati változások többnyire kedvezőtlenül hatnak az ökoszisztémákra és növekvő kockázatot jelentenek a társadalmi–gazdasági rendszer számos területén. Alkalmazkodás nélkül leginkább sérülékenyek lehetnek az árvizekkel, és főként a nagycsapadékok által kiváltott heves árhullámokkal fenyegetett térségek és települések, a hasznosítható vízkészletek valamennyi fajtája (határokon belépő és helyben keletkező felszíni vízkészlet, felszín alatti vízkészlet), az üdülő tóként hasznosuló nagytavak, valamint a vízi és vizes ökoszisztémák. A sérülékenység alkalmazkodással csökkenthető. Az alkalmazkodás feladatai megoszlanak a vízgazdálkodás és társadalom-gazdaság vízzel érintett szakterületei között.

A NÉS-2 megállapításai a vízgazdálkodásra

A NÉS-2 olyan megállapításokat és javaslatokat fogalmaz meg, amellyel befolyást gyakorol a hazai vízgazdálkodásra. **A vízgazdálkodást összefüggő rendszerként kezeli, amelynek szakterületei, feladatkörei egymásra kölcsönösen hatással vannak.** Az egyes részelemeibe való beavatkozás okvetlenül hatással van más elemeire, így ezeket a rendszerekbe összehangoltan érdemes beavatkozni.

A következőkben a NÉS-2-ből idézünk, majd ezekkel kapcsolatban megállapításokat, felvetéseket teszünk és rávilágítunk az árvíz-kockázat-kezelési kapcsolatokra.

A NÉS-2 esetenként hivatkozik a Kvassay Jenő Tervre (KJT). Említi, hogy a KJT rögzíti, hogy a „jelenlegi vízügyi szabályozás esetenként nem megfelelő az alkalmazkodás támasztotta új kihívások kezeléséhez. A területi vízgazdálkodás (árvízmentesítés és -védekezés, síkvidéki vízrendezés, belvízvédekezés, dombvidéki vízrendezés; mezőgazdasági vízgazdálkodás; térségi vízszétosztás, folyógazdálkodás, vízi utak, vízenergia-hasznosítás) kulcsfontosságú. Ennek alapinfrastruktúrái azonban nem hasznosítás-orientáltak, defenzívek és rugalmatlanok.”

A KJT átfogó, hosszú távú céljai között kiemeli, hogy: **„a vizek okozta károk megelőzését kell előtérbe helyezni a védekezés helyett; a vízgazdálkodási rendszerek és a területhasználati módok összehangolt átalakításában pedig lényeges, hogy a víz káros bősége a vízhiány mérséklésére legyen fordítható.”** Ennek értelmében szoros kapcsolatot állapít meg a vízben bőséges időszakok, azaz a nagyvizes, árvizes időszakok és a vízhiányos időszakok között és lényegében azt mondja, hogy a vízkészleteket éves körforgásban érdemes szemlélni, valamint törekedni kell a vízkészletek időbeli elosztására és hasznosítására. Tovább folytatva ezt a gondolatmenetet arra juthatunk, hogy gyakorlatilag az árvizek helyben megtartása, visszatartása lehetőség, sőt, szükség annak érdekében, hogy a vízhiányos időszakokra és vízhiányos területekre felszíni vizet juttassunk, biztosítsunk. Ennek megfelelően megállapítja, hogy a klímaváltozás szükségessé teszi az adaptív vízgazdálkodást, azaz az időben és térben változó környezeti és egyéb körülményekhez való alkalmazkodás képességének és gyakorlatának megteremtését is. **Súlyponti feladatai között jelenik meg a vízvisszatartás és vízszétosztás a vizeink jobb hasznosítása érdekében.**

A vízgazdálkodás területeire vonatkozóan, az éghajlatváltozást figyelembe vételére, intézkedés típusokat fogalmaz meg, amelyeket az alábbi táblázatban foglal össze.

7. táblázat. *A vízgazdálkodás szakterületeinek adaptációs eljárásai (forrás: NÉS-2)*

Vízgazdálkodási szakterület	Proaktív		Reaktív
	Szerkezeti	Nem szerkezeti	
Vízkészlet-gazdálkodás	Tározás, felszín alatti vizek felszíni vizekbe vezetése, vízátervezés, ökológiai vízigény biztosítása	Vízhasználatok telepítése, vízigény-szabályozás, hatósági előírások, vízdíj	Vízkorlátozás, ideiglenes vízpótlás, élővilág menekítése
Vízminőség-szabályozás		Szennyvíztisztítási határértékek előírása	Ideiglenes vízpótlás
Árvízvédelem	Árvédelmi töltések, tározók, vésztározók, vízmegtartás/visszatartás	Ártéri hasznosítás korlátozása, előrejelzés	Árvízvédekezés, kitelepítés
Területi vízgazdálkodás	Öntözés, vízpótlás lehetőségének biztosítása, vízellátó és vízelvezető rendszerek (csatorna, szivattyú, tározó), belvíz tározása	Területhasználat váltás, művelés korlátozása, előrejelzés, aszálymérés-kló eljárások a növénytermesztésben, fajtaváltás, csapadékvíz-tározás a talajban	Belvizek ideiglenes visszatartása
Települési vízgazdálkodás	Meder karbantartás, záportározók	Területi korlátozás, árvízi előrejelzés	Kitelepítés
Folyó- és tógazdálkodás	Vízszintszabályozás vízeresztő zsilippel és tározóval	Vízhasználat korlátozása	Ideiglenes vízpótlás

“Az alkalmazkodás során előnyben kell részesíteni azokat a megelőzést szolgáló proaktív, nem szerkezeti, a rugalmas, szükség szerint bővíthető eljárásokat, amelyek integráltan kezelik az éghajlatváltozásból fakadó problémákat, főleg az árvíz és aszály problémáit, harmonizálnak a területhasználattal, eleget tesznek a fenntarthatóság igényeinek. Szükség lehet új, ma még kevésbé gyakorolt megoldásokra, mint a csapadék és a helyi vizek visszatartása és hasznosítása, a vízigények szabályozása, az árvizekkel érintett területeken a területhasználatok ésszerű, fokozatos korlátozása.”

A stratégia újfent kiemeli, hogy az árvíz és aszály problémáit harmonizáltan kell kezelni. **Az aszályos területek vízellátottságának növelése érdekében egyrészt a vizek területi visszatartását hangsúlyozza, amely a mélyfekvésű, lefolyástalan, gyakran belvízjárta területeken valósítható meg első sorban.** Másrészt ezzel párhuzamosan az aszályos területek felszíni vizekkel történő vízpótlásának növelése merül fel, ami hozzájárulhat a kedvező vízgazdálkodási feltételekhez. A területhasználatoknak az elöntési veszélyhez való alakítása esetében nem határozza meg, hogy mely területek használatát lenne szükséges adaptálni a szélsőséges vízgazdálkodási helyzetekhez. Célszerű lenne külön értelmezni a nyílt ártereket, töltésekkel védett ártereket és a nem elsőrendű védvonallal védett területeket, de minden esetben szükség van valamilyen mértékű területhasználati szabályozásra, ösztönzésre.

“Felül kell vizsgálni az árvízvédelmi igényeket (mérlegelt védelem és differenciált biztonság). Megkerülhetetlen feladat a művelés korlátozása belvízjárta területeken, de a települések

fejlesztése során is kiemelt figyelmet kell, hogy kapjanak a fenntartható vízgazdálkodás szempontjai. A fenntartható vízgazdálkodás kialakítása tehát nem csupán vízgazdálkodási, vízmérnöki feladat, hanem mélyreható gazdasági, társadalmi változásokat, szemléletváltást igényel. Ehhez nélkülözhetetlen a széleskörű társadalmi párbeszéd.” Ennek érdekében egy átfogó stratégiai terv és ezzel összhangban készült megvalósítási terv szükséges.

Mezőgazdaság

A szélsőségek egyik legnagyobb elszennvedője a mezőgazdaság. Ennek vonatkozásaiban szintén a talajtározást hangsúlyozza, a mélyfekvésű területek kivonását művelés alól és a területi vízvisszatartás támogatását.

“A mezőgazdasági termelés alapvető feltétele a víz, **a természetes csapadék visszatartása a kistáji vízkörforgásban, illetve talajba szivárogtatásának elősegítése. A termőtalaj hazánk legnagyobb víztározója, megőrzése és hasznosítása, valamint a hiányzó víz pótlása kulcsfontosságú. A vízfolyásokon érkező vizek és a csapadék visszatartása, hasznosítása, valamint az öntözés nemcsak biztonságos hozamokat, hanem az aszály, belvíz, árvíz és időjárási anomáliák elleni eredményes küzdelmet is megalapozza.** Kiemelendő, hogy a talajban történő víztározás, a belvíz és aszály elleni küzdelem, a talajművelés átalakítása egyúttal az árvizek megelőzéséhez is hozzájárul. A mély fekvésű, rendszeresen belvízjárta, talajhibás területeket a szántóföldi művelésből ki kell vonni művelési ág váltással, földhasználat váltással.”

“Mély fekvésű, belvizes, vízjárásos, kötött talajú területeken korszerű, technika–technológia és talajművelés jelentheti a megoldást.”

“Ki kell alakítani a vízvisszatartásra ösztönző szervezeti, érdekeltségi és árképzési rendszert.”

A területfejlesztéssel és a mezőgazdasággal ezért olyan területhasználati szerkezetet szükséges elősegíteni és az árvíz kockázat-kezelési tervezés számára megtervezni, amely változtatásokat a kockázatkezelési tervezés során figyelembe lehet venni.

„A mezőgazdaság alkalmazkodóképességét számottevően javíthatják a vízpótlás tartalékai, a többcélú víztározók létesítése és ezek öntözési célú hasznosítása.”

Szükséges lenne megfogalmazni, hogy a vízpótlási lehetőségeken milyen formában lehet fejleszteni, ez milyen módon befolyásolja a többcélú tározók üzemeltetését és hol lehet öntözési céllal létesíteni vagy üzemeltetni tározókat.

Vízgazdálkodási cselekvési irányok (IV.7.2.)

A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia megfogalmaz rövid, közép és hosszútávú cselekvési irányokat. Ezek közül az alábbiakat emelném ki.

RÖVID TÁVÚ CSELEKVÉSI IRÁNYOK

- Szükséges a **Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése Program** folytatása. Minden kialakítandó tározóterületen biztosítani kell a rendszeres, sekélyvízi elöntéshez igazodó ártéri tájgazdálkodási rendszerek kialakításának és az állandó tározásnak a vízgazdálkodási, illetve támogatási feltételeit. A gazdálkodókat képzéssel, szaktanácsadással, szemléletformálással kell segíteni a fenntartható, közösségi tájhasználat kialakításában.
- A gyors vízelvezetésen alapuló vízrendezési gyakorlat helyett a vízvisszatartó vízrendezés kialakítása ösztönzendő.

- **Javasolt a területhasználatok felülvizsgálata a változó ökológiai és éghajlati feltételek szempontjából.** Rendszeresen vízjárta, belvizes tulajdonságai miatt mezőgazdasági szempontból gazdaságtalanul hasznosítható területek művelésének megszüntetése, illetve adottságaiknak megfelelő hasznosítása (vizes élőhelyek kialakítása), természetközeli vízpótlási rendszerek kialakítása, kistáji vízkörforgások rehabilitációja, erdők, vizes élőhelyek fokozott szerephez juttatása a vizek megtartásában.
- A **vízkezeltek hatékony felhasználásának ösztönzése** egyrészt az igénygazdálkodás eszközeivel, másrészt gazdasági eszközökkel, megfelelő vízárpítási politikával lehetséges. Fontos a helyi érdekeltek bevonása a vízfolyások, csatornák fenntartásába.

7. Második Nemzeti Éghajlat Stratégia – további releváns részek kivonata

Háttér és előzmények (NÉS-2 Vezetői összefoglaló 1.fejezet)

A 2018-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia kidolgozása során a közpolitikai cél egy olyan nemzeti éghajlatváltozási stratégia megalkotása volt, amely lefekteti azokat a célkitűzéseket, amelyek megvalósításával az éghajlatváltozás által előidézett hatások hosszútávon kezelhetők. Ez két úton valósítható meg.

A nemzetközi erőfeszítésekkel összhangban mérsékelnünk kell az üvegházhatású gázok kibocsátását, továbbá – hazánk érdekeit szem előtt tartva – növelnünk kell a szén-dioxid elnyelő kapacitásainkat. Ezek a lépések hozzájárulnak a nemzetközi klímavédelmi együttműködéshez, amelynek sikeres megvalósítása esetén hosszútávon mérsékelhető az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja, amely a globális légköri hőmérséklet további emelkedési ütemének csökkenéséhez vezet. A CO₂ kibocsátás csökkentése és az elnyelő képesség növelése mellett szükséges az ország területét érő hatások objektív értékelése is.

Az éghajlatváltozás kedvezőtlen következményeihez való alkalmazkodás is nemzeti érdekünk, tekintettel arra, hogy a klímaváltozás napjainkban is zajló, mérésekkel igazolható folyamat, amely az üvegházhatású gázok jelenlegi légköri koncentrációja, valamint a jövőbeli várható kibocsátások és a mértékadó tudományos előrejelzések alapján tovább folytatódik.

Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és annak Kiotói Jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. törvény (a továbbiakban: Éhvt.) 3. § (1) bekezdésében foglaltak szerint „Az Országgyűlés az éghajlatváltozással kapcsolatos célok, eszközök, prioritások, így különösen az éghajlatváltozással, az azt kiváltó folyamatokkal és a hatásokkal kapcsolatos hazai kutatásokkal, az üvegházhatású gázok hazai kibocsátásainak csökkentésével és az alkalmazkodással, valamint a hazai hatásokra való felkészüléssel kapcsolatos feladatok, és ezen célok végrehajtásához szükséges eszközök meghatározása érdekében Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiát (a továbbiakban: Éghajlatváltozási Stratégia) fogad el”, amelyet első alkalommal a 2008-2025-ig tartó időszakra kell kidolgozni a nemzetközi kötelezettségvállalásoknak megfelelően. A fentiekben foglaltaknak megfelelően az Országgyűlés az első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiát a 29/2008. (III. 20.) OGY határozatával fogadta el. Figyelemmel arra, hogy az Éhvt. 2015-ben hatályos 3. § (2) bekezdése értelmében a Kormánynak a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiára vonatkozóan ötéves felülvizsgálati kötelezettség volt előírva. Az első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia jogszabályban meghatározott felülvizsgálatának eredményeképpen a „2014-2025-re, kitekintéssel 2050-re vonatkozó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia” tervezete 2013-

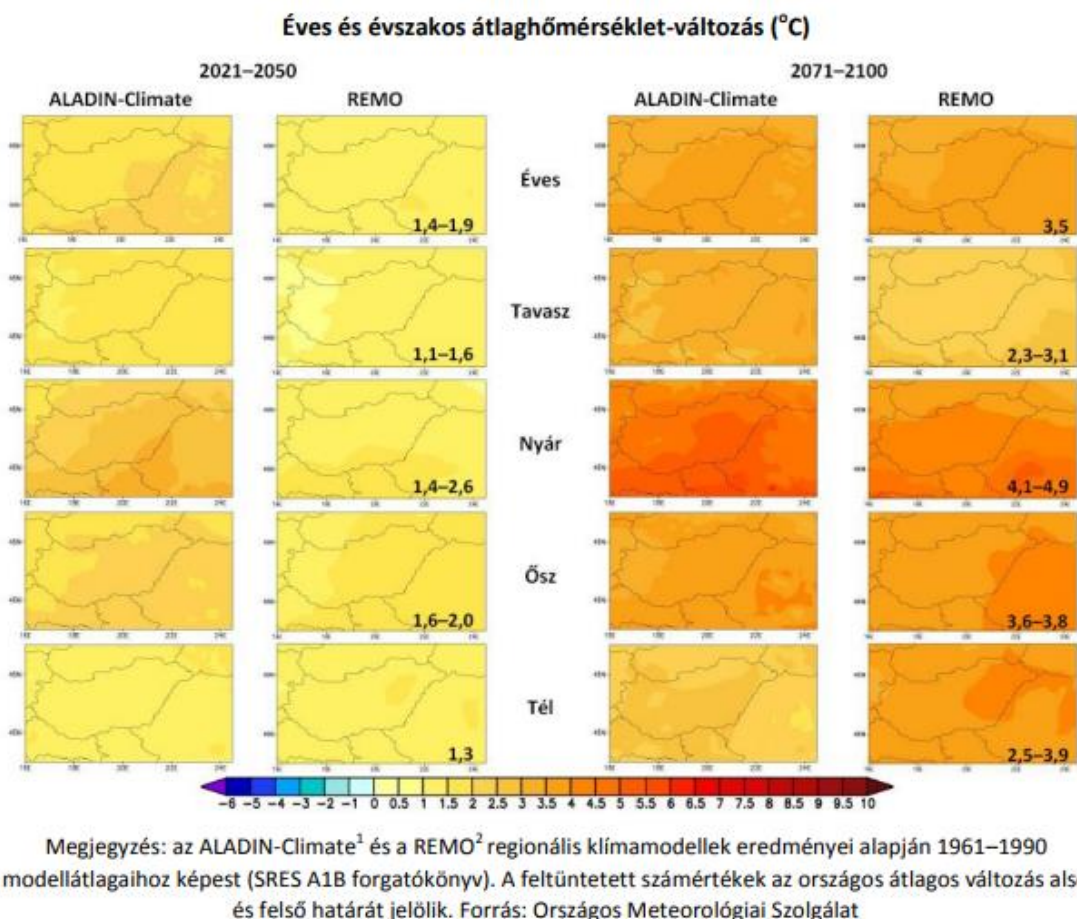
ban elkészült, és 2015. június 2-án benyújtották az Országgyűlés részére. Tekintettel azonban arra, hogy az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye Részes Feleinek 2015. november 30. és december 11. között Párizsban lezajlott 21. konferenciája keretében elfogadták az új globális, úgynevezett „Párizsi Megállapodást”, illetve az azt támogató döntéseket tartalmazó „Párizsi Csomagot”, indokoltá vált az Országgyűlés részére 2015-ben benyújtott stratégiának a Párizsi Megállapodásban foglaltaknak megfelelő felülvizsgálata és átdolgozása. Erre figyelemmel a NÉS-2 már a Párizsi Megállapodásban foglalt célkitűzéseknek és prioritásoknak megfelelő átdolgozott szöveget tartalmazza.

A NÉS-2 szükségessége

Az éghajlatváltozás csak egyike azoknak a környezeti, társadalmi, gazdasági problémáknak, amelyek a természeti erőforrások készleteit és minőségét veszélyeztetik, és akadályát képezik a fenntartható fejlődésnek. Kárpát-medencei létalapjaink – gazdag vízkészleteink, termőföldjeink, erdeink, változatos élővilágunk – tartós megóvása nemzetstratégiai jelentőséggel bír. A biológiai sokféleség csökkenése, az áradások és aszályok súlyosbodása, a termőföld pusztulása, a vizek és a levegő szennyeződése, az idegenhonos inváziós fajok és kártevők terjedése, a környezeti okokra visszavezethető megbetegedések gyarapodása által okozott hatások és azok következményei a klímaváltozással együtt olyan komplex problémakört alkotnak, amely kihívásokra hatásos választ csak összehangolt, távlatos koncepciók adhatnak. A NÉS-2 cél- és eszközrendszere – összhangban más ágazati és horizontális stratégiákkal – lehetővé teszi az EU és hazai pénzügyi források éghajlatvédelmi célokra fókuszáló felhasználását és nyomon követését.

Helyzetelemzés és helyzetértékelés (NÉS-2 Vezetői összefoglaló 2. fejezet)

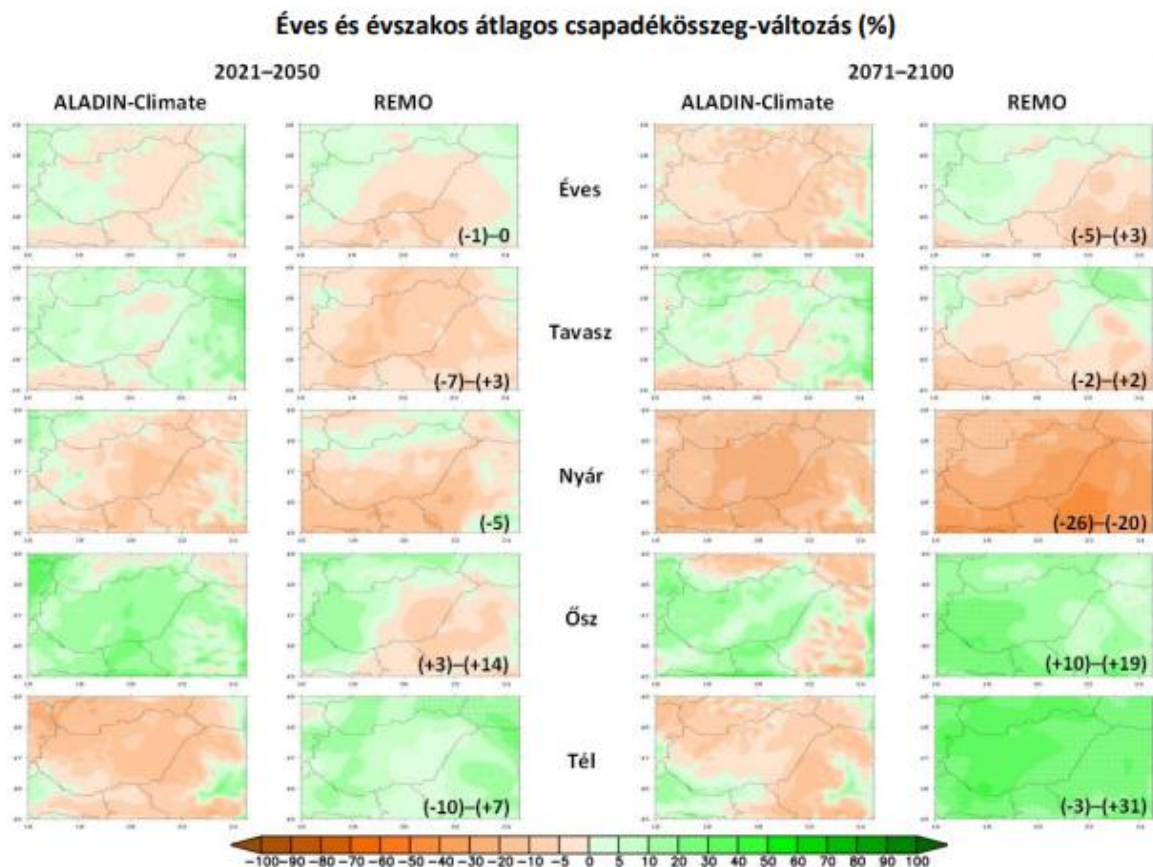
A XXI. században Magyarországon az átlaghőmérséklet emelkedése várható, amelynek mértéke 2021–2050 közötti időszakra minden évszakban szinte az ország egész területén eléri az 1 °C-ot, az évszázad végére pedig a nyári hónapokban a 4 °C-ot is meghaladhatja. A hőmérséklettel kapcsolatos szélsőségek egyértelműen és szignifikánsan a melegedés irányába mozdulnak el: a fagyos napok száma csökkenni, a nyári napok és a hóhullámos napok előfordulása növekedni fog, az évszázad végére már egy hónapot megközelítő mértékben.



18.ábra Éves és évszakos átlaghőmérséklet-változás Forrás: Második Nemzeti Éghajlat Stratégia 7. oldal

A csapadék éves összegében nem számíthatunk nagy változásokra, az eddigi évszakos eloszlás viszont nagy valószínűséggel átrendeződik. A nyári csapadék a következő évtizedekben 5%-ot, az évszázad végére pedig 20%-ot elérő csökkenése bizonyosnak tűnik, amelyet nagy valószínűséggel az őszi és a téli csapadék növekedése fog kompenzálni. A nagymennyiségű és intenzív csapadékos jelenségek várhatóan elsősorban ősszel lesznek gyakoribbak, a száraz időszakok hossza pedig nyáron fog leginkább növekedni. A következő évtizedekre jelzett változások azonban többnyire bizonytalan előjelűek és nem szignifikánsak, s csak az évszázad végére tehetők határozott megállapítások.

A szélsőségek várható alakulása jellegzetes térbeli eloszlást mutat és elsősorban Magyarország középső, déli és keleti területeit érinti kedvezőtlenül, ami a területi sérülékenységvizsgálatok jelentőségére hívja fel a figyelmet.



Megjegyzés: az ALADIN-Climate és a REMO regionális klímamodellek eredményei alapján 1961–1990 modellátlagaihoz képest (SRES A1B forgatókönyv). A feltüntetett számértékek az országos átlagos változás alsó és felső határát jelölik. A statisztikailag szignifikáns változást pontozás jelöli.

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

19. ábra Éves és évszakos átlagos csapadékösszeg-változás Forrás: Második Nemzeti Éghajlat Stratégia 8. oldal

A magyarországi éghajlatpolitika stratégiai alapjai: jövőkép és célkitűzések (NÉS-2 Vezetői összefoglaló 3. fejezet)

A NÉS-2 – hasonlóan más, több ágazatot átfogó, horizontális stratégiákhoz – az ágazati tervezést segítő, önálló célrendszer és konkrét cselekvési irányokat kitzűző, azonban az ágazati fejlesztési törekvéseket "felül nem író" tervdokumentum. E tekintetben a NÉS-2 a klímapolitika, a zöldgazdaságfejlesztés és az alkalmazkodás átfogó keretrendszere, amely az éghajlatvédelem céljait (ideértve a nemzetközi kötelezettségeket is) és cselekvési irányait tükrözi mind ágazati, mind területi dimenziókban a szakpolitikai és gazdasági tervezés számára, illetve a társadalom egésze felé. Fontos ernyőstratégiáról van tehát szó, amely koordináló szerepet vállal a többi ágazati stratégia vonatkozásában.

Jövőkép

A NÉS-2 a mitigációs–adaptációs célkitűzés-kettősnek megfelelően egy-egy dekarbonizációs és adaptációs jövőképre (vízióra) támaszkodik:

- Dekarbonizációs jövőkép: "a fenntartható fejlődés felé" Magyarország a gazdasági versenyképesség és növekedés, a társadalmi jólét megteremtése és a szegénység

elleni küzdelem, valamint az éghajlatvédelem szempontjait egyaránt figyelembe vevő pályán fokozatosan áttér az alacsony szén-dioxid kibocsátású gazdaságra. A helyesen megválasztott klímapolitikai irányok, a megfelelően ambiciózus kibocsátás-csökkentési célok az ország versenyképességét is pozitívan befolyásolják, különösen hosszú távon. Az áttérés elsődleges hajtóereje nem a nemzetközi kötelezettségeknek való megfelelés szándéka, hanem a fenntartható fejlődés nemzetstratégiai céljainak elérése, különösen a fosszilis tüzelőanyagoktól való függés mérséklése, az anyag- és energiatakarékos technológiák térnyerése, a megújuló energiaforrások elterjedése vonatkozásában.

- **Adaptációs jövőkép:** "felkészülni az elkerülhetetlenre, megelőzni az elkerülhetőt!" Hazánk az éghajlatváltozás valószínűsíthető következményeit tekintve Európa egyik legsérülékenyebb országa. Az éghajlatváltozás várható magyarországi hatásainak, természeti, társadalmi és gazdasági következményeinek elhárítása érdekében az alkalmazkodás és a felkészülés teendői – elsősorban a vízgazdálkodás, a mezőgazdasági termékbiztonság, valamint a természeti értékeink és az emberi egészség megóvása terén – már rövidtávon beépülnek a szakpolitikai tervezésbe és a gazdasági döntéshozatalba.

Átfogó célok

A jövőképek elérése érdekében a NÉS-2 háromszintű célrendszerre épül, amelynek elemei célhierarchiában rendeződnek egymáshoz. A célhierarchián belül az átfogó célok a hazai éghajlatpolitika prioritásait adják meg.

- **Fenntartható fejlődés egy változó világban.** Az éghajlatváltozás nemzeti (természeti, humán és gazdasági) erőforrásainkat veszélyezteti. Cél az élıhetőség tartós biztosítása Magyarországon, természeti értékeink, erőforrásaink (termőföld, ivóvíz, biológiai sokféleség), és kulturális kincseink megőrzése, valamint az emberi egészség kiemelt védelme. Cél továbbá a fenntartható, tartósan fennálló (tartamos) fejlődés, amely az erőforrások takarékos és hatékony használatát feltételező gazdasági fordulatra és életmódváltásra épül, elősegítve a területi különbségek mérséklődését.
- **Adottságaink, lehetőségeink és korlátaink megismerése.** Az éghajlatváltozás jelenségének, természeti hatásainak, területi jellemzőinek és társadalmi–gazdasági következményeinek feltárása tudományos megalapozottságú elemzéseket igényel. A tervezési bizonytalanságok csökkentése és az intézkedések hatékonyságának nyomon követése érdekében, továbbá a döntéshozatal támogatására komplex monitoring rendszer, valamint térinformatikai támogatottságú alkalmazkodási és mérséklési elemző-értékelő mechanizmusok fejlesztése szükséges, amely az intézkedések hatékonyságának ellenőrzéséhez is alapul szolgál. A kibocsátás-csökkentés és az alkalmazkodás költséghatékony lehetőségeinek feltárásához célirányos kutatási–fejlesztési, innovációs tevékenységekre kell támaszkodni.

Specifikus célkitűzések

Az éghajlatpolitika tématerületeit az Éhvt. jelöli ki. Ennek megfelelően a NÉS-2 négy tematikus specifikus célkitűzést határoz meg, amelyek az átfogó célok részletesebb, szakterületi kifejtését jelentik:

- **Dekarbonizáció:** Cél az éghajlatváltozás hajtóerőit elleni küzdelem keretében, a nemzetközi és EU tagságunkból adódó kötelezettségek figyelembevételével az alacsony szén-dioxid kibocsátású gazdaságra való áttérés az üvegházhatású gázok (CO₂, CH₄, N₂O, F-vegyületek stb.) kibocsátásának csökkentése és a természetes nyelő kapacitások megerősítése révén. A szén-dioxid geológiai közegben történő elhelyezését és tározását (CLT) az Európai Unió a dekarbonizáció egyik lehetséges és

ajánlott eszközhöz tekinti, ezért szükséges a környezeti és biztonsági kockázatok, valamint a gazdaságosság további vizsgálata annak érdekében, hogy a technológia esetleges alkalmazása a lehető legkisebb kockázattal járjon.

- Az éghajlati sérülékenység területi vizsgálatának térinformatikai megalapozása: Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás területi és ágazati stratégiai integrációja részletes információkat igényel a változásokkal szembeni társadalmi, gazdasági és környezeti sérülékenységről. Cél egy olyan, hazai kutatásokon és a földmegfigyelés eredményein alapuló, többcélú felhasználásra alkalmas térinformatikai adatrendszer folyamatos működtetése, amely objektív információkkal segíti a változó körülményekhez igazodó, rugalmas tervezést, döntés-előkészítést és döntéshozatalt.
- Alkalmazkodás és felkészülés: Az éghajlati alkalmazkodás célja a nemzeti (természeti, humán és gazdasági) erőforrások készleteinek és minőségének megóvása, a változó külső feltételekhez való rugalmas természeti, társadalmi, gazdasági és szakpolitikai válaszok előmozdítása. Cél, hogy a felkészülés összehangolt választ adjon a klíma-, energia-, élelmiszer- és vízbiztonság, valamint a kritikus infrastruktúra-biztonság hosszútávon fennálló problémaköreire.
- Éghajlati partnerség biztosítása: Cél, hogy a magyarországi klímapolitika széleskörű partnerség és társadalmi-gazdasági konszenzus keretei között valósuljon meg. Növelni szükséges az éghajlatváltozással, a megelőzési és alkalmazkodási intézkedésekkel kapcsolatos tájékozottságot és közbizalmat. Az államnak – többek között az energiatakarékosság, a klímabarát közbeszerzések terén – tartós és folyamatos példaállítással kell segítenie e konszenzus kialakulását. Erősítendő a civil, a karitatív és az egyházi szervezetek, önkormányzatok szerepe, valamint a gazdasági érdekképviseletek, kamarák részvétele a közös cselekvésekben, hiszen a klímapolitikai célok költséghatékony teljesüléséhez az államháztartáson kívüli források bevonása is elengedhetetlen

Beavatkozási területek, eszközök (NÉS-2 Vezetői összefoglaló 4. fejezet)

A NÉS-2 a mitigáció – adaptáció – szemléletformálás tematikahármasnak megfelelően magában foglalja az üvegházhatású gázok kibocsátás-csökkentésének céljait, prioritásait és cselekvési irányait tartalmazó Hazai Dekarbonizációs Útitervet (HDÚ). Az éghajlatváltozás várható magyarországi hatásainak, természeti és társadalmi, gazdasági következményeinek, valamint az ökoszisztémák és az ágazatok éghajlati sérülékenységének értékelése szintén a NÉS-2 részét képezi, amelyre alapozva Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia (NAS) épül a dokumentumba. Az alkalmazkodás és felkészülés koncepcionális keretei érintik többek között a vízgazdálkodás, a vidékfejlesztés, az egészségügy, az energetika, a turizmus és más ágazatok éghajlatbiztonsággal kapcsolatos helyzetét, kockázatait, megvizsgálva a felkészülés lehetséges cselekvési irányait. A hazai dekarbonizáció és az éghajlati alkalmazkodás teendőit éghajlati szemléletformálási program (Partnerség az Éghajlatért Szemléletformálási Terv) egészíti ki.

- **Hazai Dekarbonizációs Útiterv (NÉS-2: 4. fejezet, 13-16. oldal)**
Magyarország alapvető nemzetstratégiai érdeke, hogy a versenyképesség, a technológiaváltás és az éghajlatvédelem szempontjait egyaránt figyelembe vevő dekarbonizációs tervvel készüljünk az Európai Unió hosszú távú kibocsátás-csökkentési törekvéseiben és erőfeszítés-megosztási rendszerében való arányos és hatékony részvételünkre. Elengedhetetlen stratégiai érdekünk továbbá a fenntartható fejlődés feltételeinek megtervezése, a klímapolitikai vállalások teljesítését lehetővé tevő, munkahelyeket teremtő és megtartó, az innovációra és kutatásfejlesztésre építő

nemzetgazdaság megteremtése. A helyesen megválasztott klímapolitikai irányok, a megfelelően ambiciózus kibocsátás-csökkentési célok az adott ország versenyképességet is pozitívan befolyásolják, különösen hosszú távon. Emellett a globális környezeti problémák megoldásában való arányos felelősségünk indokolja, hogy a NÉS-2 keretei között elindítsuk a magyarországi dekarbonizáció hosszú távú tervezési folyamatát. Ennek értelmében a HDÚ a klímaváltozáshoz hozzájáruló kibocsátások mérséklésének technológiai és fogyasztói viselkedésben rejlő lehetőségeit mutatja be. A HDÚ kiemelt törekvése, hogy rávilágítson azokra a megoldásokra, amelyek a kibocsátáscsökkentést a foglalkoztatás növekedésével párosulva valósíthatják meg.

- **Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia** (NÉS-2: 4. fejezet, 16-18. oldal)
A Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás hazai kereteit és lehetőségeit vázolja fel. Az alkalmazkodás gyakorlati megvalósítása egyre sürgetőbbé válik, mert a cselekvés halogatása a kockázatok jelentős növekedését vonhatja maga után. A Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia kiindulópontja, hogy a klímaváltozás nem határolható el a társadalom-, a gazdaság- vagy a környezetpolitika témaköréitől, ezért azt a fenntartható fejlődés szempontrendszerével összhangban szükséges kezelni. A Stratégia a rugalmas alkalmazkodás, azaz az összehangolt, a kockázatoknak elébe menő felkészülés lehetőségének megteremtését szolgálja. Küldetése az éghajlati változásokra rugalmasan reagáló, a kockázatok megelőző és a károkat minimalizáló, élhető Magyarország természeti, valamint társadalmi–gazdasági feltételeinek biztosítása egy innovatív, a fenntartható fejlődés elérését támogató stratégiai keretrendszer révén.
- **Partnerség az éghajlatért szemléletformálási terv** (NÉS-2: 4. fejezet, 18-19. oldal)
Az éghajlatváltozás elleni küzdelem csak a fenntartható fejlődés alapelveivel összhangban, az érdekeltek széles körének bevonásával képzelhető el. A klímaváltozás lassítására irányuló törekvések, illetve a megváltozott körülményekhez való alkalmazkodás akkor lehet hatékony, ha az intézkedéseket szakmai-tudományos, szakpolitikai és társadalmi konszenzus övezi. Az éghajlatváltozással kapcsolatos szemléletformálás célja ezért a klímatudatosság és a fenntarthatóság szempontjainak integrálása a tervezésbe, a döntéshozatalba és a cselekvésekbe a társadalom minden szintjén.

Intézkedések a NÉS-2 végrehajtására

A NÉS-2 végrehajtásának első és legfontosabb lépése az első Éghajlatváltozási Cselekvési Terv (ÉCsT) kidolgozása, majd az annak keretében megfogalmazott feladatok végrehajtása; ugyanakkor ezen túlmenően mitigációs és adaptációs bontásban is felmerülnek rövidtávon olyan feladatok, amelyek megoldása a végrehajtás kezdeti lépéseként kulcsfontosságú. A következőkben ezek szerepelnek, hármas bontásban, először az általánosabb jellegű feladatokat érintve, majd a dekarbonizációs, végül az alkalmazkodási feladatokat véve sorra.

- A NÉS-2 és részelemei (HDÚ, NAS) megvalósításának operatív dokumentumai a háromévente készítendő Éghajlatváltozási Cselekvési Tervek. Ezek tartalmi szempontjairól külön kormányhatározat készítése javasolt.
- Javasolt az I. ÉCsT keretében kidolgozni a NÉS-2 Monitoring és Értékelési Tervét is. Ennek kapcsán az V.5. fejezet szolgál információkkal.
- Az I. ÉCsT (2018-2020) kidolgozásának 2018-ban kell megtörténnie, ezt követheti a tervben foglaltak végrehajtása. Az éghajlatvédelmi támogatáspolitikai végrehajtása során javasolt hangsúlyosan figyelembe venni az Országos Fejlesztési és

Területfejlesztési Koncepció – éghajlati adaptációhoz kapcsolódó – átfogó és specifikus célkitűzéseit.

A Hazai Dekarbonációs Útiterv végrehajtása

A mindenkori aktuális Éghajlatváltozási Cselekvési Terven belül ajánlott egy Dekarbonizációs Program – mint a HDÚ fő végrehajtási eszközének – kidolgozása. Ennek részeként:

- a jelentős ÜHG kibocsátás-csökkentési potenciállal rendelkező ágazatok szakmapolitikai programjai dekarbonizációs szempontú, indikátor alapú értékelési módszertanának kidolgozása;
- a HDÚ előrehaladását nyomon követő indikátorok kidolgozása;
- az aktuális ÉCsT időszakában megvalósuló, a HDÚ cselekvési irányainak megfelelő intézkedések, beavatkozások bemutatása;

Kulcsfontosságú a kapcsolódó ágazati, területi és horizontális stratégiai tervdokumentumok kidolgozása/felülvizsgálata során a HDÚ-ban rögzített célok és cselekvési irányok figyelembe vételének biztosítása.

Az ÉCsT Dekarbonizációs Programjának kidolgozása során kiemelt figyelmet kell fordítani a Nemzeti Energiastratégia, a Nemzeti Közlekedési Stratégia, a Nemzeti Reform Program, a Nemzeti Erdőprogram, a IV. Nemzeti Környezetvédelmi Program és a Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégia célkitűzéseivel való összhang megteremtésére.

A Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia végrehajtása

A mindenkori aktuális Éghajlatváltozási Cselekvési Terven belül javasolt egy Alkalmazkodási Program, mint a NAS fő végrehajtási eszközének kidolgozása. A dokumentum keretében ki kell dolgozni:

- a klímaváltozás hatásainak kitett ágazatok szakmapolitikai programjainak alkalmazkodási szempontú, indikátor alapú értékelési módszertanát;
- a területi és ágazati sérülékenység leképezésén alapuló, a NAS előrehaladását nyomon követő indikátorkészletet;
- az aktuális ÉCsT időszakában megvalósuló, a NAS cselekvési irányainak megfelelő intézkedések, beavatkozások körét.

A szakpolitikai döntés-előkészítésben (különösen a mezőgazdaságban, vízgazdálkodásban, energetikában, katasztrófavédelemben) be kell vezetni az alkalmazkodási intézkedéseket megalapozni képes éghajlati szempontú kockázatértékelést.

Az ÉCsT Alkalmazkodási Programjának kidolgozása során kiemelt figyelmet kell fordítani a Nemzeti Biodiverzitás Stratégia, a IV. Nemzeti Környezetvédelmi Program, valamint a IV. Nemzeti Természetvédelmi Alapterv, továbbá a Nemzeti Épületenergetikai Stratégia célkitűzéseivel való összhang megteremtésére.

A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia előrehaladásáról szóló, kétévenként készülő Monitoring Jelentés keretében javasolt a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégiával való összhang értékelése.

A Stratégia időkerete a NÉS-2 II.3.3. fejezetben már bemutatottak szerint 2018–2030 évekre terjed ki (kitekintéssel 2050-re), és háromféle időtávval számol a tervezés során. A rövidtávú célok az I. Éghajlatváltozási Cselekvési Terven keresztül, illetve a NÉS-2 záró részében felsorolt „Aktuális feladatok” végrehajtásán keresztül realizálódnak; középtávon a NÉS-2 átfogó és

specifikus céljainak szükséges teljesülniük, míg a hosszabb távú célkitűzések 2050-ig előrettekintő horizonttal valósulhatnak meg. Az ütemezési táblázatban feltüntettük a Stratégia ütemezett on-going és utólagos értékeléseinek időpontjait is. Az ütemezett értékelések-felülvizsgálatok eredményei az aktuális ÉCsT-k kapcsán hasznosulhatnak. A NÉS-2 időszaka alatt 4 darab, egyenként hároméves időszakokat felölelő Éghajlatváltozási Cselekvési Terv készül (2018-20; 2021-23; 2024-26; 2027-29).

Intézményi keretek

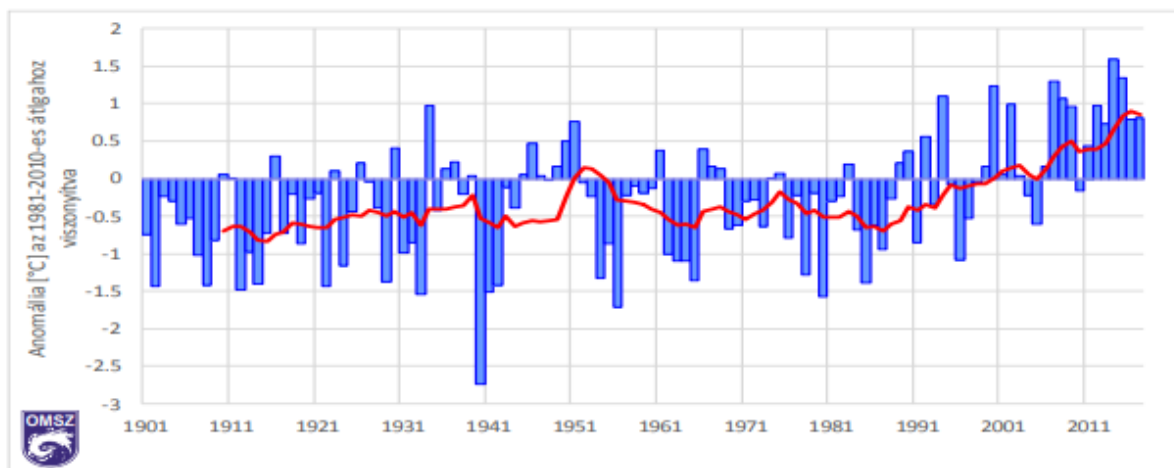
A Stratégia és a kapcsolódó cselekvési tervek végrehajtásának fő intézményi pillére a klímapolitikáért felelős Innovációs és Technológiai Minisztérium, továbbá szakmai közreműködőként a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat. A NÉS-2 és az említett dokumentumok folyamatos figyelemmel kísérése, időszakonkénti felülvizsgálata és a visszacsatolások tervezési és döntéshozatali mechanizmusokba való integrációja szintén a klímapolitikáért felelős minisztérium hatásköre, a felülvizsgálat jövőbeni irányításán és a közreműködő szervezetek koordinálásán keresztül.

Az éghajlatváltozás megfigyelt magyarországi tendenciái, várható alakulása (NÉS-2 I.1. fejezet)

A klímaváltozás hatásaira való felkészüléshez elengedhetetlen a változások irányának és számszerű mértékének ismerete, aminek feltérképezése során alapvetően két forrásra támaszkodhatunk: egyrészt az összegyűjtött és rendelkezésre álló mérések birtokában következtetéseket vonhatunk le a közelmúlt és a jelen éghajlati viszonyairól, a megfigyelt tendenciákról; másrészt modellszimulációk segítségével számszerűsíthetők a XXI. században várható, jövőbeli változások.

A magyarországi éghajlat megfigyelt változásai

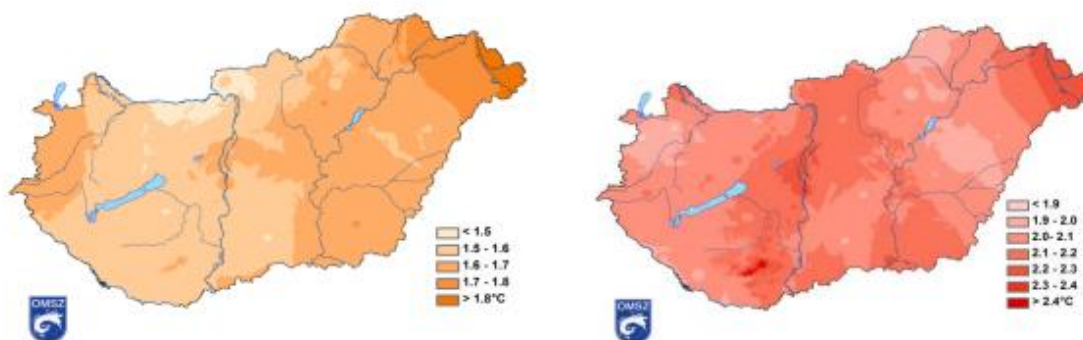
A műszeres megfigyelések kezdete óta a rendelkezésre álló források alapján az ezredforduló és az azt követő évek bizonyultak a legmelegebbnek. 2015 a valaha mért legmelegebb év volt globálisan, Európában a második, Magyarországon pedig a harmadik a legmelegebb évek rangsorában. A legfrissebb monitoringadatok szerint 2017 globálisan a második, Európában az ötödik, Magyarországon pedig a tizenegyedik legmelegebb év volt. A melegedő tendencia a globális és a hazai megfigyelési sorokban is jelen van, ez utóbbit az OMSZ elemzései is alátámasztják.



Megjegyzés: a piros görbe a tízéves simítást jelöli.

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

20.ábra Az éves (balra) és a nyári (jobbra) átlaghőmérséklet változása 1981 és 2017 között Forrás: NÉS-2

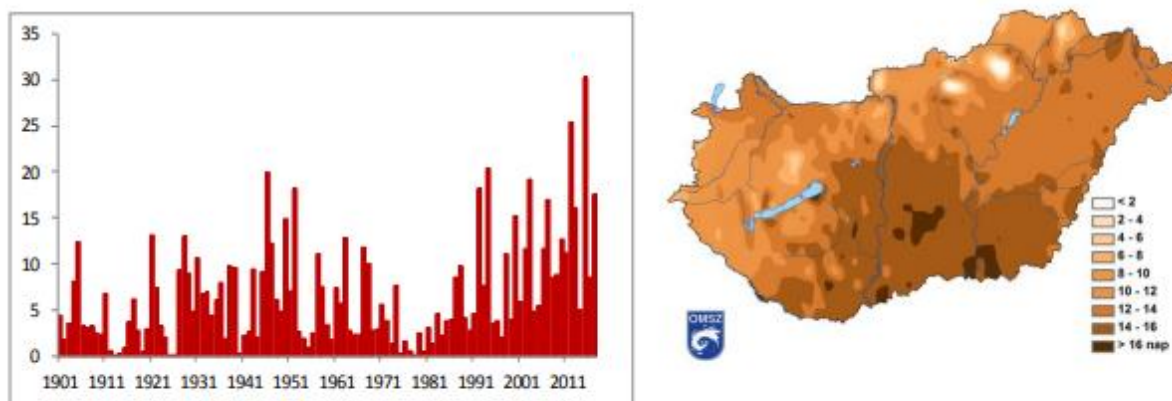


Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

21.ábra Az éves országos átlaghőmérséklet eltérései az 1981-2010. évi átlagtól az 1901-től 2017-ig tartó időszakban Forrás: NÉS-2

A hőmérsékleti szélsőségek alakulása

A szélsőséges hőmérsékletekben bekövetkezett változások arra utalnak, hogy a klíma megváltozása a meleggel kapcsolatos szélsőségek egyértelmű növekedésével és a hideg szélsőségek csökkenésével jár térségünkben. A XX. század elejétől 2017-ig mintegy 16 nappal több a nyári ($T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$), és a hóhullámos napok száma ($T_{közép} > 25^{\circ}\text{C}$) is megnőtt, átlagosan 7 nappal. Az ország középső és délföldi területein a legmarkánsabb, kiterjedt területeken két hetet is meghaladó a növekedés a legutóbbi évtizedek tendenciáit tekintve, kiterjedt területeken a két hetet is meghaladva. Ezzel párhuzamosan kevesebb a fagyos nap ($T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$), mint a XX. század elején, országos átlagban jellemzően 17 nappal.



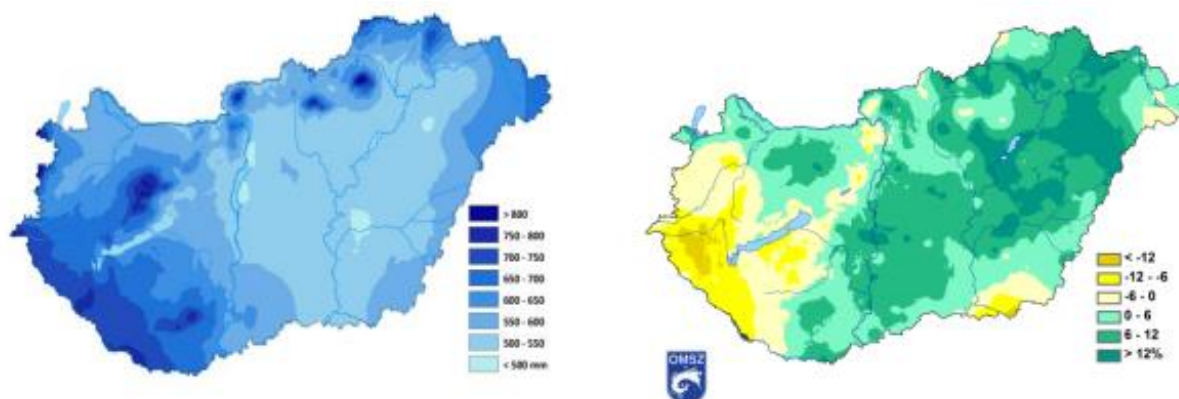
Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

22.ábra A hőhullámos napok alakulása országos átlagban 1901 és 2017 között (balra) és a változás területi jellemzői az 1981-2017 időszakra (jobbra) Forrás: NÉS-2 I.1.1. 44. oldal

Csapadék tendenciák

A csapadékmennyiség térben és időben nagyon változékony, így az éghajlatváltozás hatására bekövetkező egyirányú változásokat nehezebb kimutatni, mint a hőmérséklet esetén. Míg Észak- és Nyugat-Európában a melegedési tendenciával együtt egyre több csapadék hullik, addig nálunk a Földközi-tenger térségéhez hasonlóan éves szinten valamivel kevesebb.

Az éves összeg hazánkban átlagosan 590 mm körüli az 1981–2010-es normál időszakot tekintve. Évszakos skálán tavasszal 140 mm, nyáron 200 mm, ősze 145 mm, télen 110 mm az átlagos mennyiség. A csapadék területi eloszlását a tengerektől – elsősorban a Földközi-tengertől – való távolság és a domborzat határozza meg. A legszárazabb alföldi területeken szűk régióban 500 mm alatti csapadéku területeket is találunk, kiterjedt területeken 500-550 mm közötti csapadék hullik sokéves átlagban. A délnyugati határszélen és a Bakony térségében 700 mm fölötti összegek jellemzők. Ennél magasabb, 800 mm-t meghaladó értékek csak kis foltokban, a Mátra és a Bükk csúcsai közelében, valamint a Kőszegi-hegységben jelennek meg.

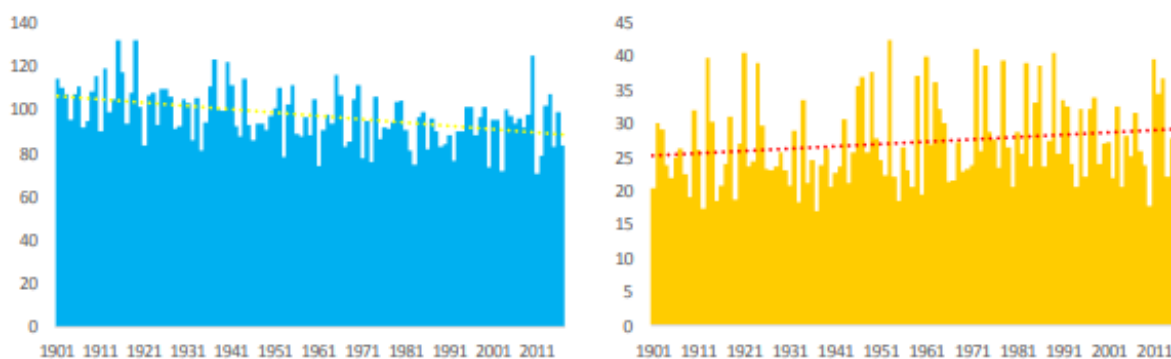


Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

23.ábra Az évi csapadékösszeg átlaga 1981-2010 (balra) és változása 1961-2017 között (jobbra) Forrás: NÉS-2 I.1.1. 45. oldal

A csapadék szélsőségek alakulása

A csapadékos napok évi száma (napi összeg > 1 mm) összességében csökkent 1901 óta, országos átlagban 17 nappal (23. ábra, bal panel). A 20 mm-t meghaladó csapadékos napok száma átlagosan több mint 1,2 nappal emelkedett a XX. század eleje óta, ugyanakkor a száraz időszakok maximális hossza jelentősen, átlagosan évi közel 4 nappal megnövekedett (23. ábra, jobb panel). Az éves csapadékösszeg egyre nagyobb hányada tevődik ki a szélsőségesen magas csapadékhullással járó eseményekből. A napi csapadékontenzitás, vagy más néven átlagos csapadékos napok száma (a lehullott csapadékösszeg és a csapadékos napok számának hányadosa) nyáron nagyobb lett, országosan kb. 1,5 mm-rel, ami arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok során éri el a felszínt. A legutóbbi évtizedekben a változások az ország északi régióiban jellemzően növekvőek, a legnagyobb növekedés 2 mm körüli, de a Dunántúl déli részén és a keleti országrészben megjelennek csökkenést mutató területek is. A változások csak kisebb területeken szignifikánsak.



Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

24. ábra A csapadékos napok (>1 mm) átlagos évi száma (balra) és a leghosszabb száraz időszakok hosszának (nap) alakulása az 1901-2017 közötti időszakban (jobbra)
Forrás: NÉS-2. I.1.1 46. oldal

Megfigyelt éghajlati változások Magyarországon

Az OMSZ éghajlati adatbázisa alapján készült, ellenőrzött, homogenizált adatokon végzett tendencia-elemzések szerint a múlt század eleje óta tapasztalt 1,3°C-os országos mértékű emelkedés meghaladja a globális változás 0,9°C-ra becsült mértékét. Az 1901–2017 közötti időszakban Magyarországon a tavaszok és a nyarak melegedtek leginkább, 1,34 °C-kal és 1,25 °C-kal. A legkisebb hőmérsékletnövekedést ősszel jeleznek a sorok (0,86 °C), míg a telek melegedése is jelentős, 0,98 °C. Leginkább a meleg hőmérsékleti szélsőségek gyakoribbá válásában mutatkoznak meg az éghajlatváltozás jelei hazánkban. Az ország középső és dél-alföldi területein a hóhullámos napok száma jelentős, mintegy kéthetes növekedést mutat a legintenzívebb melegedés időszakában, 1981-től.

A csapadékváltozások kevésbé egyértelműek. Az éves összeg kismértékben, 4%-kal csökkent, a tavaszi fogyás 17%-os, az őszi csapadék csökkenésének mértéke 11% 1901-től. Kevesebb napon hullik csapadék, mintegy kéthetes a csökkenés 1901-től, hosszabbak a száraz időszakok, a múlt század elejétől átlagosan 4 nappal. 1961 és 2015 között kismértékű, országos átlagban mintegy 4%-os, nem szignifikáns csapadék növekedés mutatkozik éves átlagban. Az ország északi felében 1961-től helyenként 2 mm-t meghaladó a napi intenzitásnövekedés nyáron, ami a heves csapadékesemények növekvő arányát jelzi.

Az utóbbi két évtizedet jellemző magas hőmérsékleti anomáliák és az egymást követő évek szélsőséges csapadékvizsgálatai is indokolják az éghajlati állapot folyamatos nyomon követését

a jövőben is, reprezentatív, ellenőrzött, homogenizált mérésekre alapozva.

A csapadékkal kapcsolatos szélsőségek várható jövőbeli alakulása

A leghosszabb egybefüggő száraz időszakok a referencia-időszakban általában ősszel fordultak elő (2. táblázat). Az index változása 2021–2050-re éves átlagban nagyon csekély és bizonytalan előjelű, és csak nyáron várható egyértelmű növekedés. Az évszázad végére már tavasszal és ősszel is a száraz időszakok hosszabbodásának irányába mutatnak a modelleredmények. A száraz időszakok nyári hosszabbodása az évszázad közepén még nem, de 2071–2100-ra már szinte az ország egész területén jellemző lesz, és a változás nagysága ekkorra meghaladja a változékonyság szintjét. A legnagyobb növekedéssel a déli és keleti területeken kell számolnunk, a legkisebb változások a Balaton térségében várhatók.

A 20 mm-t elérő csapadékú napok (8. táblázat) országos átlagos gyakoriságában már a következő évtizedekben egyértelmű növekedés várható minden évszakban. A nyár kivételével pozitív irányú és fokozottabb évszakos változásokra számíthatunk 2071–2100-ra is, nyáron viszont csökkenést mutatnak a modellek a 2021–2050 időszak átlagértékéhez képest. Ennek oka, hogy az évszázad végére nagyobb mértékű és szignifikáns gyakoriságcsökkenést mutatnak a modellek az ország több részén.

Az átlagos csapadékintenzitásban növekedés várható a nyár kivételével minden évszakban (8. táblázat). A csapadékos napokon lehulló átlagos csapadék legnagyobb mértékű növekedése ősszel valószínűsíthető, mégpedig a legtöbb rácspontban statisztikailag szignifikáns módon. Nyáron az index értéke nem, vagy csak alig változik – mind az országos átlag, mind az egyes rácspontok esetében –, ami egyformán érvényes a következő évtizedekre és az évszázad végére is.

8. táblázat A csapadékkal kapcsolatos szélsőségindexek mért és a jövőben várható éves és évszakos átlagos magyarországi értékei (nap, az intenzitás esetében mm/nap)
Forrás: NÉS-2

		1961–1990	2021–2050	2071–2100
Száraz időszakok	Éves	29	28–30	32
	Tavaszi	16	14–18	17–19
	Nyári	15	16	20–21
	Őszi	24	23–24	25–26
	Téli	20	18–21	19–21
Napi 20 mm-t meghaladó csapadékösszegű események	Éves	3,4	4,0–4,2	4,5–5,4
	Tavaszi	0,6	0,7–0,8	0,9–1,0
	Nyári	1,6	1,8–1,9	1,6
	Őszi	0,9	1,2–1,4	1,5–1,8
	Téli	0,3	0,4	0,5–0,9
Intenzitás	Éves	6,1	6,3–6,4	6,5–6,8
	Tavaszi	5,5	5,6	5,8–5,9
	Nyári	7,0	7,0–7,2	7,0–7,2
	Őszi	6,5	7,0–7,4	7,6–7,8
	Téli	5,0	5,2–5,3	5,2–5,8

Megjegyzés: a mérések az Országos Meteorológiai Szolgálat mérési adatbázisából származnak, a jövőbeli értékek az Országos Meteorológiai Szolgálatnál alkalmazott két regionális klímamodell eredményein alapulnak. Az egyértelmű, azaz mindkét modell által jelzett intenzitásnövekedést zöld, a szárazodást barna szín jelöli.

Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

Várható éghajlatváltozás Magyarországon

A XXI. századra bemutatott modellszámítási eredmények alapján a hőmérséklet további emelkedésére kell számítanunk, melynek mértéke 2021–2050-re minden évszakban szinte az ország egész területén eléri az 1°C-ot, az évszázad végére pedig a nyári hónapokban a 4°C-ot is meghaladhatja az 1961–1990 referencia-időszakhoz viszonyítva. A hőmérséklettel kapcsolatos szélsőségek egyértelműen és szignifikánsan a melegedés irányába mozdulnak el: a fagyos napok száma csökkenni, a nyári napok és a hőhullámos napok előfordulása növekedni fog, az évszázad végére már egy hónapot megközelítő mértékben.

A csapadék éves összegében nem számíthatunk nagy változásokra, az eddigi évszagos eloszlás viszont nagy valószínűséggel átrendeződik. A nyári csapadék a következő évtizedekben 5%-ot, az évszázad végére pedig 20%-ot elérő csökkenése bizonyosnak tűnik, amelyet nagy valószínűséggel az őszi és a téli csapadék növekedése fog kompenzálni. A nagymennyiségű és intenzív csapadékos jelenségek várhatóan elsősorban ősszel lesznek gyakoribbak, a száraz időszakok hossza pedig nyáron fog leginkább növekedni. A következő évtizedekre jelzett változások azonban többnyire bizonytalan előjelűek és nem szignifikánsak, s csak az évszázad végére tehetők határozott megállapítások.

A szélsőségek várható alakulása jellegzetes térbeli eloszlást mutat és elsősorban Magyarország középső, déli és keleti területeit érinti kedvezőtlenül, ami a területi sérülékenységvizsgálatok jelentőségére hívja fel a figyelmet.

A Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia kapcsolódása hazai stratégiai dokumentumokhoz (NÉS-2 IV fejezet)

Nemzeti Vízstratégia (Kvassay Jenő Terv) (NÉS-2 IV.1.5. fejezet)

A Kvassay Jenő Terv (KJT) (1110/2017. (III. 7.) Korm. határozat) a vízgazdálkodás 2030-ig terjedő keretstratégiája és 2020-ig terjedő középtávú intézkedési terve. A kormány 2013-ban határozott az elkészítéséről 100, majd az Országos Vízügyi Főigazgatóság megbízásából 2015-ben elkészült a stratégia tervezete. A Tervet a kormány 2017. március 7-én határozattal elfogadta.

A KJT szorosan kapcsolódik a Víz Keretirányelv céljaihoz, továbbá a felülvizsgált Vízgyűjtőgazdálkodási Tervhez¹⁰². A Stratégia bemutatja a klímaváltozás negatív hatásait a vizeinkre és a hazai vízgazdálkodásra. A KJT az éghajlatváltozást kiemelt veszélyforrásként kezeli, mert a környezeti változás negatív hatásainak nagy része a vízhez, és annak légkörben történő körforgásához köthető. A jövőbeli időjárási szélsőségek az elérhető víz mennyiségének csökkenését eredményezhetik, miközben a társadalom és gazdaság részéről a vízigények várhatóan növekedni fognak. Ez jelentős kihívást ró a vízkészlet-gazdálkodásra és vízminőség-szabályozásra. A KJT az MTA által kiadott dokumentumra hivatkozva kiemeli, hogy a vízproblémák jelentős részének kiváltó oka a hagyományos vízgazdálkodáson kívül esik. Megoldásukhoz nem elegendők a hidrotechnikai eszközök, hanem ágazatközi együttműködésekre és a társadalmi értékrend megváltoz(tat)ására is szükség van. A vízgazdálkodás meghatározó kihívásai közé kell sorolni a területhasználati módok változását is (pl. a birtokszerkezet megváltozása; művelésre alkalmatlan, vízjárta területek művelésbe vonása; a városiasodás stb.).

A KJT rögzíti, hogy a jelenlegi vízügyi szabályozás esetenként nem megfelelő az alkalmazkodás támasztotta új kihívások kezeléséhez. A területi vízgazdálkodás (árvízmentesítés és -védekezés, síkvidéki vízrendezés, belvízvédekezés, dombvidéki vízrendezés; mezőgazdasági vízgazdálkodás; térségi vízszétosztás, folyógazdálkodás, vízi utak, vízenergia-hasznosítás) kulcsfontosságú. Ennek alpinfrastruktúrái azonban nem hasznosítás-orientáltak, defenzívek

és rugalmatlanok. A jövő vízgazdálkodás legnagyobb kihívásának a KJT azt tartja, hogy miként legyen megelőző, és miként tegyen szert rugalmas eszközökre. Az évszázados hagyományú „létesítmény-központú” (hard) vízépítéssel szemben a vízigényt és kibocsátást befolyásoló, integrált (soft) vízgazdálkodás bevezetését szorgalmazza a Terv. Többek között a klímaváltozás teszi szükségessé az adaptív vízgazdálkodás, azaz az időben és térben változó környezeti és egyéb körülményekhez való alkalmazkodás képességének és gyakorlatának megteremtését is. A stratégia kiemeli továbbá, hogy a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás érdekében fontos a kulturális adaptáció, valamint az egyéni és közösségi felelősségvállalás egyensúlyának megteremtése.

A KJT átfogó, hosszú távú céljai között kiemeli, hogy a vizek okozta károk megelőzését kell előtérbe helyezni a védekezés helyett; a vízgazdálkodási rendszerek és a területhasználati módok összehangolt átalakításában pedig lényeges, hogy a víz káros bősége a vízhiány mérséklésére legyen fordítható. A KJT a célokon túl az azok eléréséhez szükséges intézkedéseket, súlyponti feladatokat, a végrehajtás feltételeit és módját is meghatározza. Súlyponti feladatai között jelennek meg a vízvisszatartás és vízszétosztás a vizeink jobb hasznosítása érdekében; a kockázatmegelőző vízkárelhárítás; a vizek állapotának fokozatos javítása, a jó állapot elérésére; a minőségi víziközműszolgáltatás és csapadékvíz-gazdálkodás megvalósítása elviselhető fogyasztói teherviselés mellett; a társadalom és a víz viszonyának javítása; a vízgazdálkodás gazdasági szabályozó rendszerének újjászervezése, végül a tervezés és irányítás megújítása. E feladatok közvetlenül vagy közvetve mind érintik az alkalmazkodás kérdéskörét.

A Budapesti Víz Világtalálkozó zárónyilatkozata és az ENSZ fenntartható fejlődési céljai

Az ENSZ által 2015-ben elfogadott Fenntartható Fejlődési Célok között már szerepel az önálló, vízzel kapcsolatos (6.) cél: Biztosítani a fenntartható vízgazdálkodást, valamint a vízhez és közegészségügyhöz való hozzáférést mindenki számára. A KJT is hivatkozik ennek rész-célkitűzéseire.

A 6. cél rész-célkitűzései között szerepel az integrált vízgazdálkodás, amelyre minden szinten, így a határokon átívelő együttműködés szintjén is szükség van. A vízi ökoszisztémáknak – beleértve a hegyeket, az erdőket, a vizes területeket, a folyó- és állóvizeket, valamint a víztározókat – védelmet kell biztosítani.

2016-os Budapesti Víz Világtalálkozó záródokumentumának (Budapesti Nyilatkozat 2016) tervezete elismeri, hogy 2015-ben egy új víz korszak kezdődik. Az új korszakban a megfelelő minőségben és mennyiségben rendelkezésre álló víz elengedhetetlen feltétele az emberi jólétnek és a fenntartható fejlődésnek, továbbá az ENSZ Fenntartható Fejlődési Célok és a Párizsi Megállapodás foglaltak eléréséhez is alapvetően szükséges. A korszak céljai megvalósításának egyik fontos kérdése a hidrológiai veszélyforrások okait képező éghajlatváltozás. A dokumentum a klímaváltozás erősödő hatásait a vizeket érintő legsürgetőbb megoldandó problémák között említi. A tervezet a legkritikusabb természeti erőforrásnak nevezi a vizet, mert közvetlen vagy közvetett kapcsolatban van a környezeti változásokkal. A záródokumentum tervezet javaslatként a klímaváltozással kapcsolatban megfogalmazza, a vizet érintő szakpolitikák – beleértve a klímapolitikát is – szoros együttműködését, az alkalmazkodás támogatását a vízgazdálkodási tevékenységek révén, valamint a hidrológiai veszélyek jobb kockázatkezelését.

Az alkalmazkodás eszköze: a hazai hatásokra való felkészüléssel kapcsolatos kiemelt ágazati cselekvési irányok és feladatok (NÉS-2 IV.7. fejezet)

Vízgazdálkodás (NÉS-2 IV.7.2. fejezet)

Az éghajlatváltozás nagy hatással van vizeinkre, a várható hatásokat a NÉS IV.3.1. fejezete ismerteti. Az éghajlatváltozás jelentős feladatokat ró a vízgazdálkodás minden szakterületére. A kihívás nagysága az éghajlatváltozás és hatásainak komplexitásából és bizonytalanságából adódik. A vízgazdálkodás számára nem csak az éghajlatváltozás hatásai jelentenek kihívást, hanem attól függetlenül jelentkező nem éghajlati hatások – illetve azok kölcsönhatásai – is. Az éghajlatváltozás így növekvő kockázatot jelent a vízgazdálkodás számára. A kockázat mértéke bizonytalan, függ a bekövetkezés valószínűségétől és súlyosságától. Az elővigyázatosság elvét szem előtt tartva az igen súlyos következményekkel járó hatásokhoz alkalmazkodni akkor is indokolt lehet, ha a bekövetkezés valószínűsége alacsony. Az alkalmazkodás csökkenti a kockázatot, általa a sérülékenység kivédhető vagy minimálisra szorítható. Az alkalmazkodási törekvések megkezdését nem szabad halogatni, mivel a hatások rövidtávon is érzékelhetőek, kedvezőtlen éghajlati forgatókönyvek esetében számottevőek lehetnek, továbbá az alkalmazkodás időigényes, különösen az intézkedéseknek az érdekelttekkel történő széleskörű, társadalmi megvitatása esetén.

Az éghajlati alkalmazkodás vízgazdálkodással kapcsolatos részletes feladatait a vizek integrált kezelésével és védelmével kapcsolatos koncepciókban, országos és regionális programokban, tervekben (pl. vízgyűjtő-gazdálkodási és árvíz-kockázati tervekben és a Kvassay Jenő Terv – Nemzeti Vízstratégia végrehajtási keretrendszerében) célszerű részletesen meghatározni, a következő cselekvési irányok (prioritások) figyelembevételével:

Rövid távú cselekvési irányok

- Szükséges a Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése Program folytatása. Minden kialakítandó tározóterületen biztosítani kell a rendszeres, sekélyvízi elöntéshez igazodó ártéri tájgazdálkodási rendszerek kialakításának és az állandó tározásnak a vízgazdálkodási, illetve támogatási feltételeit. A gazdálkodókat képzéssel, szaktanácsadással, szemléletformálással kell segíteni a fenntartható, közösségi tájhasználat kialakításában.
- A kockázatmegelőző vízkárelhárítás elvének érvényesítésének keretében szükséges az árvízi védekezés és a területhasználat integrált tervezése és szabályozása, a kockázati térképezés felhasználásával. Fontos a differenciált biztonság érvényesítése melletti tervezés, a MÁSZ értékeinek folyamatos újraértékelése a környezeti változások nyomán követésével összhangban.
- A Víz Keretirányelvből adódó feladatok ütemes végrehajtása szükséges vizeink jó minőségi és mennyiségi állapotba hozatala érdekében. Kapcsolódó feladat a Vízgyűjtő-gazdálkodási tervek VKI-ban előírt 6 évenkénti rendszeres felülvizsgálata és igazítása a változó éghajlati feltételekhez.
- A gyors vízelvezetésen alapuló vízrendezési gyakorlat helyett a vízvisszatartó vízrendezés kialakítása ösztönzendő. Ezzel párhuzamosan a területi, települési, természetvédelmi, mezőgazdasági, vízgazdálkodási tervezés integrációjával egy fenntartható területhasználat kialakításának megkezdése, mintaterületeinek mihamarabbi kialakítása javasolt. Széles körű társadalmi párbeszédet kell kezdeményezni a fenntartható területhasználat és vízgazdálkodás elveiről és gyakorlati megvalósításáról. Feladat a társadalom és a víz viszonyának javítása.
- A talajvíz szintjét befolyásoló vízfolyások kezelése során fontos a medermélyítés (csatornák) és medermélyülés (folyók) talajvízszint-csökkentő hatását elkerülő megoldások előnyben részesítése, beleértve a ma már indokolatlan, a vizet a területről

elvezető csatornák felszámolását. Kapcsolódó feladat a gyors vízvezetési kényszerek megszüntetése.

- Javasolt a területhasználatok felülvizsgálata a változó ökológiai és éghajlati feltételek szempontjából. Rendszeresen vízjárta, belvizes tulajdonságai miatt mezőgazdasági szempontból gazdaságtalanul hasznosítható területek művelésének megszüntetése, illetve adottságaiknak megfelelő hasznosítása (vizes élőhelyek kialakítása), természetközeli vízpótlási rendszerek kialakítása, kistáji vízkörforgások rehabilitációja, erdők, vizes élőhelyek fokozott szerephez juttatása a vizek megtartásában.
- Ártéri tájgazdálkodási mintaterületek kialakítása javasolt az erre alkalmas területeken, különös tekintettel az aszályal, belvízzel, illetve árvízzel veszélyeztetett területekre.
- Az alkalmazkodás fontos eszköze a víztakarékos öntözési technológiák elterjesztése, ami a mezőgazdaság feladata. Az öntözési igények várható növekedése miatt a meglévő vízszolgáltató rendszert fenntartani, indokolt esetben fejleszteni szükséges, amennyiben az öntözés negatív környezeti hatásai elkerülhetők és megvalósítása gazdaságos. Kiemelten fontos a vízszolgáltató rendszerben a természetvédelmi szempontok integrációja.
- Csökkenteni szükséges a hirtelen lezúduló esőzések hatásaiból eredő vízminőségi kockázatot. Gyors ütemben kell terjeszteni a kisléptékű, természetközeli szennyvíztisztítás rendszereit azokon a területeken, ahol a nagykapacitású rendszerek és a csatornázás kiépítése, üzemeltetése ésszerűtlen.
- A belterületi vízrendezés és a csapadékvíz-elvezetés kezelése a hirtelen lezúduló esőzések hatásainak csökkentése érdekében elengedhetetlen. Ennek keretében települési csapadékvízgazdálkodás rendszerek kialakítása, a csapadék biztonságos összegyűjtése, visszatartása és hasznosítása ösztönzendő.
- A vízkészletek hatékony felhasználásának ösztönzése egyrészt az igénygazdálkodás eszközeivel, másrészt gazdasági eszközökkel, megfelelő vízárpolitika kialakításával lehetséges. Fontos a helyi érdekeltek bevonása a vízfolyások, csatornák fenntartásába.
- A víztakarékos vízhasználatok lehetőségeinek feltárása, elterjesztése mellett fontos a kevésbé vízigényes technológiák kutatása, fejlesztése (innováció). Szükséges a vízpazarlás megszüntetése és a háztartáson belül keletkező szürkevíz újrahaználásának ösztönzése. Csökkenő vízkészletek és növekvő vízigények mellett kell a vízkészlet-vízigény egyensúlyt biztosítani, az ehhez kapcsolódó megoldási lehetőségek, illetve a jogi és gazdasági keretrendszer feltárása, kialakítása szükséges. A vízvisszatartásra ösztönző szervezeti, érdekeltségi és árképzési rendszer alkalmazása mind a területi, mind a települési vízgazdálkodásban javasolt.
- A vízjárásban, a hidrológiai adottságokban várható hatások sokoldalú, e hatások kölcsönös kapcsolatait is feltáró részletesebb elemzések készítése szükséges, különös tekintettel az éghajlatváltozás forgatókönyveire.
- Fontos felkészülési feladat a szélsőséges árvizek növekvő gyakoriságának és az árvízszintek emelkedési okainak feltárása, a kockázati térképezés. Hegy- és dombvidéki területeken árvízi és záportározók kialakítási lehetőségeinek és a tározók árvizekre gyakorolt várható hatásának vizsgálata szükséges. A dombvidéki vízfolyások környezet és természetvédelmi célú rehabilitációjának tervezése is kiemelt szempont.
- A települési vízgazdálkodás (ivóvízkezelés, szennyvíztisztítás technológiái) kapcsán feladat ezek éghajlati érzékenységének, továbbá a szennyvíztisztítással szemben támasztott fokozott igényeknek a feltárása, tartalék vízbázisok kijelölése, a települési szintű árvízi kockázat térképezése.
- Éghajlati forgatókönyvenként az adaptációs intézkedések lehetséges alternatíváinak, megvalósíthatóságuknak, költségeiknek a feltárása szükséges, beazonosítva hogy az alkalmazkodás elmaradása vagy elhalasztása milyen hátrányokkal járhat adott

térségben, melyek a nem-cselekvés következményei, veszteségei. Azon intézkedések feltárása javasolt, amelyeket nem éghajlati szempontok is indokolnak (vízigényszabályozás, környezetterhelés csökkentése) és amelyek az éghajlathoz való adaptációt is jól szolgálják.

- Indikátor- és monitoring-rendszer kialakítása és fejlesztése szükséges, amivel nyomon követhetők az éghajlatváltozás vízjárási, vízminőségi és vízgazdálkodási hatásai, és amely segítheti a döntéshozókat az éghajlatváltozásból eredő feladatok megalapozottabb és realisabb megítélésében, döntéseik meghozatalában.
- Aszálykezelési terv kidolgozása javasolt, ennek keretében korai (aszály-) figyelmeztető rendszerek kialakítása lehetséges az indikátor és monitoring rendszerre alapozva.
- Az alkalmazkodási eljárások számbavétele, a jó gyakorlat példáinak bemutatása kapcsán kiemelten fontos a hasznosítható vízkészletek növelésére és a vízminőség javítására szolgáló eljárások számbavétele.
- Azon adaptációs eljárások feltárása szükséges, amelyek egyszerre szolgálhatnak az éghajlati és nem éghajlati hatások adaptációs válaszául, amelyeket nem-éghajlati szempontok is indokolnak, és amelyek akkor is hasznosak, ha az éghajlat változása nem, vagy nem az előre jelzettek szerint következne be. Ilyen eljárások ismerete nagyobb támogatást és biztosságot adhat a döntéshozóknak az éghajlatváltozásra adandó adaptációs válaszok tervezésére és végrehajtására hozott döntéseiknél.
- Két- és többoldalú nemzetközi együttműködések kialakítása javasolt az éghajlatváltozás esetén változó, hasznosítható vízkészletek megosztására.

Középtávú cselekvési irányok

- Vízvisszatartó vízrendezési gyakorlat teljes körű bevezetése vízgazdálkodásunkban. Kistáji vízkörforgási rendszerek helyreállítása.
- Ártéri tájgazdálkodási mintaterületek, mélyárterek reaktiválási programjának kiterjesztése.
- Területhasználatok igazítása a változó ökológiai és éghajlati feltételekhez.
- A vizekkel szemben támasztott igények várható változásainak előrejelzése. Az igénymenedzsment szabályozási feltételeinek átalakítása a „növekvő igények-szűkülő készletek” problémájának kezelésére, a hosszú távú fenntarthatóságra tekintettel.
- A VKI előírásainak megfelelően vizeink jó mennyiségi és minőségi állapotba hozatala 2027-ig és a jó állapot fenntartási feltételeinek megteremtése. A területi tervezési, természetvédelmi, mezőgazdasági, vízgazdálkodási tervezés teljes körű integrációjával egy fenntartható, az éghajlathoz alkalmazkodó területhasználat kialakítása.

Hosszú távú cselekvési irányok

- A ténylegesen bekövetkező klímamódosulások figyelembevételével az éghajlatváltozáshoz igazodó vízgazdálkodás, mint peremfeltétel teljes körű integrálása a hazai vízügyi szabályozásba, továbbá a nemzetközi együttműködésekbe és a külpolitikába (két- és többoldalú nemzetközi együttműködés az éghajlatváltozás esetén megváltozó mértékben hasznosítható vízkészletek megosztására).

9. táblázat Alkalmazkodási intézkedések megjelenése a 2014-2020. közötti időszak magyarországi operatív programjaiban Forrás: NÉS-2 V.4.1. fejezet (222. oldal)

Operatív program	Prioritástengely	Alkalmazkodási intézkedés(ek)
KEHOP	Klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás	<ul style="list-style-type: none"> Vízgazdálkodással és az éghajlatváltozás hatásaival kapcsolatos adat- és tudásbázisok fejlesztése Hatékony alkalmazkodás társadalmi feltételeinek elősegítése Vízkezeléssel történő fenntartható gazdálkodás feltételeinek javítása A vizek okozta kártételekkel szembeni ellenálló képesség fejlesztése Dombvidéki vízgazdálkodás feltételeinek javítása, tározók építése
	Természetvédelmi és élővilág-védelmi fejlesztések	<ul style="list-style-type: none"> A természetvédelmi helyzet javítását és a leromlott ökoszisztémák helyreállítását célzó élőhely-fejlesztés A természetvédelmi kezelési infrastrukturális feltételeinek javítása A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU Biológiai Sokféleség Stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok
	Energihatékonyság növelése, megújuló energiaforrások alkalmazása	<ul style="list-style-type: none"> Szemléletformálási programok
TOP	Vállalkozásbarát, népesség-megtartó település-fejlesztés	<ul style="list-style-type: none"> Gazdaságélénkítő és népességmegtartó településfejlesztés (városi közterületek család- és klímabarát megújítása, városi zöld környezet fejlesztése, belterületi csapadékvíz-elvezetés, szemléletformálás)
	Fenntartható városfejlesztés a megyei jogú városokban	<ul style="list-style-type: none"> Gazdaságélénkítő és népességmegtartó városfejlesztés
VEKOP	Turisztikai és természetvédelmi fejlesztések	<ul style="list-style-type: none"> A közösségi jelentőségű természeti értékek hosszú távú megőrzését és fejlesztését, valamint az EU Biológiai Sokféleség Stratégia 2020 célkitűzéseinek hazai szintű megvalósítását megalapozó stratégiai vizsgálatok A természetvédelmi helyzet javítását és a leromlott ökoszisztémák helyreállítását célzó élőhely-fejlesztés

8. Vízirajzi adatok elemzése: Jellemző nagyvízi statisztikai jellemzők meghatározása a dunántúli folyókon

Forrás: A fejezet a Budapesti Műszaki Egyetem és a VITUKI Hungary „A Duna mértékadó árvízszintjeinek felülvizsgálata” (2013.) c. dokumentumból, a NÉS-2-nek és saját munkáknak az összegzéséből jött létre.

A dunántúli folyók jellemző nagyvízi statisztikai jellemzőinek meghatározása döntően a 2013-ban a Dunára, 2014. évben pedig a többi dunántúli folyóra elkészült adatbázisokra és a mértékadó árvízszint (MÁSZ) aktualizálási eredményekre épült. Ennek megfelelően a feldolgozási munka az évi maximális értékeken alapult. Mivel az adatsorok hossza, jellege az adatsorok metszék módszerrel is történő további elemzését nem indokolta, a metszék módszer alkalmazására a dunántúli folyók esetében nem került sor.

Az alapadatok tekintetében cél volt a lehető leghosszabb idősor előállítása, továbbá meghatározó volt annak betartása, hogy az éves nagyvízi vízhozam (NQ) értékekből összeállított adatsorban lehetőleg egyáltalában ne legyen olyan adat, amely a vízhozam hosszszelvény szerint fizikailag nem lehetséges. Indokolt esetben az NQ adatsorokat a fizikai törvényszerűségek szem előtt tartásával javítani kellett. Adatpótlásra csak nagyon kevés esetben került sor, ekkor az adott vízmérceszelvény éves NQ értékének meghatározása a környezetében lévő, adatokkal rendelkező vízmércék adatainak lehető legteljesebb körű felhasználásával történt. A fő adatpótlási segédeszköz e munkarésznél a linearizált regressziós program volt.

Az alapadatok értékelését segítő, az érintett vízügyi igazgatóságoknak biztosítaniuk kellett mindazon jegyzőkönyveket, tanulmányokat, táblázatokat, amelyekből megállapíthatók voltak a mért vízhozam-értékek, esetleges korrekciók. Szintúgy el kellett végezni a levonulást befolyásoló jelentősebb tényezők (mederváltozás, jég, benötség, töltésmeghágás és/vagy

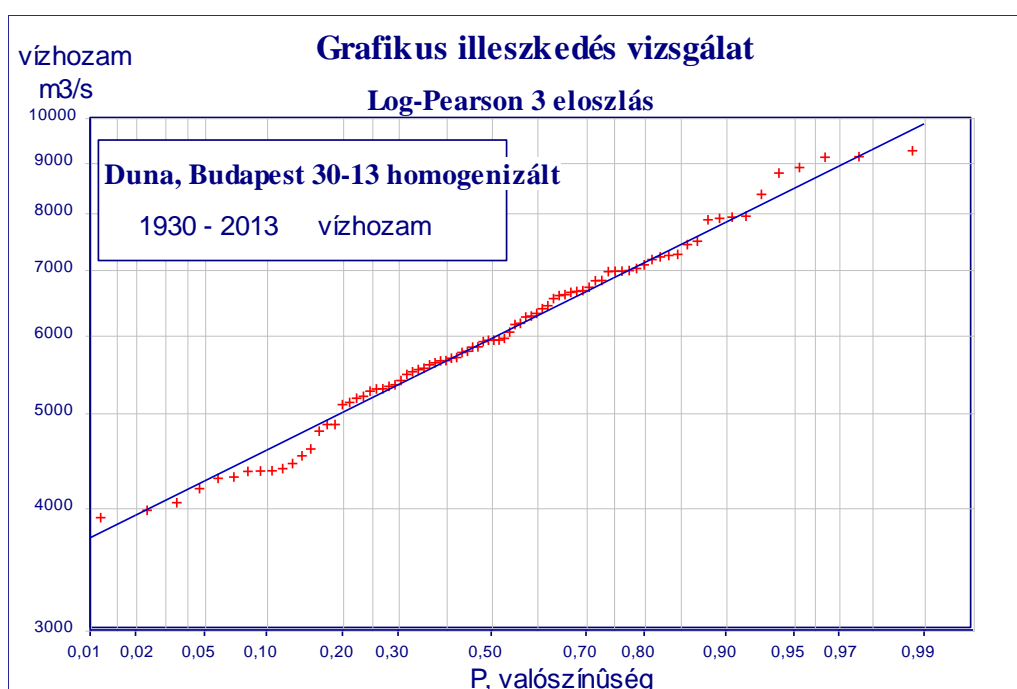
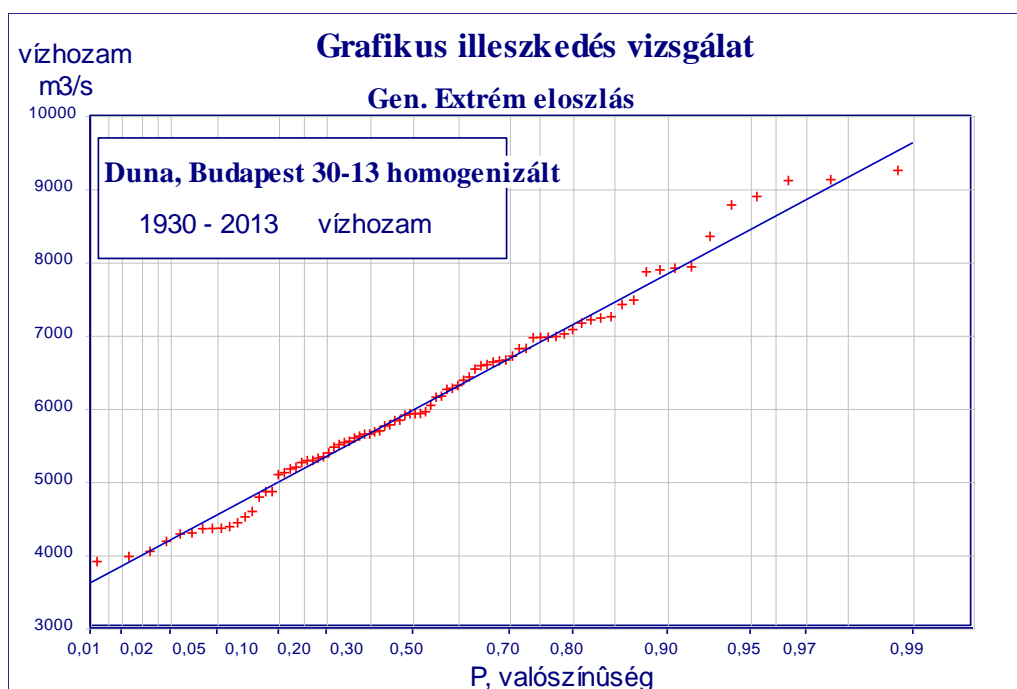
szakadás, azóta épült/elbontott/módosított jelentősebb művek, stb.) feltárását. Fel kellett tární, hogy az országhatáron túli szakaszon milyen években építettek olyan tározókat, amelyek számottevően módosították az árvízi levonulást.

Az egyes folyók nagyvízi NQp% hossz-szelvényeihez szükséges adatsorok előállításakor a mellékfolyók figyelembe vétele egy újszerű megoldással történt: minden egyes mellékfolyó betorkollása feletti és alatti szelvényre is készült éves NQ adatsor oly módon, hogy minden esetben meg lett határozva a mellékfolyó torkolati vízhozama abban az időpontban, amikor a befogadó árhullámának vízhozamtetőzése a mellékfolyó torkolatánál járt. Ezt a mellékfolyó vízhozamot a hossz-szelvényen egy ugrás jelzi, mely általában vízhozamnövekményt jelez, de esetenként, síkvidéki területeken, heves befogadó áradásokkor negatív értékű is lehet (pl. a Mosoni-Duna esetében). A vízhozam hossz-szelvényeken feltüntettük a mellékfolyók torkolata feletti és az alatti szelvények így meghatározott NQ adatsoraiból képzett jellemző értékeket is.

A rendelkezésre álló vízhozam idősorok hossza igen változóan, a Duna több mint 100 éves idősoraitól a legrövidebb Sió, Simontornya szelvény 40 éves idősoráig terjedt. Az egyes folyók nagyvízi vízhozam hossz-szelvényének kidolgozásakor alapkövetelmény volt a lehető leghosszabb, de lehetőleg azonos időszak adatainak használata. A vízmércék szinte minden esetben hosszabb vízállás, mint vízhozam idősorral rendelkeznek, de az adott szelvény vízállásainak és vízhozamainak statisztikai értékelésének egységessége érdekében az elemzett adatok hosszát, ahol kellett, a rendelkezésre álló vízhozam idősor hosszához igazítottuk.

A statisztikai számításokhoz a Műszaki Hidrológia programcsomagot használtuk. Az eloszlásfüggvények körének GEV-vel, valamint a periódusfüggvénnyel (átlagtól való eltérések halmozott összeggörbéje) történő kibővítését és a lineáris trendek alapján történő adatsor homogenizálás lehetőségét a Műszaki Hidrológia programcsomag (MHW) révén sikerült biztosítani 2014. év tavaszán. A fejlesztés a MÁSZ és az ÁKK összefüggő feladatrészeinek teljesítését egyaránt nagyban segítette.

A vizsgált folyók hazai szakaszának összes vízhozam-nyilvántartási szelvényében egy kiválasztott, hossz mentén egységes időszak vízhozam-adatsorainak szükség szerinti homogenizálását is elvégezve és hidrológiai statisztikai feldolgozásával lettek meghatározva az 1%-os éves tartósságú NQ1% vízhozamok a MÁSZ meghatározás munkái keretében. Ekkor a feldolgozás során, több esetben konszenzussal, döntések születtek arról, hogy milyen idősorokat, milyen módszerekkel célszerű feldolgozni. Ez egyben meghatározó volt az ÁKK további munkái során az egyéb NQp% értékek meghatározásakor. Minden esetben megtörtént a Műszaki Hidrológia programcsomag által nyújtott lehetőségek felhasználása az adatsorok homogenitás és a függetlenség vizsgálata terén. Ugyanezt a célt szolgálta a periódusfüggvények előállítása, vizsgálata. Megállapítást nyert, hogy az adatsorok rendkívül eltérő jelleget mutatnak. Van olyan folyónk, melynek nagyvízi vízjárását karakteresen kifejező, határozott trendű változás jellemzi és a hosszúidejű adatsorokat a homogenizálással aktualizálva volt célszerű értékelni (Duna), míg több esetben a rövidebb adatsorok ugyan szintén határozott trendet mutattak, azonban az adatsorok konkrét adatok hiányában pl. nem tartalmazták azokat a kiugróan nagy árvizeket, melyekről tudomásunk van. Fentiek minden esetben mérlegelésre kerültek az értékelések során, szem előtt tartva a célt, hogy az értékelésnek legyen végeredménye. Ennek megfelelően az elméleti eloszlásfüggvények és a simuló eloszlásfüggvények alkalmazására egyaránt sor került. Tapasztalataink alapján a log-Pearson3, a lognormál és a GEV eloszlások alkalmazása volt a meghatározó az illeszkedést vizsgálva. Itt megjegyzendő, hogy a vizsgált esetek többségében az egyes eloszlások adta, reálisnak tekinthető eredmények igen hasonlóak voltak, ezekből jelentős hiba a végeredményt nem terheli. Szemléltetésül egy példa:



25. ábra Eloszlásfüggvények alkalmazása Budapesten 1930-2013 évekre vonatkozóan (BME-VIUTKI, 2013)

Az NQp% vízhozamértékek meghatározása az ÁKK keretében azonban nem csak az NQ1%-os érték, hanem az 1000, 200, 33 és 10 éves visszatérési idejű NQp% értékek meghatározására is kiterjedt. A kiterjesztés során ugyanazon eloszlásfüggvények alkalmazása történt, mint a MÁSZ számítások során.

Itt fontos megjegyezni, hogy az extrém nagy visszatérési idejű NQp% értékek megbízhatósága alacsony, melynek egyik oka, hogy sokszor olyan nagy érték adódik a tényadatokra illesztett eloszlásfüggvényekből, mely fizikailag akár ki sem alakulhat egy adott szelvényben. A másik fontos tényező, hogy a tényadatok tartományában még jól illeszkedő eloszlásfüggvény is a nagy visszatérési idejű tartományban komoly bizonytalansággal terhelt. Ezért nem csupán az NQ1%-

nál kellett alaposan ellenőrizni, hogy hossz-szelvényileg reális legyen, hanem minden NQp% értéknél is.

A Dunán, Rábán, Murán, Dráván, Ipolyon, Sión és egyes mellékfolyóikon az új MÁSZ-t az évi 1%-os meghaladási valószínűségű (100 éves visszatérési idejű) jégmentes vízhozamhoz kötöttük, és nagyszámú mesterséges, de realiztikus árhullám 1D hidrodinamikai modellezésével lett előállítva. Ezzel automatikusan figyelembe lett véve a vizsgált folyón és ha van, annak mellékfolyóin érkező árhullámok egybeesése, ellapulása és a lefolyási viszonyok szakaszon belüli változékonysága is. Sok esetben azonban az egyedi mérlegelésnek egyértelműen helye volt, mivel a kalibráláshoz és a validáláshoz felhasználható adatok csak egy bizonyos adattartományt fedtek le, az ebből képzett, úgymond extrapolált tartomány jellemzői értelemszerűen akár jelentős hibával is terheltek lehetnek. Ennek mértéke a nagyobb folyókon becslések szerint több deciméteres, egyes esetekben akár azt lényegesen is meghaladhatja. A vízállások esetében a vízhozamokra jellemző statisztikai bizonytalanság szintén fennáll, azzal kibővülve, hogy egy adott tetőző vízállás az adott árhullámra jellemző levonulási viszonyoktól nagyon erősen függ. Így az NV idősorokban az érkező vízhozamok homogenitás, függetlenség, változástrend problémáin túl az adott időszakban aktuális hidraulikai viszonyok hatása is megjelenik.

Mindezek figyelembe vételével készültek el a számítások az NVp% meghatározására is, ahol megbízói elvárás volt, hogy annak illeszkednie kell a MÁSZ-hoz, mely így a 100 éves visszatérési idejű vízhozamokhoz tartozó aktuális vízállásokat, vízszinteket rögzítette a kijelölt folyók hossza mentén, így a jellemző vízmérceszelvényekben is. A jellemző vízállás paraméterek meghatározása több lépcsőben történt: a már a vízhozamoknál kifejtett elemzéseket elvégeztük a vízállásokra is, majd beszereztük az aktuális Q-H görbéket, ill. a 2014. szeptemberi Mura és Dráva vízhozammérési eredményekkel e két folyó esetében még pontosítottuk is. Ezt követően egy összefoglaló ábrán feltüntettük a rendelkezésre álló adatokat oly módon, hogy egy ábrán ábrázoltuk a vízhozamokra már elfogadott NQp% és a hozzájuk tartozó, különböző eloszlástípusokkal kiszámított NVp% adatpárokat, az aktuális Q-H görbét, valamint az NQ1% és a hozzátartozó MÁSZ értékpár pontját. Mindezek együttes értékelésével születtek meg azok az értékek, melyek használata javasolt az ÁKK további munkálataiban. Itt helye volt az aktuális vízhozamgörbe extrapolációjának (ha a vízhozamgörbe átment a MÁSZ értéken), az extrapolált vízhozamgörbe eltolásának konstans értékkel, vagy kissé változó értékkel (ha a vízhozamgörbe nem ment át a MÁSZ értéken), valamint ha nem volt Q-H görbénk, akkor a kiválasztott eloszlásfüggvény NVp% értékei és a hozzátartozó NQp% értékek által leírt összefüggés igazításával a MÁSZ-hoz, vagy az egyes folyók MÁSZ és egyéb szelvényekre meghatározott NVp% értékei nagyvízi hossz-szelvényeinek felhasználásával. Ahol a MÁSZ meghatározás nem történt, ott az értékek illesztésére értelemszerűen nem került sor.

Az elvégzett munka tapasztalatai alapján határozottan kijelenthető, hogy nem szabad elfeledkezni arról a tényről, hogy jelentős bizonytalansággal terhelt hidrológiai paraméterekről van szó, melyek meghatározásának minősége a későbbiekben tovább javítható, ill. e paraméterek egyes esetekben kisebb-nagyobb mértékben aktuálisan is változhatnak, ill. változtathatók pl. a területileg illetékes vízügyi igazgatóságok véleményének esetleges kikérésével, hiszen a bizonytalanságok miatt a konszenzussal történő döntéseknek is egyértelműen helye lehet.