Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer

Összegző tanulmány

HU04 – Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz program
EEA-C11-1 projekt

Budapest, 2016

A NATéR projekt izlandi, liechtensteini és norvégiai támogatásból valósul meg.
Jelen kiadvány Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a REC-en keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásával valósult meg. A dokumentum tartalmáért a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet felelős.

A kiadvány elkészítésének és a benne foglalt eredmények bemutatásának alapját a NATéR projekt keretében lezajlott kutatások dokumentációi képezték.

Felelős kiadó: Dr. Fancsik Tamás igazgató, MFGI.

Szerkesztette: Sütő Attila

Szakmai lektorok: Dr. Czira Tamás és Dr. Pálvölgyi Tamás

További információk a támogatási programról:

www.nagis.hu eea.rec.org eeagrants.org norvegalap.hu

Tartalom

Vezetői összefoglaló 5
1 A NATéR kidolgozásának háttere 9
1.1 A NATéR indokoltsága, fontossága 9
1.2 A rendszer újszerűségének bemutatása 10
1.2.1 A NATéR hazai előzményei 11
1.2.2 A NATéR nemzetközi kapcsolódása 12
1.3 A NATéR céljainak bemutatása és kapcsolódása az állami és önkormányzati döntés-előkészítéshez 13
1.3.1 Célrendszer 13
1.3.2 A NATéR célcsoportjainak meghatározása 15
1.4 A NATéR megvalósításának bemutatása 15
1.4.1 Finanszírozási háttér és ütemezés 15
1.4.2 Jogszabályi háttér és szabályozási koncepció 17
1.42.1 Az Éghajlatváltozási Törvény 17
1.4.2.2 A NATéR működéséről szóló kormányrendelet főbb elemei 18
1.5 A NATéR működésének intézményi keretei 19
1.5.1 A NATéR felügyelete és irányítása 19
1.5.1.1 A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet 19
1.5.1.2 Közreműködő, együttműködő szervezetek 20
1.6 A NATéR megjelenítése, disszemináció 20
2 A NATéR informatikai háttere 24
2.1 A NATéR szoftverei 24
2.2 A NATéR hardverkörnyezetének kialakítása 25
2.3 Az adatrendszeren való tájékozódás eszköze – metaadatok 26
2.4 A NATéR felhasználói felülete, kezelése 27
3 Éghajlati alkalmazkodással összefüggő indikátorok alkalmazási lehetőségei 29
3.1 A sérülékenység-vizsgálat módszertanának bemutatása 29
3.1.1 A sérülékenység elemzésének általános módszertana 29
3.1.2 Sérülékenység-elemzés speciális típusai 32
3.2 Az éghajlati alkalmazkodással kapcsolatos NATéR eredmények ismertetése 33
3.2.1 Az éghajlatváltozás hatása a felszín alatti vizekre 34
3.2.1.1 A monitoring alapja: a Vízföldtani megfigyelő-hálózat fejlesztése 34
3.2.1.2 A talajvíz klímaérzékenységének modellezése a NATéR projekt keretei között 35
3.2.2 Az éghajlatváltozás hatása az ivóvízbázisokra 40
3.2.2.1 Adatok és módszerek 41
3.2.2.2 A vízbázisok kitettsége 42

3.2.2.3 Vízbázisok klímaérzékenysége 44
3.2.2.4 Felszín alatti ivóvízadók jelenlegi igénybevétele 46
3.2.2.5 A települések éghajlatváltozás hatásaival szembeni alkalmazkodóképessége az ivóvízellátás területén 47
3.2.2.6 Ivóvízbázisok sérülékenysége 48
3.2.2.7 Következtetések, javaslatok az eredmények hasznosítására 50
3.2.3 Az éghajlatváltozás hatása a villámárvízveszélyre 51
3.2.3.1 Vízgyűjtők villámárvíz- kitettség vizsgálata 51
3.2.3.2 A vízgyűjtők kitettséget befolyásoló tulajdonságai 51
3.2.3.3 A vízgyűjtők lehatárolása 52
3.2.3.4 A vízgyűjtőmodell értékelése 52
3.2.3.5 A karsztos területek hatása a felszíni vízgyűjtőkre 53
3.2.3.6 A villámárvíz-veszélyeztetettség klimatológiai vonatkozásai 53
3.2.4 A Balaton vízforgalmának az éghajlatváltozás hatására becsült változása 57
3.2.5 A felszínborítás időbeli változása: az éghajlatváltozás földhasználati hatásai 61
3.2.6 Az éghajlatváltozás hatása a mezőgazdasági biomassza-produkcióra 64
3.2.7 Az éghajlatváltozás hatása az erdőgazdálkodásra 66
3.2.8 Az éghajlatváltozás hatása a természetes élőhelyekre 68
3.2.8.1 Módszerek 68
3.2.8.2 Eredmények 69
3.2.8.3 Következtetések, hasznosítási lehetőségek, további kutatási irányok 70
4 Következtetések, hasznosítási és fejlesztési lehetőségek 72
4.1 NATéR alkalmazási lehetőségek a természeti erőforrás gazdálkodás területén 75
4.2 NATéR alkalmazási lehetőségek az ágazati és területi stratégiai tervezésben 73
4.3 A NATéR alkalmazási újszerűsége 74
4.4 A NATéR lehetséges továbbfejlesztése 76
4.5 További kutatási, vizsgálati lehetőségek 76
5 Ábrajegyzék 78
6 Felhasznált irodalom 80
7 Rövidítések, fogalmak 85

Vezetői összefoglaló

Az éghajlatváltozás és várható hatásai a hazánk hosszú távú fejlődési lehetőségeit meghatározó tényezők sorában kiemelt jelentőségűek. A különböző klímamodellek az elmúlt évtizedekben megfigyelt kedvezőtlen éghajlati tendenciák egyértelmű folytatódását vetítik előre a XXI. században a Kárpát-medence térségére. Ezek szerint a 2021–2050 időszakban az éves csapadékösszeg ugyan nem változik majd jelentősen, azonban a nyári csapadékátlag 5–10%-ot meghaladó mértékű csökkenést mutathat, a jelenleginél hosszabb száraz nyári időszakok prognosztizálhatók. Ezzel párhuzamosan a nagy (20 mm-t elérő) csapadékösszegű napok száma a nyári időszakok kivételével minden évszakban nőni fog. Gyakoribbá válnak az ár- és belvizek is. A belvizek által veszélyeztetett terület ma több, mint 21 ezer km^2, ami európai összevetésben is magas arány, az ország területének 23%-a. Várhatóan növekszik az özönvízszerű esőzések, orkánerejű viharok, hóviharok, hőhullámok gyakorisága, csakúgy, mint a szélsőséges vízállások, az erdőtüzek előfordulása, az aszályos időszakok hossza, és mindennek következményeként csökken a biológiai sokféleség.

A felsorolt folyamatok komoly hatással bírnak egészségünkre, élővilágunkra, az alapvető infrastrukturális hálózatokra, a mezőgazdaság termelékenységére. Összegezve: kihatnak az élet szinte minden területére. Az éghajlatváltozás okozta különböző hatások ugyanakkor területileg is eltérnek, így a különböző tértípusok eltérő sérülékenysége alapján a térségek mitigációs és adaptációs képessége is különbözik. Értelemszerűen a válaszlépések terén is differenciálni kell, területenként eltérő, az adottságokra reagáló, egyéni tulajdonságokra szabott megoldásokat keresve.

Az éghajlatváltozáshoz való sikeres alkalmazkodás elképzelhetetlen az éghajlatváltozás hatásainak mélyreható ismerete nélkül. Magyarországon a NATéR projekt indulását megelőzően azonban nem állt rendelkezésre olyan komplex, több ágazatot átfogó adatbázis és ismeretanyag, amely az alkalmazkodási intézkedések megtervezéséhez szükséges területi felbontásban nyújtott volna információkat a várható változásokról. Az adat- és módszertan hiánya következtében csak korlátozott mértékben és néhány szűk szakterületre vonatkozóan készültek olyan elemzések, amelyek az éghajlatváltozás területi sérülékenységéről és az alkalmazkodási lehetőségekről adtak volna egzakt információkat. A jelen összegző tanulmányban ismertetett projekt egésze és egyes munkacsomagjai egyaránt egy átfogó kép megrajzolását célozták meg a fenti problematika kapcsán hazánkról, megalapozva egyúttal a folytonos monitoringtevékenység jövőbeni alapjait.

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATéR) – angolul National Adaptation Geo-information System (NAGiS) – életre hívását a fentiekben körvonalazott szükségletek mellett a közelmúlt éghajlatváltozással kapcsolatos kutatásai, értékelései alapozták meg, nagyban építkezve a hazai VAHAVA és az európai ESPON CLIMATE projektek eredményeire. A rendszer hazai szinten úttörő jelentőségű az éghajlatváltozás hatásainak átfogó, több résztematikára kiterjedő nyomon követésében, a mitigációs és alkalmazkodási válaszok megalapozásában.

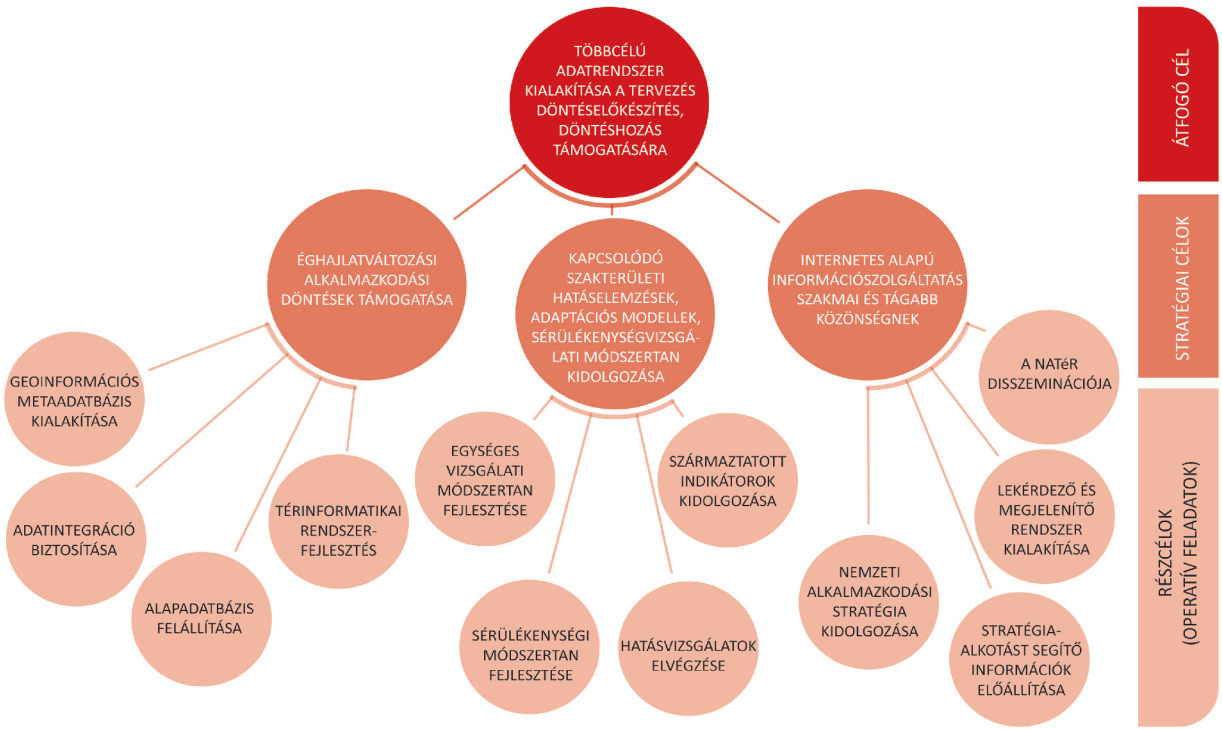
A NATéR létrehozásának törvényi alapját az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és az annak Kyotói Jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. (Éghajlatvédelmi) törvény 14. §-a teremtette meg. A törvényi felhatalmazás alapján került elfogadásra a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer működésének részletes szabályairól szóló 94/2014. (III. 21.) kormányrendelet. A NATéR a rendeletben meghatározott keretek között, szakadatok felhasználásával készült származtatott mutatók, elemzések és hatástanulmányok alapján biztosít információt az ország éghajlati állapotáról, az éghajlatváltozás és egyéb hosszú távú természeti erőforrás-gazdálkodással kapcsolatos stratégiai kockázatok hatásairól, valamint az

ezekhez való alkalmazkodási lehetőségekről. A NATéR üzemeltetését a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI), mint a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium háttérintézménye látja el.

A tudásbázisrendszer kialakítását célzó projekt 2013 szeptemberében indult és 2016 áprilisában zárul. Működési elvei összhangban vannak a nemzetközi éghajlatvédelmi kötelezettségekkel, továbbá az EU-s szakpolitikákkal, alapelvekkel (pl. INSPIRE Irányelv), stratégiákkal (pl. EU 2020, Területi Agenda 2020). A projekt az Európai Gazdasági Térség (EGT) Támogatási Alap által finanszírozott, Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz c. program három alappillérének egyike, forrását 95%-ban az alap biztosította. Az alap kezelője a Közép- és Kelet-Európai Regionális Környezetvédelmi Központ (REC) volt. A projektet a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet hajtotta végre, megvalósításának fő felelőse az intézet önálló szervezeti egységeként működő Nemzeti Alkalmazkodási Központ volt.

A jövőbeni éghajlati viszonyok előrebecslését a klimatológiai modellezés teszi lehetővé. A különböző (globális, regionális) szintű modellek folyamatos fejlesztése megköveteli a hazai hosszú távú klíma-forgatókönyvek előállítását szolgáló kapacitás megerősítését, hiszen a modellek nem értelmezhetőek azok hazai adaptációja hiányában. A klímaparaméterek változásának ismerete önmagában azonban nem nyújt elegendő információt arról, hogy milyen hatásokat eredményez az éghajlatváltozás, milyen mértékben tekinthetők sérülékenynek azzal szemben Magyarország egyes térségei. Ennek meghatározását szolgálja a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer.

A NATéR átfogó célkitűzése *egy sokoldalú felhasználásra alkalmas térinformatikai és adatrendszer kialakítása, amely elősegíti az éghajlatváltozási hatások beazonosítását, az egyes területek sérülékenységének meghatározását, ezáltal ösztönözve a hatásokhoz való alkalmazkodást.* Objektív információkkal segíti a változó körülményekhez igazodó, rugalmas döntés-előkészítést, döntéshozást és tervezést, a kapcsolódó jogalkotást. Mindezt a rendszer hosszú távú működtetésének biztosítása, teljes mértékben tudományos alapokra helyezése és a NATéR-ben megjelenő eredményekhez vezető módszerek teljes körű dokumentálása révén valósítja meg. Eredményként így egy olyan átfogó információkat tartalmazó rendszert kapunk,



A NATéR célrendszere. Forrás: NATéR KMT alapján

1. amelynek része egy multifunkcionális, felhasználóbarát geoinformációs metaadatbázis, amely más adatbázisokból származó, feldolgozott adatokon alapul;
2. ami biztosítja az INSPIRE előírásokkal összhangban, a Nemzeti Téradat Infrastruktúrába illeszthetően az éghajlatváltozás területi hatáselemzését, és az ehhez kapcsolódó adaptációs módszereket szolgáló adatgyűjtést, feldolgozást, klímamodellezést, elemzést és a sérülékenység-vizsgálat módszertanának továbbfejlesztését;
3. amely internetes alapú klímapolitikai információs csomópontot alakít ki, minden érdeklődő érintett számára lehetővé teszi a megbízható, objektív információkhoz való hozzájutást az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodást érintő és azt befolyásoló szakterületekről.

A főbb célcsoportok így a hazai szűkebb szakmai közönség mellett az éghajlatváltozással szemben sérülékeny, valamint az extrém időjárási események kockázata által veszélyeztetett térségek lakossága, a központi, területi és helyi államigazgatási szervek, önkormányzatok, közigazgatási döntéshozók, döntés-előkészítők. Ide sorolhatók a különböző ágazati (klímapolitika, energiapolitika, közlekedésfejlesztés, fejlesztéspolitika, agrár- és vidékfejlesztés, erdőgazdálkodás, települési és térségi fejlesztési és területhasználati tervezés, közszolgáltatásszervezés, turizmus, katasztrófavédelem) döntéshozatali, tervezési szereplők is.

A projekt első időszakában az elsődleges feladat egy olyan informatikai háttér megteremtése volt, ami az MFGI informatikai környezetébe beépülve alkalmas a NATéR megtervezésére, felépítésére és működtetésének elindítására. A NATéR saját adatbázis-, illetve térképi szervert is tervezett.

A NATéR Adatbázis nem egyetlen adatbázisként képzelendő el, sokkal inkább egy (tér-)informatikai rendszer, ami mögött több adatbázis értendő. Ezek közül a legfontosabbak:

— **Térképi adatbázis:** azok a térképi rétegek, melyek a projekt köztes és végtermékei. Egyetlen nagy adatbázis helyett tematikánként apróbb adatbázisokból vagy fájlrendszerekből áll. A térképi rendszer két fő része a publikus térképszerveren lévő adatkör és a belső NATéR (MFGI) rendszeren lévő, az előbbinél bővebb adatkör.
— **GeoDat:** a NATéR számára fejlesztett adatbáziskezelő alkalmazás, amely mögött egy egységes rendszerben felépített adatbázis található. Utóbbi tartalmazza az összes numerikus és alfanumerikus adatot, mely a projekt végtermékét jelenti. Tartalmilag részben átfed a térképi adatbázissal, de annál jóval bővebb. Tartalmazza azokat az adatokat is, melyek nem kerültek térképi megjelenítésre.
— **Metaadatbázis:** a NATéR térképi rétegeinek metaadatait tartalmazó és szolgáltató adatbázis.
— **nagis.hu portál:** Egy klasszikus értelemben vett webportál, ami mögött az említett adatbázis található. A portál felépítésén túl a felhasználók hozzáférési adatait is tartalmazza.

Az egyes — a környezet, a társadalom és a gazdaság különböző szintjein jelentkező — hatások egyértelmű azonosítása a regionális szintű éghajlatváltozás vizsgálatának kiindulópontja. Nemcsak az éghajlatváltozás közvetlen következményei jelenthetnek gondot, hanem helyi léptékben a gazdasági szervezetek, közösségi értékek, infrastrukturális elemek (épületek, közlekedési hálózatok), ellátórendszerek állapotát is veszélyeztethetik a klimatikus hatások. Fontos kérdés, hogy az épített környezet, azaz mindennapi életünk fizikai keretei mennyire „klímabiztosak", és a jelen fejlesztései vajon hosszabb távon hogyan reagálnak a változó klíma hatásaira? Olyan elemzési módszerre, modellre van tehát szükségünk, amely összetettségében képes megragadni a folyamatot, az éghajlati hatások teljes láncolatát, beleértve a társadalmi következményeket is.

A vizsgálandó éghajlati hatások komplex láncolatot képeznek. A közvetlen éghajlati hatások megjelenési formája a regionális klímaindikátorokkal jellemezhető változások.

Közvetett éghajlati és komplex természeti hatásokként azonosíthatjuk az éghajlatváltozás által generált összetett — egymással is kölcsönható és a klímaindikátorokra is visszaható — helyi természeti jelenségeket. A helyi hatásviselőket elsősorban ezek érintik. Ter-

mészeti, társadalmi, gazdasági következményeknek a közvetlen éghajlati hatások és a természeti rendszerekben, ökoszisztémákban fellépő közvetett hatások által együttesen kiváltott kedvezőtlen társadalmi–gazdasági konzekvenciákat tekintjük.

Az éghajlatváltozási hatások vizsgálata kapcsán az alkalmazott CIVAS (Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme) modell lényege, hogy egységes módszertani kereteket biztosít a kvantitatív éghajlati hatásvizsgálatokhoz. A modell a CLAVIER nemzetközi klímakutatási projekt[1] keretében került kidolgozásra, többek között az éghajlatváltozás ökológiai és épített környezetre gyakorolt hatásainak a vizsgálatára.

A CIVAS modell regionális adaptációjában bevezetett meghatározások a következők:

- **Komplex éghajlati problémák, hatásviselő rendszerek:** a társadalmi, gazdasági, környezeti térben egyaránt jelentkező komplex éghajlati problémák beazonosítása és az ezek hatásviselőiként leírható rendszerek.
- **Kitettség (exposure):** A regionális (helyi) szintű éghajlatváltozás tényezői. Eltérően az érzékenységtől (mely a hatásviselőt jellemzi), a kitettség csak a földrajzi helyre jellemző.
- **Érzékenység (sensitivity):** A hatásviselő (pl. mezőgazdaság, emberi egészség, építmények állapota) időjárásfüggő viselkedése (pl. aszályhajlam, belvízkockázat). Független az éghajlatváltozástól és elsősorban a hatásviselő rendszerre jellemző.
- **Várható hatás (potential impact):** Az érzékenység és a kitettség kombinációja, mely egyaránt jellemző a földrajzi helyre és a vizsgált hatásviselő rendszerre (pl. mortalitással súlyozott városi hősziget-hatás).
- **Alkalmazkodó képesség és egyéb nem klimatikus faktorok:** A helyi társadalmi–gazdasági válaszok jellege és erőssége az éghajlatváltozás kapcsán (pl. a mezőgazdasági alkalmazkodás egy formája az öntözés, mely többek között a mezőgazdasági jövedelmezőségtől függ; a mobilitás pedig, mint lehetséges válasz a városi hőhullámokra, jövedelemfüggő).
- **Sérülékenység:** komplex mutató, a várható hatásokat kombinálja az alkalmazkodóképességgel, figyelembe véve, hogy ugyanaz a várható hatás egy gyengébb alkalmazkodóképességű térségben súlyosabb következményekkel járhat.

A NATéR projekt keretében a rendelkezésre álló adatbázisok és klimatikus modellek alapján több tematikus területen is folytak kutatások az egyes térségek meghatározott éghajlatváltozási hatástényezőkkel szembeni sérülékenységét, kitettségét, az alkalmazkodási potenciálokat vizsgálva több tematikus értékelés és elemzés történt, számos adatréteget hoztak létre. A felszín alatti vizek, kiemelten az ivóvízbázisok érzékenysége, nagy tavaink, kiemelten a Balaton vízforgalma, a villámárvizekkel szembeni települési kitettség, az éghajlatváltozás mező- és erdőgazdálkodásra, illetve a természetes élőhelyekre gyakorolt hatásai, a területhasználatban bekövetkező változások egyaránt tárgyát képezték a projekt részkutatásainak. Az eddigi eredmények lehetőséget adnak a klímasérülékenység térségi összehasonlító elemzésére, lehatárolhatók a kitett területek (hol hat a vizsgált változás?), lehetővé válik az érintettség megjelenítése, az alkalmazkodási képesség vizsgálata. Az információk adatbázisokban és térképeken vizsgálhatók, így szemléltetve a várható változások hatását, a lokális és térségi eltéréseket, elősegítve ezzel a döntés-előkészítést, kutatást.

Látható, hogy napjainkban, hazánkban is megkerülhetetlenek e kérdéskörök, melyek már rövid- és középtávon is befolyásolják mindennapi életünket. E hatásokra felkészülni, ezeket mérsékelni, vagy ezekhez alkalmazkodni megfelelő tudást és információkat igényel. E szakmai háttér-információigényt hivatott kielégíteni a NATéR. A rendszerben található adatok, elemzések segítséget nyújthatnak a klímastratégiai tervezéshez, helyi alkalmazkodási intézkedések szakmai megalapozásához. A rendszerben klímamodellekből származó három klímaablakra (1961–1990. évek – referencia érték; 2021–2050, 2071–

[1]CLAVIER projekt: Climate Change and Variability: Impact in Central and Eastern Europe EU 6. Keretprogramja, GOCE Contract Number: 037013

2100) vonatkozó adatok alapján a változás irányára és mértékére vonatkozó származtatott adatok teszik lehetővé a területi eltérések egymásra hatásának vizsgálatát.

A NATéR 2013-as indulása óta a projekt folyamatosan fejlődő eredményeit az MFGI és szakértői rendre megosztották a szakmai szereplőkkel és a tágabb érdeklődő közönséggel egyaránt. Az információszolgáltatás a működési fázisba lépő NATéR esetében is kulcsfunkció. A rendszer elérése többszintű. Részben a regisztrációhoz nem kötött, nagyközönség számára elérhető felületekből áll, így a polgárok klímatudatosságát támogató szemléletformáló eszközként működik. Másrészt a regisztrációhoz kötött információk széles köre lehetővé teszi egy adott téma (pl. területi klímaprojekciók, felszínalatti víztükörmódosulás stb.) vagy szakterület (pl. mező-, vagy erdőgazdaság) vizsgálatát és egymásra hatásának elemzését kutatók, oktatási intézmények, önkormányzatok számára.

A NATéR megvalósítása több lépcsőben, ütemezetten történik. A rendszer létrehozására irányuló „rendszerépítő" projektfázis 2013. szeptember 24-től 2016. április 30-ig tart(ott), majd a kormányrendeletnek megfelelő bővítési, fejlesztési szakasz 2016. második félévében indulhat el. A NATéR döntéstámogató rendszer fejlesztési feladatai a KEHOP 1.1. intézkedés keretében nevesítve tervezésre kerültek. A döntéstámogató eszköztárat négy szakmai modulban javasolt kialakítani:

- Ágazati szakpolitikai, fejlesztéspolitikai tervezést segítő eszközök kialakítása.
- Települési, járási és megyei önkormányzati tervezést segítő eszközök kialakítása.
- Átfogó, horizontális társadalompolitikai és gazdaságfejlesztési célú eszközök kialakítása.
- Háttér-támogató módszertani fejlesztések, disszemináció.

1 A NATéR KIDOLGOZÁSÁNAK HÁTTERE

1.1 A NATÉR INDOKOLTSÁGA, FONTOSSÁGA

Magyarországot több, egymással kapcsolódó függőségi helyzet gyengíti. Első helyen kell említeni a gazdasági/pénzügyi kiszolgáltatottságunkat: függünk adósságaink hitelezőitől, a befektetőktől és a külpiaci viszonyoktól, az EU támogatásoktól. Magyarország primer energiahordozó függősége nemzetközi összehasonlításban is kimagasló; a földgáz és a kőolaj esetében meghaladja a 80%-ot. E függőségi helyzetet számottevően befolyásolják a hosszútávon ható globális folyamatok, ezek közül is elsősorban a klímabiztonság, az energiabiztonság, valamint az élelmiszer- és vízbiztonság problémakörei.

Magyarország természeti adottságai, erőforrásai igen sokszínűek és egyediek. Termőföldjeinket tekintve egyedülálló a helyzetünk – az egy főre jutó termelésre alkalmas föld nagysága európai összevetésben a legmagasabb értékek közé tartozik. A felszín alatti vízkészleteink, a talajvizet kivéve, mind mennyiségi, mind minőségi jellemzőik alapján egyik legjelentősebb természeti kincsünknek tekinthetők. A globális kihívások ténye, valamint az ezekre adható válaszok rávilágítanak a természeti erőforrások által biztosított szolgáltatások sérülékenységére. A magyarországi természeti erőforrások helyzete szorosan összefügg egyes nemzetstratégiai jelentőségű kérdéskörökkel, többek között az élelmezés-, energia- és klímabiztonsággal, megőrzésük pedig hosszú távon szolgálhatja a közjót, a harmonikus gazdasági növekedést és az életminőség javítását.

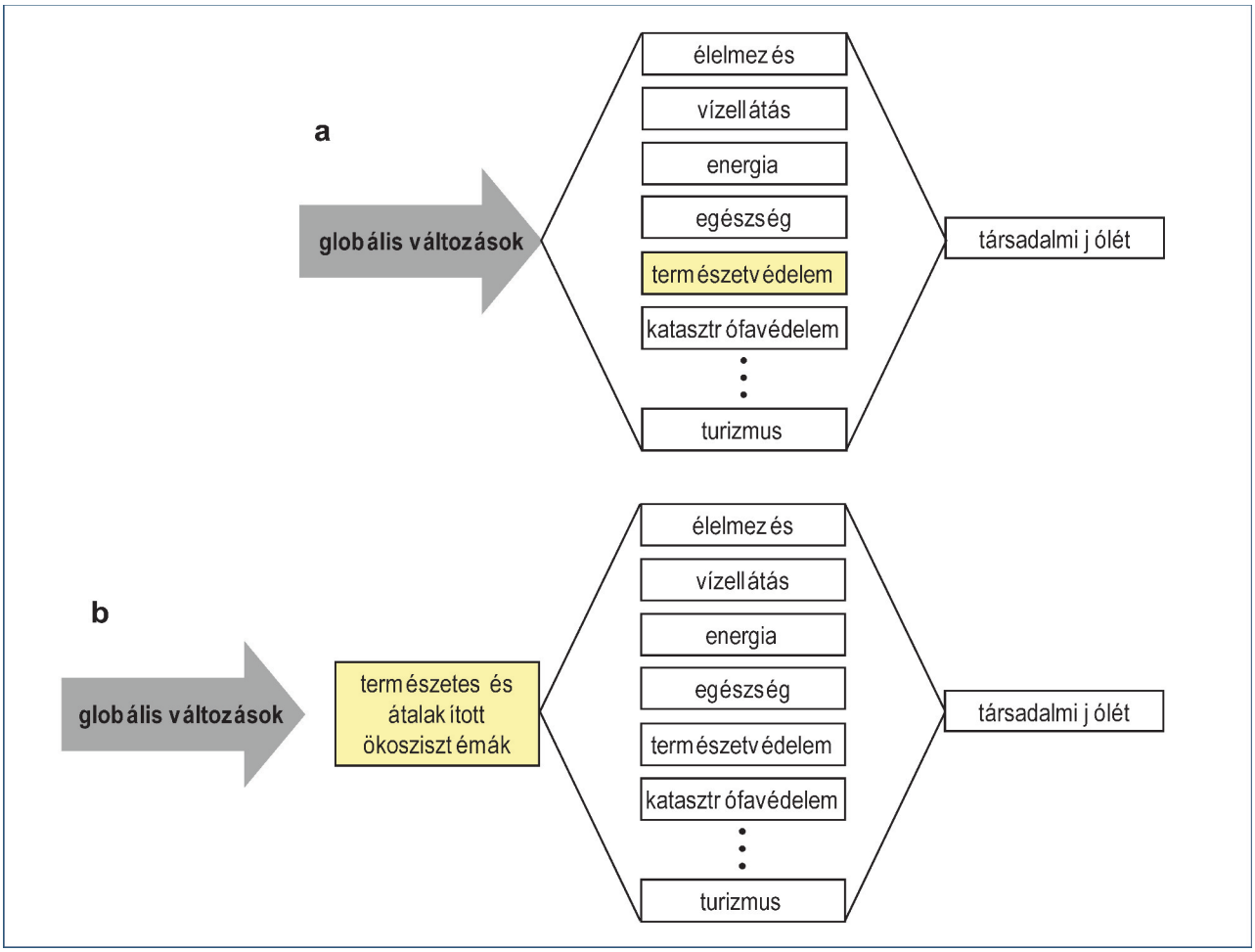
Magyarországon különböző természetű, és eltérő okokra visszavezethető területi egyenlőtlenségek figyelhetők meg, amelyek

az éghajlatváltozás és más begyűrűző globális változások eredményeként tovább mélyülhetnek, ugyanis az egyes régiók és társadalmi rétegek más-más módon és mértékben sérülékenyek a változásokkal szemben.

A változásokhoz (és ezek sorában kiemelt figyelemmel az éghajlatváltozáshoz) való alkalmazkodás területi és ágazati stratégiai integrációja széleskörű információkat igényel a változásokkal szembeni társadalmi–gazdasági, környezeti sérülékenységről, ugyanakkor ilyenekkel jószerével nem rendelkezünk. Olyan komplex, rendszerszerű monitoringon alapuló – a környezeti, társadalmi és gazdasági információkat integráló – adatbázisrendszerre és értékelési módszertanra van tehát szükség, amely objektív háttérként segíti az alkalmazkodással kapcsolatos közpolitikai tervezést és döntéshozatalt.

1.2 A RENDSZER ÚJSZERŰSÉGÉNEK BEMUTATÁSA

A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATéR) szemléleti „fundamentuma" az ökoszisztéma szolgáltatások és a társadalmi–gazdasági igények kölcsönkapcsolati rendszerén nyugszik, ami egy számos szektorra kiterjedő, általános elvi keretet nyújt az emberi közösségeket érő környezeti hatások kezelésére (1. ábra). Az ökoszisztéma-szolgáltatások koncepciója szerint az emberiség számos szolgáltatást „vesz" az őt körülvevő biofizikai rendszerből (ökoszisztémák). A rendszer változásai elsősorban az ökoszisztéma-szolgáltatások (pl. élelmiszer-termelés, víztisztítás, eróziógátlás, szénmegkötés, pollináció biztosítása, turisztikai vonzerő stb.) változásain keresztül lesznek hatással a társadalmak működésére. Ez a szemléletmód lehetőséget biztosít a különböző szektorok területén



1. ábra. Az egyes szektorok szerepe a társadalom szükségleteinek a biztosításában két különböző felfogás szerint (Forrás: Czúcz 2010)

tapasztalt hatások „közös nevezőre” hozására, amennyiben az egyes szolgáltatásokra megbízható indikátorokat tudunk definiálni, és ezek változását egy sérülékenységi elemzés keretében modellezni is tudjuk.

Az ábra a) szekciója a hagyományos szemléletmódot tükrözi: minden szektor különkülön törekszik céljai teljesítésére a változó körülmények között. A b) szekció az „ökoszisztéma szolgáltatások” látásmódját vázolja, azaz az egyes szektorok az ökológiai rendszerek funkcionalitásának megőrzésén keresztül törekszenek a globális változások káros hatásainak a kivédésére.

A NATéR eredményeinek hasznosíthatósága a területileg differenciált alkalmazkodási intézkedések körében azonosítható. Az éghajlatváltozás esetében például a NATéR információi segíthetik meghatározni, hogy az egyes térségek, vagy bizonyos fejlesztési törekvések mennyire „klímabiztosak”, és a ma fejlesztései vajon kiállják-e majd a változó klíma „támadásait”. A NATéR alkalmazásának újszerűsége annak felismerésében rejlik, hogy a közvetlen éghajlati hatások és a természeti rendszerekben, ökoszisztémákban fellépő közvetett hatások együttesen vezetnek kedvezőtlen, a társadalmi–gazdasági rendszerek működését, működtetését befolyásoló következményekre, többek között:

- emberi egészséget, életmódot, életminőséget veszélyeztető hatásokhoz;
- gazdasági körülményeket (pl. energia- és élelmiszerárak, kárelhárítási költségek, mezőgazdasági versenyképesség) érintő hatásokhoz;
- épített környezetet, infrastruktúrát érintő hatásokhoz.

A NATéR e komplex hatásokhoz értékelési keretrendszert alkot, lehetővé téve, hogy az éghajlatváltozás térségi szempontjai és az éghajlatváltozás káros hatásaival szembeni intézkedések a területfejlesztési, környezetügyi és egyéb érintett ágazati stratégiákba, helyi fenntarthatósági programokba beépüljenek, és az eltérő adottságú és veszélyeztetettségű térségek egyedi, a megelőzést és az alkalmazkodóképességet is magukba foglaló intézkedéseket dolgozhassanak ki.

A NATéR nóvumát az egységes térbeli felbontású sérülékenységi információk, tendenciaelemzések előállítása jelenti. A rendszer így egy olyan többcélú döntéstámogató eszközként értékelhető, amely a változással kapcsolatos információkon (pl. az éghajlatváltozás esetében a tenyészidőszaki csapadékhozamok vagy a hőhullámok alakulása) túl a több ágazaton, környezeti rendszeren, társadalmi–gazdasági struktúrán keresztül érvényre jutó komplex hatások (azaz a sérülékenység) feltárására is alkalmas.

A NATéR felállítása azért kulcsfontosságú, mert ugyan korábban is számos kutatás és adatsor állt rendelkezésünkre a változások (elsősorban az éghajlatváltozás) hatásaival és következményeivel kapcsolatban, de ezek elaprózottsága nem tette lehetővé az összehangolt, de mégis helyspecifikus megelőző és adaptációs intézkedések kialakítását. A projekt legfontosabb eredménye egy olyan egységes alapadatbázis és az ehhez kapcsolódó elemzési keretrendszer létrehozása, fenntartása és alkalmazása, amely segítheti a begyűrűző globális változásokra (pl. az éghajlatváltozásra) „okosan reagáló” alkalmazkodási stratégiák fókuszált kidolgozását. Alkalmazkodás híján egyes térségek és gazdasági tevékenységek (pl. turizmus) versenyképessége csökkenhet, a társadalom egyes rétegeinek életminősége romolhat, így a területi egyenlőtlenségek az éghajlatváltozás hatására tovább mélyülhetnek. A sérülékenység térbeli és időbeli dinamikájának vizsgálata egyben nemzetbiztonsági érdek is, mivel számos esetben az alkalmazkodási és a katasztrófa-kockázatot csökkentő stratégiák és politikák rövidtávon ugyan csökkentik e kockázatokat, de hosszabb távon növelik egy adott terület sérülékenységét.

1.2.1 A NATÉR HAZAI ELŐZMÉNYEI

Magyarországon a 2000-es évek közepétől több kutatás, tudományos publikáció, illetve szakpolitikai döntés-előkészítő dokumentum is született, melyek a NATéR közvetlen megalapozásának tekinthetők. A VAHAVA Jelentés (Láng et al. 2007) felhívja a figyelmet, hogy az ismert területi egyenlőtlenségek és a nagy társadalmi különbségek felerősíthetik az

éghajlatváltozás elsődleges hatásait, így a következmények komplex, környezeti–társadalmi–gazdasági szempontú vizsgálatára van szükség.

A MeH–MTA Stratégiai Kutatások keretében került kidolgozásra a klímasérülékenység regionális értékelésének módszertana, melynek fejlesztése egy, az EU 6. Kutatási–fejlesztési Keretprogramja (EU FP6) által támogatott nemzetközi klímakutatási projekt (CLAVIER projekt) hazai végrehajtásához kapcsolódott. A módszertan alapján elkészültek a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS) végrehajtását megalapozó klímaérzékenységi és klímasérülékenységi vizsgálatok a hazai talajokra. Szintén a NÉS-t megalapozó kutatások keretében került sor a biológiai sokféleséget és az ökoszisztéma-szolgáltatásokat érintő, éghajlati eredetű veszélyeztetettség jellegének és mértékének számszerű vizsgálatára (Czúcz et al. 2007).

Az Országos Területfejlesztési Koncepció felülvizsgálata keretében 2008–2009 során, Magyarországon első alkalommal készült el a kistérségi szintű éghajlati sérülékenység számszerű vizsgálata (Pálvölgyi et al. 2010, 2011). E kutatómunkára támaszkodott a területfejlesztés négy éves szakmai programja (VÁTI 2010), mely egyértelműen rögzítette egy átfogó, térinformatikai alapokon nyugvó, az éghajlati sérülékenységgel kapcsolatos információk területi tervezési hasznosítását célzó döntéstámogató rendszer kialakításának szükségességét. Az elmúlt években több stratégiai szintű elemző–értékelő tanulmány is foglalkozott az éghajlati sérülékenységgel kapcsolatos információk „becsatornázásával" a különböző tervezési folyamatokba. Az Éghajlatvédelmi Kerettörvény-javaslathoz készített vizsgálati elemzés (NFFT 2009) a kiemelt ágazati feladatok között jelölte meg az eltérő adottságú és az éghajlatváltozás hatásaival szemben eltérő sérülékenységű térségek speciális fejlesztési szempontjainak figyelembevételét a térségi tervezésben. A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia tervezete (NFFT 2012) is kiemeli, hogy „ki kell dolgozni egy nemzeti alkalmazkodási stratégiát és az azt támogató információbázist".

1.2.2 A NATÉR NEMZETKÖZI KAPCSOLÓDÁSA

Az Európai Unió közösségi alkalmazkodási intézkedéseinek általános koncepcióját a 2007-ben elkészített Zöld Könyv (COM 2007), majd egy 2009-ben kiadott Fehér Könyv (COM 2009) vázolta, amelynek elsődleges célja az Európai Alkalmazkodási Stratégia kidolgozása és egy európai sérülékenységi és alkalmazkodási információs bázis kialakítása volt. Ezt követően 2012 márciusában az Európai Bizottság — Európai Éghajlati Adaptációs Platform (Climate-ADAPT) címmel — létrehozta a témakörrel kapcsolatos tanulmányok és EU-s adatbázisok széles körét felölelő tematikus portált, azonban ennek területi és ágazati dimenziói nem érik el a közigazgatási és gazdasági tervezéshez szükséges mélységet és részletezettséget. 2013-ban pedig elfogadásra került az Európai Unió Alkalmazkodási Stratégiája (COM 2013a), amelynek általános célkitűzése az éghajlatváltozás hatásaival szembeni ellenállóképesség erősítése az Európai Unióban. A tagállami stratégiaalkotás elősegítésére a Bizottság útmutatót készített (COM 2013), továbbá a 2014–2020-as EU-s költségvetési ciklusban előírta, hogy a források 20%-át úgy kell felhasználni, hogy az szolgálja az éghajlatváltozás elleni küzdelem célkitűzéseit.

Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény (UNFCCC) és a Kyotói Jegyzőkönyv végrehajtásával és továbbfejlesztésével, továbbá a Párizsi Nyilatkozat előkészítésével kapcsolatos nemzetközi tárgyalásokon is megjelenik az alkalmazkodás témaköre. 2010-ben az UNFCCC Részes Feleinek Konferenciáján — ENSZ határozat részeként — fogadták el a Cancúni Alkalmazkodási Keretprogramot, amely létrehozta az Adaptációs Bizottságot (Adaptation Committee) a durbani ülésszakot követően. A bizottság a klasszikus alkalmazkodási feladatok mellett többek között az éghajlatváltozás okozta hatásokkal kapcsolatos veszteségek és károk (loss and damage) kezelésére létrehozott munkaprogram keretein belül a katasztrófák kockázatainak csökkentésére irányuló tervek fejlesztését is célul tűzte ki. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC)

megalakulása óta gyűjti és rendszerezi az alkalmazkodással kapcsolatos tudományos információkat. A kitettség–érzékenység–alkalmazkodóképesség definíciója és az e tényezőkön alapuló sérülékenység meghatározásának módszere az IPCC tevékenységének köszönhető. Az IPCC közel 600 oldalas tudományos jelentésben foglalta össze az éghajlatváltozás hatásaival és az azokhoz történő alkalmazkodással és felkészüléssel kapcsolatos tudományos információkat (IPCC 2012).

A NATéR koncepciója jól illeszkedik az Európai Unió térinformatikai adatokkal kapcsolatos kezdeményezéseihez. Az EU alapvető célja, hogy a térbeli adatok gyűjtésével, tárolásával, hozzáférhetőségével kapcsolatos irányelveket, szabályokat, szabványokat egységesítse. Ezt a törekvést az INSPIRE Irányelv testesíti meg, amelynek szellemében a NATéR létrehozásának keretében fel kellett mérni, és össze kellett gyűjteni a hazai, éghajlatváltozással kapcsolatos térinformatikai adatbázisokat, létre kellett hozni a kapcsolódó metaadatbázisokat, illetve meg kellett alkotni egy olyan alapadatbázist, ami egységes kiindulási alapot szolgáltat az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához. A NATéR adattartalmának az egységes európai térinformatikai rendszerbe való illesztése azért is volt elengedhetetlen cél, mivel a rendszernek, bár Magyarország területére fókuszál, számos tematika (pl. klimatológia, hidrológia) esetében integrálnia célszerű a szomszédos országok területéről származó információkat is.

A NATéR a működése során a meglévő adatok gyűjtése mellett új, ún. származtatott adatokat is előállít, amik a különböző döntéshozói szintek számára szolgálhatnak alapinformációként. Ez a funkció is kapcsolódik több európai kezdeményezéshez, pl. az európai Föld-megfigyelési programhoz (Global Monitoring for Environment and Security, GMES). A GMES megfigyelési hálózat által szolgáltatott globális információk kapcsolódása lehetővé teszi a nagytérségi (Magyarország határain kívüli) környezet- és klímabiztonsági információk integrálását a NATéR adatrendszerébe.

1.3 A NATÉR CÉLJAINAK BEMUTATÁSA ÉS KAPCSOLÓDÁSA AZ ÁLLAMI ÉS ÖNKORMÁNYZATI DÖNTÉS-ELŐKÉSZÍTÉSHEZ

Az éghajlatváltozás és más hosszabb távon ható globális folyamatok kedvezőtlen környezeti és ökológiai következményei (pl. árvíz, belvíz, aszály, hőstressz, vihar- és tűzkár, épületekben, utakban, energiaellátórendszerekben eső kár) és közvetett társadalmi–gazdasági hatásai (pl. építmények állagromlása, kárelhárítás, migráció) „adott helyen", a települések, térségek szintjén jelentkeznek. A terület- és településfejlesztés, a vidék-, gazdaság- és infrastruktúrafejlesztés, az önkormányzatok, járások stratégiai tervezési tevékenysége már rövidtávon sem kerülheti meg a változásokhoz való alkalmazkodás kérdését.

Az elmúlt években a magyarországi adaptációs vizsgálatok többsége az éghajlatváltozásról alkotott általános kép és a minden eshetőségre való felkészülés elve alapján javasolt alkalmazkodási lépéseket. Ez a stratégia azonban a költségessége miatt hosszú távon nem fenntartható. Egy célirányosabb alkalmazkodási stratégia kialakításához elkerülhetetlen, hogy a jövőben a hazai hatásvizsgálatok és döntés-előkészítő elemzések (a nemzetközi irányelvekkel összhangban) számszerű eredményeken alapuló, területi sérülékenységvizsgálatokra támaszkodjanak (Czira et al. 2010, Pálvölgyi, Czira 2011).

1.3.1 CÉLRENDSZER

A jövőbeni éghajlati viszonyok előrejelzését a klimatológiai modellezés teszi lehetővé. A különböző (globális, regionális) szintű modellek folyamatos fejlesztése megköveteli a hazai hosszú távú klíma-előrejelzést szolgáló kapacitás megerősítését is, hiszen a modellek nem értelmezhetőek azok hazai adaptációja hiányában. A klímaparaméterek változásának ismerete önmagában azonban nem nyújt elegendő információt arról, hogy milyen hatásokat eredményez az éghajlatváltozás, milyen mértékben tekinthetők sérülékenynek azokkal szemben Magyarország

egyes térségei. Ennek meghatározását szolgálja a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer.

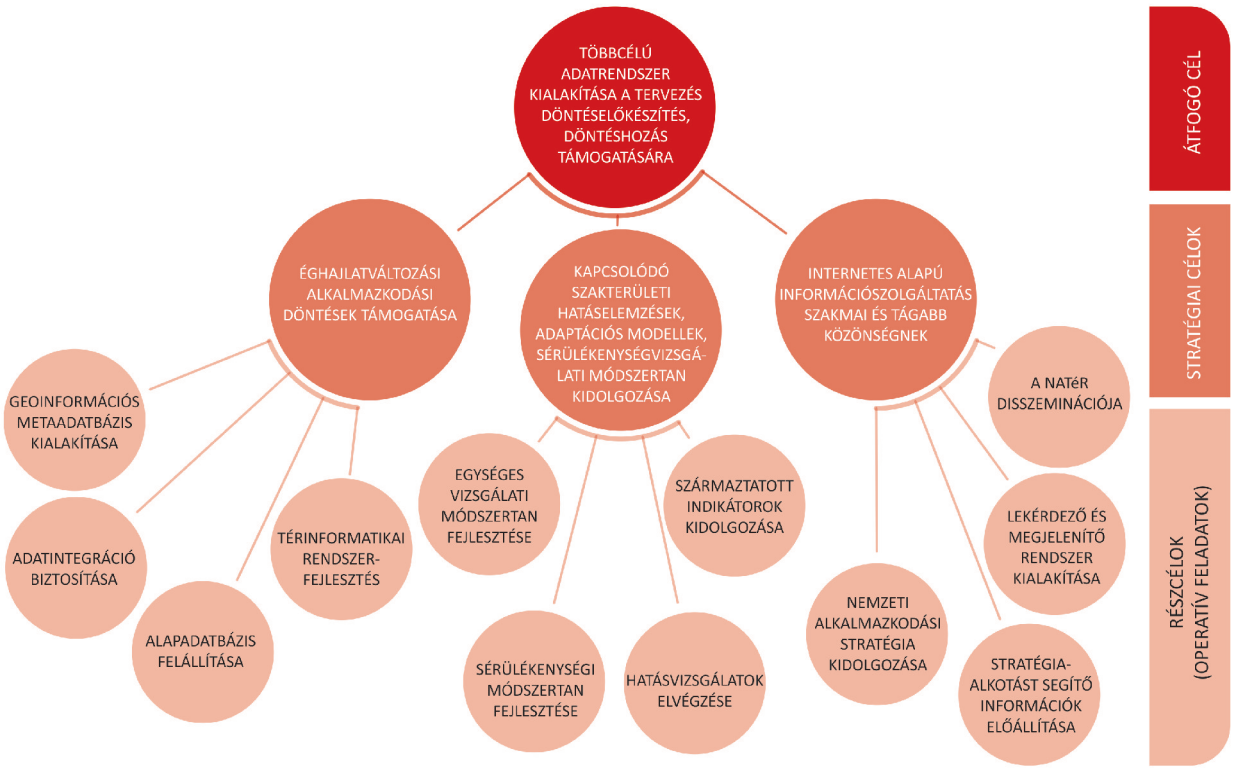
A NATéR átfogó célkitűzése egy sokoldalú felhasználásra alkalmas adatrendszer kialakítása, amely objektív információkkal segíti a változó körülményekhez igazodó, rugalmas döntés-előkészítést, döntéshozást és tervezést. Mindezt a rendszer hosszú távú működtetésének biztosítása, teljes mértékben tudományos alapokra helyezése és a NATéR-ben megjelenő eredményekhez vezető módszerek teljes körű dokumentálása révén valósítja meg.

A projekt három fő célkitűzése így

1. az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási döntések támogatása multifunkcionális, felhasználóbarát geonformációs metaadatbázis kialakításával és működtetésével;
2. kapcsolódó területi hatáselemzések, adaptációs klímamodellezési, elemzési és sérülékenység-vizsgálati módszertanok kidolgozása és ehhez kapcsolódó adatgyűjtés, feldolgozás elvégzése;
3. internetes alapú klímapolitikai információszolgáltatás szakmai és tágabb körű érdeklődők számára, objektív információk, adatok biztosítása a kapcsolódó szakpolitikai területekről.

A NATéR részletes céljai a következők:

- az adatintegráció megvalósítása, metaadatbázis, alapadatbázis kialakítása, és térinformatikai rendszer fejlesztése a meglévő adatbázisok komplex alkalmazására;
- egységes módszertan fejlesztése az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatára, a hatások teljes láncolatán a sérülékenység kvantitatív vizsgálatához (kitettség, érzékenyég, alkalmazkodóképesség);
- származtatott, döntést és tervezést segítő indikátorok kialakítása;
- hatásvizsgálatok elvégzése, melyek eredményei beépíthetők az ágazati és területi tervezésbe, valamint az alkalmazkodási stratégiákba;
- a stratégiaalkotást, döntés-előkészítést, döntéstámogatást segítő információk előállítása;
- lekérdező és megjelenítő rendszer kialakítása;
- a NATéR alkalmazásával kapcsolatos tudás és információk terjesztése.



2. ábra. A NATéR célrendszere. Forrás: NATéR KMT alapján

A NATéR tehát az éghajlati alkalmazkodás vonatkozásában „megoldásszállító" eszköz, amely kormányzati döntések éghajlatvédelmi megalapozottságát, valamint a térségi és települési önkormányzatok alkalmazkodási képességének erősítését, információkkal történő kiszolgálását biztosítja.

1.3.2 A NATÉR CÉLCSOPORTJAINAK MEGHATÁROZÁSA

A NATéR tehát megteremti az alkalmazkodási válaszok kimunkálásához nélkülözhetetlen tudásbázist, közvetve pedig hozzájárul a lakosság, valamint a helyi, térségi intézmények klímaadaptációs célú tevékenységének ösztönzéséhez. A főbb célszegmensek között így a hazai szűkebb szakmai közönség mellett ugyanúgy megtalálhatók az éghajlatváltozással szemben sérülékeny, valamint az extrém időjárási események kockázata által veszélyeztetett térségek lakossága, a központi, területi és helyi államigazgatási szervek, önkormányzatok is. A NATéR hasznosításának konkrét célcsoportjai a következők:

- K**özponti és területi közigazgatási döntéshozók, döntés-előkészítők:** a NATéR elsődleges célcsoportja – országos, regionális, és helyi szinteken – a természeti erőforrások tartamos használatával, az ágazati szakpolitikákkal (klímapolitika, energiapolitika, közlekedésfejlesztés, fejlesztéspolitika, agrár- és vidékfejlesztés, erdőgazdálkodás, közszolgáltatás-szervezés, turizmus, katasztrófavédelem), területi és települési fejlesztési, rendezési tervezéssel kapcsolatos központi és területi közigazgatási döntések felelősei. Egyes NATéR részmodulok és elemzések – figyelembevéve a nemzetbiztonsági szempontokat is – kizárólag kormányzati döntéstámogatás körében, korlátozott hozzáféréssel érhetők el.
- **Gazdaság- és infrastruktúra-fejlesztés, beruházások, területhasználat:** a NATéR információi egyrészt segíthetik a környezeti szempontokat figyelembevevő tervezést a gazdaság-, infrastruktúra- és vidékfejlesztésben, beruházásokban, másrészt információkkal szolgálhatnak e fejlesztések környezetvédelmi engedélyeztetése során.
- **Tudományos kutatás:** a NATéR keretében kifejlesztett alapadatbázis, mely a nagytérségű, hosszútávon ható, „begyűrűző" változásokkal (pl. biodiverzitás csökkenése, éghajlatváltozás, globalizáció, erőforrások kimerülése stb.) kapcsolatos hatásokat jellemző információkat is tartalmazza, kiindulási alapot nyújthat az alkalmazott kutatási szektor számára. A NATéR alapadatbázisa és eredményei hozzáférhetőek a tudományos közönség számára egyfelől kutatási célokra, másfelől az adatbázisrendszer hatásvizsgálati eredményekkel való bővítésére.
- **Közvélemény:** a NATéR származtatott eredményei részlegesen hozzáférhetőek a civil szervezetek, a média és a társadalom minden érdeklődő tagja számára, akik a NATéR tágabb felhasználói körét képezik. Hosszútávon elképzelhető a NATéR felhasználóbarátságának további fokozása az emberek folyamatos és naprakész tájékoztatása céljából.

1.4 A NATÉR MEGVALÓSÍTÁSÁNAK BEMUTATÁSA

1.4.1 FINANSZÍROZÁSI HÁTTÉR ÉS ÜTEMEZÉS

A NATéR projekt az Izland, Liechtenstein és Norvégia által létrehozott Európai Gazdasági Térség (EGT) Támogatási Alap finanszírozási mechanizmus keretében nyújtott támogatásokból jutott pénzügyi forrásokhoz. A donor államok az EGT tagjai, de nem tagjai az Európai Uniónak. Az EGT támogatások 15 EU-tagállammal – köztük Magyarországgal – folytatott bilaterális együttműködéseket és projektpartnerségeket segítenek, valamint az EGT-n belüli gazdasági és társadalmi egyenlőtlenségek csökkentéséhez járulnak hozzá. Izland, Liechtenstein és Norvégia 2011. október 12-én írta alá az egyetértési megállapodást Magyarországgal. A megállapodás alapján az Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz programterület alapkezelője a Közép-

és Kelet-Európai Regionális Környezetvédelmi Központ (REC) lett. A megvalósítást a Norvég Polgári Védelmi és Katasztrófavédelmi Igazgatóság (DSB) és a brüsszeli Financial Mechanism Office (FMO) segítette.

Az Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz Program célja, hogy az éghajlatváltozás Magyarországra gyakorolt hatásainak és az ország éghajlati sérülékenységének megértését segítse, az éghajlatváltozással szembeni helyi ellenállóképesség javítását szolgáló tevékenységeket ösztönözze, hívja fel a figyelmet az éghajlatváltozás várható hatásaira és mutassa be olyan, az éghajlatváltozás hatásait csökkentő projektek tapasztalatait, amelyek ismételhetőek, és jó például szolgálhatnak másoknak is.

Az EEA-C11-1, Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer kialakítása (NATéR) projekt az Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz Program elsőként elindított projektje volt. Megvalósításának teljes elszámolható költsége a 2014. január 23-án, a REC és az MFGI által aláírt szerződés szerint 1 254 652 EUR volt. A projektgazda MFGI e dokumentum szerint legfeljebb az elszámolható költségek 95%-ának megfelelő, maximum 1 191 920 EUR összeget hívhatott le, a fennmaradó 5%-ot az MFGI által finanszírozott önrész képezte. A költségek már 2013. szeptember 24-étől elszámolhatóak voltak, így ez számít a projekt kezdő dátumának. A szerződés 2016. február 8-án aláírt módosítása – az elvégzendő feladatok bővítése mellett – az elszámolható összeget 1 623 074 EUR-ra emelte, míg a maximálisan lehívható támogatási összeg 1 541 920 EUR-ra változott.

A költségek elszámolásának részletes rendjét a Támogatási szerződés és annak mellékletei tartalmazták. A finanszírozás teljes egészében a szerződés részét képező projektpályázat megvalósítását szolgálta, csak ezzel összefüggő tételek voltak elszámolhatók. A támogatás elszámolása négyhónapos időszakonként történt, a 2013. szeptember 24. – 2016. április 30. megvalósítási időszakra vonatkozóan.

A megvalósítás során két alkalommal történt költségvetés-módosítás: 2014. április 16-án, illetve 2016. február 8-án. Utóbbi alkalommal a Beszerzési terv is módosításra került a kibővült feladatkör ellátása érdekében. Összességében elmondható, hogy a támogatás teljes egészében felhasználásra került, a projekt sikeres megvalósítása érdekében.

A szerződés részét képező projektpályázat részletesen leírta az elvégzendő feladatokat és az elkészítendő termékeket (tanulmányok, webes tartalom, adatbázisok stb.). A teljes projekt az áttekinthetőség és az ütemezés érdekében munkacsomagokra (work packages, WP-s), illetve tevékenységekre lett felosztva. A munkacsomagok tartalmát és ütemezését az alábbiakban röviden ismertetjük.

1. munkacsomag – Jogi és IT háttér kialakítása. A projekt korai szakaszában elkészült a NATéR Rendszerterve, majd az MFGI szakmai támogatást nyújtott a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATéR) működésének részletes szabályairól szóló 94/2014. (III. 21.) kormányrendelet, illetve a NATéR Üzemeltetési Szabályzatának kidolgozásához. A rendszer kifejlesztése után, a projekt végén elkészült a felhasználói kézikönyv, mely az alkalmazáshoz ad segítséget.
2. munkacsomag – Hardverkörnyezet kialakítása és konfigurálása. A kutatáshoz, illetve a rendszer megbízható üzemeltetéséhez szükséges informatikai eszközök rendszerének megtervezése és az eszközök beszerzése. A nagyteljesítményű számítógépek és szkenner mellett többek között térképszerver, szünetmentes tápok, adatátviteli kapcsolók (switch-ek), hálózati tárhelyek beszerzése és beüzemelése történt meg, nagyrészt 2014 végéig. E munkacsomag keretében valósult meg egészen a projekt végéig a hardverkörnyezet folyamatos üzemeltetése, tesztelése, finomhangolása.
3. munkacsomag – Szoftverfejlesztés és finomhangolás a NATéR módszertanhoz. A kutatáshoz, illetve a NATéR hardverrendszerének működtetéséhez szükséges asztali szoftverek beszerzése 2014 végéig zajlott le. A NATéR Rendszerterv alapján, alvállalkozó bevonásával került kifejlesztésre maga a NATéR adatbáziskezelő rendszer és a webportál, továbbá megvalósult a felszín

alatti víztestek változásait monitorozó adatbázis NATéR-be integrálása. Ez az informatikai fejlesztés 2014 őszétől 2015 őszéig zajlott. A szoftverek beüzemelése után a finomhangolás, tesztelés a projekt végéig folyamatos volt.

4. munkacsomag – Módszertani fejlesztések (indikátorok), K+F, háttértanulmányok nemzeti stratégiák megalapozásához. E munkacsomag keretében valósultak meg az egyes szakterületeken végzett kutatások, elemzések. A projektgazda MFGI több adatréteg teljes kidolgozását végezte el a rendszer számára. Elkészült a sekély felszín alatti vizeknek; az ivóvízbázisok klímaváltozással szembeni sérülékenységének; továbbá a hegy- és dombvidéki települések villámárvízzel szembeni sérülékenységének elemzése. Alvállalkozók készítették el az elemzéseket a természetes élőhelyek éghajlatváltozással szembeni sérülékenységéről; a mezőgazdasági biomassza előállítás változásáról; az éghajlatváltozás erdészetben és területhasználatban várható következményeiről; továbbá a Balaton vízjárására gyakorolt hatásáról. A munkák eredményeként 2014–2015-ben elkészültek a kutatási jelentések, döntéstámogató tanulmányok, és az adatrétegek metaadatbázisba szánt leírásai. Az adatbázisrétegek feltöltése a NATéR-be, illetve térképi megjelenítésük is lezárult a projekt végéig.
5. munkacsomag – A NATéR eredményeinek terjesztése. A kommunikációs tevékenységek keretében valósult meg a kutatási és rendszerfejlesztési eredmények publikációja. Számos tudományos, illetve ismeretterjesztő előadás megtartása mellett cikkek, könyvfejezetek is készültek. Az MFGI projektnyitó- és zárókonferenciát, információs nyílt napot valamint, hat műhelymunkát rendezett. Kidolgozták a projekt és a honlap arculatát, gondoskodtak az elkészült eredmények közzétételéről a honlapon. A kommunikációs tevékenység a projekt során folyamatos volt.
6. munkacsomag – Projektmenedzsment. Az MFGI munkatársainak irányításával, alvállalkozók bevonásával zajlott a megvalósítás koordinációja. A projektmenedzsment a munka kezdetétől a végéig ügyelt a vállalt kimenetek teljesítésére, a határidők betartására, segítette a kapcsolattartást az MFGI-n belül és a partnerekkel. Kapcsolatot tartott a REC-kel, illetve a donorállamok képviselőivel. Biztosította a Támogatási szerződésnek megfelelő keretfelhasználást, a pénzügyi előírásoknak való megfelelést. Koordinálta a beszerzéseket, és az egyéb jogi előírásoknak való megfelelést.
7. munkacsomag – A NATÉR tesztelése a Sárvíz-völgy és Aba térsége éghajlati sérülékenységének meghatározásával. 2015 őszétől a projekt végéig zajlott a rendszer szakmai tesztelése egy konkrét területen folytatott kutatás keretében. Az MFGI alvállalkozók bevonásával sérülékenységvizsgálatokat végzett a Sárvíz-völgy és Aba térségére, és intenzív csapadék okozta elöntés hatásvizsgálatot folytatott Abán. A NATéR tesztje alapján javaslatokat fogalmaztak meg a fejlesztésére.

Az 1. táblázat a projektmegvalósítás két és fél évének ütemezését tekinti át. A gördülő tervezés jegyében a kisebb csúszásokat az ütemezésben átvezettük. A projektszerződésben rögzített termékek elkészítése 2016. április 30-ára megtörtént.

1.4.2 JOGSZABÁLYI HÁTTÉR ÉS SZABÁLYOZÁSI KONCEPCIÓ

A NATéR jogi háttere, szabályozási koncepciója két pilléren nyugszik: az Éghajlatváltozási Törvényen és a NATéR működéséről szóló kormányrendeleten. Az alábbiakban e két jogszabály főbb kapcsolódó koncepcionális elemeit mutatjuk be.

1.4.2.1 AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSI TÖRVÉNY

A NATéR létrehozásának törvényi alapját az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és annak Kyotói Jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. törvény (a továbbiakban: Éhvt.) teremtette meg, amely 14. § (5) bekezdés a) pontjában jelzi és konkretizálja a NATéR-rel kapcsolatos feladatokat, a következők szerint:

„Felhatalmazást kap a Kormány, hogy rendeletben állapítsa meg:

1. táblázat. A NATéR projekt megvalósulásának fázisai és munkacsomagjai

Projekt kezdete: 2013. 09. 24.		2013	2014			2015			2016
		1–4. hó	5–8. hó	9–12. hó	13–16. hó	17–20. hó	21–24. hó	25–28. hó	29–32. hó
1. munkacsomag Jogi és IT háttér kialakítása	1.1 NATéR rendszerterv	X	X					X	X
	1.2 Adattartalom, szerkezet leírása	X	X					X	X
2. munkacsomag Hardverkörnyezet kialakítása és konfigurálása	2.1 Hardverberuházás	X	X	X	X				
	2.2 Hardver rendszerterv és működtetés		X	X	X	X	X	X	X
3. munkacsomag Szoftverfejlesztés és finomhangolás a NATéR módszertanhoz	3.1 Szoftverkörnyezet kialakítása	X	X	X	X				
	3.2 Szoftveralkalmazások		X	X	X	X	X		
	3.3 NATéR nyilvános felület fejlesztése				X	X	X	X	X
	3.4 A NATéR IT tesztje						X	X	X
4. munkacsomag Módszertani fejlesztések (indikátorok), K+F, háttértanulmányok nemzeti stratégiák megalapozásához	4.1 Adatok homogenizációja, metaadatabázis	X	X	X	X	X	X	X	
	4.2 Módszertani fejlesztés		X	X	X	X	X		
	4.3 Kutatási jelentések	X	X	X	X	X	X	X	X
	4.4 NATéR nyilvános felület feltöltése			X	X	X	X	X	X
5. munkacsomag A NATéR eredményeinek terjesztése		X	X	X	X	X	X	X	X
6. munkacsomag Projektmenedzsment		X	X	X	X	X	X	X	X
7. munkacsomag A NATÉR tesztelése a Sárvíz-völgy és Aba térsége éghajlati sérülékenységének meghatározásával	7.1 Sérülékenység-vizsgálatok a Sárvíz-völgy és Aba térségére							X	X
	7.2 Az intenzív csapadék okozta elöntés hatásvizsgálata Abán							X	X
	7.3 A NATéR tesztje, javaslat a fejlesztésére							X	X

a) az Éghajlatváltozási Stratégia felülvizsgálatához szükséges nemzeti alkalmazkodási térinformatikai rendszer működésének részletes szabályait, különös tekintettel az abban kezelt adatok körére, az adatszolgáltatás rendjére, az adatok nemzeti alkalmazkodási térinformatikai rendszer keretében történő felhasználásának részletes szabályaira; (...)"

1.4.2.2 A NATÉR MŰKÖDÉSÉRŐL SZÓLÓ KORMÁNYRENDELET FŐBB ELEMEI

A rendszer létrehozásáról és működési rendjéről a 94/2014. (III. 21.) kormányrendelet az irányadó. Ebben a kormányzat a 2007. évi LX. törvény 14. § (5) bekezdés a) pontjában kapott felhatalmazás alapján, az Alaptörvény 15. cikk (1) bekezdésében meghatározott feladatköréhez kapcsolódóan rendelkezett a NATéR céljairól és feladatairól, működtetéséről az alábbiak szerint:

„A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (a továbbiakban: NATéR) (...) meghatározott keretek között, az adatok felhasználásával készült származtatott mutatók, elemzések és hatástanulmányok alapján információt biztosít az ország éghajlati állapotáról, az éghajlatváltozás és egyéb hosszú távú természeti erőforrás-gazdálkodással kapcsolatos stratégiai kockázatok hatásairól, valamint az ezekhez való alkalmazkodási lehetőségekről.

(2) A NATéR üzemeltetője a NATéR internetes felhasználói felületén (a továbbiakban:

NATéR Portál) térítésmentesen mindenki számára elérhetővé teszi a nemzeti alkalmazkodási stratégiai keretrendszerhez kapcsolódó dokumentumokat, valamint a NATéR adattémáira vonatkozó meta-adatokat.

(3) A NATéR – kutató, elemző tevékenysége révén rendelkezésekre álló eredmények alapján – információt biztosít a központi, területi és helyi államigazgatási szervek, valamint önkormányzatok számára az ágazati és területi (éghajlatpolitikai, energiapolitikai, közlekedési és infrastrukturális, fejlesztéspolitikai, mezőgazdaságot, vidékfejlesztést, erdőgazdálkodást érintő, területi, települési, térségi, közszolgáltatásszervezési, turisztikai, az egészséggel és életminőséggel kapcsolatos, valamint katasztrófavédelemmel kapcsolatos) tervezéshez.

(4) A NATéR üzemeltetője az e §-ban meghatározott célok elérése érdekében a környezet védelmének általános szabályairól szóló törvény rendelkezései szerinti lehívási szolgáltatás, a területfejlesztéssel és a területrendezéssel kapcsolatos információs rendszerről és a kötelező adatközlés szabályairól szóló kormányrendelet, valamint az ágazati jogszabályok rendelkezéseivel összhangban meghatározott téradat-témák szerint biztosított adatokat feldolgozza és az elvégzett vizsgálatainak és elemzéseinek eredményeiről egységes elektronikus információs rendszert üzemeltet."

1.5 A NATÉR MŰKÖDÉSÉNEK INTÉZMÉNYI KERETEI

A projekt az 1.4. pontban leítaknak megfelelően az Európai Gazdasági Térség (EGT) Támogatási Alap által finanszírozott, Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz c. program három alappillérének egyike, forrását 95%-ban az alap biztosította. Az alap kezelője a Közép- és Kelet-Európai Regionális Környezetvédelmi Központ (REC) volt. A projektet a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet hajtotta végre, megvalósításának fő felelőse az intézet önálló szervezeti egységeként működő Nemzeti Alkalmazkodási Központ volt.

1.5.1 A NATÉR FELÜGYELETE ÉS IRÁNYÍTÁSA

A NATéR felügyeletét államigazgatási szinten a mindenkori, az energia- és klíma szakpolitikáért felelős minisztérium biztosítja, illetve szervezi meg. Jelenleg e szerepkört a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (NFM) tölti be. Az NFM a Földművelésügyi Minisztérium (FM), a Belügyminisztérium (BM) és a Nemzetgazdasági Minisztérium (NGM), illetve háttérintézményeik és hivatalaik stratégiai partnerként történő bevonásával, és az így minden funkcionális szakterületre kiterjedő államigazgatási kapcsolati háló biztosításával képes felügyelni és koordinálni a NATéR működtetéséhez szükséges kormányzati tevékenységeket.

A NATéR szakmai rétegeinek előállítását háttérintézetek és hivatalok, valamint egyéb állami adatgazdálkodási körbe tartozó szervezetek biztosítják, a szakterületüket érintő adattartalmak integrálható adatformátumban történő rendelkezésre bocsájtásával a rendszer számára.

1.5.1.1 A MAGYAR FÖLDTANI ÉS GEOFIZIKAI INTÉZET

A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet két, nemzetközileg is elismert kutatóintézet, nevezetesen a Magyar Állami Földtani Intézet és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet egyesítésével alakult meg. Az intézetek 148, illetve 103 éve a földi erőforrásokra vonatkozó információkat gyűjtik és dolgozzák fel. Az MFGI jelenleg a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal középirányítása alatt az országos Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár működtetésében közreműködik. Feladatai között ezen túlmenően, az adatbázisok korszerű, informatikai alapú továbbfejlesztése is megtalálható. Az alkalmazkodáshoz elengedhetetlen adatok és információk tehát ebben az intézményrendszerben koncentráltan és folyamatosan fejlesztve jelen vannak.

A két elődintézet egyesítésével egy új szervezeti részleg, a Nemzeti Alkalmazkodási Központ (NAK) is létrejött az MFGI-n belül, melynek egyik fő feladata az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás hazai stratégiai intézkedéseit, eszközrendszerét meghatározó

Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia szakmai és informatikai megalapozása volt. A klímapolitikáért felelős háttérintézményként az MFGI NAK kormányrendelettel kijelölt feladata az éghajlatváltozással, az azt kiváltó folyamatokkal és hatásokkal kapcsolatos hazai kutatások, az üvegházhatású gázok hazai kibocsátásainak csökkentésével és az éghajlatváltozási hatásokhoz való alkalmazkodással kapcsolatos feladatok ellátása, valamint részvétel a klímapolitikát szolgáló elemzések, térinformatikai vizsgálatok, stratégiák elkészítésében.

1.5.1.2 KÖZREMŰKÖDŐ, EGYÜTTMŰKÖDŐ SZERVEZETEK

A NATéR ösztönzi az állami intézmények közötti együttműködést. A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, mint projektgazda a fent leírt munkafolyamatokon túlmenően, példaértékű együttműködés keretében több hazai állami tudományos műhelyt, illetve fontos igazgatási, vagy közszolgáltatási intézményt alvállalkozóként, illetve partnerként vont be a projekt megvalósításába.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) az ország legnagyobb meteorológiai információszolgáltató szervezeteként klímamodellek, adatbázisok fejlesztésével járult hozzá az információs rendszer kialakításához. Mindezt kiterjedt hazai és nemzetközi infrastruktúra alapozta meg, magában foglalva az éghajlati elemzésekhez nélkülözhetetlen országos mérő- és megfigyelő rendszer üzemeltetését, a folyamatos nemzetközi adatcserét a Meteorológiai Világszervezet keretében, valamint az intenzív kutató–fejlesztői és operatív együttműködést különböző nemzetközi szervezetekkel. Az információk begyűjtése és rendszerezése, adatbázis szintű kezelése ugyancsak az OMSZ feladata volt, ahol az elmúlt évtizedekben hazánk egyik legfejlettebb számítógépes rendszere épült ki, s ahol hosszú időszakra visszatekintő tapasztalatokkal rendelkeznek nemcsak a felhasználói adatigények kielégítésében, de az összetett informatikai rendszerek működtetésében is.

Az MTA Ökológiai Kutatóközpont a természetes élőhelyek éghajlatváltozás hatására történő változását bemutató kutatásokat végezte. Az MTA Agrártudományi Kutatóközpontja a földhasználat változását, a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ az éghajlatváltozás erdőkre gyakorolt hatásának mo-dellezését folytatta le a közös munka során. Szakmai együttműködés keretében az Országos Vízügyi Főigazgatóság és a Duna Menti Regionális Vízmű Zrt. munkája is hozzájárult az ivóvízbázisokat érintő hatások vizsgálatához.

1.6 A NATÉR MEGJELENÍTÉSE, DISSZEMINÁCIÓ

A NATéR 2013-as indulása óta az MFGI és szakértői a projekt előrehaladásával folyamatosan fejlődő eredményeit rendre megosztotta a szakmai szereplőkkel és a tágabb érdeklődő közönséggel egyaránt. A következőkben a munkacsomagok (Work Package – WP) szerint mutatjuk be a NATéR Projektben elvégzett disszeminációs tevékenységeket. A beszámoló alapját a REC által előírt sablonban elkészített részbeszámolók képezik, melyek négyhavonta (a periódus utolsó napját követő 15 napon belül) kerültek benyújtásra. A periódusok a 3. táblázatban látható időtartamokat fedték le:

2. táblázat. A NATéR disszeminációs periódusai beszámoló időszakonkénti bontásban. Forrás: MFGI

Periódus	Kód	Időtartam
1. periódus	P01	2013. 09. 24. – 2013. 12. 31.
2. periódus	P02	2014. 01. 01. – 2014. 04. 30.
3. periódus	P03	2014. 05. 01. – 2014. 08. 31.
4. periódus	P04	2014. 09. 01. – 2014. 12. 31.
5. periódus	P05	2015. 01. 01. – 2015. 04. 30.
6. periódus	P06	2015. 05. 01. – 2015. 08. 31.
7. periódus	P07	2015. 09. 01. – 2015. 12. 31.
8. periódus	P08	2016. 01. 01. – 2016. 04. 30.

3. táblázat: A NATéR disszeminációs elemei időszakonkénti és disszeminációs típusonkénti bontásban

Beszámoló-időszak	NATéR disszeminációs tevékenységei
P01	A projekt indítókonferenciája. Budapest, 2013. október 14.
P02	A logo és a honlap arculatterv elkészül, az információs honlap elérhető a www.nagis.hu, illetve nater.mfgi.hu címeken.
P02	Poszter a NATéR-ről. Kiállítva: RENEXPO® Central Europe Nemzetközi Kiállítás és Konferencia a megújuló energiákról és energiahatékonyságról. 2014. 03. 12–13. és Öko City kiállítás, 2014. 04. 2–6., Budapest.
P02	Szórólap készül a NATéR-ről angolul és magyarul.
P02	A projektet bemutató előadás hangzott el: — XXI. Konferencia a felszín alatti vizekről, 2014. 04. 2–3., Siófok. — EuroGeosurvey 36th General Meeting, 2014. 03. 24–27., Brüsszel (Belgium).
P02	Rövid cikk megjelenése a NATéR-ről a REC *Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz* című hírlevelében.
P02	Előadás a NATéR projektről a „Változó éghajlat — változó közösségek. A fenntartható energiaellátás lehetőségei és jó gyakorlatai" konferencián. 2014. február 6, Nemzetstratégiai Kutatóintézet, Budapest.
P03	A projektet bemutató prezentáció hangzott el a következő konferenciákon, programokon: — A NATéR projekt bemutatása. Előadás, 29th Annual Meeting of Geoscience Information Consortium (GIC), 2014. 05. 26–30., Szlovákia. — A NATéR projekt bemutatása. Előadás, Alkalmazkodás az Éghajlatváltozáshoz Program tanulmányút, 2014. 06. 24–27., Bergen, Norvégia. — A NATéR projekt bemutatása. Előadás, Climate Change Adaptation Forum, 2014.06.26., Budapest. — A NATéR projekt bemutatása. Előadás, Magyar Földtudományi Szakemberek XII. Találkozója (HUNGEO), 2014. 08. 20–24. Debrecen.
P03	A honlap angol változata elkészül.
P04	A projektet bemutató prezentáció hangzott el a következő konferenciákon, programokon: — 41st IAH International Congress "Groundwater: Challenges and Strategies" –2014. 09. 15–19. Marrakes, Marokkó. — Lett delegáció tanulmányútja az EGT Alapok kiegészítő tevékenységeinek keretében, a REC-ben. 2014. 10. 6–7., Szentendre. — ESRI Magyarország, Felhasználói Konferencia 2014. 2014. 10. 9., Budapest. — 'Showing What's Possible: Computer Simulation and GIS Mapping for Decision Makers', a Éghajlatváltozás Világkonferencia (COP20) kísérő rendezvénye (a REC munkatársa által tartott előadáshoz készített anyagot a NATéR-ről az MFGI). 2014. december 12., Lima, Peru.
P04	'Talaj — Éghajlat — Alkalmazkodás' műhelymunka a NATéR Projekt (MFGI) és a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet (MTA ATK TAKI) kutatói részvételével. Az egynapos műhelymunkán 26-an vettek részt, kiindulási alapként szolgálva egy az MFGI és az MTA ATK TAKI között kötendő jövőbeni együttműködési megállapodáshoz. 2014. 12. 02., Budapest.
P04	A NATéR projekt leírása frissült a NAK és az MFGI honlapjain.
P05	A projektet bemutató prezentáció hangzott el a következő konferenciákon, programokon: — EWA Tavaszi Napok 2015, Budapesti Víz Konferencia, 2015. 03. 4–6., Budapest. — 20th meeting of the IG CCA of the Network of European EPAs'. 2015. 03. 5–6., Róma, Olaszország. — „XXII. Konferencia a Felszín Alatti Vizekről", 2015. 04. 24. Siófok. — Az „EEA-C13-10 RCMTéR — A sugárzási kényszer változásán alapuló új éghajlati szcenáriók a Kárpát-medence térségére" projektindító értekezlet. 2015. 04. 27., Budapest.
P05	A projektet bemutató poszter készült az EWA Spring Days 2015 Budapest Water Conference rendezvényre, 2015. március 4–6., Budapest. — Rotár-Szalkai, Á. Gál, N. Szőcs, T. Tolmács D. 2015: Characterization of climate change sensitivity of Drinking Water Protection Areas.

3. táblázat: Folytatás

Beszámoló-időszak	NATéR disszeminációs tevékenységei
P06	A projektet bemutató prezentáció hangzott el a következő konferenciákon, programokon: — The GIC's 30th Anniversary Conference at BGR, 2015. 05. 4–8., Hannover, Németország; — VI. Magyar Tájökológiai Konferencia, 2015. 05. 21–23., Budapest; — 6. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás, 2015. 05. 28–29., Debrecen; — „A klímaváltozékonyság okozta sérülékenység vizsgálata, különös tekintettel a turizmusra és a kritikus infrastruktúrákra" című projekt nyitórendezvénye, 2015. 06. 1., Budapest; — Természeti erőforrások, földtani kockázatok, éghajlatváltozás: merre vezet a fenntarthatóság "földtani útja?" 2015. 06. 4., Budapest; — Az „RCMTéR — A sugárzási kényszer változásán alapuló új éghajlati szcenáriók a Kárpát-medence térségére", valamint a „KRITéR — A éghajlatváltozás okozta sérülékenység vizsgálata, különös tekintettel a turizmusra és a kritikus infrastruktúrákra" projektek közös hatásvizsgálói konzultációs workshop-ja, 2015. 06. 22., Budapest; — „Az EEA-C12-11 Magyarország hosszú távú társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése projekt indítóértekezlete", 2015. június 23., Budapest; — 58th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science (IAVS), Brno, Csehország, 2015. 07. 18–26.; — The 13th International Symposium on Geo-Disaster Reduction, Prága, Csehország, 2015. 08. 9–12.; — 10. Magyar Ökológus Kongresszus Konferencia, Pannon Egyetem, Veszprém, 2015. 08. 12–14.
P06	A NATéR hírlevél első száma és fordítása elkészül. A hírlevél magyar és angol nyelvű változata kereken 730 címzett részére, e-mailen kiküldésre került, a honlapon megjelent.
P06	A projektet vagy annak valamely részkutatását bemutató publikációk: — Lepesi Nikolett, Botta-Dukát Zoltán, Somodi Imelda: Prediktív modellek valószínűségi becsléseinek binarizálási lehetőségei a NATéR elemzések megalapozására. Konferencia absztrakt. VI. Magyar Tájökológiai Konferencia 2015.Tájhasználat és tájvédelem — kihívások és lehetőségek. 2015. 05. 21–23. http://tajokologiaikonferencia.hu/program — Bede-Fazekas Ákos, Czúcz Bálint, Somodi Imelda: Finom felbontású ökológiai adatbázis létrehozása a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATéR) számára. Konferencia absztrakt. VI. Magyar Tájökológiai Konferencia 2015. Tájhasználat és tájvédelem — kihívások és lehetőségek. 2015. 05. 21–23. http://tajokologiaikonferencia.hu/program — Orosz László, Mattányi Zsolt, Turczi Gábor, Kajner Péter, Simó Benedek, Vikor Zsuzsanna: A NATéR (Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer) fejlesztés. In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában VI. Debreceni Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás. Konferenciakötet. Szerk.: Boda Judit. Debrecen Egyetemi Kiadó, 2015. http://geogis.detek.unideb.hu/Tkonferencia/2013/Kotet.php — Bede-Fazekas, Ákos, Czúcz, Bálint, Somodi, Imelda: Development of fine-scale ecological database for the National Adaptation Geoinformatic System (NAGIS), Hungary. Poster H-01 (young scientist). Session: Data sources for broad-scale vegetation studies. In: 58th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science: Understanding broad-scale vegetation patterns. 19–24/07/2015, Brno, Czech Republic. Abstracts. http://www.iavs2015.cz/files/IAVS-Brno-2015-Abstracts.pdf — Lepesi, Nikolett, Botta-Dukát, Zoltán, Somodi, Imelda: Binarization options of probabilistic predictions of Predictive Vegetation Models (PVMs) for NAGIS. Poster with lightning talk N-03. Session: Vegetation in macroecological modelling. In: 58th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science: Understanding broad-scale vegetation patterns. 19–24/07/2015, Brno, Czech Republic. Abstracts. http://www.iavs2015.cz/files/IAVS-Brno-2015-Abstracts.pdf — Lepesi Nikolett, Botta-Dukát Zoltán, Somodi Imelda: Prediktív ökológiai modellek valószínűségi becsléseinek binarizációs stratégiái a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATéR) számára. In: X. Magyar Ökológus Kongresszus. Pannon Egyetem, Veszprém, 2015. 08. 12–14. Konferenciakötet. http://limnologia.hu/mok2015/bin/book_of_abstracts.pdf — Bede-Fazekas Ákos, Somodi Imelda: Éghajlati adatok statisztikai leskálázása a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATéR) keretében megvalósuló ökológiai modell számára. In: X. Magyar Ökológus Kongresszus. Pannon Egyetem, Veszprém, 2015. 08. 12–14. Konferenciakötet. http://limnologia.hu/mok2015/bin/book_of_abstracts.pdf
P07	A hírlevél második száma magyar, illetve angol nyelven összesen több mint 760 címzett számára e-mailen megküldésre és a honlapra feltöltésre került.

3. táblázat: Folytatás

Beszámoló-időszak	NATéR disszeminációs tevékenységei
P07	A projektet bemutató prezentáció hangzott el a következő konferenciákon, programokon: — Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EPA IG CCA) Éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodással foglalkozó munkacsoportjának 21. ülése, 2015. 09. 11., Budapest; — Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetsége (IAH) 42. éves konferenciája, 2015. 09. 14. Róma, Olaszország; — ESRI Magyarország Felhasználói Konferencia. 2015. október 8., Budapest; — Hidrogeológusok Nemzetközi Szövetsége, 2. Közép-európai felszín alatti vizek konferenciája, 2015. október 15. Constanţa, Románia; — A Climate-KIC rövid képzése: Területi tervezés a városi vízgazdálkodásban, 2015. 11. 26., Budapest; — 6. Fenntartható Innováció Fórum, az ENSZ 21. Klímakonferenciájának (COP21) kísérő rendezvénye, 2015. december 4., Párizs, Franciaország. (az előadást a REC képviselője tartotta, az MFGI által összeállított anyagokból); — A 'Magyarország hosszú távú társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése (C12-11)' projekt zárórendezvénye, 2015. 12. 7., Budapest; — 'AGRATéR — Nemzeti Adaptációs Térinformatikai Rendszer kiterjesztése az agrárszektorban' projekt zárórendezvénye, 2015. 12. 21., Budapest;
P07	A projektet bemutató hír, utalás jelent meg az alábbi sajtótermékekben: — A NATéR Projektet hivatkozta egy az AGRATéR Projekttel kapcsolatos sajtóközlemény 'Jövőtervezés az éghajlatváltozás tükrében' címmel; — A REC honlapja cikket közölt 'Wisdom and progress: East meets West' címmel a párizsi COP21-en tartott eseményről, ahol a NATéR-t is bemutatták; — A NATéR-t bemutatta egy, az EGT Támogatási Alap hivatalos honlapján közölt cikk 'Understanding the impacts of climate change in Hungary' címmel.
P07	A projektet vagy annak valamely részkutatását bemutató publikációk jelentek meg: — Kovács Attila, Marton Annamária, Tóth György, Szőcs Teodóra: A sekély felszín alatti vizek klímaérzékenységének országos léptékű kvantitatív vizsgálata. Hidrológiai Közlöny, 2015. év 4. szám; — Rotárné Szalkai Ágnes, Homolya Emese, Selmeczi Pál: Ivóvízbázisok klíma-sérülékenysége. Megjelenik a Hidrológiai Közlönyben, 2016-ban.
P07	Műhelymunkák: — Bilaterális műhelymunka a NATéR Projekt munkaközi eredményeinek megvitatására, norvég és magyar szakemberek részvételével. 2015. 10. 19–20., Budapest. Az eseményt az MFGI és a REC szervezte, az EGT / REC Bilaterális Alap finanszírozta. — A NATéR projekt harmadik műhelymunkája: szakmai vita a C-11, C-12, C13 projektek munkaközi eredményeiről és a hasznosítási lehetőségeiről. MFGI, 2015. 11. 3., Budapest.
P08	A projektet vagy annak valamely részkutatását bemutató prezentáció hangzott el és absztrakt jelent meg a vonatkozó konferenciakötetben a következő konferenciákon, programokon: — Kovács A., Marton A., Szőcs T., Tóth Gy.: Climate change impact on shallow groundwater conditions in Hungary: Conclusions from a regional modelling study. In: EGU General Assembly, 2016. 04. 17–22., Bécs; — Szalkai, Á.: Climate vulnerability of drinking water supplies. In: EGU General Assembly, 2016. 04. 17–22., Bécs; — Selmeczi, P: Application of geographic information systems in the field of strategic planning in climate politics via the example of drinking water service. In: EGU General Assembly, 2016. 04. 17–22., Bécs.
P08	A projektet vagy annak valamely részkutatását bemutató prezentáció hangzott el a következő konferenciákon, programokon: — A NATéR Projekt tapasztalatai és a továbblépés lehetőségei. Műhelymunka a NATéR Projekt 2016. évi végrehajtása keretében. 2016. 03. 18., MFGI, Budapest — A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer hasznosítási lehetőségei a tervezésben és a döntéshozásban. Bemutató és szakmai nap. 2016. 03. 21., MFGI, Budapest — A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer létrehozása. A projekt zárókonferenciája. 2016. 04. 13., MFGI, Budapest.

2 A NATéR INFORMATIKAI HÁTTERE

A projekt első időszakának feladata annak az informatikai háttérnek a megteremtése volt, ami az MFGI informatikai környezetébe beépülve alkalmas a NATéR megtervezésére, felépítésére és működtetésének elindítására. Ez mind a szerveroldali, mind az asztali környezet fejlesztését, bővítését érintette. A projekten egy időben átlagosan kb. 15–20 kolléga dolgozott. A NATéR saját adatbázist, illetve térképi szervert tervezett.

NATéR adatbázis: ez a fogalom kevesebbet árul el magáról elsőre, mint valójában a tartalma. NATéR adatbázis – így egyes számban – nem létezik. A NATéR egy (tér-)informatikai rendszer, ami mögött több adatbázis értendő. Ezek közül a legfontosabbak:

- **Térképi adatbázis:** azok a térképi rétegek, melyek a projekt köztes és végtermékeinek tekinthetők. Egyetlen adatbázis helyett tematikánként és az előállítás technológiájának függvényeként kisebb adatbázisokból vagy fájlrendszerekből áll. A térképi rendszer két fő része a publikus térképszerveren lévő adatállomány és a belső NATéR (MFGI) rendszeren lévő, az előbbinél bővebb adatkör.
- **GeoDat:** A NATéR számára fejlesztett adatbázis-kezelő alkalmazás, mely mögött egy egységes rendszerben felépített adatbázis található. Az adatbázis tartalmazza az összes numerikus és alfanumerikus adatot, mely a projekt végtermékét jelenti. Tartalmilag részben átfed a térképi adatbázissal, de annál jóval bővebb. Tartalmazza azokat az adatokat is, melyek nem kerültek térképi megjelenítésre.
- **Metaadatbázis:** A NATéR térképi rétegeinek metaadatait tartalmazó és szolgáltató adatbázis.
- **nagis.hu portál:** Klasszikus webes portál, mögötte a fent említett adatbázis található. A portál felépítésén túl a felhasználók hozzáférési adatait tartalmazza.

2.1 A NATÉR HARDVERKÖRNYEZETÉNEK KIALAKÍTÁSA

Az adatok belső tárolását megoldandó a különböző adatkezelőktől érkező adatokat egységes formában a NATéR Alapadatbázisban tárolja a rendszer. Az adattárolás objektum alapú. Az objektumhoz törzsadatok és idősoros adatok tartoznak. A törzsadatok tárolása külön táblákban, az idősoros adatoké paramétertáblákban történik. A törzsadattáblák szerkezete eltérő a tárolt adattól függően. Ez a rendszer lehetővé teszi bármilyen pontszerű objektum azonosítását és az ahhoz tartozó összes törzsadat és paraméterérték tárolását.

A NATéR Alapadatbázisban tárolt nézetek (database view) és automatikusan (database job) generált táblák formájában tárolják a levezetett adatokat. Ezek a táblák kerülnek ki a projekt külső webszerverére. A nem pontszerű rendszerelemek tárolására térképi adatbázist használ a rendszer.

A külső adattárolás egysége a NATéR publikus adatait tartalmazza. Ez a NATéR belső adatbázisaival teljesen egyező környezetben és struktúra szerint került kiépítésre. A belső adatbázisokból ide kerülnek a nagyközönség számára is elérhető adatok. A publikus adatszolgáltatások csak erre a külső adattárolási rendszerre hivatkoznak.

A külső adattárolásra használt szerver az MFGI szerverfarmjára került, ahol önálló egységként szolgálja ki a projektet a Stefánia úti szerverszobában. A NATéR adatbázisai havi-heti-napi rendszerben kerülnek mentésre. A beérkező adatok az MFGI-ben kerülnek feldolgozásra. A NATéR adatbázisszerver a „Geo" tartományban érhető el a többi helyi szerverhez hasonlóan. A szerverhez minden, a projektben résztvevő munkatárs jogosult hozzáférni az intézeti belső hálózaton keresztül.

A NATéR Alapadatbázishoz készült egy felhasználói felület, mely alkalmas az adatbázisban található adatok szűrésére, kezelésére, le- és betöltésére. Ez az MFGI belső hálózatán keresztül lesz elérhető és használható.

A rendszer működéséhez a projekt hardverhátttereként a projekten dolgozók asztali munkakörnyezetéhez 9 db asztali számítógép és monitor; utazáshoz, külső előadásokhoz egy notebook; a felhasznált régi, még papír alapú térképek digitalizálásához pedig szkenner beszerzése volt szükséges. Két szerver és négy szünetmentes táp is beszerzésre került a térképi és alapadatok tárolásához adatbázisháttérként. A projekt állományainak napi-heti-havi-éves szintű mentéséhez mentőegység került kialakításra. Az MFGI Stefánia úti székházában sávszélesség-növelés történt 1 Gb/s-re azokon a részlegeken, ahol a NATéR projekt zajlott. A beszerzések szinte kivétel nélkül közbeszerzési eljárások keretében történtek. Az eszközök működtetése és a projekt ilyen irányú hosszú távú kiszolgálása az MFGI feladata.

2.2 A NATÉR ADATBÁZIS SZOFTVEREI

A 2.1. részfejezetben bemutatott eszközök használatához az alábbi szoftverek beszerzése volt szükséges:

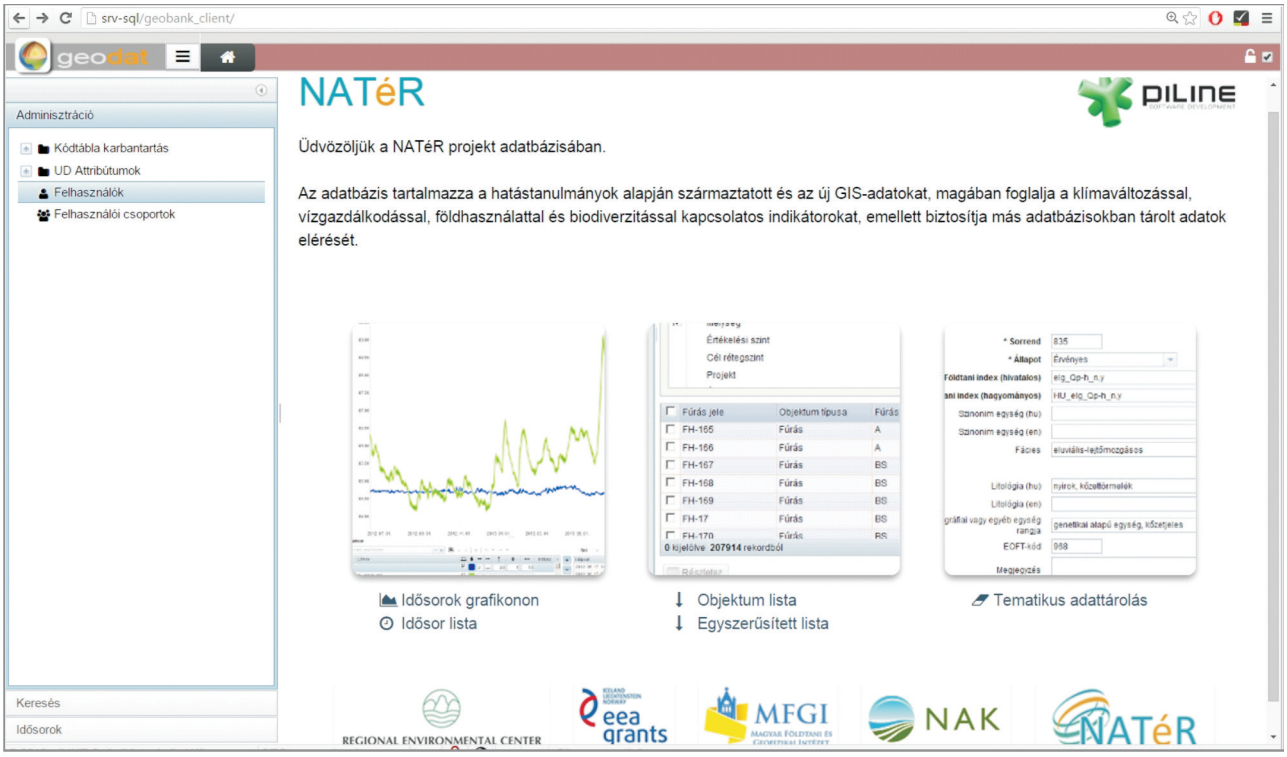
- Windows Server 2012: szerver operációs rendszer;
- ArcSERVE: a mentőegység intelligens mentést vezérlő szoftvere;
- MS SQL Server: adatbázis-kezelő szoftver.

A térinformatikai munkát ESRI környezetben végezte a projekt. Ez igaz mind az asztali, mind a szerver oldali munkafázisokra. Az ehhez szükséges licenszek:

- ArcGIS for Desktop Standard Concurrent Use License;

- ArcGIS for Desktop Advanced Concurrent Use License;
- ArcGIS Spatial Analyst for Desktop Concurrent Use License;
- ArcGIS for Server Enterprise Standard (up to four cores) 10.1.

A NATéR alapadatok (= nem térképi) kezeléséhez adatbáziskezelő eszközt fejlesztett a projekt. Az alkalmazás a GeoDat nevet kapta. Az alaprendszer az adatok táblázatos megjelenítését és összetett kereshetőségét teszi lehetővé. Az alábbi funkciókkal rendelkezik:



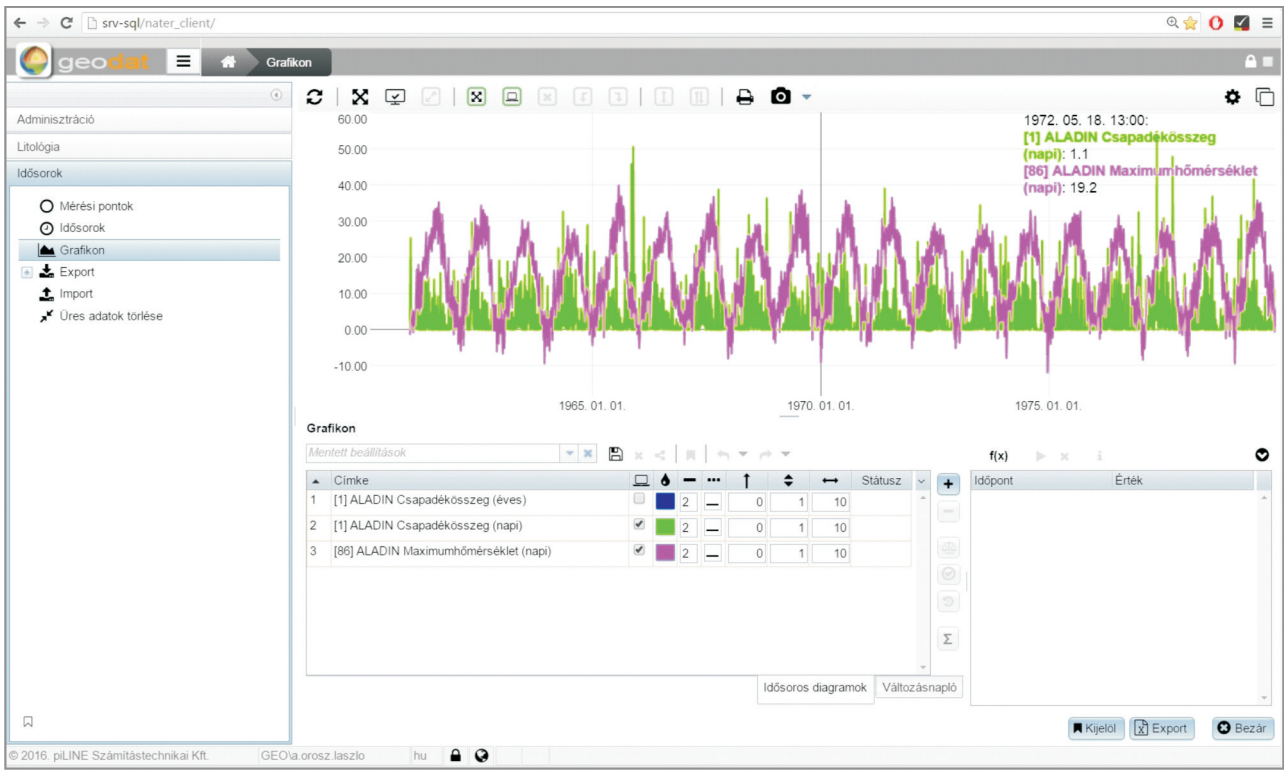
3. ábra. NATéR GeoDat alkalmazás indítófelület

– MsSQL háttérre épülő, böngészőben futó böngészőfüggetlen alkalmazás;
– user authentikáció: csoportos és egyéni jogosultságkezelés;
– kétnyelvű (magyar, angol) kezelőfelület;
– online szerkesztési, illetve adatexportálási lehetőségek;
– keresési lehetőségek: szabadszöveges, kódlistás, relációs, logikai operátor;
– találati eredmények táblázatos megjelenítése és exportálása;
– objektumokhoz rendelt többfüles adatmegjelenítés, ill. tetszőleges fájlok objektumokhoz rendelése;
– teljes változáskövetés;
– tetszőleges attribútumok (universal data) tárolása.

A GeoDat alkalmazás külön modulja oldja meg az idősoros adatok megjelenítését; a grafikus megjelenítésen túl lehetőséget biztosítva az adatok szerkesztésére, exportálására és elemzésére. Utóbbi matematikai függvények formájában lehetséges, ami előre definiált függvényeket jelent. A NATéR a következő függvényigényeket fogalmazta meg: átlag, számosság, minimum, maximum, szórás, szumma, súlyozott átlag, súlyozott szórás, mozgóátlag, mozgó szórás, súlyozott mozgóátlag, súlyozott mozgó szórás.

2.3 AZ ADATRENDSZEREN VALÓ TÁJÉKOZÓDÁS ESZKÖZE – METAADATOK

A NATéR portál adatbázisa több száz térképet és több ezer, azokhoz kapcsolódó munkaállományt tárol. Ebben az óriási adathalmazban tájékozódni nem egyszerű feladat. Szükség van egy háttérrendszerre, amely a különböző szintű felhasználói igényekhez alkalmazkodva szükséges és elégséges mennyiségű információt biztosít az eligazodáshoz. A tematikák sokféleségéből, a feldolgozási algoritmusok komplexitásából adódóan a NATéR adatbázis-állománya rendkívül bonyolult módon állt elő. Az egyes adatelemek kapcsolatait, előállításuk módját, fellelhetőségüket maga az adatbázis nem tárolja. Az ilyen jellegű információkat a metaadat-rendszer hivatott leírni és a felhasználó számára megmutatni. A rendszerben tárolt elemek bonyolult viszonyrendszerét



4. ábra. GeoDat grafikus modul idősorok kezelésére

egy általános adatmodell írja le, amely egyszerre rugalmas, informatív, és összhangban van a nemzetközi metaadat-szabványokkal is. A metaadatok elsődleges szerepe, hogy a felhasználó minél gyorsabban megtalálja a számára érdekes információt. A felhasználó szándékától függően ez különböző szintű információk keresését jelent, amit a többszintű metaadat-rendszer szolgál ki.

A NATéR metaadatok négy fő csoportba sorolhatók:

- Térképi metaadatok: az átlag felhasználó leggyakrabban a térképi metaadatokkal találkozik. Ezek a térképek címét, leírását, típusát, egyéb alapvető jellemzőit tartalmazzák. A gyors elérést biztosító szabad szöveges keresést és az INSPIRE kereső szolgáltatások működését segítik.
- Térképi alakzatok metaadatai: a térképeken megjelenő önálló alakzatok alapvető tulajdonságait tartalmazzák. A szakértőket segítik a térképi tematikák létrehozásához felhasznált objektumok (pl. fúrások, mérési pontok) megismerésében. Ezen túl az INSPIRE letöltési szolgáltatások adathátterét biztosítják.
- Vizsgálati metaadatok: a térképi tematikák mögött lévő mérési és feldolgozási folyamatok pontos leírásában van nagy szerepük. Az eredmények mélyebb vizsgálatában, rekonstrukciójában és a további fejlesztésben segítik a szakértőket.
- Nyilvántartási metaadatok: mérési és feldolgozási munkafolyamatok közben születő háttéradatok fellelhetőségét tartalmazzák. A már egyszer előállt, újra felhasználható adatforrások elérésében segítik a szakértőket.

A metaadatok használata a keresőmodulon keresztül valósul meg. Egy egyszerű, felhasználóbarát felületen néhány szó begépelésével a kívánt témakörben gyorsan áttekinthető találati listákat kapunk, amelyek a részletesebb információk olvasásához további címeket tartalmaznak.

2.4 A NATÉR FELHASZNÁLÓI FELÜLETE, KEZELÉSE

A NATéR-nak három felhasználói felülete van: alap portál, térképi felület, adatbázis felület. Az alap portál a www.nagis.hu vagy a www.mfgi.hu/nater címen érhető el. Hagyományos webportál drupal tartalomkezelő motorral. Az általános információkon túl ez a felület teszi lehetővé a metaadatok

5. ábra. www.nagis.hu kezdőlap

keresését, ill. a NATéR rendszerbe történő regisztrálást, majd bejelentkezést. Ez a motorportál kezeli a felhasználók azonosítását és adja át a felhasználói adatokat a másik két felületnek.

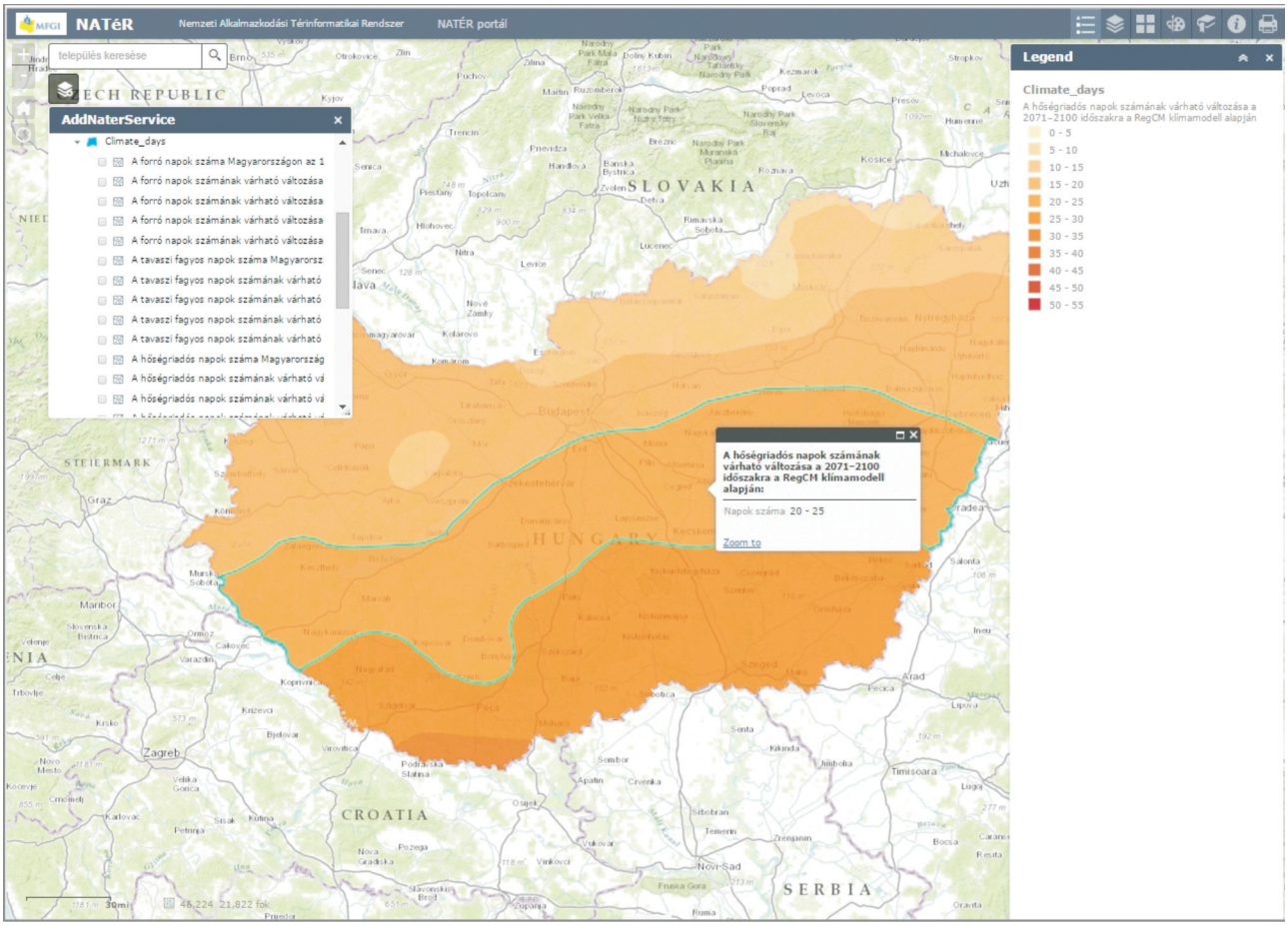
A térképi portál a map.mfgi.hu/nater címen érhető el, ahol a projekt térképi rétegei tekinthetők meg. Hagyományos webes térképi felület, mely a megszokott funkcionalitást nyújtja. Különlegessége a rétegkezelés, közel 600 térképi réteget tesz élvezhető formában és módon a felhasználók számára elérhetővé. A tartalom a NATéR regisztráció során kapott jogosultság függvénye.

Az adatbázis felület a www.nagis.hu/geodat címen érhető el, csak regisztrált felhasználók számára. Az itt megtalálható GeoDat alkalmazás segítségével a NATéR rendszerbe feltöltött numerikus és alfanumerikus adatok érhetők el táblázatos formában. A felület lehetővé teszi az adatok megtekintését, exportálását és akár szerkesztését is.

A NATéR rendszer gördülékeny kezelését segíti elő a NATÉR Felhasználói kézikönyv, amely kiadvány a projekt keretében létrejött internetes felületek használatához nyújt segítséget. Bemutatja a

- projekt portált,
- a térképi portált és
- az adatbázis portált.

A kiadvány részletes leírást nyújt a rendszerben elérhető egyes tartalmi és funkcionalitási lehetőségekről. A NATéR adatrétegek (térképek, adatbázisok) előállítása számos szakterület több képviselőinek közös munkája, az ezekkel kapcsolatos kérdések megválaszolása azonban túlmutat a felhasználói kézikönyv keretén. Minden ilyen esetben eligazítást kaphatnak a felhasználók az info@nagis.hu email címen. A NATÉR Felhasználói kézikönyv elektronikus, letölthető formában elérhető a NATéR portálon.



6. ábra. Egy lekérdezés a NATéR térképi portálon: A hőségriadós napok számának várható változása a 2071–2100 időszakra a RegCM klímamodell alapján

3 ÉGHAJLATI ALKALMAZKODÁSSAL ÖSSZEFÜGGŐ INDIKÁTOROK ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI

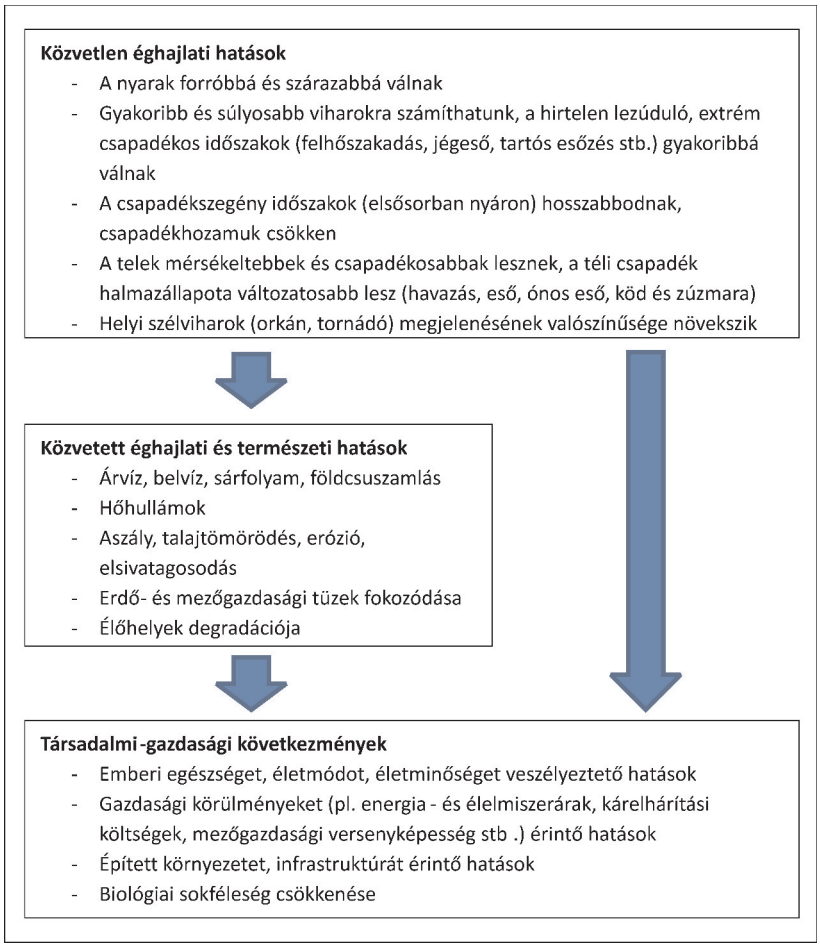
3.1 A SÉRÜLÉKENYSÉG-VIZSGÁLAT MÓDSZERTANÁNAK BEMUTATÁSA

3.1.1 A SÉRÜLÉKENYSÉG ELEMZÉSÉNEK ÁLTALÁNOS MÓDSZERTANA

A környezet, társadalom és gazdaság különböző szintjein jelentkező hatások egyértelmű azonosítása a regionális szintű éghajlatváltozás vizsgálatának kiindulópontja. Az éghajlati tényezők szélsőséges eseményei ugyanakkor visszahatnak a helyi klímakárosító társadalmi–gazdasági tevékenységekre is, így nemcsak az éghajlatváltozás közvetlen következményei jelenhetnek gondot, hanem helyi léptékben a gazdasági szervezetek, közösségi értékek, infrastrukturális elemek (épületek, közlekedési hálózatok), ellátórendszerek állapotát is veszélyeztethetik a klimatikus hatások. Fontos kérdés, hogy az épített környezet, azaz mindennapi életünk fizikai keretei mennyire „klímabiztosak", és a jelen fejlesztései vajon hosszabb távon hogyan reagálnak a változó klíma hatásaira? Olyan elemzési módszerre, modellre van tehát szükségünk, amely összetettségében képes megragadni a folyamatot, az éghajlati hatások teljes láncolatát, beleértve a társadalmi következményeket is.

A vizsgálandó éghajlati hatások komplex láncolata a következő:

- **Közvetlen éghajlati hatások:** a konkrét változások a klímaindikátorokban. Az éghajlatváltozás elsődleges megjelenési formái a regionális klímaindikátorokkal jellemezhető változások, pl. a felmelegedés, a csapadékváltozás, az átlagokban és a szélsőségekben jelentkező módosulások. Számszerű értékeit általában a klímamodellek szolgáltatják.
- **Közvetett éghajlati és komplex természeti hatások:** az éghajlat megváltozása által generált összetett, egymással kölcsönható és a klímaindikátorokra is visszaható helyi természeti jelenségek (pl. hőhullámok, aszályok és árvizek, levegő- és vízminőségromlás, élőhely-degradáció). A helyi hatásviselőket nem elsősorban a klímaindikátorok változása, hanem az ebből fakadó komplex természeti következmények érintik.



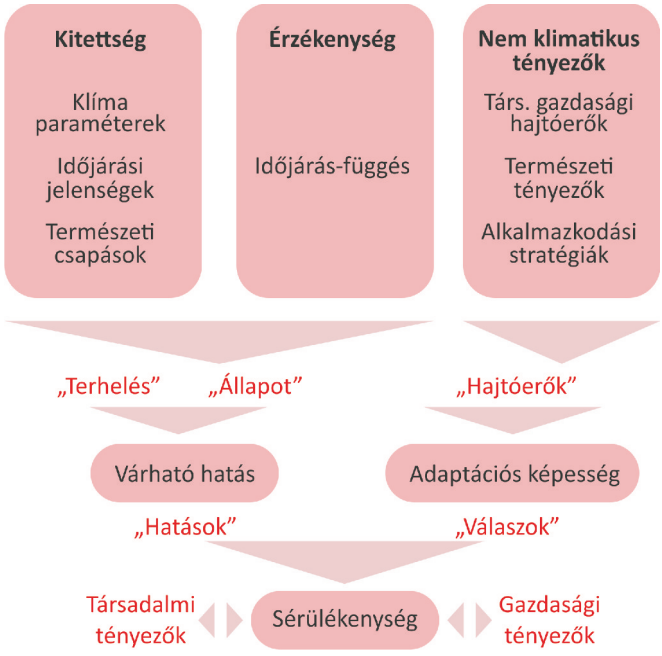
7. ábra. Közvetlen és közvetett éghajlati hatások, komplex társadalmi–gazdasági következmények helyi és regionális szinteken. (Forrás: PÁLVÖLGYI 2010, idézi: NÉS 2015.)

— **Természeti, társadalmi, gazdasági következmények:** a közvetlen éghajlati hatások és a természeti rendszerekben, ökoszisztémákban fellépő közvetett hatások által együttesen kiváltott kedvezőtlen társadalmi–gazdasági konzekvenciák (pl. energia- és élelmiszerárak növekedése, emberi egészség romlása, épített környezet degradációja, mezőgazdasági versenyképesség visszaesése, vagy biodiverzitás csökkenés).

Az éghajlatváltozási hatások vizsgálata kapcsán a CIVAS modell egységes módszertani kereteket biztosít a kvantitatív elemzésekhez. A modell az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület Negyedik Értékelő Jelentésében (IPCC 2007) közzétett megközelítésen alapul, de számos hazai alkalmazási előzmény (Czúcz et al. 2007) is fellelhető a szakirodalomban. A módszertant a CLAVIER nemzetközi klímakutatási projekt keretében dolgozták ki, többek között az éghajlatváltozás ökológiai és épített környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatára. A modell regionális adaptációjában bevezetett meghatározások a következők:

— Komplex éghajlati problémák, hatásvisló rendszerek: a társadalmi, gazdasági, környezeti térben egyaránt jelentkező komplex éghajlati problémák és az ezek hatásviselőiként leírható rendszerek beazonosítása.
— Érzékenység (sensitivity): a hatásviselő (pl. mezőgazdaság, emberi egészség, építmények állapota) időjárásfüggő viselkedése (pl. aszályhajlam, belvízkockázat). Független az éghajlatváltozástól és elsősorban a hatásviselő rendszerre jellemző.
— Kitettség (exposure): regionális (helyi) szintű éghajlatváltozás. Eltérően az érzékenységtől (mely a hatásviselőt jellemzi), a kitettség a földrajzi helyre jellemző.
— Várható hatás (potential impact): az érzékenység és a kitettség kombinációja, mely egyaránt jellemző a földrajzi helyre és a vizsgált hatásviselő rendszerre (pl. mortalitással súlyozott városi hősziget-hatás).
— Alkalmazkodóképesség és egyéb nem klimatikus faktorok: a helyi társadalmi–gazdasági válaszok erőssége az éghajlatváltozás kapcsán (pl. a mezőgazdasági alkalmazkodás egy formája az öntözés, mely többek között a mezőgazdaság jövedelmezőségétől függ; a mobilitás pedig a városi hőhullámokra lehetséges válasz).
— Sérülékenység: komplex mutató, a várható hatásokat kombinálja az alkalmazkodóképességgel, figyelembe véve, hogy ugyanaz a várható hatás egy gyengébb alkalmazkodóképességű térségben súlyosabb következményekkel járhat.

A CIVAS modell jól követi a környezeti állapotértékelésben széles körben alkalmazott DPSIR modellt. Utóbbi a PSR és PSIR modelleknek az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) által továbbfejlesztett változata, az úgynevezett Driving Force–Pressure–State–Impact–Response (Hajtóerő–Terhelés–Állapot–Hatás–Válasz modell). A modell szerint a társadalmi és gazdasági folyamatok, azaz a hajtóerők, kibocsátásaik révén terhelést gyakorolnak a környezetre, és ennek következtében a környezet állapota változik, kihatva ezzel az emberi egészségre, az ökoszisztémák fennmaradására, regenerálódó képességére, az erőforrások felhasználhatóságára és hozzáférhetőségére. Ezek a jelenségek viszont társadalmi válaszokat kell, hogy kiváltsanak, hiszen a folyamatok változatlan fennmaradása révén visszafordíthatatlan károk érik a környezet. A lehetséges válaszlépések ugyanakkor közvetlenül, vagy köz-



8. ábra. A CIVAS modell és a DPSIR modell elvi kapcsolata. Forrás: Pálvölgyi 2010

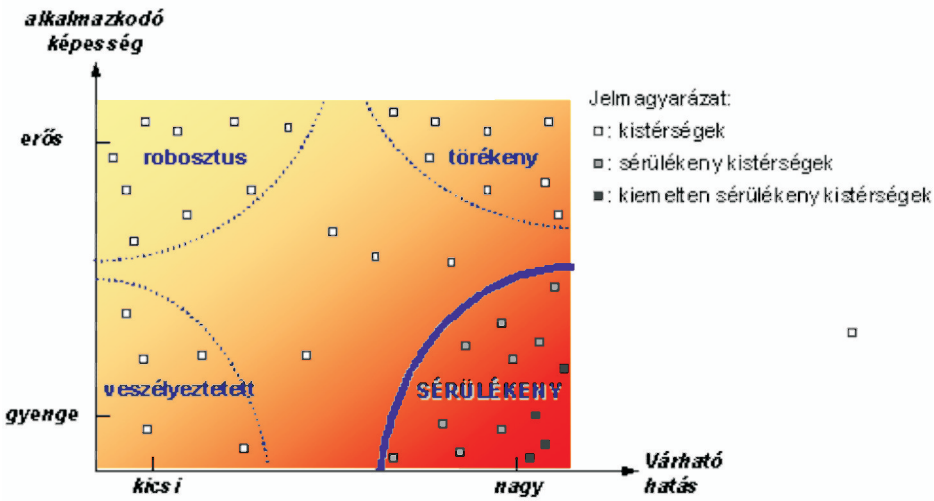
I. fázis: Hatásviselők, indikátorok, számítási eljárások meghatározása	
1. lépés	**Komplex éghajlati problémák, hatásviselő rendszerek meghatározása** A problémák ismertetése, szerepük a helyi éghajlati sérülékenység kialakulásában.
2. lépés	**Érzékenységi indikátorok meghatározása** Minden egyes komplex problémára külön-külön; szakirodalom és szakértői becslések alapján.
3. lépés	**Kitettségi indikátorok meghatározása** Összhangban az érzékenységi indikátorokkal, finom felbontású regionális éghajlatmodellek eredményei alapján, regionális területi átlagok formájában.
4. lépés	**A várható hatás számítási módszerének meghatározása** Az érzékenységi és a kitettségi indikátor együttes figyelembevételének matematikai reprezentációja (lineáris kombináció).
5. lépés	**Alkalmazkodóképességet leíró indikátorok meghatározása** Minden egyes komplex problémára külön-külön; a problémára jellemző társadalmi–gazdasági válaszok, szakirodalmi információk alapján.
6. lépés	**A sérülékenység számítási módszerének meghatározása** A várható hatás és az alkalmazkodóképesség-indikátorok együttes figyelembevételének matematikai reprezentációja (lineáris kombináció).
II. fázis: Számítások, értékelés, elemzés	
7. lépés	**Az I. fázisban meghatározott indikátorok előállítása** A 2., 3. és 5.lépésekben meghatározott indikátorok számszerű értékeiből adatbázis készítése.
8. lépés	**A sérülékenység számítása** Az I. fázis 4. és 6. lépése alapján adatbázis készítése.
9. lépés	**A térségi sérülékenység elemzése, értékelése** A leginkább sérülékeny régiók lehatárolása.

9. ábra. A CIVAS modell alkalmazásának lépései
Forrás: Csete et al. 2013

vetve visszahatnak a hajtóerőkre, csökkentve ezzel a terhelőtevékenységet. A válaszok a hatásokra is befolyással lehetnek, egyrészt ezek közvetlen semlegesítését célozva, másrészt a megváltozott körülményekhez való alkalmazkodással reagálva (Czira 2007).

Az elvi felépítésnek megfelelően a CIVAS modell alkalmazásának főbb lépései a következők (9. ábra).

A CIVAS modell második szakasza lehetővé teszi a sérülékenység minőségi értékelését. Az értékelés során azok a rendszerek, amelyeket csekély éghajlati hatás ér és emellett erős alkalmazkodóképességet regisztrálnak, robusztus rendszerek. Az ilyenek sérülékenysége a legenyhébb. Azok a rendszerek, amelyeket nagy hatás ér és gyengén adaptálódnak, a leginkább sérülékenyeknek tekinthetők. Az átmeneti rendszerek, annak ellenére, hogy kis hatás éri őket, gyengén alkalmazkodnak: ezek a veszélyeztetett esetek. Végül a nagy várható hatással és erős adaptációval jellemezhető rendszerek törékenynek tekinthetők (10. ábra).



10. ábra. A térségek klímasérülékenységének elvi osztályozása
Forrás: Pálvölgyi, Czira 2011

3.1.2 A SÉRÜLÉKENYSÉG-ELEMZÉS SPECIÁLIS TÍPUSAI

A sérülékenységi elemzések alapkoncepciója első alkalmazásuk óta számottevő, máig tartó fejlődésen ment keresztül. Az eszközök és a célkitűzések evolúciójával párhuzamosan lezajló módszertani fejlődésben felismerhető néhány általános tendencia (Rothman, Robinson 1997, Füssel, Klein 2006). Ilyen fejlődés az eltolódás

- a lineáris szerkezet felől a komplex struktúrájú elemzések felé;
- a szigorúan kvantitatív elemzések felől a kvantitatív és kvalitatív elemeket ötvöző elemzések felé;
- a nem adaptív objektumoktól a tökéletesen, majd a realisztikusan alkalmazkodó objektumok felé;
- az alternatív fejlődési útvonalak egyre kifinomultabb figyelembevétele felé;
- a tudományos kíváncsiságtól a szakpolitikai igények kiszolgálása felé; valamint
- a folyamatok érintettjeinek (stakeholders, potenciális felhasználók) az elemzési folyamatba való egyre szélesebb körű bevonásának irányába.

E tendenciák az éghajlatváltozás hatásainak az értékelésében is jelen vannak, időről időre új típusú kérdések és elemzési stratégiák megjelenését eredményezve. Ezért az éghajlati sérülékenységi elemzések felépítése nem teljesen egységes és a hatások, valamint az alkalmazkodási lehetőségek értékelésére olyan elemzési útvonalak (stratégiák) is léteznek, amelyek bele sem illeszthetők a sérülékenységi elemzések általános alapszerkezetébe. Az éghajlati sérülékenységi elemzések fejlődése során kialakult legfontosabb elemzéstípusok a következők (Füssel, Klein 2006):

(a) Hatáselemzések: egy vagy több éghajlati szcenárió közvetlen hatását modellezik egy vagy több hatásmechanizmus szerint, a vizsgált objektumok esetleges alkalmazkodásának figyelembevétele nélkül (11. ábra, a). Jellemzően csak kvantitatív komponensből állnak, és a nem klimatikus tényezők is gyakran teljesen el vannak hanyagolva bennük. Ez az elemzési út az egyetlen szektoron belüli, kisebb modellezéses vizsgálatok esetében a leginkább jellemző.

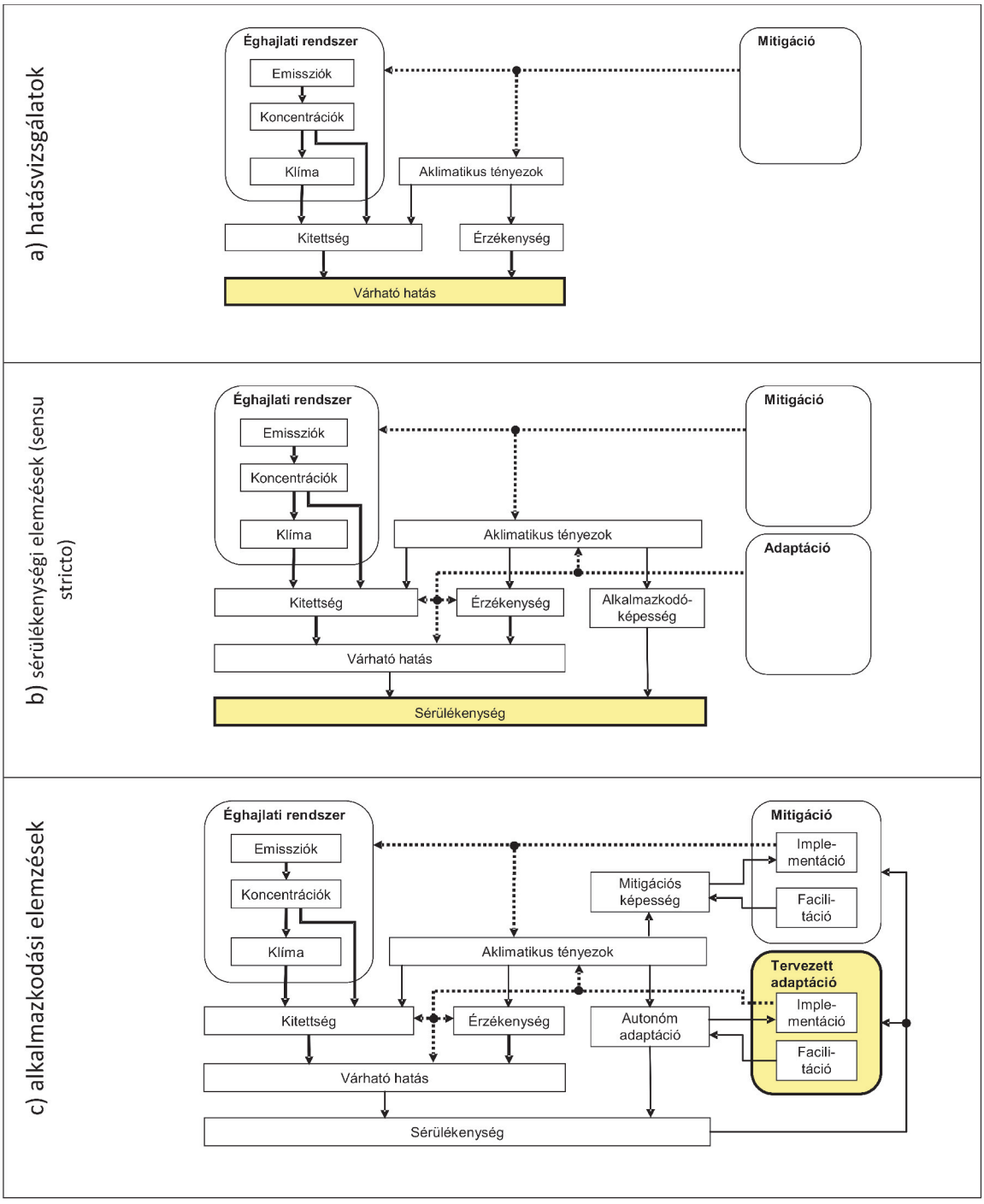
(b) Sérülékenységi elemzések (sensu stricto): a várható hatások számbavételén túl már az objektumok alkalmazkodóképességét is figyelembe veszik, és ezen keresztül a sérülékenység értékelésére törekszenek (11. ábra, b). Jelenleg ez a legelterjedtebben használt elemzési stratégia.

(c) Alkalmazkodási elemzések (adaptation policy assessment): amíg a hatáselemzések és a sérülékenységi elemzések fő célja az egyes helyekhez, és objektumokhoz rendelhető éghajlati kockázatok minél realisztikusabb becslése, addig az alkalmazkodási elemzések célja a lehetséges alkalmazkodási (és esetenként mitigációs) stratégiák optimalizálása (11. ábra, c). Ennek érdekében elengedhetetlen az interdiszciplinaritás, az érintettek széleskörű bevonása, valamint a többkörös, iteratív elemzési stratégia.

Az elemzési típusokat szemléleti a 11. ábra. A grafikán a vastag nyilak ok-okozati kapcsolatokat, a vékony nyilak befolyást, információt jelölnek. A szaggatott nyilak figyelembe vett beavatkozási lehetőségekre reflektálnak. Az elemzés legfontosabb terméke mindhárom esetben a színes háttérrel kiemelt elem.

Számos szerző csak a felsorolásban másodikként szereplő, kifejezetten a sérülékenység értékelésére kihegyezett elemzéseket tekinti „sérülékenységi" elemzésnek, míg mások tágabb értelemben használva a kifejezést a hatások, érzékenység, sérülékenység és az alkalmazkodási lehetőségek értékelésére szolgáló számos, egymással rokon technikát ide sorolnak, melyekben a sérülékenységi elemzések alapvető elemei azonosíthatók. A NATéR kapcsán a „sérülékenységi elemzés" kifejezés ebben a tágabb (sensu lato) értelemben kerül használatra. Ahol konkrétan a 11. ábra b) részén látható elemzési irányvonalra utalunk, ott ezt a „sérülékenységi elemzés (sensu stricto)" kifejezéssel tesszük.

A sérülékenységi elemzések fejlődése hosszabb távon egyértelműen az alkalmazkodási elemzések irányába mutat, melyek közvetlenül a szakpolitikai szempontból leg-



11. ábra. Az éghajlati sérülékenységi elemzések főbb fejlődési fázisai Forrás: Füssel, Klein 2006 alapján

nagyobb jelentőségű gyakorlati kérdésekre keresnek választ (UNDP 2003). Mint látható, a biofizikai és a társadalmi-gazdasági rendszerek közötti kölcsönhatások jelentőségének és összetettségének a felismerésével a lineáris felépítésű, egyetlen szektorra koncentráló éghajlati hatáselemzések mellett/helyett egyre nagyobb teret és szerepet kell, hogy kapjanak a komplex felépítésű multiszektoriális vagy integrált elemzések. Ezt az irányt követték a NATéR keretein belül elvégzendő elemzések is.

3.2 AZ ÉGHAJLATI ALKALMAZKODÁSSAL KAPCSOLATOS NATÉR EREDMÉNYEK ISMERTETÉSE

A NATéR kiépítésének fő célja egy olyan többfunkciós térinformatikai rendszer kifej-

lesztése volt, amely jelentősen elősegíti az éghajlatváltozás hatásaira való felkészülést szolgáló jogalkotást, stratégiaépítést, döntéshozatalt és a szükséges konkrét alkalmazkodási intézkedéseket Magyarországon.

A rendszerben klímamodellekből származó három klímaablakra (1961–1990, mint referencia-időszak; 2021–2050; 2071–2100) vonatkozó adatok alapján a változás irányára és mértékére vonatkozó származtatott adatok teszik lehetővé a területi eltérések egymásra hatásának vizsgálatát 10×10 km-es raszterben.

A NATéR projekt keretében a rendelkezésre álló adatbázisok és klimatikus modellek alapján több tematikus területen is folytak kutatások az egyes térségek meghatározott éghajlatváltozási hatástényezőkkel szembeni sérülékenységét, kitettségét, valamint az alkalmazkodási potenciálokat vizsgálva; számos tematikus értékelés, adatréteg kialakítás és elemzés történt. A felszín alatti vizek, kiemelten az ivóvízbázisok érzékenysége, nagy tavaink, kiemelten a Balaton vízforgalma, a villámárvizekkel szembeni települési kitettség hegy- és dombvidéki területeken történő vizsgálata, az éghajlatváltozás mező- és erdőgazdálkodásra; illetve a természetes élőhelyekre gyakorolt hatásai; a területhasználatban bekövetkező változások egyaránt tárgyát képezték a projekt részkutatásainak. Az eddigi eredmények lehetőséget adnak a klímasérülékenység térségi összehasonlító elemzésére, lehatárolhatók a kitett területek (hol hat a vizsgált változás?), lehetővé válik az érintettség megjelenítése, az alkalmazkodási képesség vizsgálata. Az információk adatbázisokban és térképeken vizsgálhatók, így szemléltetve a várható változások hatását, a lokális és térségi eltéréseket, elősegítve ezzel a döntéselőkészítést, kutatást.

3.2.1 AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A FELSZÍN ALATTI VIZEKRE

Az éghajlatváltozás hatásai nemcsak a felszíni és légköri viszonyokat befolyásolják, de a csapadék- és párolgási viszonyok megváltozásán keresztül a felszín alatti vízkészleteket is. A klímamodellek előrejelzései szerint hazánk éves középhőmérséklete a század végéig 3–5 °C fokkal fog növekedni. A nyári hónapokban és a keleti országrészben a hőmérséklet növekedése jelentősebb lesz. Ezzel párhuzamosan az éves csapadékmennyiség csökkeni fog; a legjelentősebb csökkenés a nyári hónapok során várható.

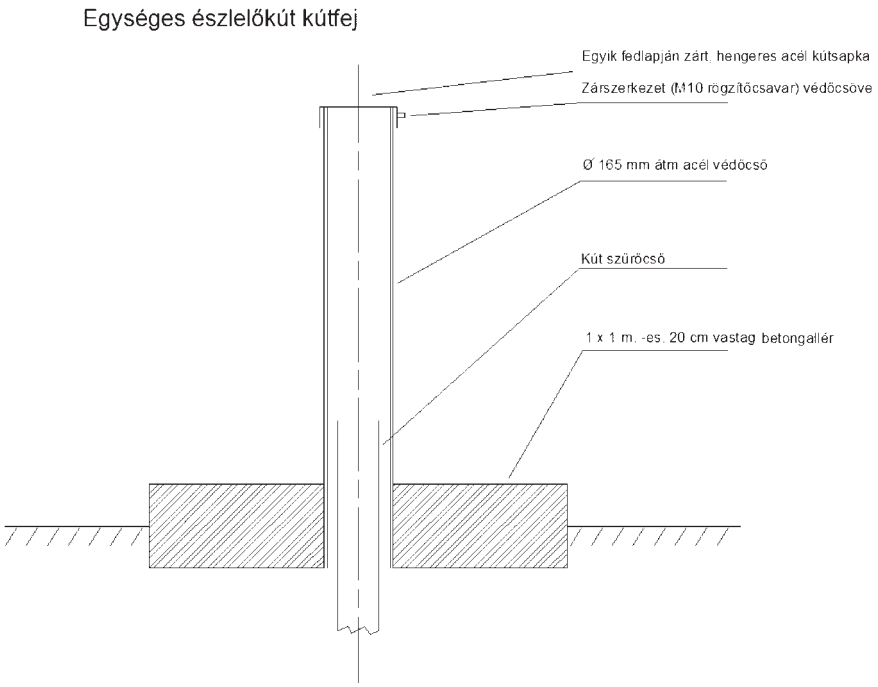
A csökkenő csapadékmennyiség miatt a felszín alá beszivárgó vízmennyiség csökkenése, a növekvő hőmérséklet miatt pedig az elpárolgó vízmennyiség növekedése prognosztizálható, várhatóan a mezőgazdasági vízkivételek növekedését eredményezve, tovább terhelve a felszín alatti vízkészleteket. Mindez a talajvízszint csökkenését, és a felszín alatti vízkészlet megcsappanását eredményezheti. Ezen folyamatok intenzitásának és területi eloszlásának előrejelzése modellvizsgálatokkal lehetséges.

3.2.1.1 A MONITORING ALAPJA: A VÍZFÖLDTANI MEGFIGYELŐHÁLÓZAT FEJLESZTÉSE

A szélsőséges éghajlati viszonyok, illetve az éghajlatváltozás hidrológiai ciklusra, így a felszín alatti vizekre gyakorolt hatásainak nyomon követése a vízszintek megfigyelésén alapul. A folyamatos monitoringmérések eredményeként előálló vízszintidősorok alapadatokat szolgáltatnak a korábbi szélsőséges időjárással jellemzett időszakokban bekövetkezett változások értékeléséhez, az előrejelzésekhez készített modellek és módszerek kalibrálásához és verifikálásához, illetve a későbbiekben a mérések folytatása során utóbbiak ellenőrzéséhez.

A felszín alatti vízszintváltozások nyomon követéséhez az egész országra, illetve valamennyi víztípusra kiterjedő, a jövőben is biztosított, folyamatos mérésekre van szükség. A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet az 1970-es évek óta üzemelteteti az ország különböző tájegységeire kiterjedő vízföldtani megfigyelő-hálózatát.

Az éghajlatváltozás lehetséges hatásának értékelése érdekében, a NATéR projekt keretében az üzemelő mérőhálózat kiegészítésére további 6 vízszint-megfigyelőkút (Zsámbék Zs–13, Sümeg HgN–82, Ugod–55, Rezi K–4, Mocsa 304/14, Nyárlőrinc–4) fejlesztése történt meg. Az észlelőhálózat felújított kutakkal történő bővítésének elsődleges célja volt, hogy



12. ábra. Egységes észlelőkút kútfej

újabb, reprezentatív mérőpontok kerüljenek a monitoringhálózatba, illetve biztosítva legyen az egyenletesebb mérőhelyeloszlás. A kiválasztott megfigyelőkutak távol helyezkednek a jelentős vízkivételektől, így jól jellemzik a természetes folyamatok hatására bekövetkező regionális változásokat, az éghajlatváltozás közvetett, vagy közvetlen lehetséges hatásait.

A felműszerezés és kútfej-átalakítás során elsődleges szempont volt, hogy az új regisztráló műszerek és távadók illeszkedjenek a jelenleg üzemelő rendszerhez. A fejlesztés során a már meglévő kutakkal egységes szerkezetű, egyedi zárszerkezettel ellátott, és a külső szemlélők elől elrejtett távadórendszer-működést is biztosító kútfej kialakítására került sor. A műszerek telepítését megelőzően, illetve az átalakított kútfejek csőperemén, mint a vízszintmérések relatív mérőperemén, geodéziai bemérést végeztek. A vízszintregisztráló műszerek, illetve távadó egységek és tartozékaik telepítésével egy időben a rendszer üzembe állt. A mérések megkezdését követően a vízszintadatok folyamatosan, napra készen beépülnek az MFGI adatbázisába, elősegítve az éghajlatváltozás és lehetséges hatásainak vizsgálatát és előrejelzését, biztosítva az alkalmazkodásra való felkészülést.

Magyarországon az 1960–80-as években sekély, zömében 10 méter mélységű fúrásokat is mélyítettek, amelyek az Alföld, a Kisalföld, valamint a Dél-Dunántúl fiatal üledékeinek és talajainak felső 10–15 m-t reprezentálják. Sok év adatfeldolgozási folyamata eredményeként jól szervezett adattáblák és a fúrások digitalizált (szkennelt) terepi beszámolói készültek el. A NATéR projekt keretében sor került az adatbázisból eddig hiányzó fúrások felvitelére és integrálására, a földrajzi értelemben nem precízen meghatározott fúrások számának jelentős csökkentésére, valamint az újonnan feldolgozott sekélyfúrás adatok feltöltésére a NATéR adatbázisba, biztosítandó ezen adatmennyiség stabil, hibamentes lekérdezési lehetőségét annak érdekében, hogy az adatbázis képes legyen kielégíteni a lehető legsokoldalúbb felhasználói igényeket is.

3.2.1.2 A TALAJVÍZ KLÍMAÉRZÉKENYSÉGÉNEK MODELLEZÉSE A NATÉR PROJEKT KERETEI KÖZÖTT

A munkacsomag célja olyan módszertan kidolgozása volt, melynek segítségével a sekély felszín alatti víztükör (talajvíz) különböző klímaviszonyok mellett modellezhető, vizsgálva az éghajlatváltozás talajvízre gyako-

rolt hatását és jellemezve a sekély felszín alatti vizek klímaérzékenységét.

A kutatás a talajvíz országos eloszlásának különböző klímaviszonyok mellett történő meghatározásához olyan többlépcsős módszert dolgozott ki, amelyik lehetővé teszi, hogy a vizsgált folyamatok többféle (regionális és lokális) méretarányban, illetve többféle módszerrel vizsgálhatók legyenek. A kidolgozott módszertant országos léptékben alkalmazták a talajvízszintek szimulációjára.

A kidolgozott módszertan komponensei:

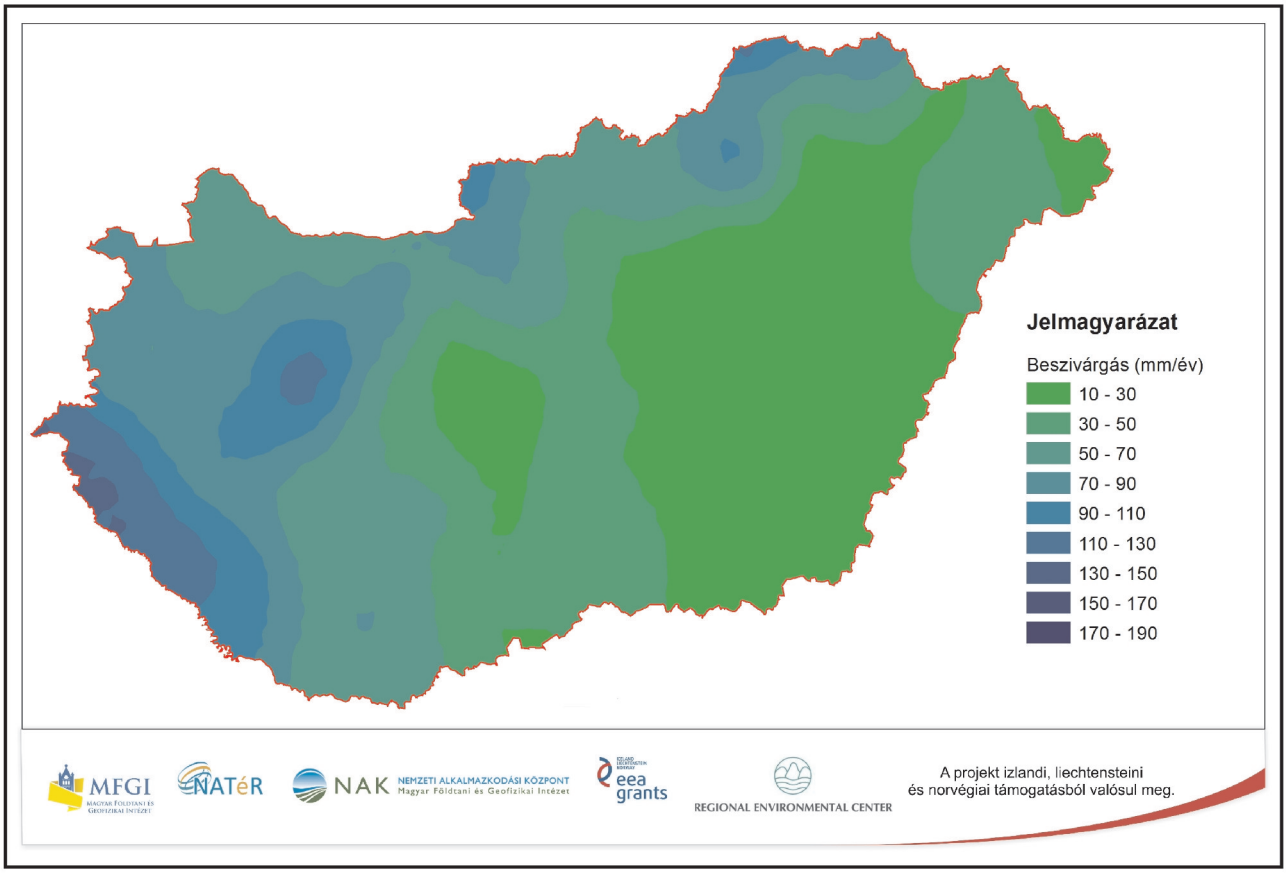
1. Klímazónák (elemi egységek homogén klimatikus viszonyokkal) meghatározása klímaparaméterek országos eloszlása alapján.
2. Beszivárgási zónák (vízföldtani egységek, melyeken belül a beszivárgási viszonyok nem mutatnak jelentős változékonyságot) lehatárolása a klímaviszonyok, geológiai viszonyok, területhasználat és növényborítottság, lejtőszög alapján.
3. Beszivárgás meghatározása minden beszivárgási zónára egydimenziós hidrológiai modellek segítségével, az országos sekélyfúrási adatbázis szemcseeloszlási adataiból szükséges talajprofilok alkalmazásával. A modellek bemenő adatai a mért és klímamodellekből nyert klímaadatsorok.
4. Talajvízeloszlás meghatározása numerikus vízföldtani modellek segítségével. A modell legfontosabb bemenő paraméterei a különböző időszakokra számított beszivárgáseloszlások. A modell hidraulikai paramétereit a megfigyelőkutakban mért vízszintek, az országos forrásszintek és a folyók szintjei alapján kalibrálták.

A vizsgálatok során a Kárpát-medence több száz meteorológiai és csapadékállomásának adataiból képzett CarpatClim-Hu adatbázist használták; a jövőbeni talajvízviszonyok meghatározásához pedig az OMSZ ALADIN regionális klímamodelljének eredményeit alkalmazták.

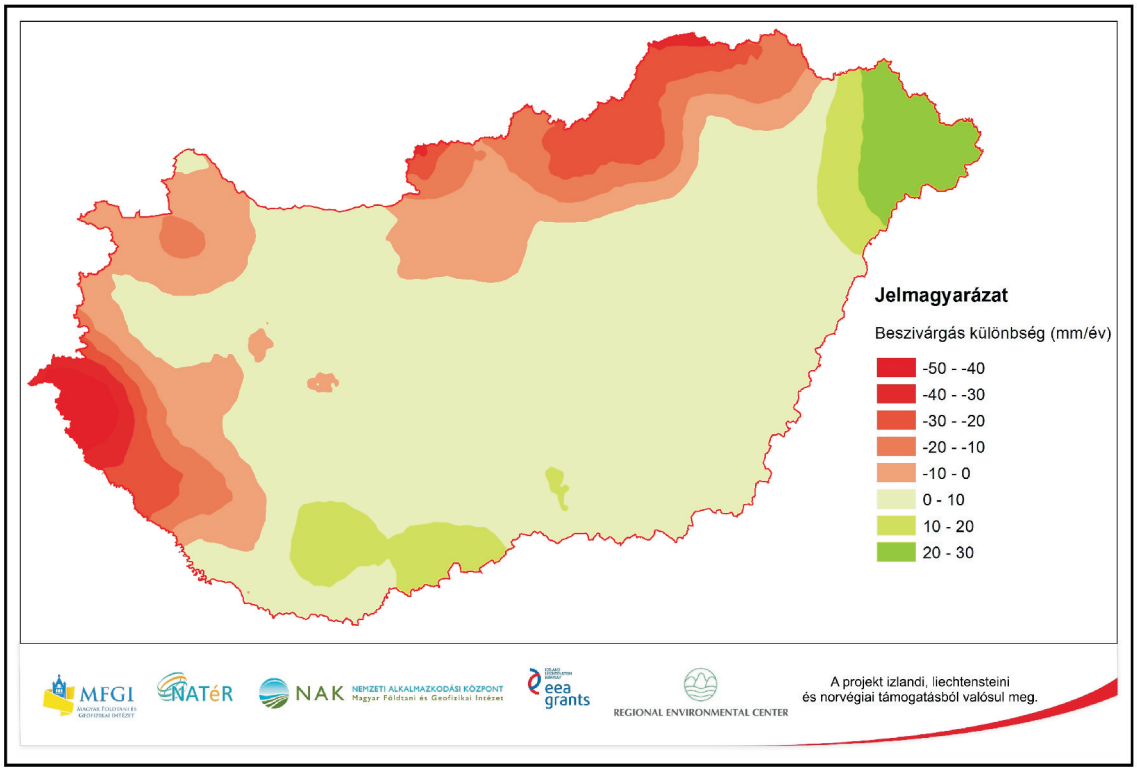
Az 1961–1965 referencia időszakra számított beszivárgás eloszlást a 13. ábra szemlélteti.

A beszivárgás változását az 1960-as évek és a 2000-res évek között a 14. ábra mutatja.

A beszivárgás előre jelzett megváltozását



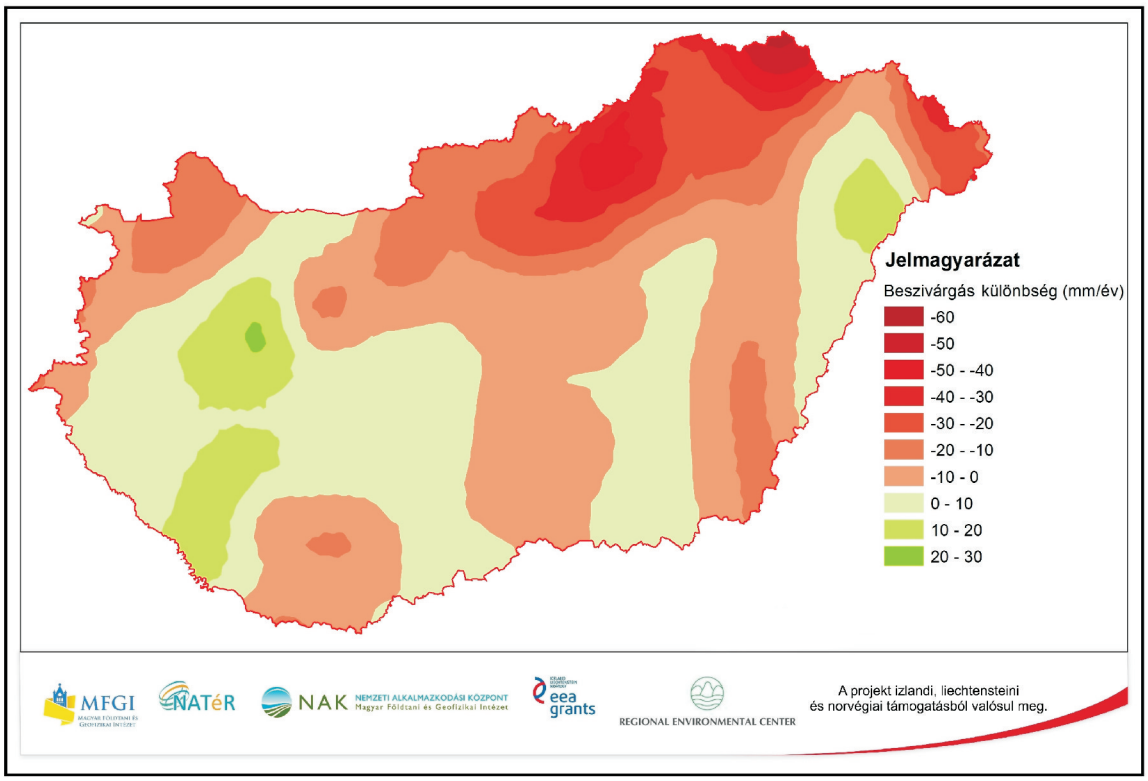
13. ábra. Ötéves átlagos beszivárgás-eloszlás a CarpatClim-Hu adatbázis alapján, az 1961–1965 időszakra



14. ábra. Számított beszivárgás változás a CarpatClim-Hu adatbázis alapján az 1961–1965 és 2005–2009 időszakok között

az 1961–1990 és 2071–2100-as vizsgálati időszakok között a 15. ábra szemlélteti.

A számított beszivárgások változása alapján elmondható, hogy a beszivárgás mintegy 50 mm/éves csökkenése követhető nyomon a hegyvidéki területeken (Alpokalja, Északi-



15. ábra. Számított beszivárgás változás az ALADIN klímamodell eredmények alapján az 1961–1990 és 2071–2100 időszakok között

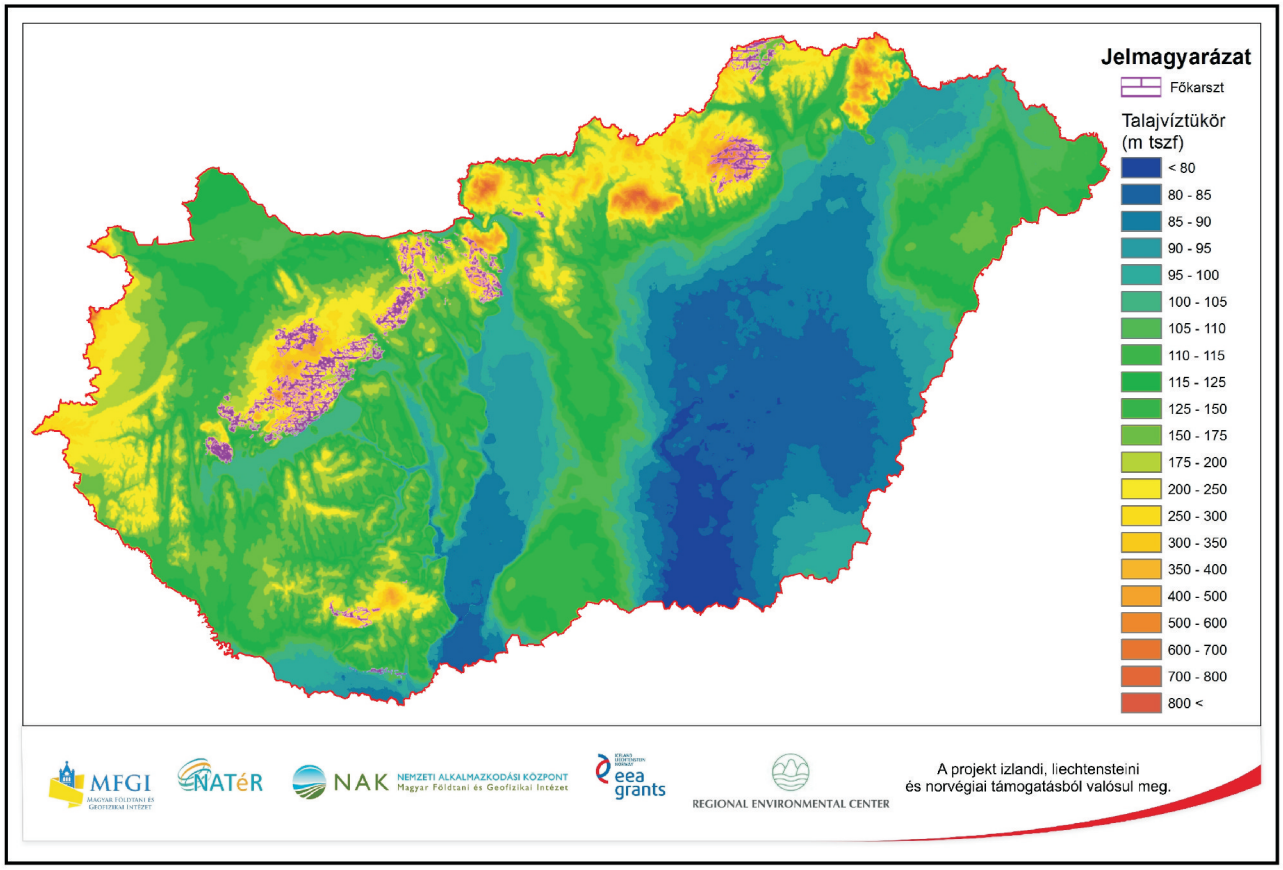
középhegység és Dunántúli-középhegység) az 1961–1965 és a 2005–2009 időszakok között. Az ALADIN modellkimenetek alapján szimulált beszivárgások változása ugyancsak mintegy 50 mm/éves beszivárgás-csökkenést jósol a század hátralévő évtizedeire a hegyvidéki területeken, így a Mecsek, Északi-középhegység és Dunántúli-középhegység területén.

A múltbeli talajvízszinteket a mért adatok alapján ötéves átlagos viszonyokra, a jövőbeni talajvíz-szinteket pedig klímamodell eredmények alapján harmincéves átlagos viszonyokra határozták meg több időszakra. A modellezés során feltételezték a hozzáférhető adatsorok kezdeti időszakában a talajvíz természetes egyensúlyi állapotát a bányászati vízszintsüllyesztések, illetve ivóvíz-kitermelések hatása nélkül. A modellt erre a nyugalmi időszakra hitelesítették, és az előrejelzések során ezeket a modellparamétereket alkalmazták. A modellek nem tartalmazzák sem a jelenlegi, sem pedig a potenciális jövőbeni víztermelések depressziós hatásait, így az előrejelzések az éghajlatváltozás közvetlen hatására előálló elméleti vízszinteket mutatják. A kezdeti referencia időszakra (1961–1965) számított talajvíz eloszlást a 16. ábra szemlélteti.

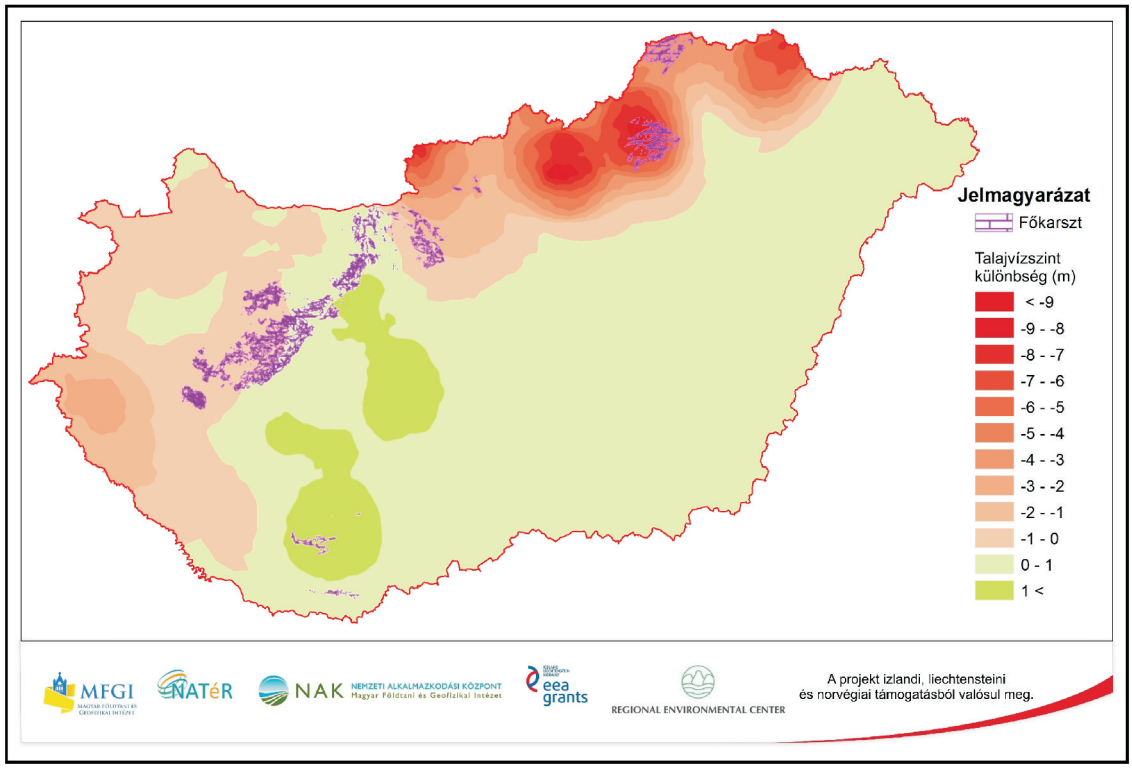
A mért klímaparaméterek alapján az 1960-as évek és a 2000-es évek közötti időszakra számított hipotetikus talajvízváltozást a 17. ábra szemlélteti.

A modellezett klímaparaméterek alapján 21. század során várható talajvízváltozást a 18. ábra szemlélteti.

Az 1961–1965 és 2005-2009 különbségtérképek a hipotetikus talajvízszintek jelentős (tíz métert is elérő) csökkenését jelzik a hegyvidéki területeken (Északi-középhegység, Dunántúli-középhegység, Alpokalja). A csökkenés a hegyperemi régiókban néhány méterre rúg. A klímamodell-kimenetek alapján számított különbségtérképek hasonló mértékű vízszintcsökkenéseket jeleznek az elkövetkező évtizedekre, habár ezek eloszlása némileg eltérő: A legjelentősebb csökkenések az Északi-középhegység, a Dunántúli-közép-



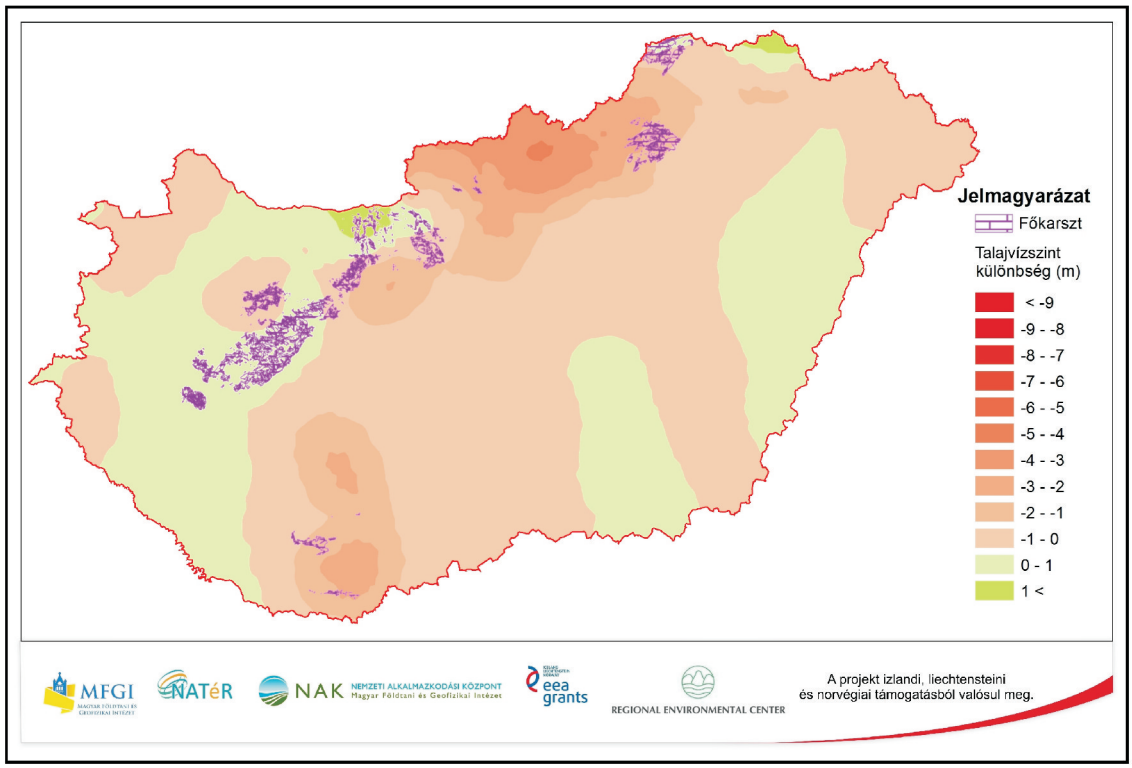
16. ábra. Az 1961–1965 időszakra számított átlagos talajvízszint-eloszlás



17. ábra. Az 1961–1965 és 2005–2009 időszakok számított talajvízszintjeinek különbsége

hegység és a Mecsek területén várhatók. Ugyanezek a modellek 1–2 méter közötti csökkenést mutatnak a Duna–Tisza közén és a Tiszántúl egyes területein.

Az ország talajvíztartóit érzékenységi osztályokba sorolta be a kutatás annak alapján, hogy a modellezett talajvízszintek milyen mértékben reagálnak az éghajlatváltozásra. Az érzékenységi térképet mind a mért adatokon alapuló szimulációk, mind pedig a klí-



18. ábra. Az 1961–1990 és a 2071–2100 időszakok számított talajvízszintjeinek különbsége

mamodell-kimenetek alapján előállított szimulációk eredményei alapján elkészítették. Az előrebecsült változások alapján szerkesztett érzékenységi térképet a 19. ábra szemlélteti.

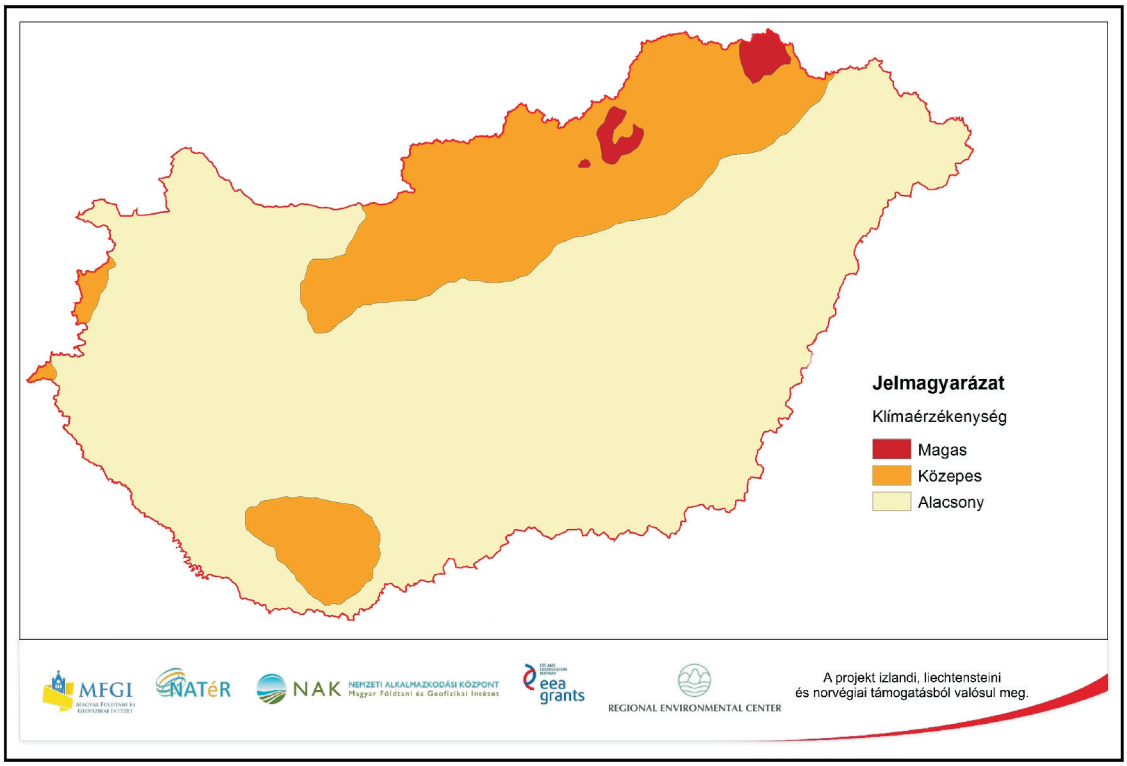
Mindkét térkép alapján a hegyvidéki területek (Északi-középhegység és Dunántúli-középhegység) erősen klímaérzékenyek, míg a kapcsolódó hegylábi területek közepes érzékenységűek. Az alapvető különbség a két szimuláció között, hogy míg a mért adatok alapján inkább az Alpokalja területe érzékeny, addig az előrejelzések alapján e helyett a Mecsek sorolódik erősen érzékeny kategóriába.

Fontos megjegyezni: a vizsgálatok eredményei a felhasznált adatbázisok hibáit és hiányosságait is tartalmazzák. A modellezett eloszlások országos léptékű pontossággal készültek, ezért lokális vizsgálatok céljára nem alkalmasak. A projekt során kidolgozott modellezési módszertan és eszköztár alkalmas mind frissített és kibővített bemeneti adatbázisok, mind pedig nagyobb felbontás mellett az eredmények nagyobb pontosságú előállítására, így sokrétű eszközt jelentenek a sekély felszín alatti vizek eloszlásának és klímaérzékenységének a meghatározásához.

3.2.2 AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA AZ IVÓVÍZBÁZISOKRA

A felszín alatti vízkészletek fontossága már a talajvízzel foglalkozó előző pont alapján is nyilvánvaló, az ivóvízkincs sorsa viszont még inkább felhívja figyelmünket ezen erőforrásunkra és az éghajlatváltozás kapcsolódó hatásai pontos ismeretének szükségességére. Magyarország ivóvízkészletének 95%-a származik felszín alatti vizekből, ezért e készletek jelentősége az ivóvízellátásban kiemelkedő. Az elsősorban öntözővíz szempontjából fontos talajvizeken kívül a síkvidékek alatt húzódó üledékes mélymedencék jelentős rétegvízkészlete egyúttal legnagyobb ivóvízkészletünk is. Középhegységeink karsztvizei szintén a felszín alatti vizek fontos részét képezik, egyes régiókban pedig az ivóvizek fő forrását jelentik. Mind a jelenlegi, mind a távlati ivóvízellátás szempontjából hazánkban a felszíni és felszín alatti vizekből egyaránt táplálkozó parti szűrésű rendszerek kiemelt szerepet töltenek–tölthetnek be.

Az éghajlati viszonyok tartós megváltozása, valamint a szélsőséges időjárás által a felszín alatti vizekre gyakorolt hatás általában nem



19. ábra. A talajvíz országos klímaérzékenységi térképe a klímamodell kimenetek alapján meghatározva

olyan közvetlen és nagymértékű, mint a felszíni vizek esetében, illetve gyakran csak a többéves hatások eredményei figyelhetők meg. Ezek a változások azonban, kevés kivételtől eltekintve, hosszú ideig érvényesülnek; a kedvezőtlen hatás megszűntével pedig csak nagyon lassú folyamatok révén állítható vissza az eredeti állapot.

A szélsőséges időjárási viszonyok gyakoribb megjelenéséből, illetve a jövőben várható további változásokból adódóan szükségessé vált az éghajlatváltozás ivóvízbázisokra gyakorolt hatásának részletes vizsgálata. A Víz Keretirányelv (az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK Irányelve [2000. október 23.]) által előírt, hétévente felülvizsgálandó vízgyűjtő-gazdálkodási tervek részét képezi a változó klimatikus viszonyok figyelembevétele is, azonban a részletes vizsgálatok, illetve az intézkedéseket megalapozó célirányos adatrendszerek eddig nem álltak rendelkezésre.

A NATéR projekt keretében a várható éghajlatváltozás ivóvízbázisokat leginkább érintő éghajlati elemeinek, valamint az ivóvízbázisok sérülékenységét nagymértékben meghatározó földtani közeg, azon belül a vízföldtani sajátosságok vizsgálatára (Rotárné et al. 2015), és a megváltozó körülményekhez történő alkalmazkodási lehetőségek jellemzésére került sor. Kialakításra került az ivóvízbázisok klímasérülékenységének jellemzési módszere, illetve egy olyan térinformatikai elemeket tartalmazó adatrendszer, amely segíti az alkalmazkodási képesség fokozását, illetve a kedvezőtlen hatások csökkentését.

3.2.2.1 ADATOK ÉS MÓDSZEREK

Vízbázisnak a vízkivételi művek által igénybe vett, vagy arra kijelölt területet, illetőleg felszín alatti térrészt és az onnan emberi fogyasztásra, illetve hasznosításra kitermelhető vízkészletet nevezzük a meglévő, vagy a tervezett vízbeszerző létesítményekkel együtt. A vízbázisok klímasérülékenységének jellemzéséhez a CLAVIER nemzetközi klímakutatási projektben kidolgozott CIVAS modellt (Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme) alkalmazta a kutatás. A CIVAS modell alapján az éghajlatváltozás ivóvízbázisokra gyakorolt hatásait a kitettség – érzékenység – várható hatás – alkalmazkodóképesség – sérülékenység összefüggésrendszerében vizsgálták, ezáltal a várható környezeti változásokon túl figyelembe véve a közvetve eredményezett társadalmi, gazdasági folyamatokat is. Az éghajlatváltozás felszín alatti vizekre gyakorolt hatásának vizsgálatakor az antropogén hatások számbavétele azért fontos, mert azok az éghajlatváltozás hatásaival együttesen, egymást felerősítve érvényesülnek. Kiemelt szerepe van ezek közül a felszín alatti vízkivételeknek. Az ivóvízbázisok esetében a CIVAS modellt ezért a kutatás kiegészítette a felszín alatti víztestek víztermelés általi igénybevételének vizsgálatával.

- A kitettség a klimatikus viszonyokat, illetve ezek várható jövőbeli alakulását foglalja magában. A vízbázisok kitettsége klímaindikátorok vizsgálatával történt, figyelembe véve a parti szűrésű rendszerek kitettségének eltérő jellegét.
- A különböző földtani környezeteket reprezentáló hidrológiai rendszerekben az éghajlatváltozás eltérő folyamatokat eredményez, így a vízbázisok klímaérzékenysége elsősorban a geológiai, hidrogeológiai adottságok függvénye. Az érzékenység vizsgálata a vízbázisok típusai és az érintett hidrológiai rendszer jellege alapján meghatározott érzékenységi kategóriákba sorolás alapján történt.
- A felszín alatti térrész víztermelések általi igénybevételét vízszint-megfigyelőkutak idősorainak elemzése és a felszín alatti vizek áramlási rendszerének numerikus modellezése alapján határozta meg a kutatás.
- Az alkalmazkodóképesség a helyi társadalmi–gazdasági válaszokat fejezi ki az éghajlatváltozásra. Ivóvízbázisok esetében a társadalmi, gazdasági tényezőkön kívül fontos szerepet kapnak a műszaki tényezők, amelyek a megváltozott körülmények között az ivóvíz-szolgáltatás biztonságát, illetve változatlan szintű biztosítását teszik lehetővé. E tényezők nehéz számszerűsíthetősége miatt itt is a kategorizálás módszerét alkalmazta a kutatás.

— Az ivóvízbázisok sérülékenységének jellemzésére komplex mutatót határozott meg a projekt, amely integrálja a kitettséget (az éghajlat várható megváltozását), az éghajlati érzékenységet (adott helyen a természeti környezet éghajlatváltozás által érintett fizikai jellemzőit), valamint az alkalmazkodóképességet (a társadalom és a gazdaság kedvezőtlen változásokat enyhítő erejét).

Az ivóvízbázisok klímasérülékenységi módszertanának kidolgozása során elvégzett elemzések két különböző léptekben zajlottak. A kitettséget, klímaérzékenységet, illetve a vízkiemelések általi igénybevételt az egész ország területére kiterjedően, míg az alkalmazkodóképesség vizsgálatát, illetve az alkalmazkodási indikátorok meghatározását közvetlenül az ivóvízbázisok üzemeltetőjétől származó információk alapján végezte a kutatás. Operatív okokból egy kiválasztott mintaterületen, a Duna Menti Regionális Vízmű Zrt. működési területén alkalmazták az alkalmazkodási és sérülékenységi vizsgálatok részletes módszertanát. Ennek kialakítása során lényeges szempont volt, hogy a továbbiakban a vizsgálat az egész országra kiterjeszthető legyen.

A klímasérülékenységi vizsgálatokhoz országos adatbázisokat használt a kutatás. A kitettség jellemzésére a klimatológiai mérésekből szabályos rácsra interpolált adatokat tartalmazó CarpatClim-Hu, illetve az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodellek szimulációiból származó adatsorok álltak rendelkezésre. A CarpatClim-Hu az 1961–2010 időszakot fedi le, a klímamodellek adatai három klímaablakra állnak rendelkezésre, az 1961–1990, a 2021–2050, valamint a 2071–2100 időszakokra.

A vízbázisok klímaérzékenységi jellemzése az Országos Vízügyi Főigazgatóság ivóvízbázis-adatbázisa alapján történt. A víztermelések általi igénybevételhez a folyamatban lévő Vízgyűjtő Gazdálkodási Terv munkálatai keretében fejlesztett felszín alatti áramlási modell szolgált alapul, a vízügyi törzshálózati megfigyelő kutak és az MFGI vízföldtani észlelőhálózata adatsorainak elemzése mellett. Az alkalmazkodási indikátorok jellemzésére KSH statisztikai adatok, valamint együttműködési szerződés keretében történt üzemeltetői adatszolgáltatás alapján került sor.

3.2.2.2 A VÍZBÁZISOK KITETTSÉGE

A felszín felett zajló légköri folyamatok többnyire csak közvetett hatással vannak a felszín alatt elhelyezkedő vízbázisokra, az éghajlatváltozás ezért a felszín alatti vizek készletváltozásában, illetve a felszín alatti áramlási rendszerek paramétereinek változásában, mint következmény lép fel. A légkör és a felszín alatti vizek közötti kapcsolat az áramlási pályák végpontjain (felszín alá történő beszivárgás és újbóli felszínre lépés [megcsapolás]) végbemenő folyamatokban nyilvánul meg. Azon meteorológiai elemek változékonysága és várható jövőbeli alakulása a lényeges így, amelyek az említett folyamatokat döntően meghatározzák: a csapadék változékonysága, a csapadékhullást megelőzően az adott talajzónából történő párolgás, és párologtatás — utóbbiak nagyrészt a hőmérsékletváltozás függvényei.

A felszín alatti ivóvízbázisok sajátos formáját képezik a parti szűrésű rendszerek (olyan ivóvízbázisok, amely vízkészlete 50%-ot meghaladó mértékben felszíni vízfolyásból származik), amelyek kitettségét elsősorban nem a helyi meteorológiai viszonyok, hanem a vízkészlet utánpótlását biztosító folyó vízgyűjtő területén tapasztalható éghajlatváltozás befolyásolja. Ezen vízbázisok kitettsége a felszíni vízfolyások vízjárásában bekövetkező változások jellemzésével adható meg. Négyféle indikátort alkalmazott a kitettség vizsgálat:

— **ariditási index:** amennyiben adott területre eső értéke egynél nagyobb, ott a lehulló csapadék mennyisége jellemzően meghaladja azt a vízmennyiséget, amit a felszín elpárologtatni képes, így csapadéktöbblet, egynél kisebb szám esetén csapadékhiány alakul ki.
— **Pálfai-féle aszályindex** (Bihari et al. 2012) elsősorban a terület csapadéktöbbletét, vagy vízhiányát jelzi, a nyári hónapok hangsúlyosabb figyelembevételével. Mérőszáma leírja egy adott év aszályosságát.
— A felszín alatti térbe beszivárgó vizek **mennyiségének évszakos változékonyságát** a

téli és a nyári hidrológiai félévek csapadékösszegei arányának vizsgálatával vette figyelembe a kutatás.

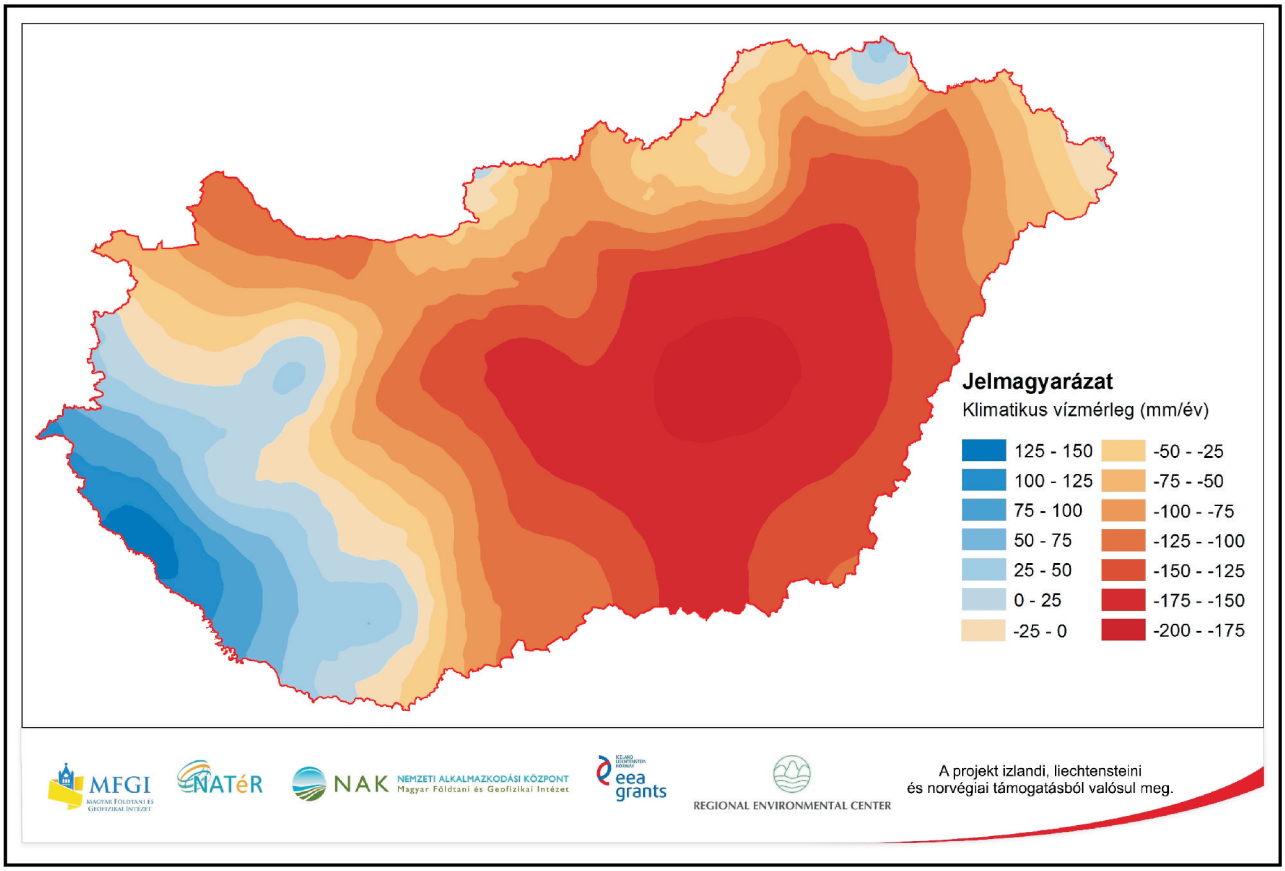
— A **vízellátottság elemzését** célozta a vizsgált területek klimatikus vízmérlegeinek és azok jövőbeli alakulásának vizsgálata az évi csapadékösszeg és az évi összes elpárologtatható vízmennyiség különbségeként. Pozitív előjelű vízmérleg mellett csapadéktöbblet, ellenkező esetben jobbára csapadékhiány jellemzi a vizsgált területet.

A 20. ábra a sérülékenységi vizsgálathoz is kiválasztott klimatikus vízmérleg területi alakulását mutatja be a CarpatClim-Hu adatbázis alapján az 1961–2010 időszakra.

A CarpatClim-Hu adatok alapján az 1961–1990 időszakban az alacsonyabban fekvő területek fokozottabb kitettsége figyelhető meg. Az ország legnagyobb részén az éves vízmérleg negatív, vagyis az elpárologtatható víz mennyisége meghaladja a lehulló csapadékét. A legjelentősebb vízhiány az Alföld középső területein jelentkezik, a csapadéktöbblet pedig a hegyvidéki régiókban, illetve a Dunántúl délnyugati részén a 200 mm-t is meghaladhatja. Ezt a tendenciát igazolja az aszályindex és az ariditási index alakulása is.

A téli és nyári félévi csapadékösszegek arányát vizsgálva azt látjuk, hogy az esetek többségében a nyári félévre jellemző a csapadék nagyobb mennyisége. A nyugati, valamint az északkeleti régiók felé haladva a nyári félévek csapadéka egyre inkább meghaladja a téli félévekét.

A felszín alatti vizek utánpótlódása szempontjából releváns éghajlati jellemzők várható jövőbeli alakulásának becslése a rendelkezésre álló klímamodelladatok elemzésével történt, a projekciók minden esetben magukban foglalnak bizonyos fokú bizonytalanságot, melyek a modellekben alkalmazott közelíések, számítási módszerek, parametrizációk különbözőségére vezethetők vissza. A két klímamodell egységesen Magyar-



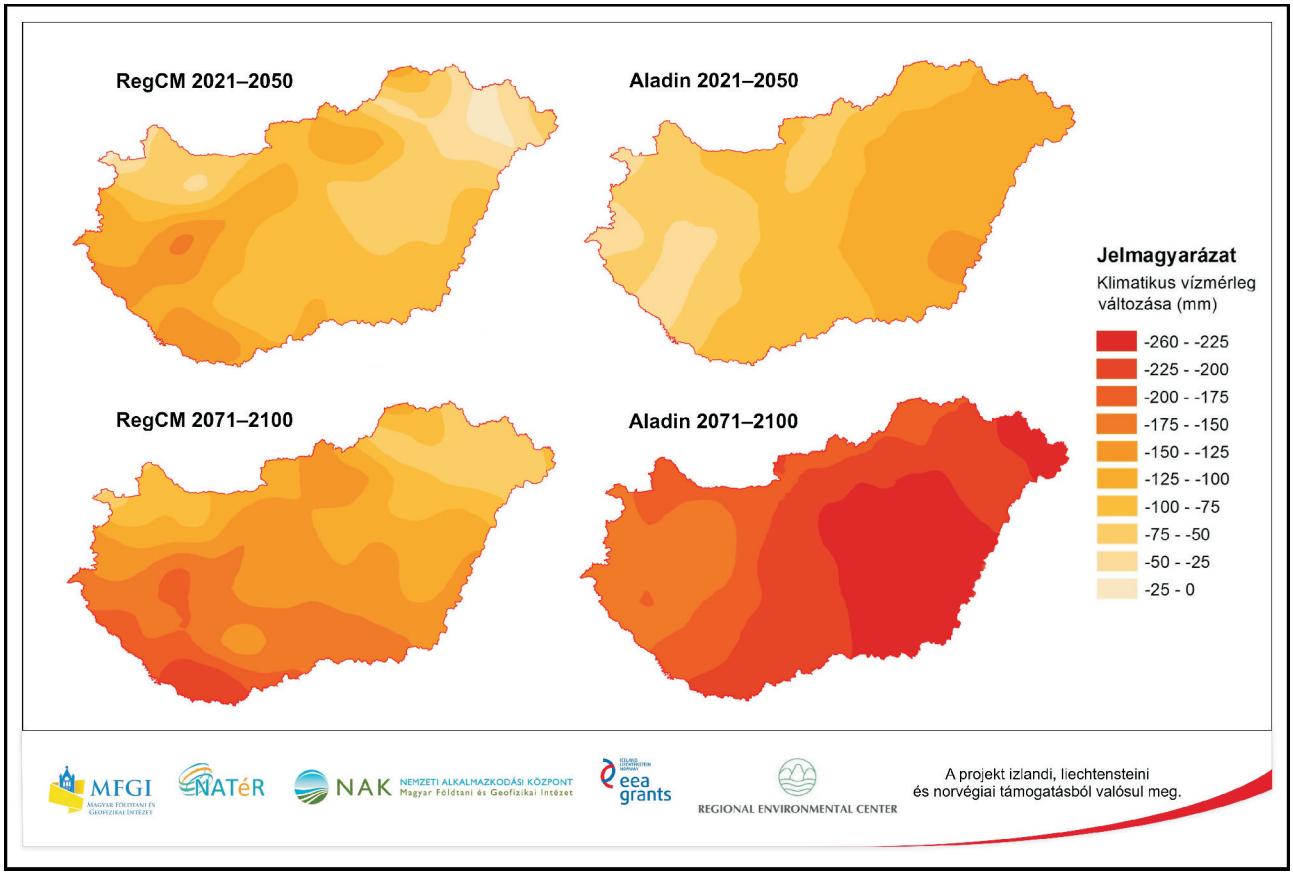
20. ábra. Az átlagos éves klimatikus vízmérleg területi eloszlása az 1961–1990 referenciaidőszakban a CarpatClim-Hu adatbázis alapján

ország éghajlatának általános, az idő előrehaladtával egyre jelentősebb szárazodását vetíti előre, a változások mértékéről és területi eloszlásáról azonban – különbözőségükből fakadóan – eltérő képet adnak (21. ábra).

A parti szűrésű rendszerekhez kapcsolódó folyók esetében nem jelentkezik jelentős eltérés a kitettségben. A legnagyobb kitettséggel a Tisza rendelkezik, a kiválasztott folyók közül a legkiegyenlítettebbnek a Dráva vízjárása tekinthető. A parti szűrésű rendszerek éghajlati kitettségét, illetve ennek várható változását nehéz előre jelezni. A nehézséget nagymértékben az jelenti, hogy a regionális klímamodellek a csapadék mennyiségének alakulását nagy bizonytalansággal tudják csak megadni, az alkalmazott ALADIN-Climate és RegCM modellek egyes időszakokra ráadásul egymásnak ellentmondó eredményeket mutatnak (Szépszó et al. 2015).

3.2.2.3 VÍZBÁZISOK KLÍMAÉRZÉKENYSÉGE

A felszín alatti ivóvízbázisok klímaérzékenységét a vízbázis, illetve utánpótlódási területének geológiai és hidrogeológiai adottságai határozzák meg. A vízbázisok klímaérzékenysége tehát a magába foglaló hidrológiai rendszerek alapján klíma-érzékenységi kategóriákba sorolható a vízadó képződmény hidrogeológiai jellege, a vízadó mélysége alapján.

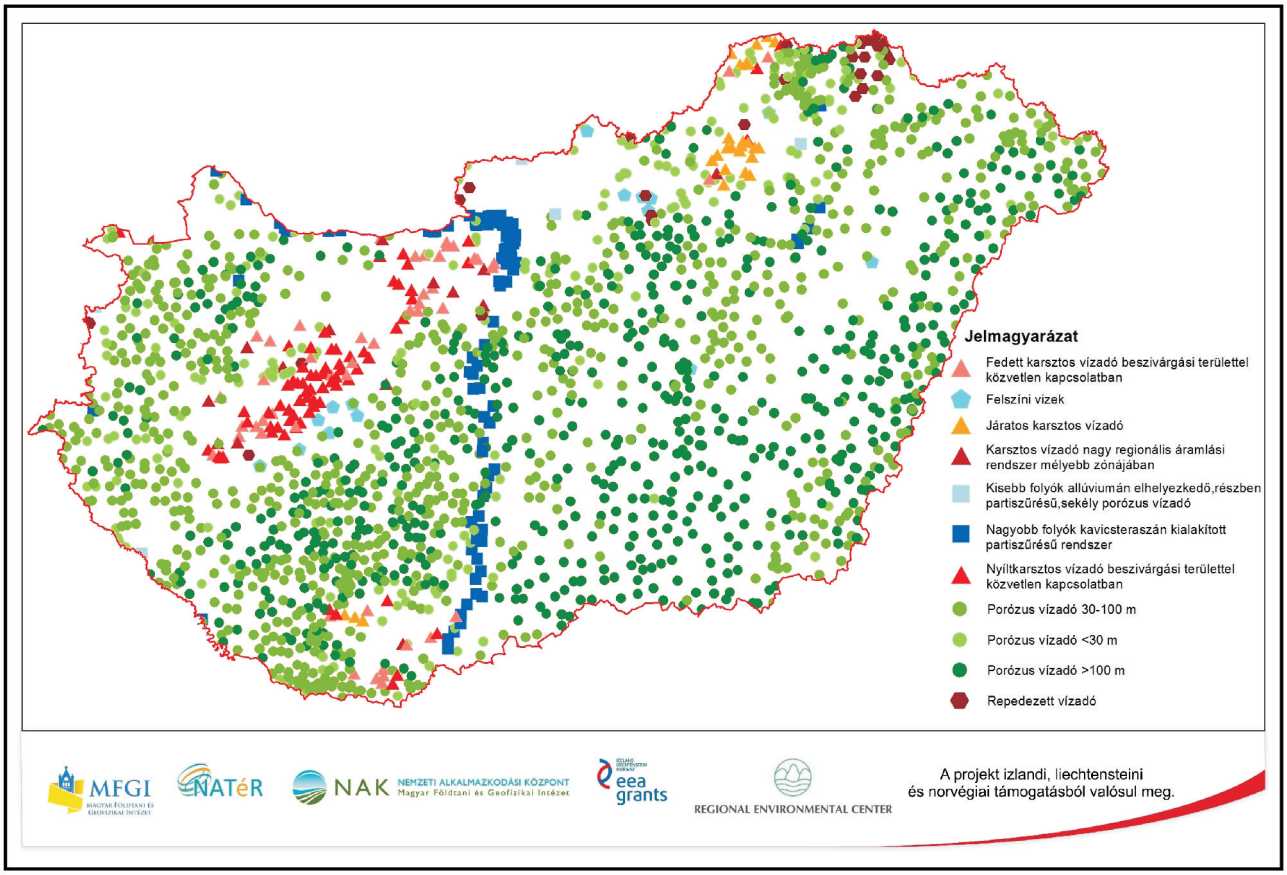


21. ábra. A klimatikus vízmérleg várható változása a 2021–2050 (a, b), valamint a 2071–2100 (c, d) időszakokra a RegCM (a, c), illetve az ALADIN-Climate (b, d) adatok alapján

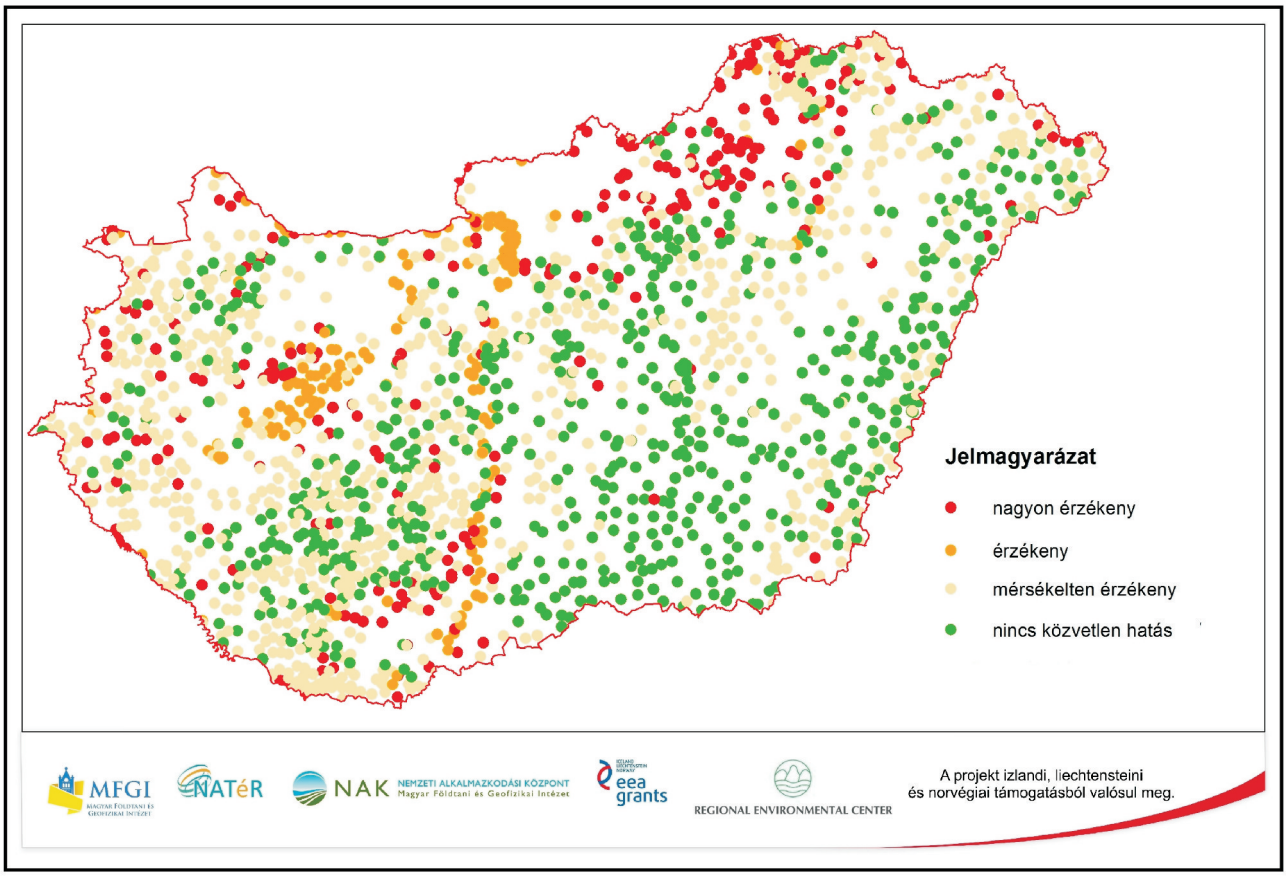
A karsztos területek vízbázisait a járatosság, illetve a beszivárgási területhez való kapcsolat alapján jellemezhetjük.

Az OVF–MFGI együttműködés keretében valamennyi üzemelő, tartalék és felhagyásra váró vízbázist nyilvántartó adatbázis alapján dologozva 2018 vízbázis került négy klímaérzékenységi kategóriába besorolásra.

A Dunakanyar térségében elhelyezkedő mintaterületen a térség földtani felépítéséből



22. ábra. Ivóvízbázisok típusai



23. ábra. Ivóvízbázisok klíma-érzékenységének mértéke

adódóan a vízbázisok koncentráltan helyezkednek el. A vízbeszerzés szempontjából kevésbé jelentős, vulkáni eredetű képződmények elterjedési területén csak kevés vízbázis létesült.

A távlati vízellátásra is lehetőséget biztosító, nagy volumenű, víztermelésre alkalmas parti szűrésű rendszerek a Duna mentén húzódnak.

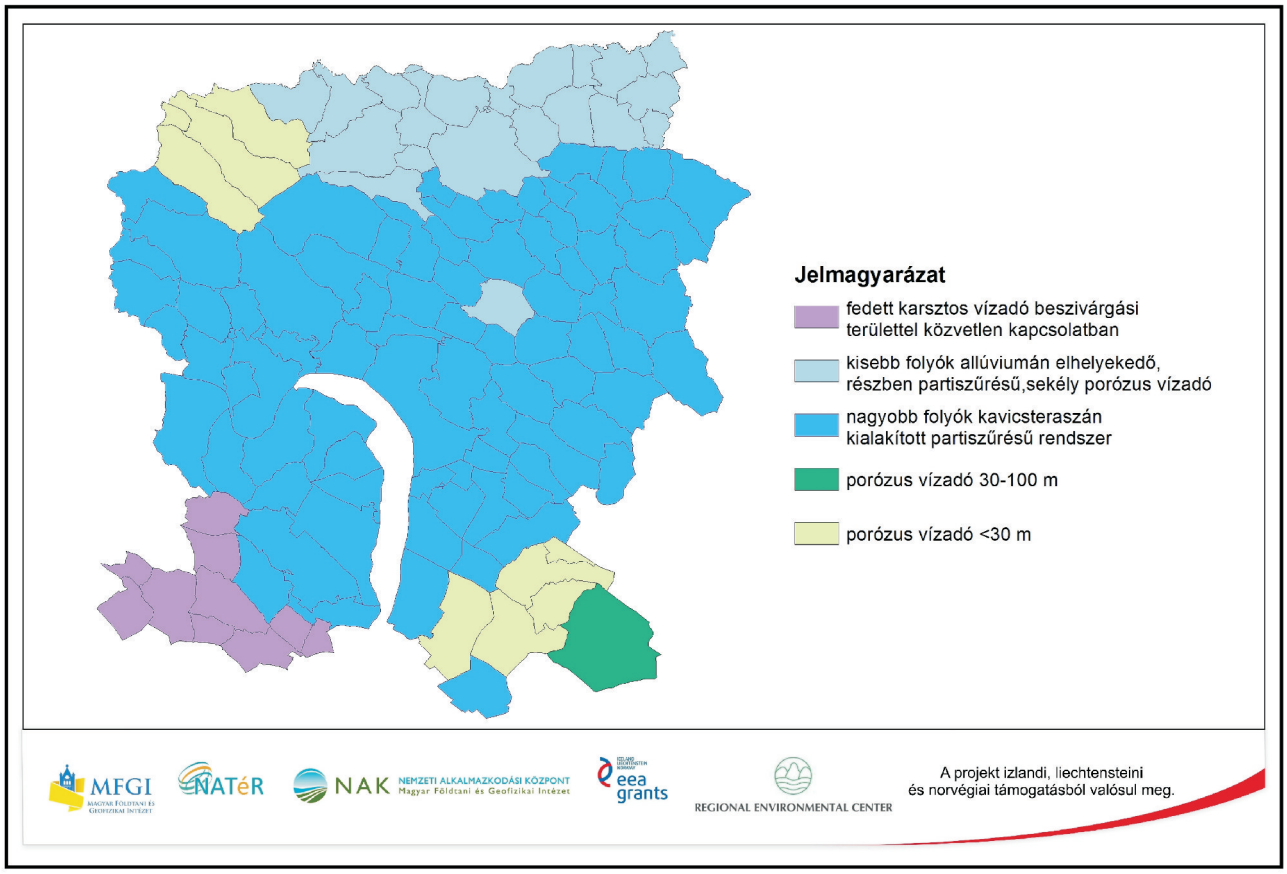
Az országos léptékű jellemzéshez hasonló, a vízbázisok pontszerű megjelenítésével elkészített, a vízbázisok klíma-érzékenységét és a klíma-érzékenység mértékét tematizáló kategorizáláson és ezek térképi ábrázolásán túl a kiválasztott mintaterületen – a sérülékenység vizsgálatának megalapozása céljából – a vízbázisok klíma-érzékenységi kategóriáit településekhez rendelte a kutatás a vízbázis által közvetlen módon ellátott települések és a legkevésbé érzékeny vízbázis alapján.

3.2.2.4 FELSZÍN ALATTI IVÓVÍZADÓK JELENLEGI IGÉNYBEVÉTELE

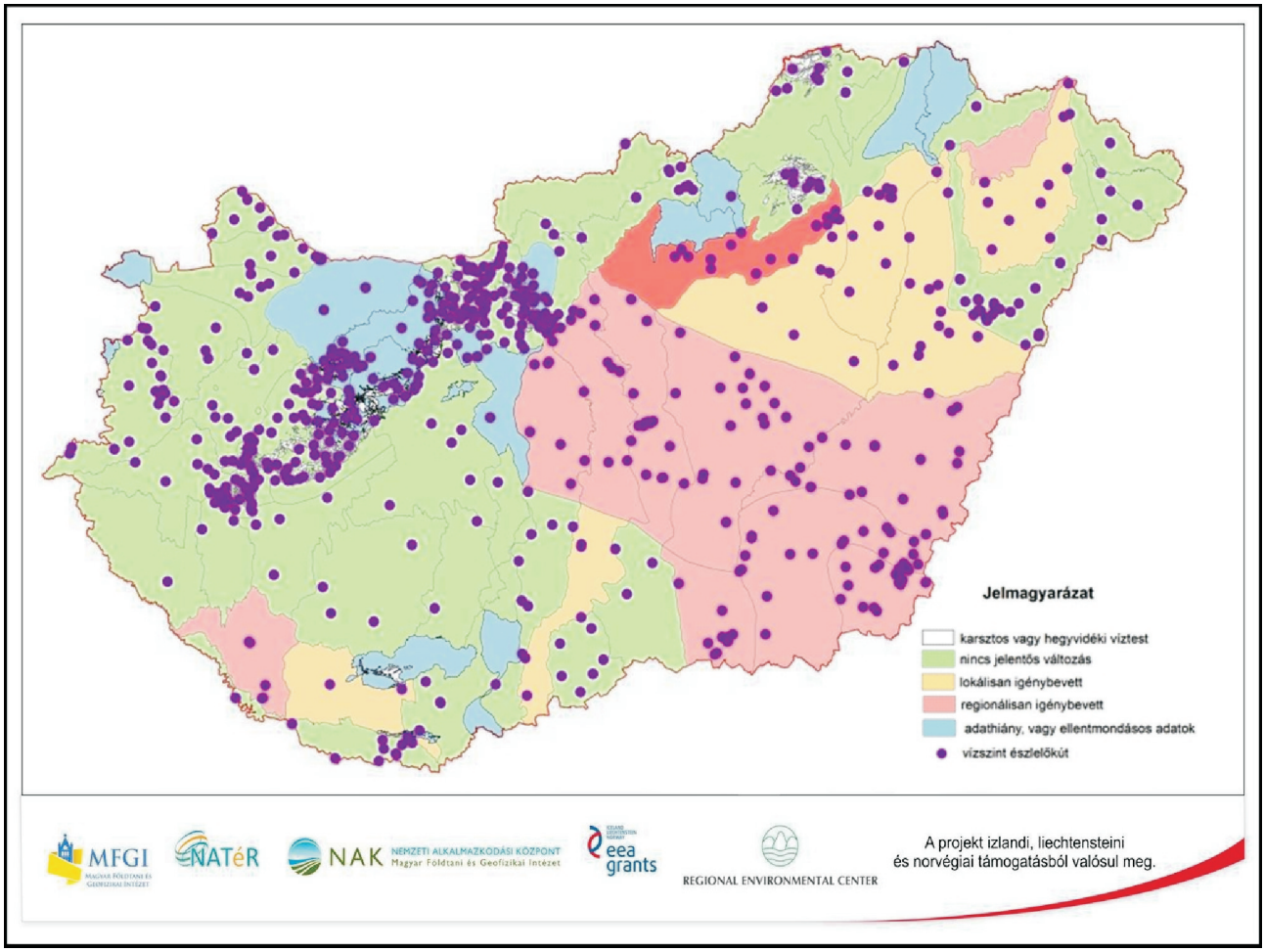
A felszín alatti vizekben az emberi tevékenységből és az éghajlatváltozásból származó hatások összegezve, egymást jelentősen felerősítve jelentkeznek, így a több évtizedes víztermelések által jelentkező igénybevételek figyelembevétele elengedhetetlen. Magyarországon az 1950-es évek óta emelkedett meg jelentősen a felszín alatti vizek elsősorban ivóvíz célú kitermelése, ezért számos víztartó rétegben figyelhetünk meg tartós vízszintcsökkenést.

Emelkedő hőmérséklet esetén jelentősen megnőhet a lakossági ivóvízigény, illetve az öntözésre használt víz mennyisége. A megnövekedett víztermelés további vízszintcsökkenést eredményezhet, illetve egyes térségekben elérheti annak korlátait.

Az ország területén 844 megfigyelőkút vízszintváltozását értékelte a kutatás. A kutak vízszintváltozásának értékelésén alapuló vizs-



24. ábra Települések ivóvízellátásának klímaérzékenysége a legkevésbé érzékeny, közvetlenül ellátó vízbázis-típus alapján, a DMRV működési területén



25. ábra. Víztermelés hatására bekövetkező vízszintcsökkenés mértéke a porózus víztestekben

gálat kiegészült a Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv keretében, az MFGI szakemberei által fejlesztett áramlási modell eredményeivel. Ezek alapján a víztestek víztermelések általi igénybevételét az alábbi ábra mutatja be. A víztermelések által eredményezett depressziós hatás elsősorban az Alföld középső területén jelentkezik, mértéke a mélységgel párhuzamosan nő. Az 1990-es évek közepére több térségben megtorpant a vízszintek további csökkenése, illetve azóta nem figyelhető meg jelentős változás. A jelenlegi vízszintek azonban ezeken a helyeken napjainkig is az eredeti vízszintnél több méterrel alacsonyabbak.

3.2.2.5 A TELEPÜLÉSEK ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSAIVAL SZEMBENI ALKALMAZKODÓKÉPESSÉGE AZ IVÓVÍZELLÁTÁS TERÜLETÉN

A települések éghajlatváltozási hatásokkal szembeni alkalmazkodóképessége szempontjából az ivó-vízellátási infrastruktúra állapota és fejlesztési lehetőségei, valamit a lakosság vízigénye a legfőbb hatótényezők. A vizsgálat alapját a KSH T-STAR és a NAV SZJA adatbázis Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszerben (TeIR) elérhető társadalmi–gazdasági mutatói, valamint a Duna Menti Regionális Vízmű Zrt. (DMRV) által a mintaterületre vonatkozóan átadott ivóvízellátási infrastruktúra adatok képezték. Az alábbi fajlagos mutatókat alkalmazta a vizsgálat:

1. Az alkalmazkodóképesség infrastrukturális tényezői:

1.1. Egy adott települést közvetlenül ellátó ivóvízbázisok száma,

1.2. Az ivóvízbázis bővíthetősége (kategória),

1.3. Az ivóvízellátás kapacitásának növelhetősége (kategória).

2. Az alkalmazkodóképesség társadalmi–gazdasági hatótényezői:

2.1. Egy lakosra jutó ivóvízfogyasztás, 2013 (m^3/fő);

2.2. Egy lakosra jutó összes belföldi jövedelem, 2013 (Ft/fő/év).

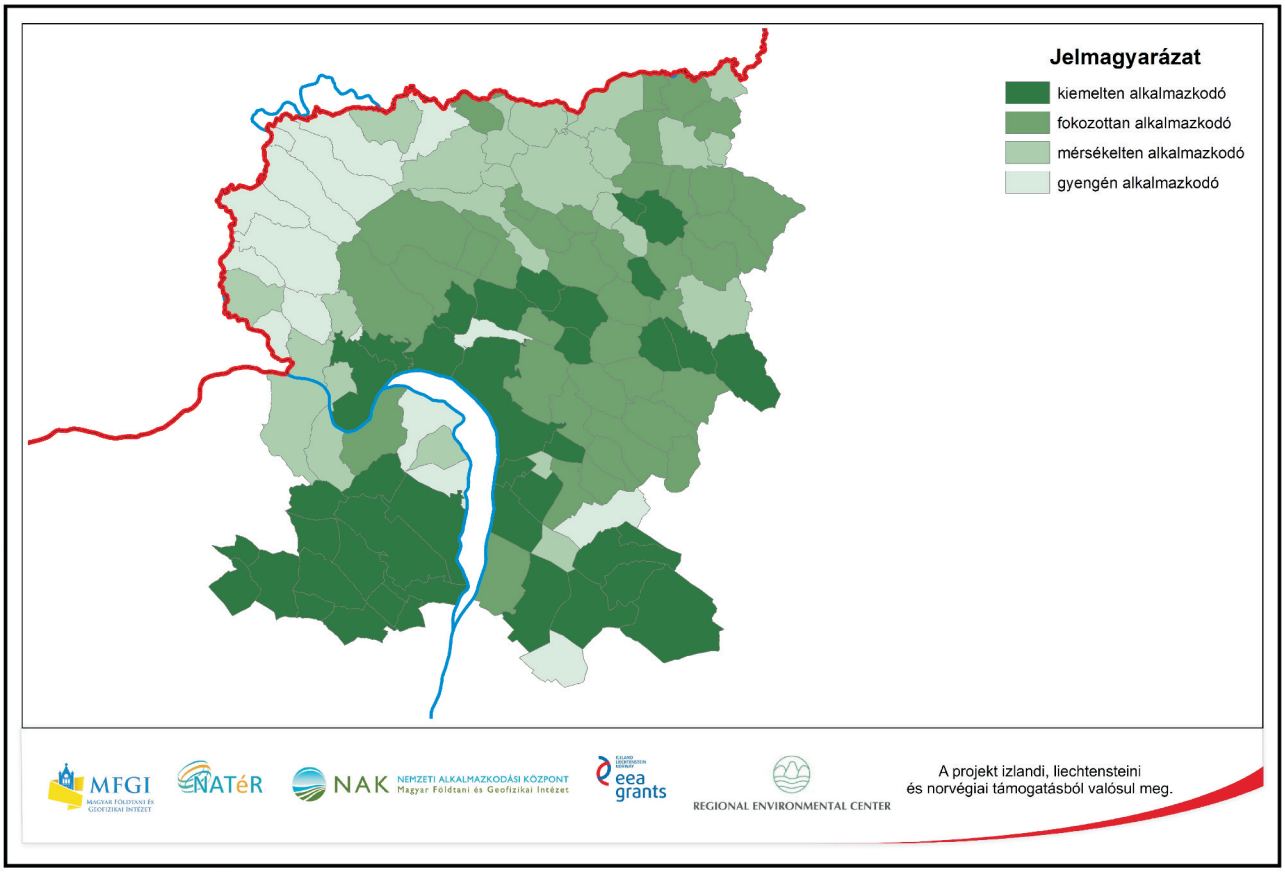
Az egyes mutatókhoz kategóriaértékeket rendeltek, majd ezek összegzésével meghatározták az egyes települések alkalmazkodóképességének mértékét az ivóvízellátás tekintetében. Ennek során egyenlő súllyal vették figyelembe az ivóvízbázis-ellátottságot, az ivóvízellátás fejleszthetőségét, a lakosság vízigényét, valamint a lakosság jövedelmi viszonyait jellemző mutatókat. Alkalmazkodóképesség szempontjából pozitívnak tekinthető, ha több ivóvízbázis lát el egy települést, ha van lehetőség a meglévő ivóvízbázis bővítésére és termelőkapacitásának fejlesztésére, valamint ha alacsony a lakosság vízigénye és kedvező a jövedelmi helyzete.

E szempontokat figyelembe véve négy kategória különíthető el: kiemelten, fokozottan, mérsékelten és gyengén alkalmazkodó település (térség). Az alkalmazkodóképesség szempontjából legkedvezőtlenebb térségnek a mintaterületen az Alsó-Ipoly-völgy tekinthető, ahol a települések döntő többségét csupán egy ivóvízbázis látja el és a vízbázisok fejleszthetősége is korlátozott, emellett magasnak tekinthető az ivóvízfogyasztás, ugyanakkor alacsony a lakosság jövedelmi szintje. Kedvezőtlen helyzetben vannak a Dunakanyar jobb parti települései is, ahol főként az infrastrukturális hiányosságok és – vélhetően a jelentős turizmus és a kiterjedt üdülőövezetek miatt – magas lakossági vízfogyasztás jelent problémát.

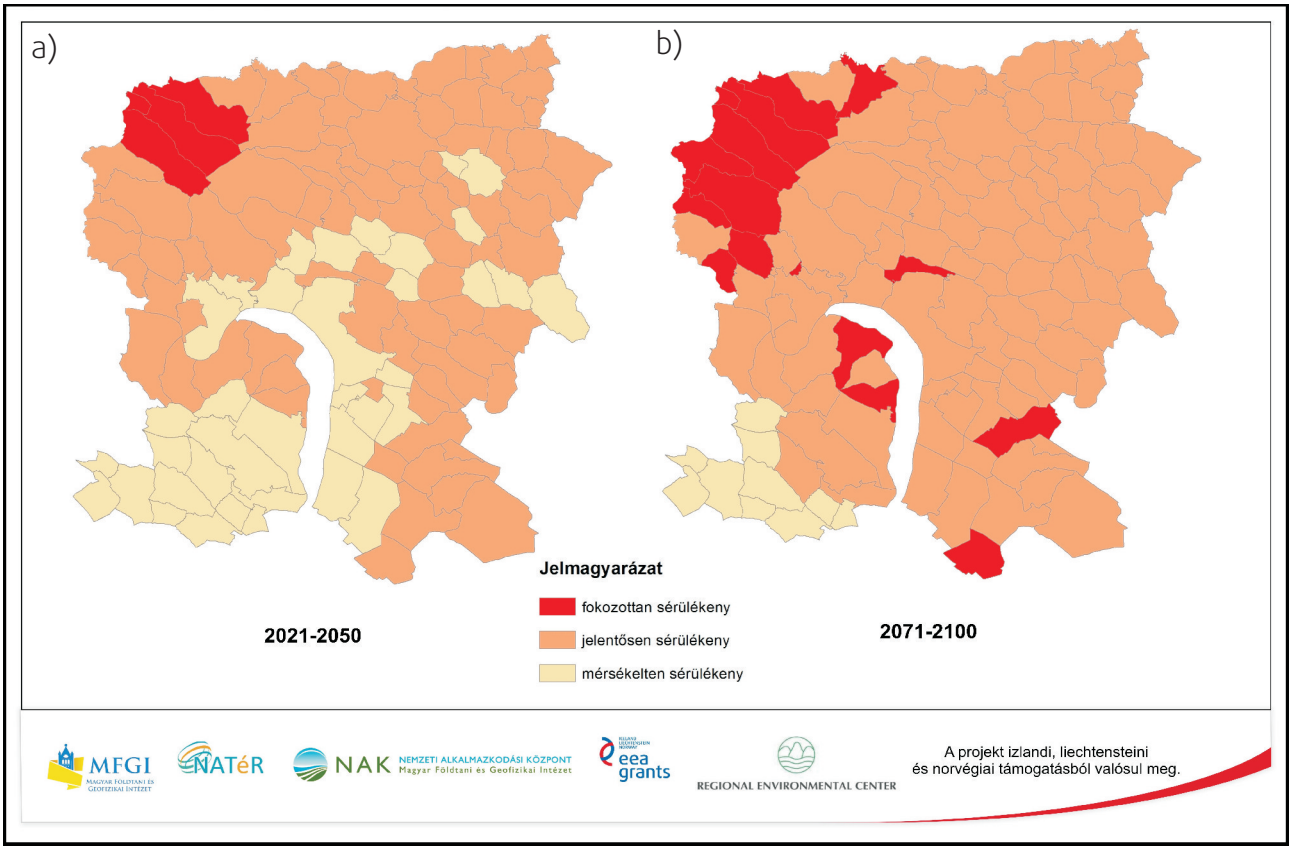
3.2.2.6 IVÓVÍZBÁZISOK SÉRÜLÉKENYSÉGE

Az ivóvízbázisok sérülékenységét a kitettség, érzékenység, felszín alatti víztermelés általi igénybevétel és alkalmazkodóképesség együttes jellemzéséből vezette le a vizsgálat, a települések közigazgatási területére vonatkoztatva. Mivel az alkalmazkodási indikátorok csak a DMRV területére álltak rendelkezésre, a sérülékenység vizsgálatát is a DMRV működési területén végezték el.

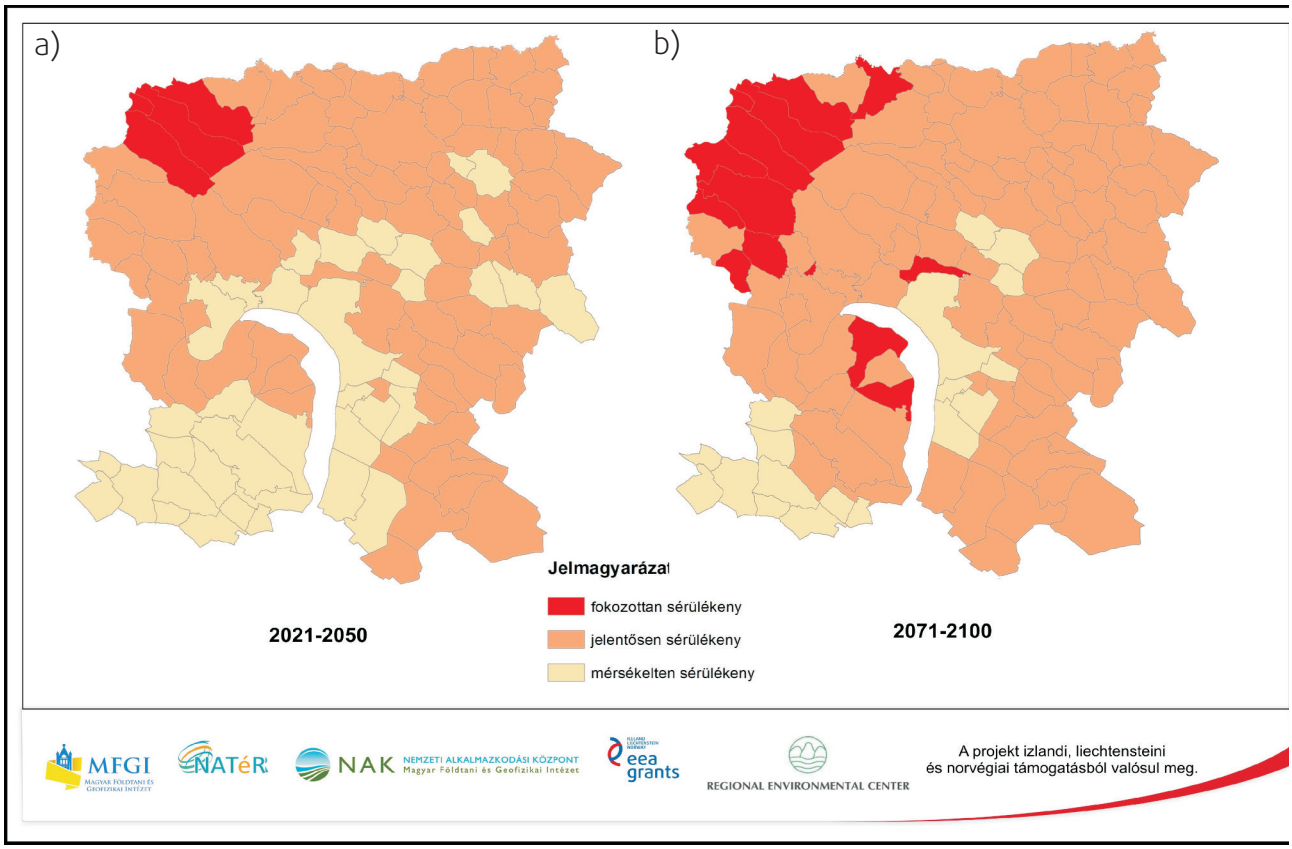
A sérülékenység mértékének meghatáro-



26. ábra. A települések éghajlatváltozással szembeni alkalmazkodóképessége az ivóvízellátás területén



27. ábra. Ivóvízbázisok klímasérülékenysége az ALADIN-Climate modell adatai alapján a 2021–2050 (a) és 2071–2100 (b) közötti időszakra



28. ábra. Ivóvízbázisok klímasérülékenysége a RegCM modell adatai alapján a 2021–2050 (a) és 2071–2100 (b) közötti időszakra

zására kategóriákat határoztak meg, ahol a kitettségi, érzékenységi, igénybevételi és alkalmazkodási tényezőket egyenlő súllyal, az egyes indexekből levezetett komplex indikátorokkal vették figyelembe.

A vízbázisok klíma-sérülékenységét mind a két klímamodellel, a projekciókban szereplő mindkét klímaablakra meghatározta a vizsgálat.

A 27., 28. ábrák jól szemléltetik, hogy mindkét modell esetében már a 2021–2050 időszakban is jelentkeznek különböző mértékben sérülékeny területek. Az idő előrehaladtával a 2071–2100 közötti időszakra fokozódik a sérülékenység mértéke.

3.2.2.7 KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSÁRA

A bemutatott vizsgálatok megállapították, hogy a vízbázisok klímakitettsége az ország területén nem egységes, de európai viszonyok között relatíve szűk sávban változik. A éghajlatváltozás hatására számolni kell a felszín alatti vizek utánpótlásának várható csökkenésével. Ezt a folyamatot valamennyire ellensúlyozza a csapadék éven belüli eloszlásának változása, azaz a téli hidrológiai félévben lehulló csapadék mennyiségének várható növekedése.

A jelenlegi klímamodellek meglehetősen nagy bizonytalansággal jellemezhetők, ezért a későbbi kutatások során fontos a bizonytalanság mértékének csökkentése. A klímakitettség pontosításán felül további vizsgálatok szükségesek a parti szűrésű rendszerek kitettségének jellemzésére.

A vízbázisok klímaérzékenysége földtani, vízföldtani helyzetükből adódóan eltérő. A felszín alatti vizekből történő vízellátás során nagyobb figyelmet kell fordítani a kevésbé klímaérzékeny vízbázisokra. Kiemelt fontosságúak lesznek a parti szűrésű rendszerek, amelyek klímaérzékenységük ellenére, nagy tárolókapacitásuknak és folyamatosan megújuló készletüknek köszönhetően a távlati ivóvízellátás alapjait jelenthetik. Célszerű a fokozottan klímasérülékeny karsztos, illetve sekély porózus vízbázisok kiváltása nagyobb biztonságot jelentő új vízbázisok létesítésével.

A felszín alatti vizek állapotát, az éghajlatváltozás hatásait, valamint az igénybevétel mértékét rendszeres monitoring-tevékenységgel nyomon kell követni. Hasonló módon regisztrálni szükséges a vízfogyasztás mértékét, a jellemző szokásokat, illetve az ezeket befolyásoló társadalmi, gazdasági tényezőket. E megfigyelések rendszeres időszakonkénti értékelésével, a változások meghatározásával és jellemzésével lehetséges kialakítani az éghajlatváltozás hatásait mérséklő és az alkalmazkodást elősegítő intézkedéseket.

Az éghajlatváltozás hatásainak csökkentése céljából nagyobb hangsúlyt kell fektetni az alkalmazkodásra. A vízellátás során nagyobb biztonságot jelenthetnek a regionális ellátórendszerek, ahol fontos szerepet tölthet be a már ma is sok helyen alkalmazott vízkormányzás, a különböző térségek közötti vízátvezetés.

Az alkalmazkodás részeként a lakosság vízfogyasztási szokásainak változására van szükség, a tudatos és víztakarékos fogyasztás irányába való elmozdulással. Az ivóvízigények folyamatos biztosítását szolgálhatja az ivóvízbázisok kizárólag ivóvíz céljára történő hasznosítása, az egyéb célú vízhasználatok más forrásból történő biztosításával, illetve a két rendszer határozott szétválasztásával.

A térségi fejlesztések során figyelembe kell venni a vízbázisok klímasérülékenységét. Az ivóvízellátás infrastrukturális fejlesztéseinek tervezése során tekintettel kell lenni arra, hogy mely térségekben jelenthetnek problémát a jövőben az éghajlatváltozás hatásai, törekedni kell olyan fejlesztések végrehajtására, amelyek az alkalmazkodóképesség javításával csökkentik az egyes térségek ivóvízellátásának sérülékenységét.

Az ivóvízbázisok klímasérülékenységi vizsgálatához további kutatásokra van szükség. Szükséges a kidolgozott sérülékenységi vizsgálat egész országra történő kiterjesztése, az egyes elemek súlyának pontosítása. Az éghajlatváltozás hatására változás következhet be a felszín alatti vizek kémiai összetételében (pl. parti szűrésű rendszerekben bekövetkező változások, éghajlatváltozás hatására megváltozó szennyeződésterjedési folyamatok). E folyamatok részletes vizsgálata is szükséges a megelőzés érdekében.

3.2.3 AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A VILLÁMÁRVÍZVESZÉLYRE

A klíma változása napjainkban nemcsak a meteorológiai megfigyelések, mérések kiértékelésén keresztül mutatható ki, hanem a rövidtávon megjelenő időjárási események kapcsán is tapasztalható. Ennek az egyik legszembetűnőbb velejárója az extrém időjárási helyzetek egyre gyakoribb kialakulása. Ezek közé sorolható az intenzív, kis területre koncentrálódó csapadék, melynek egyik velejárója a jelentős károkat is okozó villámárvíz: a felszínre jutó vízcseppek rövid idő alatt folynak össze a völgytalpon, s a hirtelen összegyűlt mennyiséget a vízfolyások nem képesek elvezetni. A villámárvíz a hegy- és dombvidékeken, különösen a völgyekben elhelyezkedő településeket, településrészeket veszélyezteti.

3.2.3.1 VÍZGYŰJTŐK VILLÁMÁRVÍZ- KITETTSÉG VIZSGÁLATA

Egy település villámárvíz-kitettsége a települést magába foglaló vízgyűjtő tulajdonságaitól függ, az esemény tényleges kialakulása pedig a csapadék függvénye. A vízgyűjtőt egy mélyebb helyzetű, völgytalpi pontból kiindulva lehet lehatárolni. Ezt a pontot a vízgyűjtő kifolyási pontjának nevezzük és elmondható, hogy a hozzá tartozó vízgyűjtőterület bármely pontjáról a vízcsepp útja a kifolyási ponthoz vezet.

A vizsgálat célja a települések villámárvíz-kitettségének, -veszélyeztetettségének meghatározása, besorolása volt. Erre szabványos mérőszám jelenleg nem ismert, viszont a villámárvíz kialakulását elősegítő vagy gátló földfelszíni tulajdonságok meghatározhatók, mérhetők, rangsorolhatók. A projekt ezeket az alapvető tulajdonságokat a településhez rendelhető vízgyűjtőkre határozta meg oly módon, hogy minden tulajdonságot (a vízgyűjtő területe, a domborzat lejtési viszonyai, a vízgyűjtőn belüli szintkülönbség, a növényzettel való borítottság, a vízgyűjtő alakja) öt intervallumba, csoportba sorolt, majd tulajdonságtípusonként egy, a vízgyűjtőt jellemző átlagértéket képzett. Ezek súlyozott átlaga szintén öt csoportban fejezi ki a végső besorolást. A csoportosítás tehát rangsorolás, ahol az első csoportba az adott tulajdonság szerint a legkevésbé, az ötödikbe a leginkább kitett vízgyűjtők kerülnek.

3.2.3.2 A VÍZGYŰJTŐK KITETTSÉGET BEFOLYÁSOLÓ TULAJDONSÁGAI

- A vízgyűjtőket méretük szerint rangsorolták. A nagy kiterjedésű vízgyűjtőn a felszínen lefolyó vízcseppek összefolyása időben elhúzódó, s nincs torlódás; a kisebb vízgyűjtő kitettsége a legnagyobb, viszont a túl kis vízgyűjtőn már nem gyűlik össze villámárvíz kialakulására alkalmas mennyiség. A 2 km^2-nél kisebb és a 1000 km^2-nél nagyobb vízgyűjtőket nem értékelték. Az összegzésben a legnagyobb súllyal szereplő tulajdonság a vízgyűjtő mérete.
- A domborzat lejtési viszonyai a felszíni lefolyás sebességét, az összegyűlő víz útját határozzák meg. A meredek lejtők elősegítik a gyors, rövid úton történő összegyűlést, míg a kiegyenlített felszín lassítja azt. A vízgyűjtő területen a domborzat részeit a lejtőszög függvényében osztályokba sorolták, és az azonos lejtésviszonyú osztályok területeivel súlyozott átlagérték kiszámításával a teljes vízgyűjtőt jellemző értékhez jutott a vizsgálat.
- A vízgyűjtő területének legmagasabb és legmélyebb pontja közötti szintkülönbség egy másik lehetőség a csapadék gyülekezési sebességének közvetett kifejezésére. Minél nagyobb a szintkülönbség, annál nagyobb a valószínűsége a gyors felszíni lefolyásnak, s ezzel a terület kitettségének.
- A növényzettel való borítottság jelentősen befolyásolja a vízcseppek gyülekezését. Ebben az erdők szerepe kiemelkedő fontosságú, mert erősen lassítják a víz-cseppek felszíni lefolyását, így ez a második legnagyobb súllyal figyelembevett tulajdonság. Az erdős terület nagyságát a teljes területhez viszonyítva egy újabb, %-ban kifejezhető rangsorhoz, osztályozási lehetőséghez jutunk. Minél kisebb az erdős területekkel fedett felszín, annál nagyobb a vízgyűjtő kitettsége.
- A vízgyűjtő alakja szintén a gyülekezési időt befolyásolja. A körhöz hasonló alakú

vízgyűjtőn a legkedvezőbb a vízcseppek rövid idő alatti összefolyása, azaz az ilyen vízgyűjtő kitettsége nagy. A vízgyűjtő területe és a vízgyűjtő kerületével egyenértékű kör területének aránya alkalmas mérőszám a kör alakhoz való hasonlóság kifejezésére.

tosíthatók, finomíthatók. A mérőszámok csoportosítása, a témakörök súlyozása megváltoztatható, illetve további témakörökkel bővíthető. Az alkalmazott modell szem előtt tartotta az igényt, hogy országos méretekben felépíthető legyen egy villámárvíz-kitettséget kifejező osztályozás, rangsorolás, amely szinte

4. táblázat. A villámárvíz veszélyeztetettség vízgyűjtőkre vonatkoztatható osztályozása

Indikátor	Osztályok/kategóriák					Súly
	5	4	3	2	1	
Terület (km^2)	2–10	10–50	50–100	100–500	500–1000	0,5
Erdőborítottság (%)	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0,2
Alak (körhasonlóság)	0,8–1	0,6–0,8	0,4–0,6	0,2–0,4	<0,2	0,1
$Z_{max} - Z_{min}$ (m)	500–1000	200–500	100–200	50–100	0–50	0,1
Lejtőkategória (°)	>25	17–25	12–17	5–12	<5	0,1

3.2.3.3 A VÍZGYŰJTŐK LEHATÁROLÁSA

A vizsgálat egyik legfontosabb feladata a vízgyűjtők lehatárolása volt. Ennek első lépése a kifolyási pont kijelölése volt. A vízgyűjtő terület bármely pontjára lehulló vízcsepp képzeletbeli útja a kifolyási pontba vezet. Ezt a településen áthaladó vízfolyás egy, a településen kívül eső pontjában határozta meg a kutatás. Ha több vízfolyás szeli át a települést, a településrészek más vízgyűjtő által is érintettek, akkor nem csak egy kifolyási ponttal számolt a kutatás. A kifolyási pontot minden hegy- és dombvidéki területre úgy határozták meg, hogy az átszelő vízfolyás településhatártól vett 160 méternyi távolságra lévő, folyásirány szerint fekvő pontját jelölték ki. Ez a távolság észszerű keretek között változtatható, lényeg, hogy a települést magába foglalja a vízgyűjtő. Egy vízfolyás mentén több település is található, ezért az alacsonyabb fekvésű településhez tartozó vízfolyás a magasabban fekvő településeket is magába foglalhatja. A település szempontjából mindig a határától közvetlenül induló vízgyűjtő a döntő fontosságú.

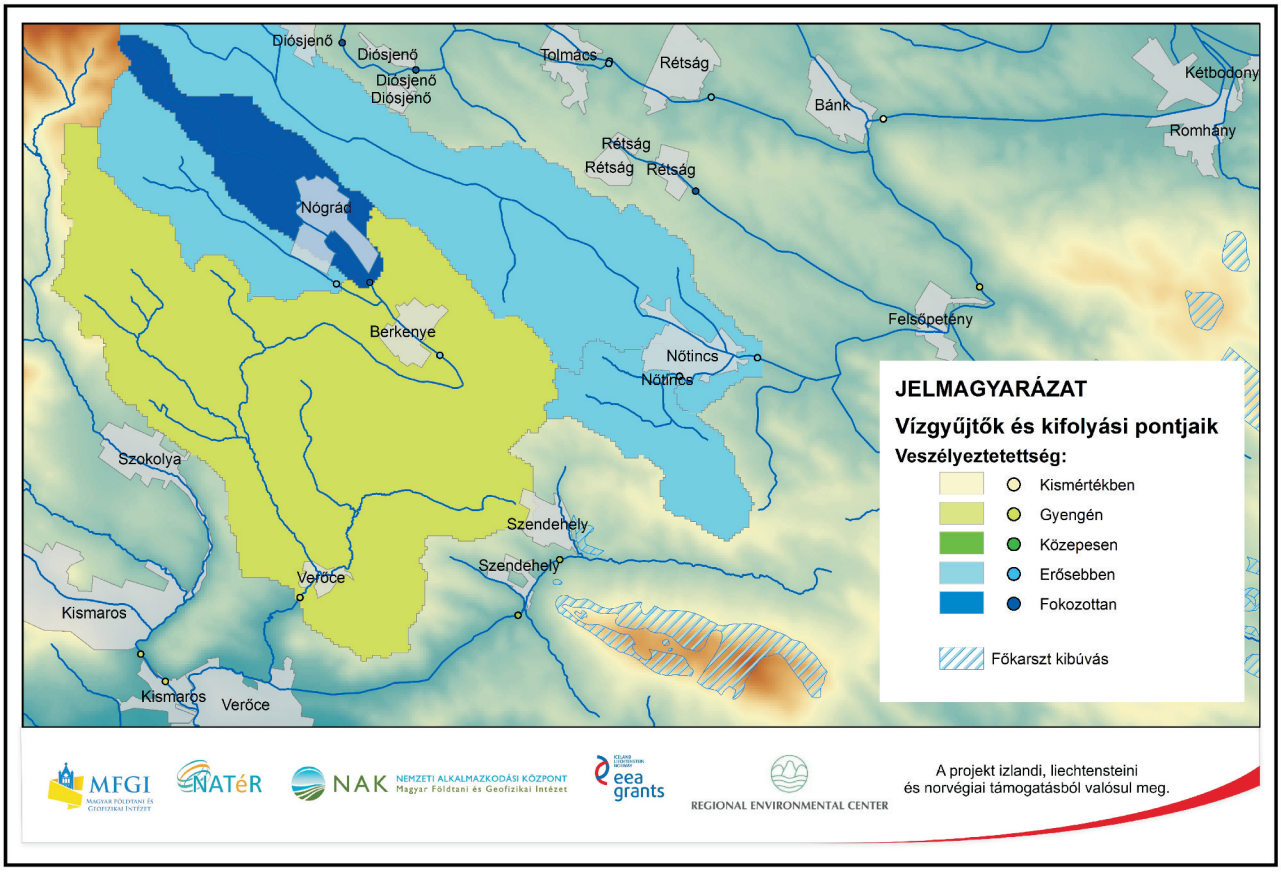
3.2.3.4 A VÍZGYŰJTŐMODELL ÉRTÉKELÉSE

A vízgyűjtők képezik a modell meghatározó alapegységét. A vízgyűjtő tulajdonságai pontosan valós időben finomítható. A kifolyási pont meghatározásától a vízgyűjtő-lehatároláson át, a vízgyűjtő tulajdonságainak kiértékeléséig több szakaszra bontott, programozott eljárásokat alkalmazott a kutatás. Ez gyakorlatban a végső származtatott eredmény egyszerű, gyors újraértékelését teszi lehetővé.

A NATÉR projekt áttekintő méretarányban (1:500 000 – 1:100 000) automatikus értékelést ad, azonban konkrét település esetén ugyanezzel az alaptechnológiával, de részletező adatokra épülve a válaszok finomíthatók. A fejlesztés jövőbeli irányának az a célkitűzése, hogy meg lehessen határozni azt a felszínre (vízgyűjtőre) hulló csapadékmennyiséget, amely az adott település vízelvezetési lehetőségeit meghaladja.

Ehhez értékelni kell az extrém csapadék bekövetkezésének a valószínűségét is. A két információ együttes értékelése szolgálja a szükséges döntéshozatalt, felkészülést.

Az országos tendenciák a várható eredményeket igazolták, azaz a vízgyűjtők felső folyásszakaszán található települések kitettsége a legnagyobb (pl. a Mecsek déli vízgyűjtői, a Keszthelyi-hegység nyugati peremvidéke, vagy a Sajó és Hernád közötti részvízgyűjtők területe).



29. ábra. Települések minősített vízgyűjtője a kifolyási ponttal

3.2.3.5 A KARSZTOS TERÜLETEK HATÁSA A FELSZÍNI VÍZGYŰJTŐKRE

A vízgyűjtőkkel kapcsolatban leírtak a csapadék beszivárgásának lehetőségével nem számolnak. Ennek oka az, hogy a gyorsan lehulló nagymennyiségű csapadék esetén a rendelkezésre álló rövid idő következtében elhanyagolható a beszivárgó mennyiség.

Összetettebb a helyzet a nyílt karsztterületeken, ahol a felszíni lefolyást, a csapadék összefolyását víznyelők és források módosítják. Különösen igaz ez, ha figyelembe vesszük, hogy a karszt vízgyűjtőterülete és kifolyási pontja nem esik egybe a felszíni vízgyűjtővel. A vizsgálat jelenlegi keretei nem terjedtek ki a karsztvízgyűjtők vizsgálatára, ezért a karszt területek lehatárolása ugyan tájékoztató jelleggel része a NATéR adatbázisnak, de a veszélyeztetettségi osztályozásban nem vették ezeket figyelembe.

3.2.3.6 A VILLÁMÁRVÍZ-VESZÉLYEZTETETTSÉG KLIMATOLÓGIAI VONATKOZÁSAI

Az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) a heves esőzéssel járó időjárási események számának növekvő tendenciájáról számol be 2013-as kiadványában (IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013), amely tendencia a villámárvizek számának növekedését vonhatja maga után. A magyarországi biztosítók jelenleg a 30 mm-t meghaladó napi csapadékösszeg okozta kárt térítik meg (Czigány et al. 2010). Így az elemzés során azokat a napokat tekintjük „villámárvíz esélyesnek", amelyek csapadékösszege eléri vagy meghaladja a 30 mm-t.

A vizsgálatok alapjául a klimatológiai mérésekből rácsra interpolált CarpatClim-Hu, valamint az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodellek egy-egy projekcióinak adatbázisai szolgáltak. A klímamodellek adatai három klímaablakot fednek le, az elemzésekben rendszerint referenciaként szolgáló 1961–1990-es, a jövőre vonatkozóan pedig a 2021–

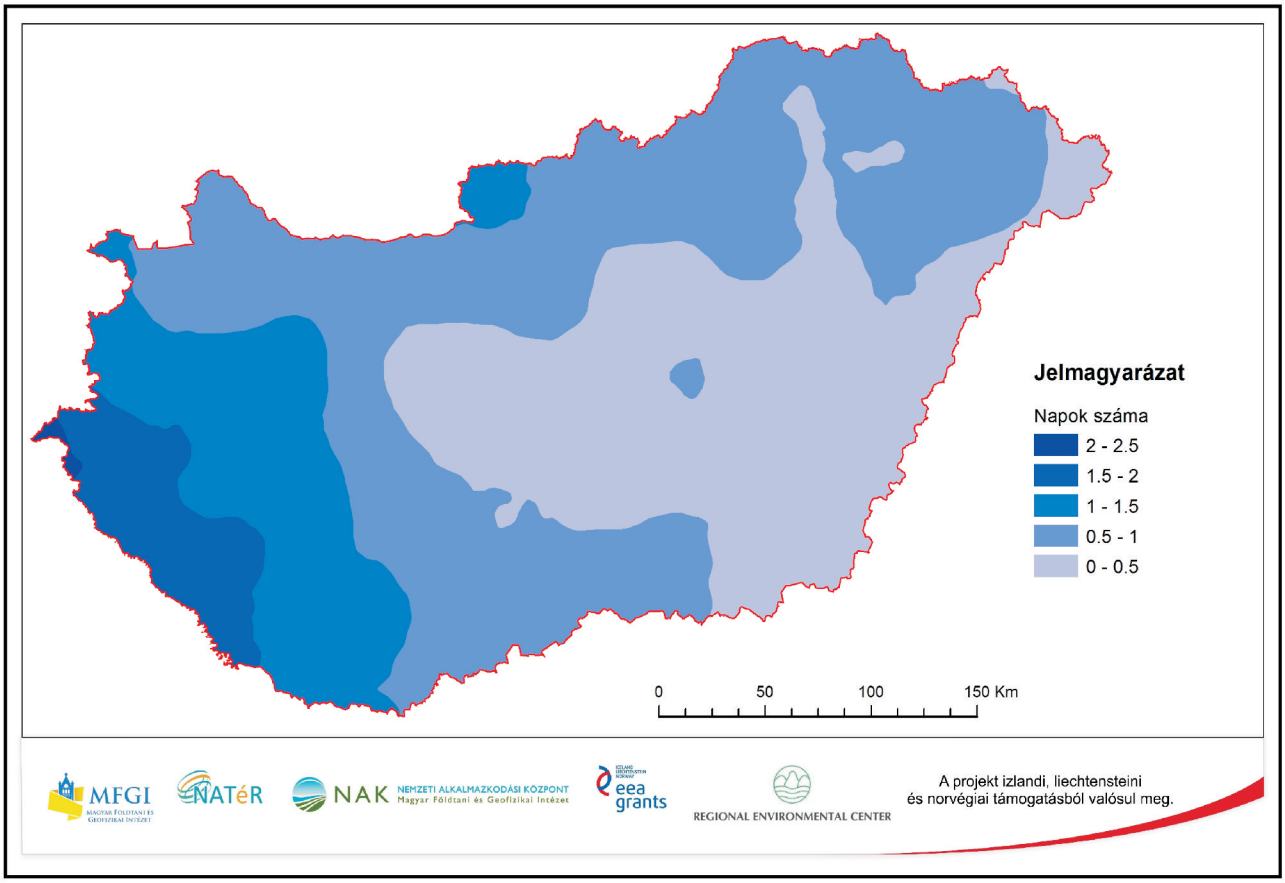
2050-es és a 2071–2100-as időszakokat. A különböző típusú adatok egységes, 10×10 km-es felbontású rácson állnak rendelkezésre.

A nyers adatok előzetes statisztikai elemzése céljából megvizsgálták a csapadék mennyiségi eloszlását, évszakos változékonyságát és területi eloszlását. Mivel villámárvízhez csak a folyadékfázisú csapadék vezet, a vizsgálat során azokat az eseteket vették figyelembe, amikor a napi középhőmérséklet eléri, vagy meghaladja a 0 °C-t.

A klímamodellek által leírt csapadékviszonyokat a CarpatClim-Hu csapadék adataival az 1961–1990 referenciaidőszakra összevetve azt tapasztaljuk, hogy a különféle adatokat alapul véve nem ugyanakkora a 30 mm-t meghaladó esős napok számának előfordulási gyakorisága. Mérésekből előállított adatbázis lévén a valósághoz legközelebbi értékelést a CarpatClim-Hu adatok alapján kaphatjuk. A klímamodellek ugyanerre az időszakra vonatkozó adatainak felhasználásával eltérő eredményekhez jutunk, melynek oka a szimulációk bizonytalanságaiban keresendő. Mivel a klímamodellek a folyamatok összetettsége miatt az éghajlati rendszer viselkedését csak közelítő jelleggel képesek leírni, a projekciók minden esetben magukban foglalnak bizonyos fokú bizonytalanságot, mely a közelítések, számítási módszerek, parametrizációk különbözőségére vezethető vissza.

A klímamodellek karakterisztikáiból adódó eltérések korrekciója céljából a vizsgálat során megkerestük azokat a csapadékmennyiségeket, amelyeket küszöbértéknek tekintve közelítőleg ugyanazt a gyakoriságot kapjuk, mint a CarpatClim-Hu adatbázisban 30 mm-re. A referenciaidőszakra ez a küszöbérték ALADIN esetében 26,1 mm-nek, RegCM esetében 31,2 mm-nek adódott. A további vizsgálatokat a CarpatClim-Hu-nak megfelelteteett küszöbértékek alapján végezték el.

A küszöbértéket meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának területi eloszlását mutatja a 30. ábra. Minél nagyobb egy területen a vizsgált esetek várható előfordulási gyakorisá-



30. ábra. A 30 mm-t meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának területi eloszlása az 1961–1990 időszakra a CarpatClim-Hu adatbázis alapján

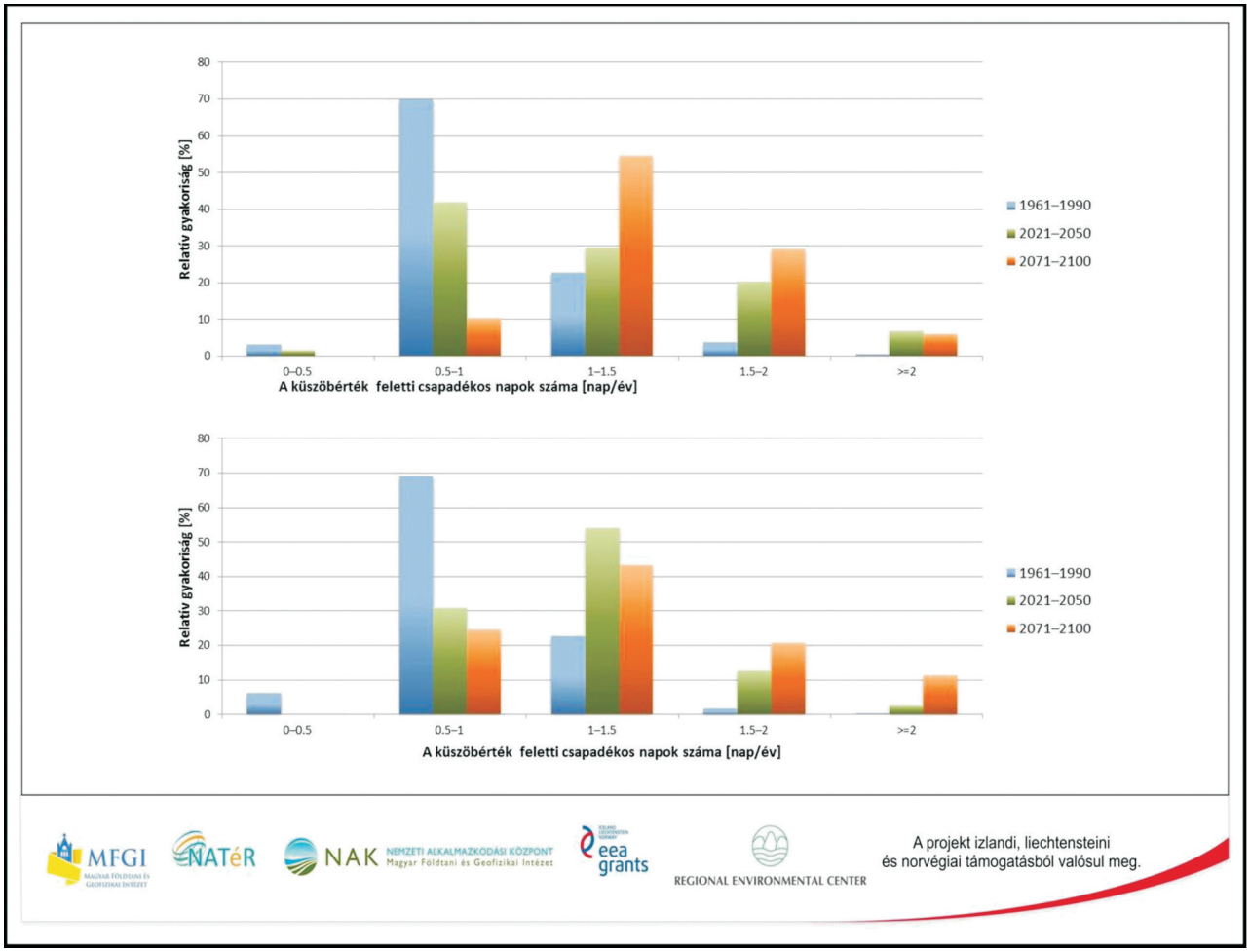
ga, annál inkább veszélyeztetett villámárvíz kialakulása szempontjából. A térképen jól kivehető a domborzat hatása. A legkisebb gyakoriság-értékeket az Alföldön találjuk, míg a lejtősebb területeken, hegy- és dombvidékeken jellemzően magasabb az előfordulási arány. Ugyanezt a vizsgálatot a klímamodellek adatai alapján is elvégezték mindhárom klímaablakra, az eredményeket a 31. ábra foglalja össze.

A diagramok a küszöbértéket meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának relatív gyakoriságát jelenítik meg a magyarországi rácspontokra. A vízszintes tengely a vizsgált esetek számát jelzi fél nap / év bontásban, a függőleges az adott intervallumba eső rácspontok számának százalékos arányát adja meg. Az eredményekből azt láthatjuk, hogy a klímamodellek az extrém csapadékos napok számának következetes növekedését vetítik előre a jövőre.

Az egyes területek kitettségét az éghajlatváltozás következményeként esetlegesen gyakoribbá váló, extrém mennyiségű napi csapadékkal járó helyzeteknek az eredményekhez hozzárendelt 5 kategóriás osztályozási rendszer alapján adta meg a vizsgálat, ahol az 1-es kategória az extrém csapadéknak kevéssé, az 5-ös a leginkább kitett területeket jelöli. A kitettségi kategóriákat a 5. táblázat foglalja össze.

A küszöbértéket meghaladó csapadékos esetek várható jövőbeli változását és annak területi eloszlását foglalja össze a 32. ábra, ahol a két baloldali térkép a 2021–2050, a két jobboldali a 2071–2100 időszakra vonatkozik, felül az ALADIN-Climate, alul pedig a RegCM modellek adatai alapján.

A klímamodellek eredményei alapján a 2021–2050 időszakra Magyarország területének számottevő hányadán várható a kri-



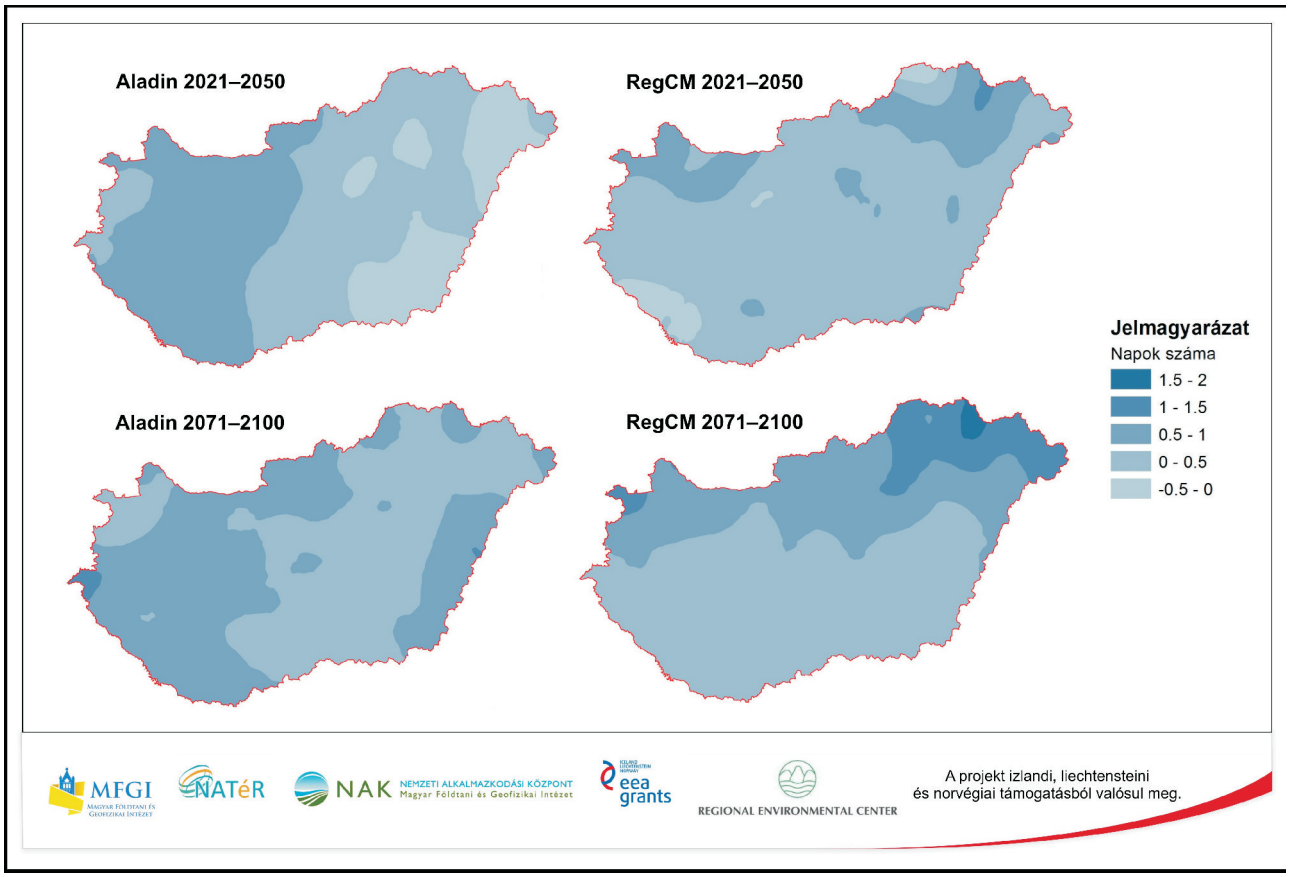
31. ábra. A küszöbértéket meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának gyakorisága a magyarországi rácspontokon az 1961–1990, a 2021–2050 és a 2071–2100 klímaablakokban az ALADIN-Climate (fent) és a RegCM (lenn) adatai alapján

5. táblázat. A küszöbértéket meghaladó napi csapadéknak való kitettség osztályozása az átlagos évi esetszám alapján

Előfordulás [nap/év]	Osztályszám
0–0,5	1
0,5–1	2
1–1,5	3
1,5–2	4
≥2	5

tikus értéket meghaladó csapadékos napok számának növekedése, egyes régiókban azonban a gyakoriság nem változik, vagy akár csökkenhet is. A csökkenés mértéke jellemzően nem haladja meg a kétévenkénti egy esetet, abban azonban, hogy mely területeket érinti, nem egységes a két modell. Az ALADIN az ország keleti részére, a RegCM egyes északkeleti, közép- és délnyugati régiókra helyezi a vizsgált esetek számában bekövetkező csökkenő tendenciát. Az ország legnagyobb részében az átlagos évi gyakoriságban bekövetkező növekmény nem éri el az évi egy esetet. Ennél nagyobb, pozitív irányú változás csak helyenként fordulhat elő, melyet a RegCM északkeletre, az ALADIN a dunántúli térségre helyez.

Bár a változás mértékében vannak eltérések a két modell projekciói alapján, abban egyeznek az eredmények, hogy a század végére lényegében az egész ország területén számíthatunk a kritikus értéket meghaladó csapadékos napok számának növekedésére. Ez a növekedés összességében az Alföld térségét érinti a legkevésbé, itt a gyakoriságban bekövetkező változás egyik modellszimuláció szerint sem éri el az évi egy napot. Az ALADIN a gyakoriságnövekmények egyenletesebb eloszlását mutatja az ország területére, a RegCM viszont az északi régiókra nagyobb mértékű változást becsül, helyenként akár kétévenként három napot is.



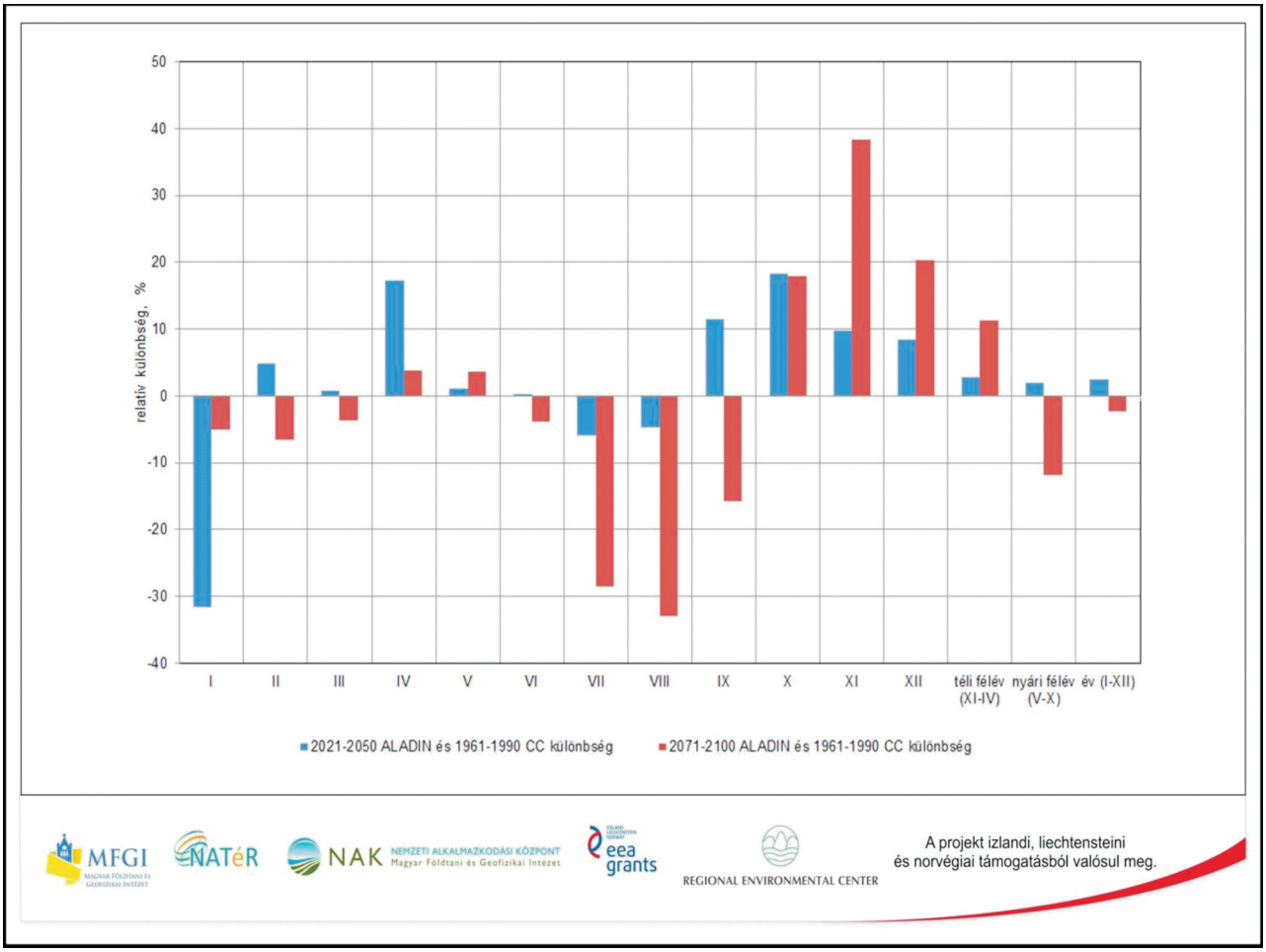
32. ábra. A küszöbértéket (30 mm-t) meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának változása

3.2.4 A BALATON VÍZFORGALMÁNAK AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSÁRA BECSÜLT VÁLTOZÁSA

A Föld éghajlata az elmúlt másfél évszázadban megközelítőleg 1 °C-kal melegedett. Nagyon valószínű, hogy a melegedést részben az üvegházhatású gázok (szén-dioxid, dinitrogén-dioxid, metán) kibocsátásának az ipari forradalmat követően kezdődött és az utóbbi évtizedekben gyorsuló ütemű növekedése okozta (IPCC 2007). A melegedés nem rendkívüli az éghajlat történetében, a jelenlegit antropogén eredete és minden korábbit meghaladó gyors üteme teszi azzá. Az üvegházhatású gázkibocsátás XXI. századi folytatódásának ütemétől függően a globális hőmérséklet a század végéig 2–5 °C-kal emelkedhet. Az éghajlatváltozás hidrológiai hatásainak elemzését ugyanakkor többféle bizonytalanság terheli: a társadalmi–gazdasági fejlődés és a kibocsátás bizonytalanságai, a globális és a regionális klímamodellek, illetve a hidrológiai modellek bizonytalanságai.

Hazai nagytavaink (Balaton, Velencei-tó, Fertő-tó, Tisza-tó) kivétel nélkül jellegzetes sekély tavak, átlagmélységük nem haladja meg az 5 m-t. A mérsékelt éghajlati öv sekély tavainak fontos jellemzője a környezeti (ezen belül az éghajlati) tényezők tér- és időbeli változásaira való nagyfokú mennyiségi és minőségi érzékenység. Ezek közül a mennyiségi érzékenység a tó vízháztartásának (jellemző vízforgalmának) alakulásában, ennek következményeként a vízszint, a vízkészlet és a vízfelület jellemzően egyirányú változásában nyilvánul meg.

A tanulmány legnagyobb tavunk, a Balaton vízforgalmának az éghajlatváltozás hatására becsült változásának irányával és mértékével foglalkozik. A tó vízháztartási viszonyainak (a



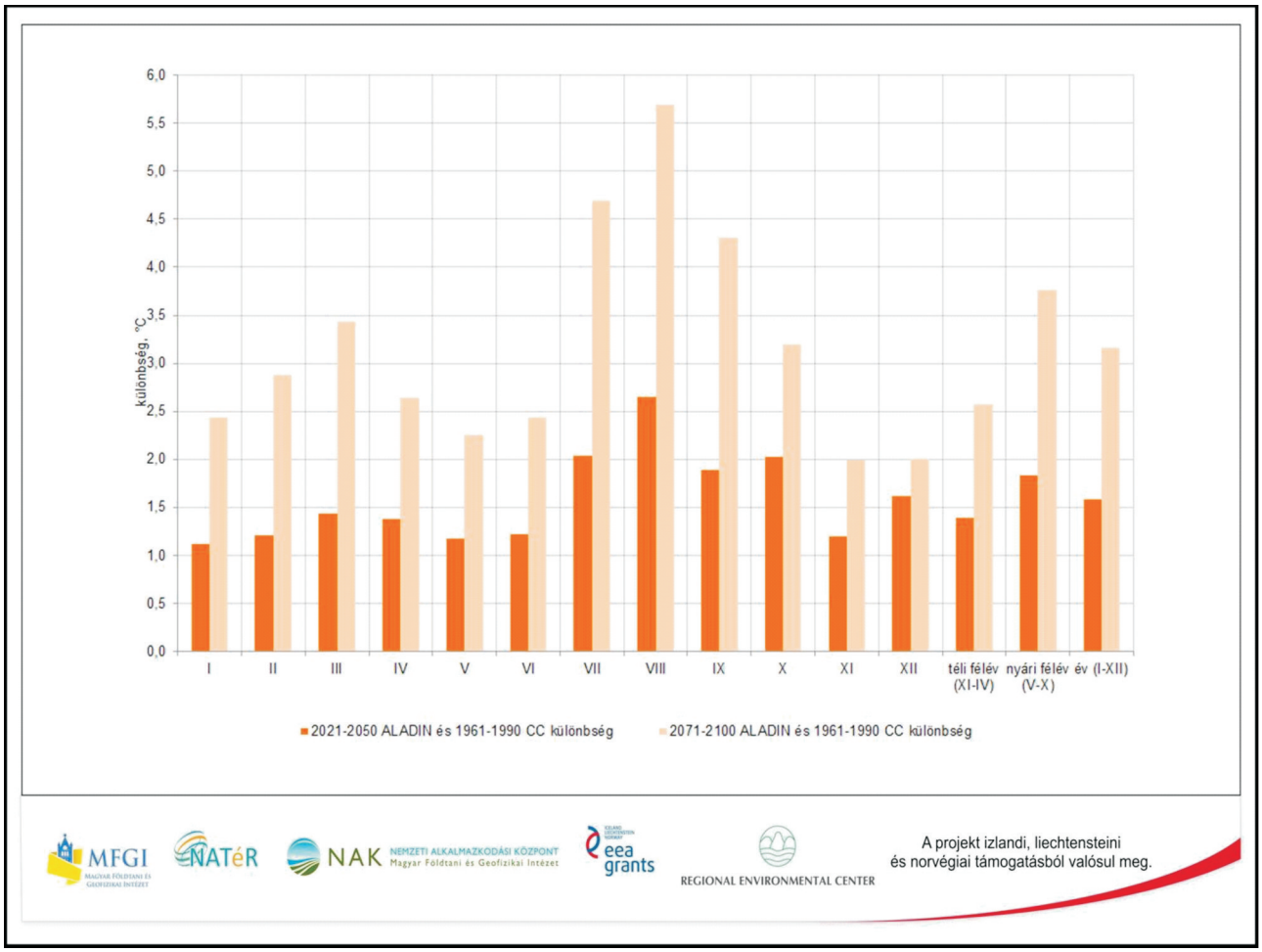
33. ábra: A Balaton vízgyűjtőjére érkező csapadék 30 éves területi átlaga (mm) és az attól való relatív eltérések a jövőbeni klímaablakok (2021–2050 és 2071–2100) idején (%)

vízforgalmat meghatározó természeti tényezők, mint a csapadék, illetve a hozzáfolyás és a párolgás algebrai összegeként értelmezett természetes vízkészletváltozás) változásait az Országos Meteorológiai Szolgálat 1961–1990 referencia-időszakra rendelkezésre álló, valamint a 2021–2050, és a 2071–2100 közötti 30 éves klímaablakokra vonatkozó ALADIN-Climate modellfuttatási eredményeire alapozott hidrológiai számítások eredményeire alapozva becsülte a kutatás.

A 2021–2050 klímaablakra vonatkozó adatokat áttekintve megállapítható, hogy a tó vízgyűjtő területére hulló csapadék becsült alakulásában a referenciaidőszak átlagértékeihez viszonyítva félévi és évi időhorizonton számottevő mértékű (±10%-t meghaladó) változás nem valószínűsíthető. Az egyes hónapokhoz tartozó relatív eltérések szerint áprilisban és a szeptember–november időszakban 10%-t meghaladó növekedés várható, ugyanakkor januárban 32%-os csökkenés mutatkozhat. A 2071–2100 klímaablakra évi időhorizonton számottevő mértékű (±10%-t meghaladó) változás szintén nem valószínűsíthető a referenciaidőszakhoz képest.

Az évi csapadékösszeg időbeli átrendeződésére utal ugyanakkor az az eredmény, hogy félévi időhorizonton a referenciaidőszak értékeihez képest nyáron 10%-ot meghaladó csökkenés, télen 10%-ot meghaladó növekedés mutatkozik. A nyári félévi becsült csapadékcsökkenés súlypontja a július–augusztus időszakra, a téli félévi csapadéknövekedés súlypontja pedig a november–december időszakra koncentrálódik.

A 2021–2050-es klímaablakra vonatkozó adatokat áttekintve megállapítható, hogy a Balaton-vízgyűjtő középhőmérsékletének alakulásában a referenciaidőszak átlagértékeihez viszonyítva félévi és évi időhorizonton számottevő mértékű (1 °C-t meghaladó) változás valószínűsíthető. A nagyobb mértékű



34. ábra. A Balaton-vízgyűjtő havi, félévi és évi középhőmérsékletének a referenciaidőszak átlagától való abszolút eltérései a jövőbeni klímaablakok (2021–2050 és 2071–2100) idején (°C)

melegedés (1,8 °C) a nyári félévre becsülhető. A naptári éven belül a legerőteljesebb hőmérséklet-emelkedés július–október időszakra koncentrálódik. A 2071–2100-es klímaablakra vonatkozó adatok félévi és évi időhorizonton még számottevőbb mértékű (2 °C-ot meghaladó) változást valószínűsítenek. A nagyobb mértékű melegedés (3,8 °C) a nyári félévre becsülhető. A naptári éven belül a legerőteljesebb hőmérséklet-emelkedés márciusra és a július–október időszakra koncentrálódik.

A vízgyűjtőre érkező becsült átlagos évi csapadékmennyiség a referenciaidőszak átlagához képest a jövőbeni klímaablakok időszakos átlagában ±2%-ot nem meghaladó változást valószínűsít. Ez arra utal, hogy a tényleges párolgás becsült növekedésének alapvetően nem a csapadékmennyiség változása lesz az oka. A tényleges magyarázat minden bizonnyal a becsült hőmérséklet-emelkedésben – az erőteljes melegedésben – keresendő. Az ALADIN-Climate modell a Balaton vízgyűjtő területén a referencia időszak átlagához képest 2021–2050 között átlagosan 1,6 °C-os, 2071–2100 között átlagosan 3,2 °C-os melegedést valószínűsít.

A jövőbeni klímaablakok időszakában tehát a becslés szerint alig változó átlagos évi csapadékmennyiség mellett a párolgás jelentős mértékű emelkedése valószínűsíthető. Ez a vízgyűjtő területen a Balaton vízháztartása szempontjából jelentős hozzáfolyás-csökkenést eredményezhet. A 30 éves klímaablakokon belül a negatív előjelű évi csapadék–párolgás különbséggel jellemezhető évek száma az alábbi képet adta:

– az 1961–1990 időszakban: 1 év,
– a 2021–2050 időszakban: 6 év,
– a 2071–2100 időszakban: 13 év.

Azokban az években, amikor a vízgyűjtő területen a csapadék–párolgás különbség negatív előjelű, akkor is van lefolyás, de ez túlnyomó részben felszín alatti vízkészletekből származik. A csapadékosabb évjáratokban a vízgyűjtő területre érkező csapadék eleinte ezeket a hiányzó felszín alatti készleteket pótolja és csak ennek megtörténte után várható a felszíni lefolyás megjelenése. Tekintve, hogy a felszíni alatti vízkészletek vízforgalma és ennek részeként regenerálódása a felszíni vízkészletekhez képest lényegesen lassabban megy végbe, a felszín alatti készleteket érintő változások hatása – mint áthúzódó hatás – több egymást követő évre is kiterjedhet.

A 2021–2050 klímaablakra vonatkozó adatokat áttekintve megállapítható, hogy a Balaton párolgásának alakulásában a referenciaidőszak átlagértékeihez viszonyítva félévi és évi időhorizonton számottevő mértékű (10%-ot meghaladó) változás valószínűsíthető. Havi szinten 15% feletti eltérés július–szeptember időszakban állapítható meg. A 2071–2100 klímaablakra már 40%-ot meghaladó növekedés valószínűsíthető. Havi szinten referencia időszakhoz képest a legnagyobb eltérések (57–73%!) július–szeptemberi időszakban mutatkoznak.

A Balaton párolgásának becsült nagymértékű növekedése lényegében azzal magyarázható, hogy a melegedéssel a magasabb léghőmérséklethez magasabb telítési páranyomásérték tartozik, ugyanakkor a klímamodell mindkét jövőbeni klímaablakra (azon belül a nyári félévi időszakra) csökkenő relatív nedvességet valószínűsít. Ez együttesen az jelenti, hogy a levegő telítési hiányának, azaz a telítési és a tényleges páranyomás különbségének erőteljes növekedése valószínűsíthető.

A Balaton vízháztartásban a természetes vízkészletváltozás azon vízháztartási tényezők algebrai összegét jelenti, amik térbeli és időbeli alakulása csak természeti tényezők által meghatározott. Ezek: a tó felületére hulló csapadék, a tóhoz történő hozzáfolyás és a tó felületéről történő párolgás. Az elvégzett számítások szerint a 30 éves klímaablakokon belül a negatív előjelű évi természetes vízkészletváltozással jellemezhető évek száma az alábbi képet adta:

– az 1961–1990 időszakban: 7 év,
– a 2021–2050 időszakban: 9 év,
– a 2071–2100 időszakban: 19 év.

Az ALADIN-Climate modell jövőbeni klímaablakokra vonatkozó becslései szerint a Balaton vízgyűjtőterületén jelentős éghajlatváltozás következhet be a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakban a viszonyítási időszak (1961–1990) mért adataihoz képest. A leg-

markánsabb és leghatározottabb változás a hőmérséklet becsült emelkedése. Ez többletenergiát szolgáltat a párolgás számára, aminek következtében a vízgyűjtő területen és a szabad vízfelületen egyaránt a párolgás növekedése valószínűsíthető. A vízgyűjtő területen a területi párolgás (az evaporáció és a transzspiráció együttes folyamata) növekedése prognosztizálható, még akkor is, ha a párolgás számára hozzáférhető vízkészlet jellemzően korlátos. A növekvő területi párolgás miatt megváltozik a vízgyűjtő vízháztartási képe, ami a párolgásnövekedés következményeként jelentős lefolyáscsökkenést eredményez. A lefolyáscsökkenés a Balaton vízmérlegének bevételi oldalán hiányt okoz és a vízháztartás deficitességét erősíti. A párolgás növekedése még erőteljesebben mutatkozik meg a korlátlan vízellátottságú szabad vízfelületen. A vízháztartási mérleg kiadási oldalának súlya nő, a vízmérleg alakulását a kiadási oldal határozza meg.

Összességében a Balaton vízháztartásában a bevételi oldal csökkenése és a kiadási oldal növekedése valószínűsíthető. Ez a kettős hatás a referenciaidőszak átlagos viszonyaihoz képest — különösen a második jövőbeli klímaablak időszakában — alapvetően megváltoztatja a tó hidrológiai képét. A vízcsere-aktivitás jelentősen romlik, gyakrabban és tartósabban fordulnak elő lefolyástalan időszakok, sőt a XXI. század utolsó évtizedeiben a Balaton gyakorlatilag lefolyástalan tóvá változhat.

Nem hagyható figyelmen kívül az a tény sem, hogy a tartósan deficites vízháztartási helyzet miatt a tó fokozatosan új hidrológiai egyensúlyi állapot felé mozdul el. Ez a vízszintcsökkenés mellett felületcsökkenést is jelent. Ennek a változásnak a következtében a vízmérlegelemek szélsőségei mérséklődhetnek, ugyanakkor a tó hasznosításával kapcsolatos igények fenntartható kielégítése napjainkban ismert tartalmában és formájában nem lesz lehetséges.

Az éghajlat várható változásának becslése (ezen belül az egyes éghajlati elemek értékeinek becsült alakulása) hibákkal, bizonytalanságokkal terhelt. Mindez — a hidrológiai számítások módszertanában meglévő hibák, bizonytalanságok és általánosítások mellett — elkerülhetetlenül erősíti a hidrológiai számítási eredmények bizonytalanságát.

A teljes vízforgalom alakulásában, a vízállás változásában a természeti tényezők szerepe mellett nem hagyható figyelmen kívül az antropogén hatás sem. Ezek közül a legfontosabbak:

— A Balaton alulról szabályozott tó, ami azt jelenti, hogy lefolyása a Sió-csatornán keresztül szabályozottan történik. A vízszintszabályozás elvei és gyakorlata a tó vízjárásához igazodnak, ennek jövőbeli módosulásai nem ismertek. Napjainkban a medertározás növelésével (a vízszintszabályozási sáv felső határának 5–10 cm-es emelésével) igyekeznek a negatív vízháztartási szélsőségek következtében kialakuló kisvizek szintjét emelni. Ez jó megoldás, ugyanakkor kérdés az, hogy ez a megoldás több évtizedes időtávlatban elegendőnek bizonyul-e a fenntartható tóhasználat igényeinek kielégítésre. Jelen tanulmány eredményei szerint erre a kérdésre a válasz egyértelműen nemleges.
— A vízgyűjtő területen létező és a tavat közvetlenül érintő vízhasználatok (vízkivételek, vízbevezetések a vízrendszerben) is hatással vannak a vízforgalomra.
— Ugyancsak tekintettel kell lenni a vízgyűjtő területhasználatára, annak természetes és emberi hatásra történő változásaira (erdősültség, művelési ágak és módszerek vál-

6. táblázat. A Balaton természeti tényezők által meghatározott vízháztartási tényezőinek és az ezekből származtatott természetes vízkészletváltozás becsült évi átlagértékei (tómm/év) megjegyzés: 1 tómm ~ 600 000 m³ vízmennyiségnek felel meg

Időszak	Csapadék	Hozzáfolyás	Párolgás	Természetes vízkészlet-változás
1961–1990 CC	609	1001	807	803
2021–2050 ALADIN	631	725	926	430
2071–2100 ALADIN	602	224	1137	–311

tozása, a lefolyás szabályozása, szabad vízfelületek kiterjedésének változása stb.)

A felsorolt antropogén tényezők hosszú távú (6–8 évtizedre előretekintő) alakulását gyakorlatilag lehetetlen megbecsülni. Ez a tény további bizonytalansággal terheli a „vízügyi szektor" eredményeit, egyúttal azok felhasználásával kapcsolatban nagyfokú óvatosságra és a bizonytalanságok kiemelésére hívja fel a figyelmet.

3.2.5 A FELSZÍNBORÍTÁS IDŐBELI VÁLTOZÁSA: AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS FÖLDHASZNÁLATI HATÁSAI

Antropogén földhasználatról attól kezdve beszélhetünk, hogy az ember a természet alkotta tájat saját igényei kielégítése érdekében manipulálni kezdte. A történelem során a népesség növekedésével, a technika nyújtotta lehetőségek bővülésével az ember tájra gyakorolt befolyása egyre nőtt, mind mértékében, mind pedig méreteiben, s ez a folyamat továbbra is zajlik. A zöld környezet területe és eltartóképessége is egyre csökken. A mezőgazdaság, az ipar, és a kereskedelem kialakulásával a profittermelés lett a területhasználat elsődleges motivációja. A népesség növekedésével egyre nagyobb lakosságot kell eltartani egyre kisebb területen, melynek termőképességét a termőhelyi tényezők befolyásolják. Ez az a pont, ahol az éghajlatváltozás hatása megmutatkozik az emberiség egészének életére nézve. Megoldandó feladat a művelésre alkalmas területek meghatározása, távolabbi idősíkokba is kivetítve, párhuzamosan a technológiai rendszerek fejlesztésével, hogy a rendelkezésre álló kevés területet a lehető legnagyobb hatásfokkal és a legkisebb környezeti terheléssel, azaz fenntartható módon lehessen hasznosítani a jelen és jövő generációk számára.

Az éghajlatváltozás földhasználatra gyakorolt várható hatásainak elemzését KSH adatok, hazai és nemzetközi szakirodalmi források, távérzékelt és erdészeti adatok, valamint a NATéR keretében végzett legújabb kutatási eredmények felhasználásával végezte a vizsgálat.

Megállapítható, hogy az egyes földhasználati kategóriák (mezőgazdasági növénytermesztést szolgáló területek [ezen belül szántók, zöldségtermesztő kertek, gyümölcsösök és szőlőültetvények]; erdőterületek; rét és legelő területek; vizes élőhelyek; települések; felhagyott mezőgazdasági területek; műveletlen rétek és legelők; egyéb földterületek) területi részaránya alapesetben az éghajlati és a tágabb értelemben vett környezeti feltételrendszer durva szabályozó keretei (földrajzi határok, éghajlat és az éghajlathoz kötött zonális vegetációs formációk, valamint a társult életközösségek) között elsősorban a társadalmi és gazdasági szükségletek és lehetőségek szerint alakul.

A populáció és a technológiai szint együttesen befolyásolja a mezőgazdasági (élelmiszertermelési célú) területek nagyságát. Magyarországon az országterület 86%-a termőterület és a mezőgazdasági területek aránya a 2015-ös KSH adatok szerint 57%.

Megállapítható, hogy miután a népesség változása a kutatási eredmények és a statisztikák alapján közép és hosszú távon is inkább csökkenő, vagy legfeljebb stagnáló tendenciát fog mutatni, vélhetően ebből az elsődleges okból sem a települések területe, sem a mezőgazdasági területek nem növekednek majd. Sokkal inkább várható egy területhasználati optimalizálás, mint társadalmi célú földhasználatváltás.

A magyarországi földhasználati kategóriák 30 éves távlatú vizsgálatai megmutatták, hogy a mai földhasználati változásoknak elsősorban társadalmi–gazdasági iniciatívájuk és hozam-, illetve haszonvételi optimalizálási céljai vannak (leszámítva az elhúzódó infrastrukturális fejlesztéseket).

Mivel sem az elmúlt 30 évben, sem előtte az éghajlati feltételek nem korlátozták a földhasználati formák kialakulását, és a vizsgálatok szerint belátható ideig még nem is kell számolni egyes földhasználati formák ilyen okokra visszavezethető ellehetetlenülésével sem, így az agrárium területén belül a földhasználatváltásoknak elsősorban a hozamviszonyok és a haszonvételi lehetőségek fognak irányt adni.

Ezen a ponton lehet érdemben számításba venni az éghajlat szerepét, mivel a legna-

gyobb részarányú földhasználati formák (szántó, gyep, rét, legelő, erdő) alapvető növénykultúráinak termésviszonyait (akár termény, akár fa) alapvetően befolyásolják a klimatikus tényezők.

Ezért a vizsgálat az éghajlatváltozás okozta hozamváltozásokat vette alapul az egyes földhasználati kategóriák becsült területváltási indexének meghatározásakor, a területfoglalással súlyozott, standardizált hozamváltozási mérőszámokat használva indikátorként a földhasználati kategóriák közötti változások becslésére. Három művelési ág becslésére volt lehetőség, amelyek, prioritási sorrendet is jelezve a szántó, erdő, gyep kategóriák voltak.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a modellezett éghajlatváltozás egyértelműen negatív hatással lesz mind a mező-, mind az erdőgazdálkodás szempontjából a nyugat-dunántúli és a dél-magyarországi régiókra.

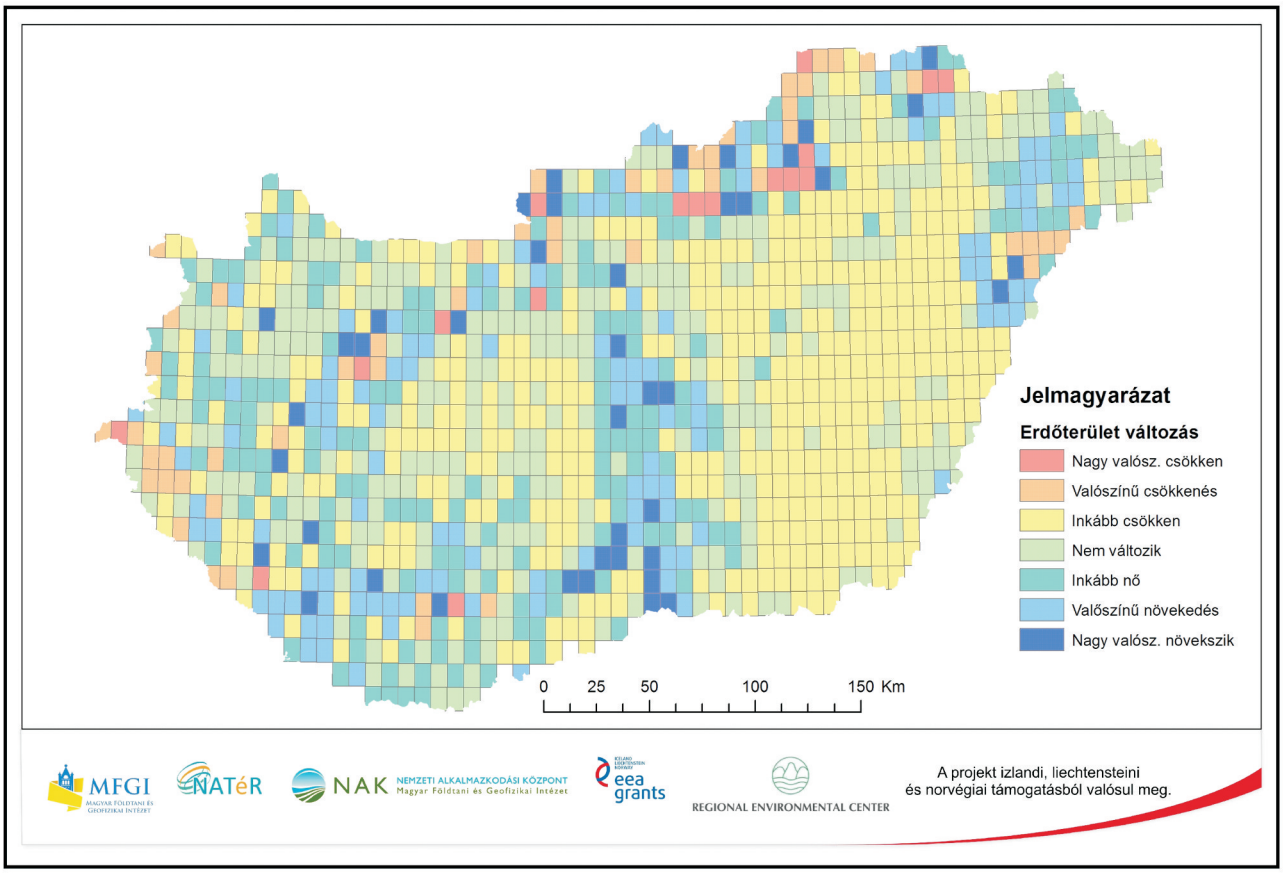
Ezekben a térségekben mind a szántóföldi növénytermesztés, mind az erdőművelési ág adottságai romlani fognak. Ezeken kívül elsősorban a domb- és hegyvidéki, főleg mezo- és xerofil erdőtársulások területén várható kedvezőtlen elmozdulás. További hátrányos terület lesz a Nyírség homokterületeinek erdőművelési ága.

A szántóterületek esetében elsősorban a már említett dunántúli és déli területeken lehet visszaesésre számítani, míg az északmagyarországi régiókban javulhatnak a növénytermesztés feltételei.

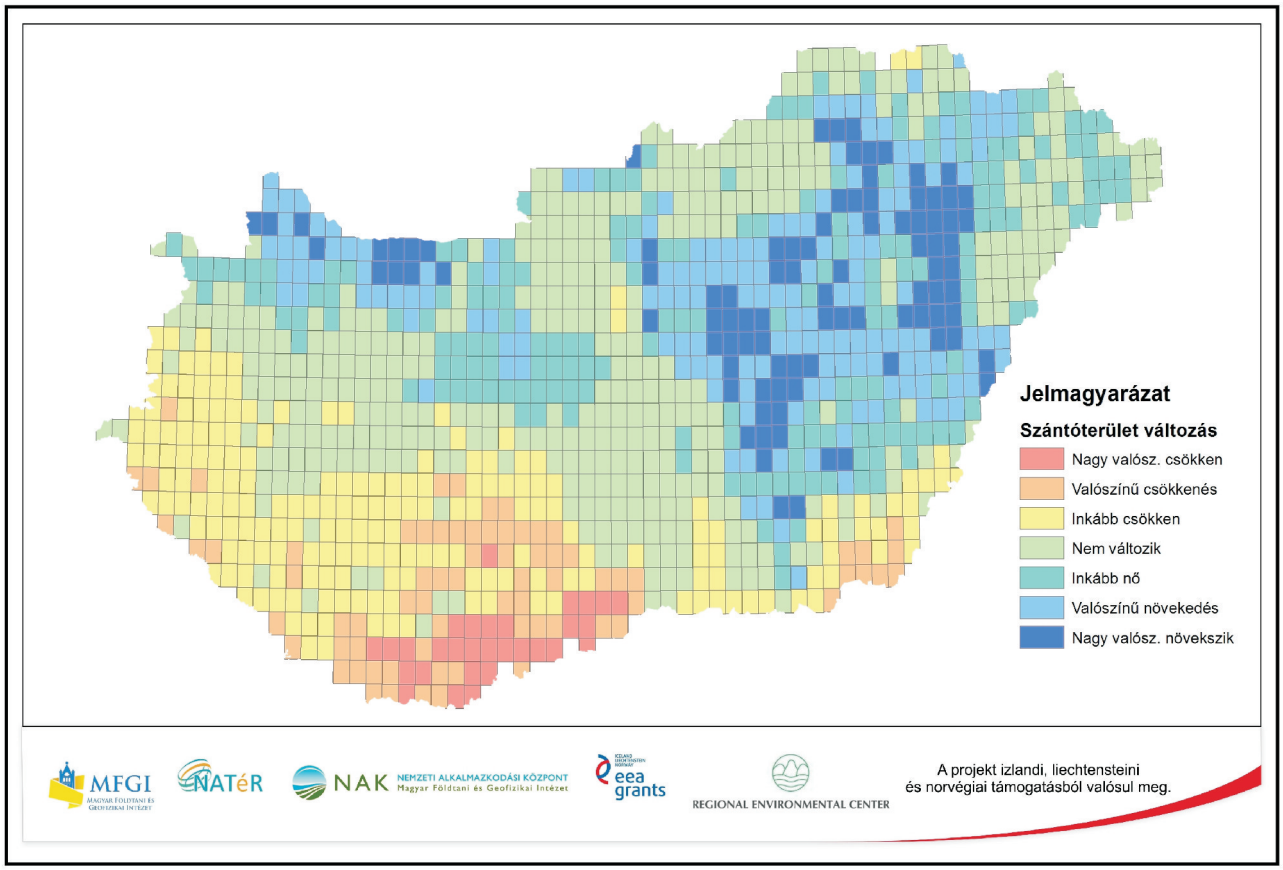
A kelet-magyarországi és a közép-magyarországi gyepek és rétek, legelők területében csökkenés várható, míg Dél- és Nyugat-Magyarországon e területek növekedését prognosztizálják.

3.2.6 AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A MEZŐGAZDASÁGI BIOMASSZA-PRODUKCIÓRA

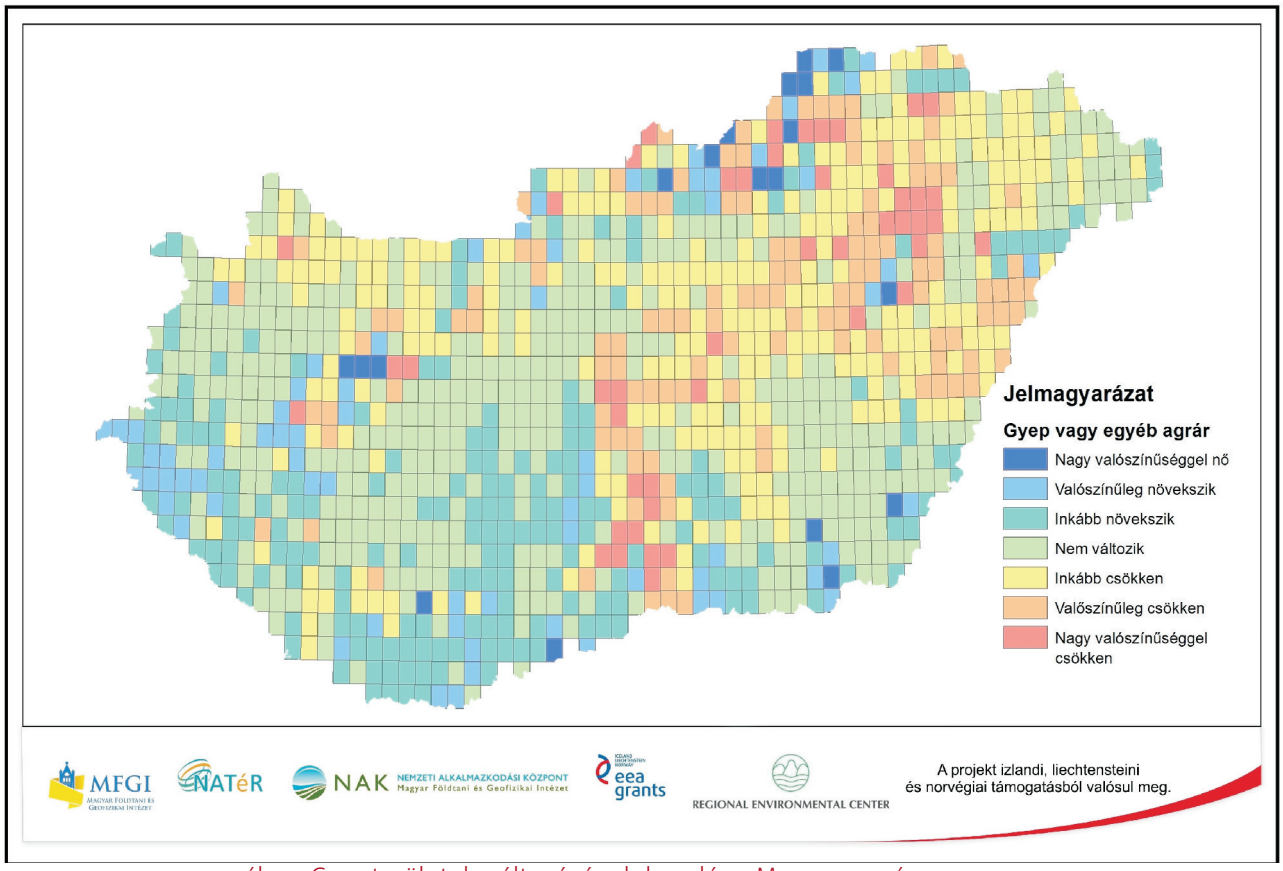
A világ népessége 2050-re várhatóan eléri a kilenc milliárd főt, ezzel együtt az élelmi-



35. ábra. Erdőterületek változásának becslése Magyarországon 2071–2100



36. ábra. Szántóterületek változásának becslése Magyarországon 2071–2100

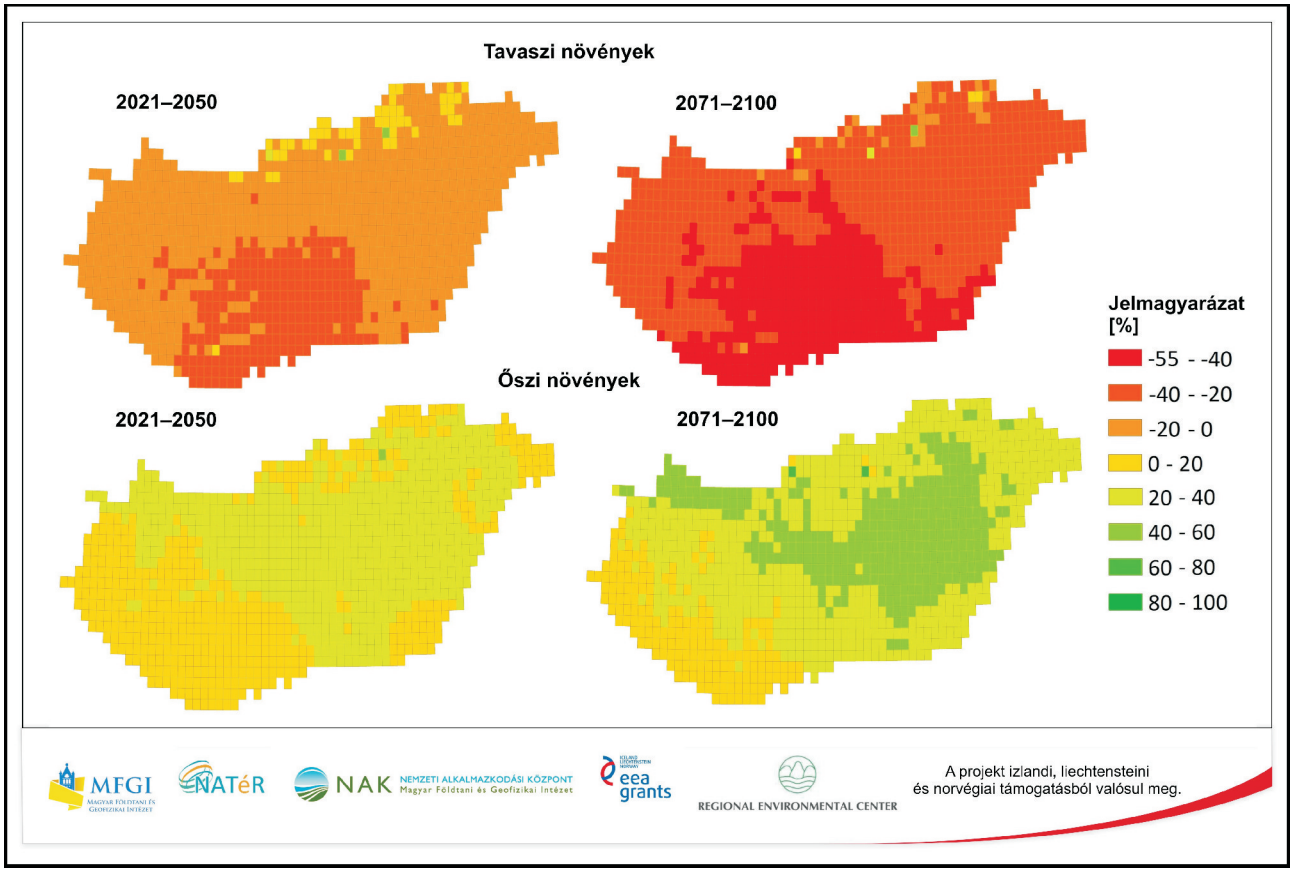


37. ábra. Gyepterületek változásának becslése Magyarországon 2071–2100

szer- és takarmánynövények iránti szükséglet a maihoz képest 70%-kal nőhet. A kihívás még nagyobb, ha tekintetbe vesszük, hogy a szélsőséges időjárási jelenségek, mint például az aszályok és árvizek bekövetkezésének valószínűsége az előrejelzések szerint növekedni fog. Ezzel együtt további termésveszteségekkel és csökkenő termésbiztonsággal lehet számolni, új állati kártevők, gyomok és növénybetegségek jelenhetnek meg.

A terméssziumlációs modelleket gyakran használják az éghajlatváltozás várható hatásainak becslésére helyi vagy globális szinten. Elméletileg csak a rendszermodellek tarthatók olyan tudományos eszközöknek, melyekkel a jövőbe tekinthetünk és értékelhetjük az éghajlatváltozás hatásait. A kutatás során egy ún. 4M, a talaj–növény rendszer főbb folyamatait leképező terméssziumlációs modellt kalibráltak, majd kapcsolták össze két, a legújabbak közé tartozó éghajlatváltozási projekcióval, továbbá nagyfelbontású országos térinformatikai adatbázissal. A munka célja projekciók készítése volt az öt legfontosabb szántóföldi növény biomassza-termelésére.

A 4M napi léptékű, determinisztikus modellként a talaj–növény rendszer főbb folyamatait szimulálja: a talajnedvesség-forgalmat (mely számol a növény vízfelvételével is), a talajhőmérsékletet, a talaj nitrogéntartalmát (mely számol a nitrogén leszivárgásával és a növény nitrogénfelvételével is), a növény fejlődését, növekedését és elhalását. A modell működéséhez napi szintű meteorológiai, és statikus talaj- és növényspecifikus input adatokra van szükség, ezen túlmenően pedig néhány alapinformációra az agrotechnikai műveletekről (időzítés, felhasznált anyagok mennyisége). A modellt a Magyarország területét 1104 cellával lefedő, 10×10 km-es térbeli felbontású CarpatClim-Hu adatbázis, a 0,1×0,1 km felbontású DoSoReMi talaj-adatbázis, és a FADN-ból (Farm Accountancy Data Network) származó 294 reprezentatív mezőgazdasági vállalkozás 2001–2010 közötti



38. ábra. A referenciaidőszakhoz (1961–1990) viszonyított relatív termésváltozások a tavaszi és őszi haszonnövények esetében

adatainak használatával állították be. A növényparaméterek nagy részét (bázis hőmérséklet, maximum gyökerezési mélység, gyökér-, szár-, levél-, terméseloszlási arányok stb.) rögzítették. A modell három legérzékenyebb paraméterét választották ki kalibrációra, hogy megtalálják azt a paraméter-kombinációt, ahol a legkisebb az eltérés a számított és a megfigyelt termések között a 2476 vizsgált parcellán. A kalibráció eredményei alapján a modellszámítások átlagos relatív hibája 14,7%.

A modell kalibrációja után az éghajlatváltozás biomassza-produkcióra gyakorolt hatását a modellkimenetek különbségeiként definiálták, melyeket jövőbeli és jelenlegi (megfigyelt) klímaadatok felhasználásával kaptak. A tanulmány készítésénél az IPCC SRES A1B szcenáriót használták. Az ARPEGE-CLIMATE globális cirkulációs modellt dinamikusan leskálázták Magyarországra két különböző klímamodellel: az ALADIN-nal és a REG CM-mel. Jövőre vonatkozó időjárási adatok a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakokra voltak elérhetőek a megfigyelésekből származó (CarpatClim-Hu) adatokkal azonos, 10×10 km-es felbontásban.

Az éghajlatváltozás hatásainak becslésekor a következő tényezőket vették figyelembe: 1) a CO_2 növekedése az atmoszférában 330 ppm környékéről 660 ppm-re; 2) rövidülő termésidőszakok a megnövekedett hőmérséklet miatt; 3) felgyorsult avarbomlás a magasabb hőmérséklet miatt; 4) lecsökkent fotoszintézishatékonyság a nagyobb vízstresszek hatására; 5) hiányos beporzás a pollenkiszóródás (antézis) idején uralkodó szélsőségesen magas hőmérséklet miatt. Az eredményeket legjobban a 36. ábra foglalja össze, mely a referenciaidőszakhoz (1961–1990) viszonyított relatív termésváltozásokat mutatja a vizsgált tavaszi (kukorica, napraforgó) és őszi (búza, árpa, repce) haszonnövények esetében.

A kutatás legfontosabb megállapításai a következők:

— Az egyszerű, éghajlati adatokon alapuló statisztikai modellek (pl. a Pálfai aridítási index) nem alkalmasak az éghajlatváltozás bizonyos hatásainak becslésére;
— A tavaszi vetésű növények (pl. kukorica) vonatkozásában komoly terméscsökkenéssel kell számolni a távolabbi jövőben (2071–2100). Ez a kiesés a mai termésered-mények 50%-át is elérheti bizonyos területeken. A kukorica vetésterületének 75%-án, a napraforgóénak 80%-án a terméskiesés 30%-nál nagyobb lehet. A tavaszi vetésű növények termésbiztonsága egész Magyarország területén csökkenni fog.
— Az őszi vetésű növények (pl. búza) egyre magasabb terméseket mutathatnak a 21. század végéhez közeledve, a maiaknál akár 50%-kal magasabb eredmények is elérhetők lesznek bizonyos területeken. A búza vetésterületének 62%-án, az árpa 58%-án, a repce területének 63%-án szignifikánsan magasabb (30%-nál nagyobb) terméseredményeket hozhat a 2071–2100 periódusban. Az őszi növények termésbiztonsága is nőhet bizonyos helyeken (pl. a Nagyalföld középső területén).
— A légkör szén-dioxid-koncentrációja megduplázódhat a vizsgált periódusban, aminek nagyon komoly termésnövelő hatása van az elsődleges biomassza produkcióban, és bizonyos mértékben ellensúlyozza a vízhiány negatív hatásait.
— Öntözéssel elméletileg akár 50%-os termésnövekedés is elérhető lehet bizonyos területeken a 2071–2100 időszakban, kukorica esetén már az országos átlag is 75% feletti javulás lehet. A tavaszi és őszi növények öntözése nagymértékben, illetve mérsékelten nyereséges lehet sok helyen. Mivel a bruttó profit egész Magyarország területén pozitív még a kukorica–búza vetésforgó esetén is, úgy tűnik, hogy megéri öntözési beruházásokba fektetni — szem előtt tartva azt, hogy az öntözés nem megvalósítható / nem ajánlott bizonyos területeken.
— A kukorica intenzív műtrágyázása sok helyen nem lesz nyereséges a 21. század vége felé.
— A gazdálkodók az éghajlatváltozás negatív hatásait csökkenthetik, ha az agrotechnikát a változó környezeti körülményekhez

igazítják: 1) növelik az őszi vetésű növények arányát a vetésforgóban, 2) korábban vetnek, 3) gyorsan érő fajtákat választanak, 4) magasabb aszálytűrő képességgel rendelkező fajtákat alkalmaznak, 5) más, alternatív növényeket is bevonnak a termesztésbe.

3.2.7 AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA AZ ERDŐGAZDÁLKODÁSRA

A fenntartható erdőhasználat Magyarországon csak az erdei erőforrások fokozatos gyarapításával valósítható meg. Hazánk erdővagyona kicsivel több, mint 2 millió hektár, így az erdősültség 21,5% körül van jelenleg. Erdeink két legnagyobb rendeltetési kategóriája a gazdasági, amely erdeink majdnem kétharmadát jelenti; míg a fennmaradó erdők nagy része elsődlegesen védelmi funkciójú. Erdeink zöme az adottságainkból következően elegyes lomberdő. Az erdőgazdálkodásban alkalmazható fafajok száma meghaladja a százat.

Területfoglalás tekintetében az összesen 21,5%-nyi erdőterületen belül jelentős mértékű, a kocsánytalan és kocsányos tölgy, molyhos tölgy reprezentáltsága együttesen 20,5%. A csertölgy önmagában 11,4%-os részesedésű az erdőterületből, így egyharmada az erdeinknek tölgyes erdő. A bükk, mint jelentős gazdasági értékű fafaj, 6%-ot foglal el. Üde erdeink jelentős elegyfaja, a gyertyán 5,5%-os részesedésű. A többi lombos fafajunk (hársak, juharok, kőrisek stb.) a terület 10,4%-án kapnak helyet. Külön ki kell emelni az akácot, amely idegenhonos léte ellenére önmagában a legnagyobb területarányú fafajunk, 23%-os területi aránnyal. A lombosok közül a nemes nyárak 7, a hazai nyárak pedig 3,3%-ban részesednek az erdőterületekből. Az őshonos és egzóta fenyők területi aránya 13,3% (a legjelentősebb fajok az erdei és a fekete fenyő). Az élőfakészlet tekintetében csak a tölgyek (a csertölggyel együtt) az élőfakészlet 38%-át adják, míg az akác csupán 12%-ot. A teljes ültetvényszerű gazdálkodás hozzájárulása az élőfakészlethez 35% körüli.

Természetes erdeink kisebb mértékben a mezofil, nagyobbrészt a xerofil elegyes lomberdők (alapvetően tölgyesek) közé tartoznak. A természetközeli erdők aránya durván 50%. Erdeink másik fele akácos, fenyves, nyáras kultúrerdő. Erdőgazdálkodásunk gerince a vágásos, korosztályos erdők kezelésén alapul, azonban egyre növekvő hangsúlyt kap a természetközeli gazdálkodási mód, mely leginkább a természetes felújítások előtérbe helyezésével és az elegyfajok nagyobb arányú megtartásával fémjelezhető. Növekszik a szálaló gazdálkodásra átállított erdőterületek száma is.

A várakozások alapján az előrejelzett klimatikus feltételek megváltozása jelentősen megváltoztatja az erdészeti klímaosztályok térbeli eloszlását. Mindez várhatóan igen jelentős hatást gyakorol a jelenlegi erdőterületek hasznosíthatóságára nézve. A hatások többféle módon nyilvánulhatnak meg:

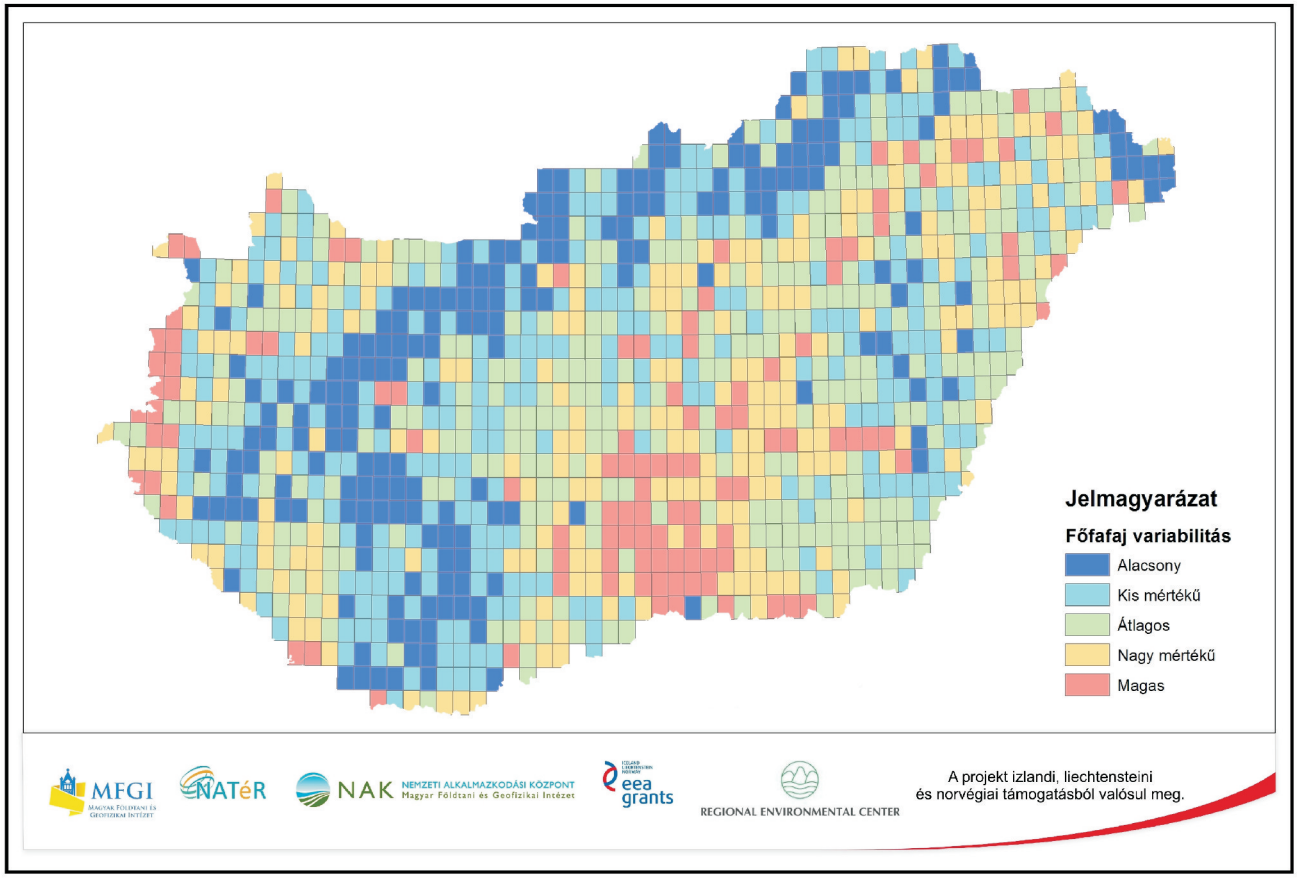
— a nagy hozamú, de klímaérzékeny főfafajú erdőállományok szerkezetátalakításában,
— számottevő hozamcsökkenésben, gazdasági erdőből véderdővé átalakulásban,
— erdőterület-csökkenésben az erdőborításra való alkalmatlanná válás okán.

A legidősebb erdeink általában a leginkább természetes állapotúak is, melyek a középeurópai, szubmontán, üde lomberdők képviselői. Az idős erdők egyben változatos életközösséget is jelentenek, és mivel nem csak kizárólag idős erdőállományok területei ezek, a kor- és méretbeli diverzitás együtt jár a magasabb szintű biodiverzitással is, ami az alkalmazkodóképesség egyik fő forrása. Fontos szempont, hogy ezeknek az erdőterületeknek a jelentős részén gyakorlatilag most kell eldönteni, hogy milyen felújítási stratégiát és fafajösszetételt választunk a következő 100–150 évre. Javasolt ezért ezeknek a területeknek az éghajlatváltozás szempontú értékelését legelőször elvégezni. A jelentősebb erdőterülettel bíró országrészeken meghatározó szerepe lesz az erdőgazdálkodás alkalmazkodását segítő intézkedéseknek az ágazat szempontjából.

Az egyes korosztályok jelenleg legnagyobb területfoglalással bíró főfafajai mutatják legjobban, hogy miképpen változik a jövő erdeinek állományszerkezete, és hogy a múltban mikor, mely fafaj-politikai irányelvek játszottak meghatározó szerepet. A természetközeli erdeink területén megmaradt a

bükk, a kocsánytalan tölgy, a csertölgy és a kocsányos tölgy vezető részaránya, ami egyébként az idősebb korosztályokban is nyomon követhető. Ennek üzenete az, hogy a természetközeli erdőterületeink esetén a jövő erdőállományainak kialakításában jelenleg nincs érezhető jele az éghajlatváltozásra való felkészülésnek, vagy az ez által ösztönzött szerkezetátalakítási kísérleteknek. Ez nem feltétlenül hiba, de mindenképpen figyelmet kell fordítani arra: jelen állás szerint az éghajlatváltozás ellenére az erdőgazdálkodásban az ún. „business as usual" forgatókönyv szerint haladnak az ügyek. A fiatal erdők esetében (az első három korosztályban) az akác dominál. E faj ilyen általános megjelenése arra utal, hogy az akác nagyon prefe-rált fafaj az újabb erdőtelepítések létrehozásakor. Az akácot a nemes és kisebb mértékben a hazai nyár telepítések követik, így egyértelmű, hogy a jövőben emelkedik majd az akác és a nemes nyárak területaránya.

Az egyes korosztályok főfafajai a legnagyobb változatosságot az alföldi, folyóvölgyi térségek és az alföldi homokterületek esetében, valamint a nyugati határszéli területeken mutatják. Ezzel ellentétben domb- és hegyvidékeink zömén alacsony értékű a korosztályok között számított, területalapú főfafaj-változatosság. Ez alapvetően a természetközeli erdők konzervatív fafaj-politikájára vezethető vissza. E vonatkozásban tehát egyértelműen kisebb diverzitással jellemezhetők a természetközeli erdeink, mint a kultúrerdők. Mivel mindegyik korosztály azonosan reagál, ez az egyik oka annak, hogy a vizsgálatok éppen a természetközeli erdőkkel borított területeken becsülnek egyértelműen negatív éghajlatváltozásból eredő hatást, míg a kultúrerdők esetében változó, de néhol javuló tendenciát. Fontos tanulság tehát, hogy mindenképpen indokolt az erdőállományok főfafaj- és korosztályszinten egyaránt végrehajtott diverzifikálása.



39. ábra. A korosztályok főfafajainak változatossága

A jövőre nézve az egyik legfontosabb kérdés az erdőfelújítások témaköre, mely tevékenységhez megfelelő minőségű és mennyiségű szaporítóanyagra lesz szükség. Ennek ellátó hátterét ki kell építeni, illetve a meglévő szaporítóanyag-bázisokat fenn kell tartani, nem csak a szaporítóanyaghoz kötött kultúrerdők (nyárasok, fenyvesek) esetében, hanem a természetközeli erdőállományok szaporítóanyag-készletei kapcsán is. A természetes erdőkben jelentkező hektikusabb magtermések, valamint az újulat számára kedvezőtlen aszályos periódusok gyakoriságának növekedése emelik a természetes felújítások kockázatát. A természetes magforrások apadása miatt pedig ma sem ritka a tájidegen, vagy országhatáron kívüli szaporítóanyag-behozatal. Éppen ezért fejleszteni kell mind a vegetatív, mind a generatív szaporítóanyag-ellátási rendszert, az erdészeti génmegőrzési hálózatokat, valamint fel kell készülni a potenciális idegenhonos, de kárpát-medencei eredetű szaporítóanyag-forrásokból származó anyaggal folytatott származási kísérletek elindítására.

3.2.8 AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A TERMÉSZETES ÉLŐHELYEKRE

Az éghajlatváltozással szembeni sérülékenységet a különböző tématerületek kapcsán jellemzően a CIVAS keretrendszer segítségével tárgyalják és becslik az IPCC ajánlásainak megfelelően (IPCC 2007). Eszerint a vizsgált rendszer sérülékenységét (vulnerability, V) a éghajlatváltozás várható hatása (potential impact; PI) és a rendszer geofizikai, biológiai és szocio-ökonómiai változásokhoz való alkalmazkodóképességének (adaptive capacity; AC) eredője adja meg. A várható hatást az éghajlatváltozás várható mértéke (kitettség, exposure) és a rendszer érzékenysége (sensitivity) határozza meg. E részfejezetben ez a keretrendszer az éghajlatváltozásnak kitett természetes és féltermészetes ökoszisztémák (élőhelyek) kapcsán került alkalmazásra. Mivel az élőhelyek önszerveződő rendszerek, fizikai és biológiai tulajdonságaik határozzák meg klímaérzékenységüket és adaptív képességüket, amely függőségek modellek segítségével leírhatók (Czúcz et al. 2011).

A jelen részfejezetben bemutatott vizsgálat célja a CIVAS keretrendszer elemeinek becslése volt Magyarország leginkább klímaérzékeny élőhelyeire (climate sensitive natural habitats – CSH-k). Első lépésként megtörtént a magyarországi élőhelyek klímaérzékenységének felderítése és a CSH-k kiválasztása bioklimatikus modellek segítségével, amit ezen élőhelyekre a várható hatás meghatározása követett a modellek jelen és a jövőbeli viszonyokra alkalmazásával. Az adaptív kapacitás számítás az érzékeny élőhelyekre Czúcz és munkatársai 2011-es fogalmi keretrendszerének megfelelően történt meg, majd a kutatók egy kidolgozott példát hoztak a hatás- és alkalmazkodási alapokon történő sérülékenységelemzésre.

3.2.8.1 MÓDSZEREK

A klímaérzékenység bioklimatikus modellek segítségével határozható meg, melyek az élőhelyek megfigyelt előfordulásai és az ott észlelt környezeti viszonyok között teremtenek kapcsolatot. Az élőhelyi megfigyelések Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisából (Méta, Horváth et al. 2008, Molnár et al. 2007, Bölöni et al. 2011) származtak, míg a környezetet leíró változók, köztük az éghajlatot, a talaj- és vízrajzi viszonyokat, valamint domborzatot számszerűsítők a NATéR-ből. A klímaérzékenységet a klímaváltozók relatív fontosságával jellemezték, a bioklimatikus modellezés egyik eredményeként.

Az adaptációs képesség esetén három forrást vettek figyelembe. A helyi rugalmasságot a táj természetességével közelítették, ehhez a természeti tőkeindexet (Cook 2002, Czúcz et al. 2012) használva. A refúgium-alapú alkalmazkodás akkor sikeres, ha a táj heterogén, ezért ezt az élőhelydiverzitással közelítették. A vándorlás-elvű alkalmazkodást a táj összekötöttsége határozza meg, melynek számszerűsítéséhez az azonos élőhelyfoltok közelségén alapuló indexet alkalmazták (Czúcz et al. 2011). Mindhárom indexet átskálázták egy ötfokozatú ordinális skálára és ezek megfelelő térbeli egységre (NATéR négyzet, ill. a település külterületének határa) vonatkoztatott

maximuma lett az alkalmazkodási képesség merőszáma.

A várható hatást adott élőhely jelenlegi és jövőbeli előfordulási valószínűségének különbségével jellemezték. A NATéR keretében két jövőbeli időszakra (2021–2050; 2071–2100), két eltérő klímamodellel előállított adatok állnak rendelkezésre, így a PI is négy változatban becsülhető. Értékei –1 és 1 közé esnek, az 1-es jelenti a legsúlyosabb kedvezőtlen klímahatást, míg –1 esetén az éghajlatváltozás hatása kedvező az adott élőhelyre.

A sérülékenység (V) a várható hatások és az alkalmazkodóképesség függvénye. Minél nagyobb mértékű a várható hatás, az élőhely annál sérülékenyebb, ám a hatást csökkentheti az alkalmazkodó képesség. A sérülékenység számszerűsítése kérdésfüggő, ezért a NATéR online felületein a PI és az AC rétegei lettek elérhetők, amelyből egyedi kérdéseknek megfelelően előállítható többféle reprezentáció. Ugyanakkor demonstratív jelleggel készült egy táji szempontú sérülékenységelemzés is, amelyben először élőhelyenként számoltak sérülékenységet. Ehhez a várható hatás 0 feletti értékeit (kedvezőtlen klímahatás) megszorozták az adaptív kapacitás hiányával, utóbbit úgy számszerűsítve, hogy az AC-t kivonták az adatsori maximum+1-ből. Így a magas alkalmazkodási képességhez 1 tartozott, míg az alacsonyhoz 5, azaz alacsony adaptív képesség magasabb sérülékenységhez vezetett. A sérülékenység NATéR négyzet szinten került meghatározásra úgy, hogy élőhelyi identitástól függetlenül a négyzetben előforduló legmagasabb sérülékenységet rendelték az adott négyzethez, tehát az adott négyzetre vonatkozóan állapították meg a természetes élőhelyek sérülékenységét. A sérülékenység-becslés 4 rétegben készült a jövőbeli időszakoknak és klímamodelleknek megfelelően.

3.2.8.2 EREDMÉNYEK

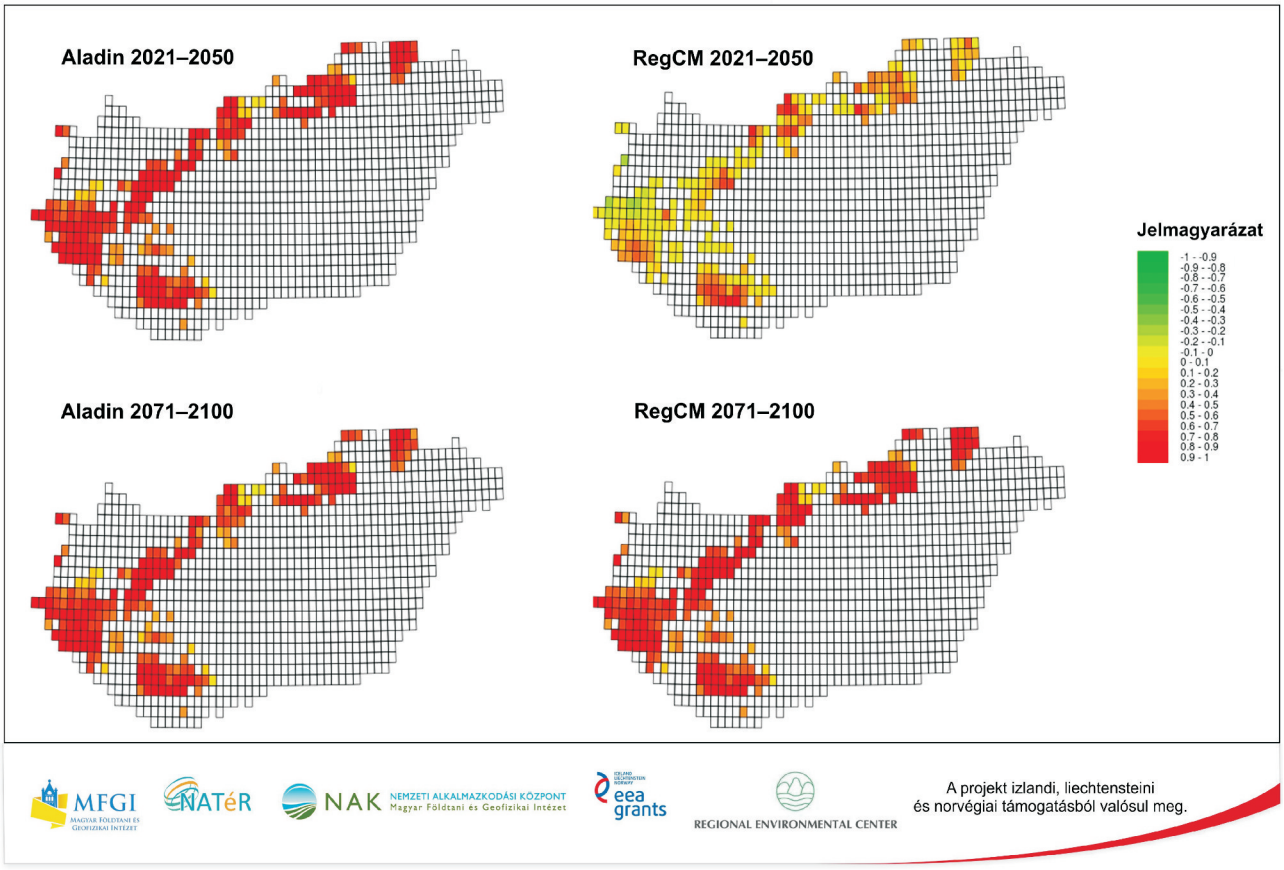
Hazánkban a következő 12 élőhely bizonyult a leginkább klímaérzékenynek: mészkerülő lombelegyes fenyvesek (N13), törmeléklejtő-erdők (LY2), padkás szikesek, szikes tavak iszap- és vakszik növényzete (F5), bükkösök (K5_K7a), úszólápok, tőzeges nádasok és téli sásosok (B1b), alföldi zárt kocsányos tölgyesek (L5), löszgyepek és kötött talajú sztyepprétek (H5a), hegylábi zárt erdőssztyepp és lösztölgyesek (L2x_M2), cseres tölgyesek (L2a_L2b), erdős sztyepprétek (H4), fűzlápok (J1a), gyertyános tölgyesek (K1a_K2_K7b). Ezek mindegyikében az éghajlati változók relatív fontossága legalább 55% volt (100-ból). A további elemzéseket ezekkel az élőhelyekkel végezték a kutatók.

A hatás- és alkalmazkodási elemzések eredményei NATéR négyzet szinten bekerültek az online adatbázisba, a településsoros eredmények pedig táblázatos formában részei a végső jelentésnek. A hatásbecslések időszakonként és klímamodellenként különkülön rétegben, az alkalmazkodási képesség becslések pedig élőhelyenként érhetők el a NATéR-WEB-en. A sérülékenységelemzés eredményeit a végső jelentés részletezi, illetve nem publikus formában részévé válik a NATéR-nek is; időszakonként és klímamodellenként külön becslésként.

Az éghajlatváltozás várható hatása jellemzően kedvezőtlen a klímaérzékeny erdőkre (lásd 8., 40. ábrát. A színskála a zöldtől a piros felé a kedvezőtől a kedvezőtlen várható hatásig terjed). Kivételt jelentenek az alföldi zárt kocsányos tölgyesek (L5), amelyeknél a becslések jelentősen változnak mind a vizsgált időszak, mind a klímamodell függvényében.

Hasonló bizonytalanságok tapasztalhatók az erdős sztyepprétéknél (H4) is, ezért ennek a két élőhelynek a becsléseit óvatosan kell kezelni. A többi (egyben fátlan) klímaérzékeny élőhely legalább részben profitálni látszik az éghajlatváltozásból. A vizes élőhelyeknél ez a megnövekedett téli csapadék eredménye lehet. Kedvező a várható hatás értéke a löszsztyeppekre (H5a) és az egyéves szikes vegetációra (F5). Az utóbbi különösen erős kedvező hatást mutat, ami jól illeszkedik ahhoz, hogy a szikes talajok jellemzően száraz és meleg éghajlaton alakulnak ki, amerre a hazai klíma is halad a forgatókönyvek szerint.

A klímaérzékeny élőhelyek többsége klímazonális és elterjedt élőhely, így viszonylag



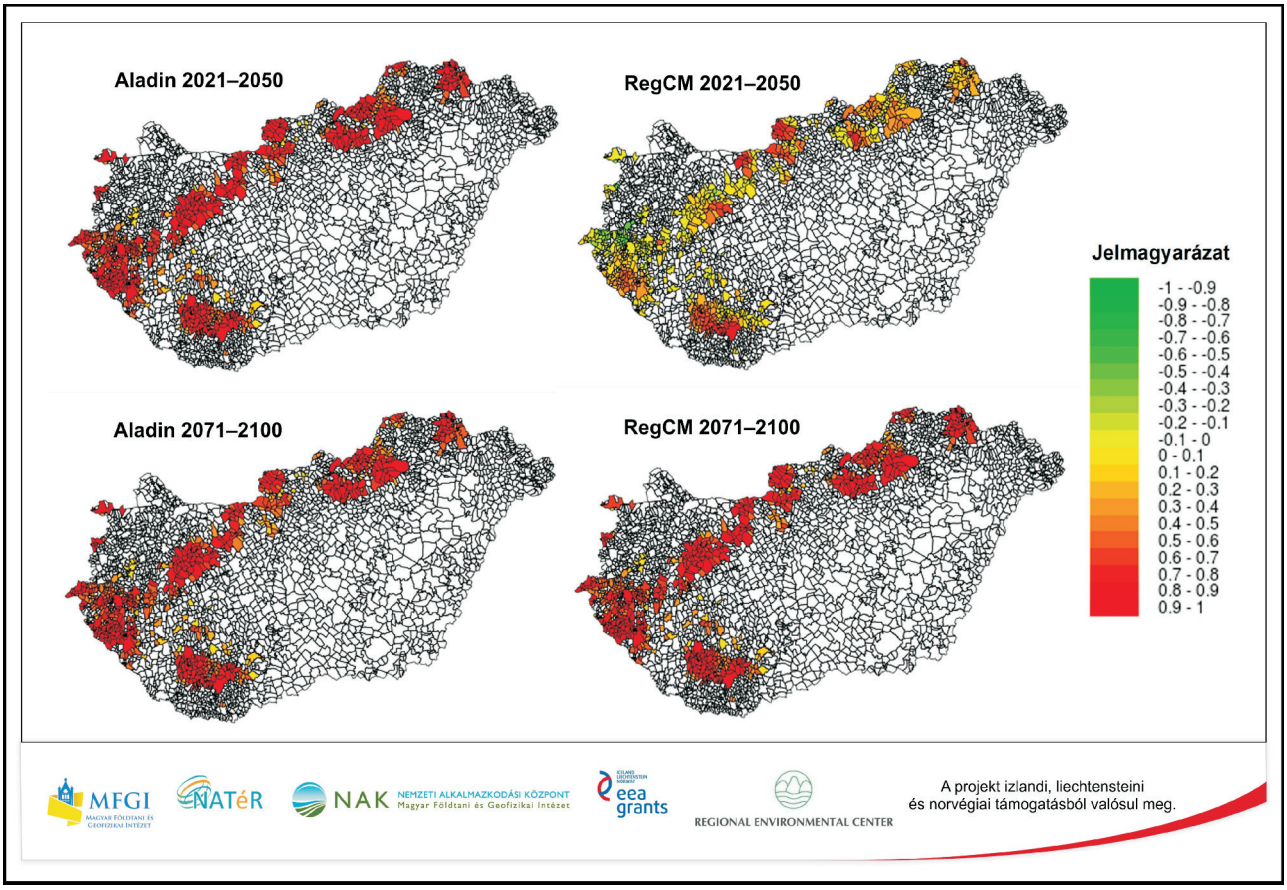
40. ábra. Az éghajlatváltozás várható hatása a meglévő bükkös faállományra, NATéR négyzetekre vonatkoztatva

magas AC-vel rendelkeznek, ami nagyban kompenzálhatja a várható hatásokat. A széles elterjedtségű, vagy egyébként blokkokban előforduló élőhelyek (pl. gyertyános-tölgyes, bükkös, mészkerülő fenyőelegyes erdők) adaptív kapacitása a blokkok belsejében magas, majd a szélek felé haladva csökken. Ettől eltér pl. a legelterjedtebb klímaérzékeny élőhely, a cseres-tölgyes (L2a_L2b) AC mintázata, mivel ez annyira jó összekötöttségű, hogy mindenhol magas értékkel rendelkezik. A többi élőhely adaptív képessége változatosabb mintázatot mutat, ezért kevésbé jósolhatóan hat a sérülékenységükre.

A klímamodellek meglehetősen egységes képet mutatnak a hosszú távú (2071–2100) sérülékenység viszonylatában. A természetes vegetáció erőteljesebben lesz sérülékeny Nyugat-Magyarországon és a középhegységeinkben, valamint a Nyírség keleti részén. Ennek valószínű oka, hogy az erdővegetáció a leginkább sérülékeny az éghajlatváltozás szempontjából. A rövidtávú sérülékenységet illetően ugyanakkor a két klímamodell eredménye eltér. Az ALADIN jóslataival számolva a hosszú távú sérülékenységhez hasonló mintázatot kapunk. A RegCM-et alkalmazva kisebb sérülékenység mutatkozik rövidtávon a Dunántúlon, viszont nagyobb a délnyugati országrészben.

3.2.8.3 KÖVETKEZTETÉSEK, HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEK, TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOK

A klímaérzékeny élőhelyek jelentős részt lefedik a hazai klímazonális vegetációt, így az ezek alapján levont következtetések várhatóan reprezentatívak az éghajlatváltozásra adott reakciókra nézve hazánkban. Azok a becslések tekinthetők leginkább megbízhatónak, amelyeknél mind a különböző klímamodellek alapján kapott eredmények hasonlóak, mind pedig az időbeli trendek illeszkednek a két vizsgált periódusban.

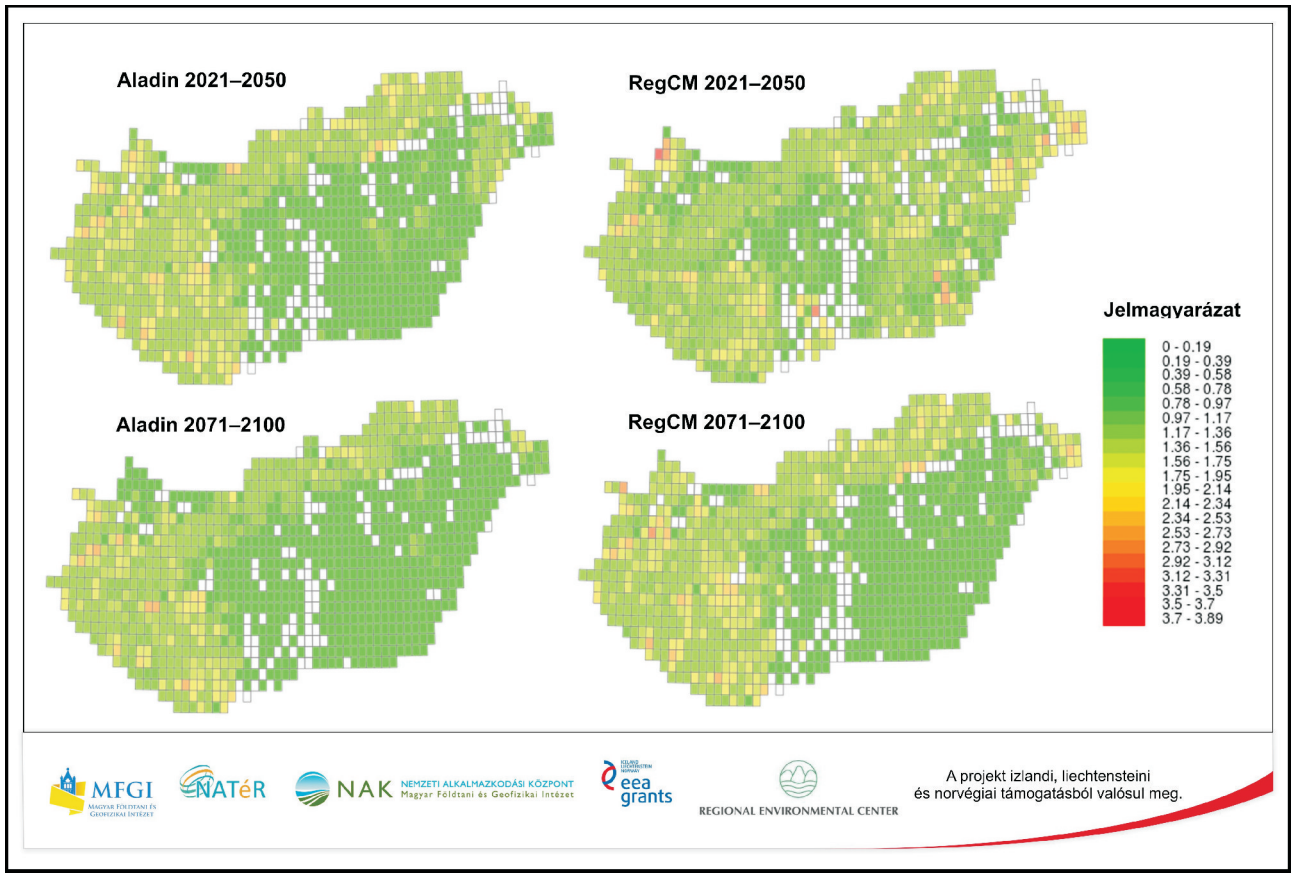


41. ábra. Az éghajlatváltozás várható hatása a meglévő bükkös faállományra, településhatárra vonatkoztatva

A klímazonális erdők és a gyepek közül kettő ilyen volt. Azokat a becsléseket azonban, ahol klímamodellek vagy időszakok szerint jelentős eltérés jelentkezett, fenntartásokkal kell kezelnünk. Mivel voltak olyan élőhelyek, ahol ez előfordult, a jövőbeli kutatási irányok egyik legfontosabbika a felhasznált klímamodellek körének, illetve a vizsgált jövőbeli időszakoknak a bővítése.

A hatás- és adaptációsképesség-becslések részletesen bekerültek az online adatbázisba, tudományos elemzések és gyakorlati lépéseket megalapozó vizsgálatok széles skáláját téve lehetővé. Fontos azonban megjegyezni, hogy a jelen becslések csak az adott élőhely meglévő állományaira vonatkoznak. Ebből adódóan csak azokra a területi egységekre található adat a NATéR adatbázisban, ahol jelenleg előfordul az élőhely. Javasolt ezeknek a részleteikben elérhető rétegeknek a felhasználásával kérdésenként sérülékenység-elemzés elvégzése a jövőben.

Ez hatékonyabb és specifikusabb választ ad, mint egyetlen előre elkészített sérülékenységi réteg. Az ilyen elemzés létjogosultsága a természetvédelmi és restaurációs prioritások megállapításához, valamint a tájértékelésben egyértelmű, de további tájtervezési feladatokba is bevonható.



42. ábra. Természetes élőhelyek sérülékenysége a leginkább klímaérzékeny 12 élőhely sérülékenysége alapján a NATéR négyzetekre vonatkoztatva

4 Következtetések hasznosítási és fejlesztési lehetőségek

A bemutatott kutatások és eredményeik is alátámasztják: a NATéR valóban olyan többcélú döntéstámogató eszköz, amely az éghajlatváltozással kapcsolatos információkon túl a több ágazaton, környezeti rendszeren, társadalmi–gazdasági struktúrán keresztül érvényre jutó komplex hatások (azaz a sérülékenység) és összefüggések feltárására is alkalmas. E tulajdonsága révén elsősorban stratégiai előrebecslések és egyes területeken tervezési feladatok támogatására alkalmas. A számszerű, térben differenciált információk ugyanis hozzájárulhatnak többek között a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia, a Nemzeti Energiastratégia, a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia, a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia, a Nemzeti Biodiverzitás Stratégia, a Nemzeti Környezetvédelmi Program, a Nemzeti Vidékstratégia, az Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Koncepció dokumentumok aktualizálásához: a következő tervezési időszakok során elkészítendő új verzióik kidolgozásához. A NATéR információi hasznosíthatók a közlekedés, a turizmus, a katasztrófavédelem, a környezetegészségügy, az építésgazdaság szakágazatok tervezési tevékenysége során, illetve a mindezeket integráló fejlesztéspolitika stratégiai tervezési feladataiban.

A NATéR keretében készülő elemzések, értékelések, hatásvizsgálatok felhasználási lehetőségeit alapvetően két, egymással is összefüggő fő irányban határozhatjuk meg:

– természeti erőforrásokkal való tartamos, fenntartható gazdálkodás;
– ágazati és területi stratégiai tervezés.

Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül áttekintjük ezeket az alkalmazási lehetőségeket, példákon keresztül világítva rá a NATéR sokrétű felhasználási területeire.

4.1 NATÉR ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK A TERMÉSZETI ERŐFORRÁS GAZDÁLKODÁS TERÜLETÉN

A természeti erőforrásokkal való hosszú távon tudatos, fenntartható gazdálkodást az alábbi NATéR alkalmazási lehetőségek segíthetik:

(a) Természetes ökoszisztémák (erdők, gyepek, vizes élőhelyek) éghajlati sérülékenységének figyelembevétele a természetvédelmi kezelési tervek, erdősítési, erdőfelújítási tervek, NATURA-2000 kezelési, gazdálkodási tervek kidolgozása során.

(b) A termőföldek használatának tervezése során az éghajlatváltozás szempontjait figyelembe vevő művelési ágak kialakítása, alkalmazkodó növényfajok telepítése, a mezőgazdasági teménybecslésben, valamint az energiaültetvények, erdők és egyéb növények telepítésében rejlő lehetőségek kiaknázása a szén-dioxidnyelők révén az ÜHG mérlegben. Az erózióveszélyeztetett területek azonosítása, a termőföldveszteségek csökkentése is komoly lehetőség.

(c) A vízkészletek mennyiségi és minőségi védelme, megőrzése kapcsán az éghajlati és emberi eredetű sérülékenység figyelembevétele a vízgazdálkodási rendszerek kialakítása és működtetése során; a vízi-közmű-szolgáltatások éghajlatvédelmi szempontú, „jó gazda módjára történő" árazásában és szervezésében; az élővizek turisztikai hasznosításakor, vagy a termálvizek fenntarthatósági kritériumoknak megfelelő, a térségek adottságaihoz igazodó, hosszú távon is tudatos használatának tervezésében.

(d) Ásványi nyersanyagok, energiahordozók kapcsán készülő nyersanyag-gazdálkodási stratégiák, készletgazdálkodási tervek kidolgozása, a hazai és világpiaci tendenciák figyelembevételével az erőforráskészlet ésszerű és fenntartható gazdálkodásának kialakításáért az ellátásbiztonság és a gazdasági stabilitás figyelembevétele mellett, biztosítva az összhangot az energia-, klíma- és fenntarthatósági stratégiákban megfogalmazottakkal.

4.2 NATÉR ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK AZ ÁGAZATI ÉS TERÜLETI STRATÉGIAI TERVEZÉSBEN

Kapcsolódva a korábban (1.3.2. részfejezet) bemutatott potenciális célcsoportok köréhez, a NATéR elsődleges célszegmensei között jelentősek a kormányzati stratégiai tervezéshez kapcsolódó elemző, döntés-előkészítő tevékenység, illetve a területi és települési tervezési, közszolgáltatás-szervezési tevékenységek is.

(a) Az éghajlatpolitikai tervezés terén az éghajlatvédelmi intézkedések országos, térségi és helyi megvalósításának megalapozása, a célterületek sérülékenységének és alkalmazkodási potenciáljának meghatározása lehet a NATéR funkciója.

(b) Az energiapolitikai tervezési terrénumban az energetikai célú földhasználat fenntarthatósági szempontú vizsgálata során, vagy a feltételesen és feltétel nélkül megújuló energiahordozók éghajlatváltozási szempontú potenciál-felmérésének térségi újraértékelésében, így a szél-, naptermál)vízenergia, illetve biomassza-, biogáz-potenciál hosszú távú alakulásának becslése kapcsán hasznosulhatnak a NATéR outputok.

(c) Közlekedési és energia–infrastruktúra tervezési területen a közlekedési és termelő infrastruktúra, a szállítói és elosztói hálózatok éghajlatbiztos tervezésének megalapozása (az ún. climate-proof szempontok, módosított szabványok, biztonsági előírások többek között az árvízvédelmi műtárgyak, erőművek, hidak stb. esetében

lehetnek fontosak), az ellátásbiztonság műszaki feltételeinek javítása számolhat a NATéR-ből nyert információkkal, modellvizsgálatok eredményeivel.

(d) A fejlesztéspolitikai tervezés kapcsán aNATéR eredményeire támaszkodó területi támogatáspolitikai preferenciák kialakítása, beavatkozási térségek azonosítása és fejlesztéspolitikai döntéshozatalban történő érvényesítése mellett reális opció a klímavédelmi beruházások értékelésének segítése. Az ÜHG, illetve CO_2-kibocsátás csökkentéséhez való hozzájárulás mérési módszertanának kialakítása minden támogatott fejlesztési beavatkozás esetében támaszkodhat a NATéR-ből nyert információkra.

(e) Mezőgazdaságot, vidékfejlesztést érintő tervezési tevékenység során meghatározható a NATéR segítségével az éghajlatváltozás hatása az agrár-ökológiai potenciálra, ami hozzájárul a termesztési feltételekre optimalizált mezőgazdasági területhasználat kialakításához. A NATéR outputok alapján lehetséges tipizált komplex beavatkozási térségek és intézkedések meghatározása az erózióveszély, a mezőgazdasági vízgazdálkodás, a felszínborítottság és talajtulajdonságok alapján.

(f) Térségi és települési tervezés során az eltérő adottságú, fejlettségű térségek és települések éghajlatvédelmi, alkalmazkodási stratégiáinak megalapozása, az alkalmazkodás feltételrendszerének kialakítása, a fejlesztési programok, pályázatok éghajlatvédelmi szempontjainak erősítése történhet meg a NATéR információkra alapozva.

(g) Az éghajlatváltozás hatásának beazonosítása a turisztikai desztinációkra és az azokat kiszolgáló infrastruktúrára, valamint az eltérő adottságú turisztikai térségek adaptációs képességének meghatározása és növelése a turisztikai tervezés számára teheti vonzóvá a NATéR alkalmazását.

(h) Az egészségmegőrzéssel, életminőséggel kapcsolatos önkormányzati és állami alkalmazkodási és tervezési feladatokat a településtípustól és -szerkezettől függően eltérő adottságok és események (extrém klimatikus események erőssége és gyakorisága, szolgáltatások elérhetősége, egészségügyi ellátó rendszerek biztonságos működtetésének követelménye) határozzák meg. Az extrém klimatikus eseményekre (pl. hőhullámok, viharkárok) való felkészülést nagyban segíthetik a megfelelő minőségben rendelkezésre álló adatok.

4.3 A NATÉR ALKALMAZÁSI ÚJSZERŰSÉGE

A NATéR alkalmazási lehetőségei kiterjednek a kutatásra, fejlesztésre, innovációra is. Egyrészt a rendszer ágazati szinten alkalmas kutatási és fejlesztési irányok meghatározására, másrészt közvetlen kutatási eredményeket is szolgáltat. Így például az éghajlatváltozás hatásaival, az arra történő felkészüléssel és alkalmazkodással kapcsolatos interdiszciplináris kutatások mellett a NATéR-ből „leszármaztatható" elemzések és hatásvizsgálatok hasznosíthatók többek között a földtudományi, élettudományi kutatásokban, mérnöki innovációkban stb.

Az alapkoncepció szerint a NATéR egyfajta döntéstámogató rendszerként határozható meg és ebben a minőségében képesnek kell lennie a benne tárolt adatrétegek és más külső adatrétegek közti térbeli műveletekre, lekérdezésekre. Ez a funkció, ha nem is példa nélküli, de mindenesetre ritka a hazai közigazgatás keretei között működő térinformatikai adatbázisokban. Még kevesebb olyan adatbázis létezik, ami ezt a funkciót nem csupán egy nagyon szűk, „feljogosított" körnek és/vagy fizető ügyfélnek biztosítja. Ma már számos webes alapú, publikus GIS adatbázis működik a közigazgatáson belül, de ezek jobb esetben is csak egyedi adatok lekérdezését teszik lehetővé.

A következő példából leszűrhető előnyök mellett ez az eljárás megakadályozza az alapadatok illetéktelen kezekbe kerülését, mivel ebben az esetben nincs szükség több helyen tárolt másolatokra (kivéve a biztonsági másolatokat), illetve kizárható az alapadatok véletlen módosításának veszélye is. A második példánk egy olyan alkalmazásra mutat példát, amikor szükség van egy fizikai adatbázis fenntartására, sőt annak hatásvizsgálati eredményekkel való bővítésére.

Alkalmazási példa #1:

A NATéR képes kell, hogy legyen arra, hogy megmutassa azokat a potenciális kavicskitermelő helyeket, amelyek a tervezett M87-es autópálya mentén egy 15 km-es sávban találhatók, sőt ebből még le is tudja válogatni azokat, amelyek Natura 2000 területre esnek. Ebben a példában három adatréteget használunk: potenciális kavicskitermelő helyek, tervezett autópálya nyomvonalak, NATURA-2000 területek.

A tervezett autópálya nyomvonalak adatrétegből lekérdezzük az M87-es nyomvonalat. Készítünk egy 15 km-es buffer zónát. A potenciális kavicskitermelő helyek adatrétege és a képzett buffer zóna között térbeli metszetet képezünk, majd az eredményt a NATURA-2000 területekkel újra térben metsszük. Ezt a feladatot NATéR felhasználóként egy internet eléréssel rendelkező számítógéppel, amire telepítve van a szükséges GIS szoftver, a megfelelő jogosultságok birtokában úgy tudjuk elvégezni, hogy egyik kiinduló adatréteg sincs fizikailag a számítógépen, csupán az elkészült eredmény adatréteg. Ez minőségi ugrást jelent az eddigi gyakorlathoz képest.

Alkalmazási példa #2:

A NATéR alkalmas arra, hogy megmutassa, a Balaton szempontjából milyen meteorológiai, hidrológiai és ökológiai változásokra számíthatunk. Ehhez az éghajlati modellek eredményeit tartalmazó adatrétegre van szükség. A számszerűsített bizonytalansági információval ellátott modelleredményeket kiindulásul felhasználó komplex hatásvizsgálatok a NATéR-en kívül végezhetők el, s ezek eredményeképpen előáll egy új adatréteg a Balaton jövőbeli vízháztartási jellemzőiről, amely szintén tartalmaz egy, a rétegre jellemző számszerű bizonytalansági információt.

Az új adatréteg NATéR-ba való beépítését követően egy újabb hatásvizsgálattal meghatározható, hogy a megváltozott vízháztartás következtében hogyan alakul például a partközeli nádas kiterjedése. Az újabb adatréteget a hozzá társuló bizonytalansági információkkal visszatáplálva a rendszerbe, a térinformatikai eszközök segítségével megtudhatjuk, hogy a tavi madarak jelenlegi élőhelyén a jövőben milyen meteorológiai, hidrológiai, biológiai változásokra számíthatunk. A példában egy a NATéR alap-adatbázisába már eredetileg beépített adatréteget használtunk fel, majd szükség volt a NATéR-nak a hatásvizsgálatok nyomán keletkező adatrétegekkel való bővítésére.

Látható: az új adatrétegek előállításához szükséges hatásvizsgálatok elvégzése komoly szakmai koordinációt és kiterjedt interdiszciplináris együttműködést igényel, amelyre a NATéR képes.

A NATéR alapjában tehát két fő vizsgálati típust támogat:

- **Átfogó elemzések:** általános célú vizsgálatok, melyek feltárják Magyarország jövőbeli sérülékenységének a jellegét és mértékét, valamint a mérséklés és az alkalmazkodás lehetőségeit a stratégiai tervezés számára. Ehhez számos különböző szektor együttműködésében zajló interdiszciplináris feltáró vizsgálatokra van szükség, melyekben tekintettel kell lenni a szakpolitikai relevancia szempontjaira (teljesség igénye, realisztikusság, szakmai megalapozottság és az érintettek bevonása). Ezen elemzések alkotják a NATéR legjelentősebb termékeit, melyek a NATéR nélkül nem jöhetnének létre. Fontos megemlíteni, hogy egy adott régióra és időszakra többféle átfogó és általános célú sérülékenységi/alkalmazkodási elemzés is elképzelhető a vizsgálat objektumai, a vizsgált külső hatások és a károsági „küszöbök" lehatárolásának függvényében, mely minden esetben a feladat „gazdájának" a teendője.
- **Célzott vizsgálatok:** valamely konkrét szakterületen jelentkező jelentős bizonytalanság mérséklésére irányuló kutatások. E kisebb, fókuszált projektek kifejezetten az átfogó, elemzések kiszolgálására kell, hogy létrejöjjenek olyan területeken, ahol a nagy projektek jelentős, de belátható mértékű célzott kutatással orvosolható módszertani (pl. modellek) vagy információs (pl. adatbázis) hiányosságokat azonosítanak. Bár ilyen elemzések eddig is történtek a hagyományos tudományszervezési és kutatásfinanszírozási mechanizmusok segítségével, ezek forrásai azonban az elmúlt évekre szinte teljesen elapadtak, így a NATéR léte és tevékenysége koordináló, orientáló erővel bírhat a jövőben. Ezáltal a NATéR olyan összehangolt, egymást kiegészítő és az átfogó elemzésekbe is jól beintegrálható célzott kutatási eredmények létrejöttéhez járulhat hozzá, melyek között számos nemzetközi jelentőségű tudományos eredmény is születhet.

4.4 A NATÉR LEHETSÉGES TOVÁBBFEJLESZTÉSE

A NATéR megvalósítása több lépcsőben, ütemezetten történik. A rendszer létrehozására irányuló „rendszerépítő" projektfázis Norvég és EGT Finanszírozási Mechanizmusból támogatva 2013. szeptember 24-től 2016. április 30-ig tart(ott), majd a kormányrendeletnek megfelelő bővítési, fejlesztési szakasz 2016. második félévében következhet. A NATéR döntéstámogató rendszer fejlesztési feladatai a KEHOP 1.1. intézkedés keretében nevesítve betervezésre kerültek.

A NATéR döntéstámogató eszköztárat négy szakmai modulban javasolt kialakítani:

— Ágazati szakpolitikai, fejlesztéspolitikai tervezést segítő eszközök kialakítása;
— Települési, járási és megyei önkormányzati tervezést segítő eszközök kialakítása;
— Átfogó, horizontális társadalompolitikai és gazdaságfejlesztési célú eszközök kialakítása; — Háttér-támogató módszertani fejlesztések, disszemináció.

Az egyes modulok részleteses indikatív feladattervét szemléltetik a következő táblázatok:

4.4.5 TOVÁBBI KUTATÁSI, VIZSGÁLATI LEHETŐSÉGEK

Általánosságban elmondható a kutatások tapasztalatai alapján: a különböző előrejelzéseknél azok a becslések tekinthetők leginkább

4.4.1. 1. MODUL. ÁGAZATI SZAKPOLITIKAI, FEJLESZTÉSPOLITIKAI TERVEZÉST SEGÍTŐ ESZKÖZÖK

1. KÖZMŰSZOLGÁLTATÁSOK, KÖZÜZEMEK ÉS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS	
Feladatok:	Víziközmű szolgáltatások éghajlati sebezhetőségének, kockázatának értékelése
	Klíma és hulladékgazdálkodás: lerakás, energetikai hasznosítás, újrahasznosítás lehetőségeinek vizsgálata
2. FENNTARTHATÓ VÍZGAZDÁLKODÁS ÉS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS	
Feladatok:	Élővizekre alapozott fejlesztési stratégiák megalapozása
	Értékelő info-rendszer kialakítása az árvíz, belvíz, villámárvíz, aszály okozta éghajlati sebezhetőségéről
	Felszín alatti vízkészletek éghajlati szempontú kockázatainak azonosítása
3. ENERGETIKA, MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK ÉS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS	
Feladatok:	Éghajlatváltozás hatásának azonosítása az energetikai célú biomassza-hasznosításra
	Áram-, gáz- és távhő-ellátás éghajlati szempontú kockázatértékelése
4. ALKALMAZKODÓ AGRÁRIUM ÉS TERMÉSZETVÉDELEM	
Feladatok:	Éghajlatváltozás hatásának azonosítása az agártevékenységek jövedelmezőségére, versenyképességére
	Alkalmazkodást segítő erdőgazdálkodás, települési zöldfelület-gazdálkodás kialakítása
	Éghajlatváltozás hatásának azonosítása a fokozott védelem alatt álló a vizes élőhelyekre és a gyepekre

4.4.2. 2. MODUL. ÖNKORMÁNYZATI, TERÜLETI KÖZIGAZGATÁSI TERVEZÉST SEGÍTŐ ESZKÖZÖK

1. TELPÜLÉSI ÉPÍTETT KÖRNYEZET	
Feladatok:	— Települési szintű eszköz kialakítása az épületállomány klímasérülékenységének vizsgálatára
	— Segédlet kidolgozása helyi rendezési tervek, építési szabályzatok „klímabiztos" kialakításához
2. HELYI SZINTŰ FÖLDTANI VESZÉLYHELYZETEK	
Feladatok:	— Várható talajvízszint-süllyedés miatt előálló felszínmozgási kockázat térképezése
	— Talajminőség-változás prognózis (pl. partfalomlás, erózió, földcsuszamlás) készítése

4.4.3. 3. MODUL. ÁTFOGÓ, HORIZONTÁLIS TÁRSADALOMPOLITIKAI ÉS GAZDASÁGFEJLESZTÉSI CÉLÚ ESZKÖZÖK KIALAKÍTÁSA

1. NATéR TUDÁSKÖZPONT LÉTREHOZÁSA	
Feladatok:	— A kifejlesztett eszközök, „jó gyakorlatok" megosztása az ágazati és önkormányzati tervezés számára
	— Adattár, elemzések, tanulmányok jogosultság-alapú megosztása
	— „Klíma Radar": web-es kalkulátor kialakítása az éghajlatváltozásról a nyilvánosság számára
	— Településvezetői Éghajlati Akadémia (TÉA): vezetői szintű továbbképzések elindítása
	— Oktatás, képzés a NATéR felhasználók részére

2. DEMOGRÁFIA, MUNKAERŐ ÉS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS	
Feladatok:	— Éghajlatváltozás hatásának azonosítása a népesedésre és az országon belüli vándorlásra — Éghajlatváltozás okozta területi folyamatok (pl. munkaerő ellátottság) vizsgálata

4.4.4. 4. MODUL. HÁTTÉR-TÁMOGATÓ MÓDSZERTANI FEJLESZTÉSEK, DISSZEMINÁCIÓ

1. NATéR TANÁCSADÓ HÁLÓZAT KIÉPÍTÉSE	
Feladatok:	— „Hotline" tanácsadó szolgáltatás biztosítása a NATéR felhasználóknak — Belső oktatási, képzési program indítása a rendszer tanácsadói, üzemeltetői számára
2. MÓDSZERTANI ÉS ALKALMAZÁS-FEJLESZTÉSEK	
Feladatok:	— EU-s alkalmazkodási stratégia iránymutatásainak való megfelelés biztosítása — 2007/2/EK INSPIRE irányelvhez való kapcsolódás biztosítása — A Nemzeti Téradat Infrastruktúrába történő integráció — A sérülékeny ágazatokról és hatásviselőkről való információk pontosítása és szakpolitikai döntéshozatali mechanizmusokba történő integrációja — A kialakított, példaértékű állami intézményi együttműködés fenntartása, kibővítése (OMSZ, ERTI, MTA TAKI, MTA RKK, OVF stb.) — A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia és cselekvési terveinek szakmai háttértámogatása — Éghajlatvédelmi hatásvizsgálati tervezési és értékelési módszertanok fejlesztése
3. IT FEJLESZTÉSEK	
Feladatok:	— Az informatikai háttér modernizálása, az elektronikus hozzáférések és protokollok kiépítése — Kormányrendelet alapján kijelölt hazai adat- és információszolgáltató intézményekkel történő szakmai kapcsolatrendszer és adatintegrációs protokollok kialakítása — A téradatkészletekhez és -szolgáltatásokhoz történő hozzáféréshez és azok igénybevételéhez szükséges informatikai fejlesztések — NATéR online vezetői információs szolgáltatásainak kialakítása — NATéR önkormányzati döntéselőkészítő portáljának kifejlesztése

megbízhatónak, amelyeknél mind a különböző klímamodellek alapján kapott eredmények hasonlóak, mind pedig az időbeli trendek illeszkednek a két vizsgált periódusban. Azokat a becsléseket azonban, ahol klímamodellek vagy időszakok szerint jelentős eltérés jelentkezik, fenntartásokkal kell kezelnünk. A jövőbeli kutatási irányok egyik legfontosabbika, hogy bővítsük a felhasznált klímamodellek körét, illetve a vizsgált jövőbeli időszakokat.

Az éghajlat várható változásának vizsgálatakor nem csupán az átlagértékek elemzése fontos, hanem kiemelt jelentősége van a szélsőségeknek is. Elsősorban hidrológiai, vízgazdálkodási és mezőgazdasági hatásvizsgálatok céljából fontos a szélsőségek jövőbeni elemzése, mind a nagy csapadékok, mind a szárazságok szempontjából. Ugyan történtek már ezzel kapcsolatos vizsgálatok, de több modellszimulációt is érdemes lenne lefuttatni arra vonatkozóan, hogy várhatóan mekkora mértékben és milyen irányban fog változni a hőséggel jellemezhető, illetve a forró napok száma, a hőségriadós, vagy éppen a fagyos napok száma. Nagyon fontos lesz a lakosság időben, megfelelő módon történő tájékoztatása és felkészítése a változásokra.

A különböző szakterületek kapcsán is kirajzolódnak jövőbeni kutatási irányok, szükségletek. Az éghajlatváltozás az agráriumot is jelentősen befolyásolja majd, így a mezőgazdasági ágazatra vonatkozó hatások vizsgálata igen fontos (pl. termelőképességi adottságok meghatározása, várható termésmennyiség számítása). Kapcsolódó kihívás társadalom alkalmazkodása a takarékos vízhasználathoz az egyre szűkösebben rendelkezésre álló vízkészlet figyelembevételével. Magyarországon főleg az Alföld területein jelentkezik vízhiány, itt a vízigények meghaladják a helyben keletkező vízkészleteket, ezért a folyók vízkészletének hasznosítása nélkülözhetetlen. Vizsgálandó terület a vízkészlet-átvezetések térbeli áthelyezésének lehetősége, az igények és készletek összhangja.

A villámárvizekre legérzékenyebb hegy- és dombvidéki területek és urbánus terek kapcsán fontos a gyors lefolyást akadályozó egészséges faállomány összetételének vizsgálata, lehetséges változásainak előrejelzése,

a valószínűsíthető hatások becslésével. A villámárvizeknél különösen fontos a rövid távú meteorológiai előrejelzés, ugyanakkor ennek pontossága valószínűleg a közeljövőben sem fog jelentősen javulni. A leesett csapadékmennyiség minél pontosabb meghatározásában ugyanakkor lehet előrelépni. Ehhez több, nagyobb területet lefedő radar szükséges, és egy, a mostaninál sokkal sűrűbb csapadékészlelő hálózat.

A hajózás és a jelentős mennyiségű áruszállítás mellett hazánk nagyobb folyói és tavaink kiemelt turisztikai célpontok is, ami jelentős bevételeket jelent, többek között parthoz közeli települések és közvetve az állam részére is. Az éveken át jellemző, tartós dunai kisvizes időszakok és a tavaknál jelentkező változások várhatóan a turizmust is visszavethetik, számottevő költségkiesést okozva a jövőben, a kapcsolódó klímatényezők alakulásának előzetes vizsgálata így rendkívül fontos.

Az aszály miatt az alapvető nyersanyagok termelésében bekövetkező esetleges csökkenés negatívan fogja befolyásolni a feldolgozó ipar, a közlekedés, valamint a kereskedelem feltételeit, különösen az export–import tendenciáit. Ebben az esetben a gazdaságnak növekvő import révén kell ellensúlyoznia a hazai élelmiszer- és takarmányhiányt, ami extra kiadást okoz mind az egyének, mind a kormányzat számára. Ezeknek az átfogó hatásoknak a számításba vétele igen fontos az egész nemzetgazdaság számára, hiszen a gazdasági hatások mellett a pénzügyi viszonyokra gyakorolt következményeket is alaposan meg kell vizsgálni.

5 Ábrajegyzék

1. ábra: Az egyes szektorok szerepe a társadalom szükségleteinek a biztosításában két különböző felfogás szerint (Forrás: Czúcz 2010)
2. ábra: A NATéR célrendszere. Forrás: NATéR KMT.
3. ábra: NATéR GeoDat alkalmazás indítófelület
4. ábra: GeoDat grafikus modul idősorok kezelésére.
5. ábra: www.nagis.hu kezdőlap
6. ábra: map.mfgi.hu/nater kezdőlap
7. ábra: Közvetlen és közvetett éghajlati hatások, komplex társadalmi–gazdasági következmények helyi és regionális szinteken. (Forrás: Pálvölgyi 2010; idézi: NÉS 2015.)
8. ábra: A CIVAS modell és a DPSIR modell elvi kapcsolata. Forrás: Második Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia (2015).
9. ábra: A CIVAS modell alkalmazásának lépései. Forrás: Második Nemzeti Éghajlat-változási Stratégia (2015).
10. ábra: A térségek klímasérülékenységének elvi osztályozása
11. ábra: Az éghajlati sérülékenységi elemzések főbb fejlődési fázisai Forrás: Füssel, Klein (2006) alapján.
12. ábra: Egységes észlelőkút kútfej
13. ábra. Ötéves átlagos beszivárgás-eloszlás a CarpatClim-Hu adatbázis alapján, az 1961–1965 időszakra
14. ábra. Számított beszivárgás változás a CarpatClim-Hu adatbázis alapján az 1961–1965 és 2005–2009 időszakok között.
15. ábra. Számított beszivárgás változás az ALADIN klímamodell eredmények alapján az 1961–1990 és 2071–2100 időszakok között.
16. ábra. Az 1961–1965 időszakra számított átlagos talajvízszint-eloszlás.

17. ábra. Az 1961–1965 és 2005–2009 időszakok számított talajvíz-szintjeinek különbsége.
18. ábra. Az 1961–1990 és a 2071–2100 időszakok számított talajvíz szintjeinek különbsége.
19. ábra. A talajvíz országos klímaérzékenységi térképe a klímamodell kimenetek alapján meghatározva.
20. ábra: Az átlagos éves klimatikus vízmérleg területi eloszlása az 1961–1990 referenciaidőszakban a CarpatClim-Hu adatbázis alapján
21. ábra: A klimatikus vízmérleg várható változása a 2021–2050 (a, b), valamint a 2071–2100 (c, d) időszakokra a RegCM (a, c), illetve az ALADIN-Climate (b, d) adatok alapján
22. ábra: Ivóvízbázisok típusai
23. ábra: Ivóvízbázisok klíma-érzékenységének mértéke
24. ábra Települések ivóvízellátásának klímaérzékenysége a legkevésbé érzékeny, közvetlenül ellátó vízbázis-típus alapján, a DMRV működési területén
25. ábra: Víztermelés hatására bekövetkező vízszintcsökkenés mértéke a porózus víztestekben
26. ábra: A települések éghajlatváltozással szembeni alkalmazkodóképessége az ivóvízellátás területén
27. ábra: Ivóvízbázisok klímasérülékenysége az ALADIN-Climate modell adatai alapján a 2021–2050 (a) és 2071–2100 (b) közötti időszakra
28. ábra: Ivóvízbázisok klíma-sérülékenysége a RegCM modell adatai alapján a 2021–2050 (a) és 2071–2100 (b) közötti időszakra
29. ábra: Települések minősített vízgyűjtője a kifolyási ponttal
30. ábra: A 30 mm-t meghaladó csapadékos napok áltagos évi számának területi eloszlása az 1961–1990 időszakra a CarpatClim-Hu adatbázis alapján
31. ábra: A küszöbértéket meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának gyakorisága a magyarországi rácspontokon az 1961–1990, a 2021–2050 és a 2071–2100 klímaablakokban az ALADIN-Climate (fent) és a RegCM (lenn) adatai alapján
32. ábra: A küszöbértéket meghaladó csapadékos napok átlagos évi számának változása a 2021–2050 és a 2071–2100 időszakokra az ALADIN-Climate és a RegCM klímamodellek adatai alapján
33. ábra: A Balaton-vízgyűjtőjére érkező csapadék 30 éves területi átlaga (mm) és az attól való relatív eltérések a jövőbeni klímaablakok (2021–2050 és 2071–2100) idején (%)
34. ábra: A Balaton-vízgyűjtő havi, félévi és évi középhőmérsékletének a referenciaidőszak átlagától való abszolút eltérései a jövőbeni klímaablakok (2021–2050 és 2071–2100) idején (°C)
35. ábra: Erdőterületek változásának becslése Magyarországon 2071–2100.
36. ábra: Szántóterületek változásának becslése Magyarországon 2071–2100.
37. ábra: Gyepterületek változásának becslése Magyarországon 2071–2100.
38. ábra: A referenciaidőszakhoz (1961–1990) viszonyított relatív termésváltozások a tavaszi és őszi haszonnövények esetében
39. ábra: A korosztályok főfafajainak változatossága
40. ábra. Az éghajlatváltozás várható hatása (PI) a meglévő bükkös (K5_K7a) NATéR négyzetekre vonatkoztatva.
41. ábra. Az éghajlatváltozás várható hatása (PI) a meglévő bükkös (K5_K7a) településhatárra vonatkoztatva.
42. ábra. Természetes élőhelyek sérülékenysége a leginkább klímaérzékeny 12 élőhely sérülékenysége alapján a NATéR négyzetekre vonatkoztatva.

6 Felhasznált irodalom

AGRI-2007-G4-06 2008: Report to the European Commission Directorate-General for Agriculture and Rural Development. – Impacts of Climate Change on European Forests and Options for Adaptation. 173 p.

Antal E., Baranyi S., Kozmáné Tóth E. 1977: A Balaton hőháztartása és párolgása. – Hidrológiai Közlöny 57, 182–190.

Arrouays, D., McKenzie, N., Hempel, J., Richer de Fofges, A., McBratney, A. 2014: Global Soil Map: Basis of the global spatial soil information system. – London: Taylor & Francis Group, 207-212.

Asseng, S, et al. 2013: Uncertainty in simulating wheat yield under climate change. – Nat. Clim. Change 3, 827–832.

Ács, F., Breuer, H. 2013: Biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek. – Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest. 131 p.

Bacsi, Zs., Thornton, P. K., Dent, J. B. 1991: Impacts of future climate change on Hungarian crop production: An application of crop growth simulation models. – Agricultural Systems 37, 435–450.

Bihari Z., Gauzer, B., Gnandt, B., Gregorič, G., Herceg, Á., Kovács, T., Kozák, P., Lakatos, M. , Mattányi, Zs., Nagy, A., Németh, Á., Pálfai, I., Szalai, S., Szentimrey, T., Vincze E. 2012: Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE projekt: A projekteredmények összegzése. – Országos Meteorológiai Szolgálat.

Boksai. D., Erdélyi É. 2009: Importance and possibilities of maize production of Hungary in the future. – In: Mihailovic, M. (ed.): Environmental. Health And Humanity Issues In The Down Danubian Region: Multidisciplinary Approaches. Singapore: World Scientific Publishing Company. 297–307.

Bölöni, J., Molnár, Zs., Kun, A. (eds.) 2011: Magyarország élőhelyei. A hazai vegetációtípusok leírása és határozója. (Habitats in Hungary. Description and identification guide of the Hungarian vegetation.) In Hungarian with English summary. – ÁNÉR 2011. MTA ÖBKI, 441 p.

Böttcher, H., Graichen, J. 2015: Impacts on the EU 2030 climate target of including LULUCF in the climate and energy policy framework. – Berlin, 48 p.

Bratán M. 1988: Az emberi tevékenység hatása a Balaton vízháztartására. – Hidrológiai Közlöny 1988/4, 27–55.

Campbell, G. S. 1985: Soil physics with BASIC: Transport Models for Soil–Plant Systems. – New York: Elsevier, Science, November 15, 1985. ISBN-13: 978-0444425577, ISBN-10: 0444425578

Carbon Market Watch 2014: Principles and Recommendations: LULUCF and the EU climate and energy framework for 2030. – FERN, October 23, 2014. http://www.fern.org/LULUCFPrinciples

CLAVIER projekt: Climate Change and Variability: Impact in Central and Eastern Europe EU 6. Keretprogramja. – GOCE Contract Number: 037013

Cook, E. A. 2002: Landscape structure indices for assessing urban ecological networks. – Landscape and urban planning 58, 269–280.

COM 2007: Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz Európában. – Az uniós fellépés lehetőségei. Zöld Könyv, 354 p.

COM 2009: Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás: egy európai fellépési keret felé. Fehér Könyv, 147 p.

COM 2013: Guidelines on developing adaptation strategies. Commission Staff Working Document, SWD (2013)

CORINE Land Cover (CLC) map displays (1990, 2000)

Czigány, Sz., Pirkhoffer, E., Balassa, B., Bugya, T., Bötkös, T., Gyenizse, P., Nagyváradi, L., Lóczy, D., Geresdi, I. 2010: Villámárvíz mint természeti veszélyforrás a Dél-Dunántúlon. – Földrajzi Közlemények 134/3, 281–298.

Czira T. 2007: A területfejlesztési tervezési környezeti értékelés elméleti kérdései és módszertana Magyarországon. – PhD értekezés. ELTE-TTK, Földtudományi Doktori Iskola. Budapest.

Czirfusz, M., Hoyk, E., Suvák, A. (szerk.) 2015: Klímavátozás–társadalom–gazdaság. Hosszútávú területi folyamatok és trendek Magyarországon. – Publikon, Pécs. 141–223.

Czúcz, B., Csecserits, A., Botta-Dukát, Z., Kröel-Dulay, Gy., Szabó, R., Horváth, F. Molnár, Zs. 2011: An indicator framework for the climatic adaptive capacity of natural ecosystems. – Journal of Vegetation Science 22, 711–725.

Czúcz, B., Molnár, Z., Horváth, F., Nagy, G. G., Botta-Dukát, Z., Török, K. 2012: Using the natural capital index framework as a scalable aggregation methodology for regional biodiversity indicators. – Journal for Nature Conservation 20, 144–152.

Czúcz, B. Kröel-Dulay, Gy., Rédei, T., Botta-Dukát, Z., Molnár Zs. 2007: Éghajlatváltozás és biológiai sokféleség – elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához. Kutatási jelentés, kézirat. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 278 p. http://www.novenyzetiterkep.hu/node/211

Csete M., Pálvölgyi T., Szendrő G. 2013: Assessment of Climate Change Vulnerability of Tourism in Hungary. – Regional Environmental Change 13/1, 1436–3798, (DOI: 10.1007/s10113-013-0417-7)

Csima, G., Horányi, A. 2008: Validation of the ALADIN-Climate regional climate model at the Hungarian Meteorological Service. – Időjárás 112, 155–177.
Davidson, J. B., Graetz, D. A., Rao, P. S. C., Selim, M. 1978: Simulation of nitrogen movement. transformation and uptake in the plant root zone. – U.S. Environmental Protection Agency EPA-600/3-78-029. Office or research and Development. Athens. Georgia. USA.
Déqué, M., Marquet, P., Jones, R. G. 1998: Simulation of climate change over Europe using a global variable resolution general circulation model. – Climate Dynamics 14, 173–189.
Dévényi D., Gulyás O. 1988: Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában. – Tankönyvkiadó, Budapest, 443 p.
Diós. N., Szenteleki. K., Ferenczy. A., Petrányi. G., Hufnágel. L. 2009: A climate profile indicator based comparative analysis of climate change scenarios with regard to maize (Zea Mays L.) cultures. – Applied Ecology and Environmental Research 7, 199–214.
Dömsödi J. 2006: Földhasználat (Land-use), in Hungarian Environmental Report of Hungary (HCSO, 2006)
EEA 2006, Urban sprawl in Europe – the ignored challenge, EEA Jelentés No 10/2006, Európai Környezetvédelmi Ügynökség, Koppenhága.
Easterling, W. E., Aggarwal, P.K., Batima, P., Brander, K.M., Erda, L., Howden, S.M., Kirilenko, A., Morton, J., Soussana, J.-F., Schmidhuber, J., Tubiello, F. N. 2007: Food, fibre and forest products. – In: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., Hanson, C. E. (eds): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 273–313.
European Environment Agency 2006: Corine Land Cover raster data. Downloaded from the world wide web at http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster
Faluvégi A. 2000: A magyar kistérségek fejlettségi különbségei. – Területi Statisztika 4, 319–346.
Farkas J. Zs., Csatári B. 2009: A területhasználat változásai. – Gazdálkodás 53/5, 413–423.
Fischlin, A., Midgley, G. F., Price, J. T., Leemans, R., Gopal, B., Turley, C., Rounsevell, M. D. A., Dube, O. P., Tarazona, J., Velichko, A. A. 2007: Ecosystems, their properties, goods, and services. – In: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., Hanson, C. E. (eds): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 211–272.
Fodor N. Rajkai K. 2011: Computer program (SOILarium 1.0) for estimating the physical and hydrophysical properties of soils from other soil characteristics. – Agrokémia és Talajtan 60, 27–40.
Fodor, N. Pásztor, L., Németh, T. 2014: Coupling the 4M crop model with national geo-databases for assessing the effects of climate change on agro-ecological characteristics of Hungary. International – Journal of Digital Earth 7, 391–410
Füssel, H. M., Klein, R. J. T. 2006: Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. – Climatic Change 75/3, 301–329.
Godwin, D. C., Singh, U. (1998: Nitrogen balance and crop response to nitrogen in upland and lowland cropping systems. – In: Tsuji, G. Y., Hoogenboom, G., Thornton, P. K. (eds): Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands, 79–98.
Gogolev, M. I. 2002: Assessing groundwater recharge with two unsaturated zone modeling technologies. Environmental Geology 42, p 248–258.
Golub, Philip S. 2010: A világ teljes elvárosiasodása (ford. Ferwagner Ákos). – Le Monde Diplomatique, Magyar kiadás, 2010. április.
Gyalog L., Orosz L., Sipos A., Turczi G. 2007: A Magyar Állami Földtani Intézet egységes földtani jelkulcsa, fúrási adatbázisa és webes lekérdező felületük. – A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2004, 109–124.
Harnos, N. 2000: A éghajlatváltozás búzatermesztésre való várható hatásainak elemzése szimulációs modellekkel. – Növénytermelés 50, 41–55.
Holdridge, L. R. 1947: Determination of world plant formations from simple climatic data. –Science 105/2727, 367–368. (doi:10.1126/science.105.2727.367.)
Horváth, F., Molnár, Zs., Bölöni, J., Pataki, Zs., Révész, A., Oláh, K., Krasser, D., Illyés, E. 2008: Fact sheet of the MÉTA database. – Acta Botanica Hungarica 50, 11–34.
Horváth, L. 2008: Use of spatial analogy method to analyse to possible land use change in Hungary. – CLIMA-21 Brochures 55, 23–27.
Iglesias, A., Garrote, L., Quiroga, S., Moneo, M. 2012: A regional comparison of the effects of climate change on agricultural crops in Europe. – Climatic Change 112, 29–46.
Illés, G. et al. 2013: Jelentés a magyarországi erdőterületeken lévő szerves talajok elterjedésének, szénkészletének és a szénkészlet változását célzó becslések első eredményeiről (Report on the results of estima-

ting the distribution, carbon stock and carbon stock changes of organic soils under forests in Hungary). The project was supported by the National Food Chain Safety Office, Forestry Directorate. Erdészeti Tudományos Intézet, Budapest. In Hungarian.
Illés G., Somogyi Z. 2010: Erdőgazdálkodás. Jegyzet vadgazda mérnök szakos hallgatók részére. — Szent István Egyetem, Vadgazda Mérnöki Szak, Gödöllő. 174 p.
Illy, T., Sábitz, J., Szabó, P., Szépszó G., Zsebeházi, G. 2015: A klímamodellekből levezethető indikátorok alkalmazási lehetőségei. — Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
IPCC 2000: Land use, land use change and forestry. 30 p.
IPCC. 2007: In: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., Hanson, C. E. (eds): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Camebridge University Press, Camebridge, UK. 976 p.
IPCC 2007: Climate Change 2007 — The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. 2007. (ISBN 978 0521 88009-1)
IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013: The Physical Science Basis, 213 p.
Jacob, D., Horányi A. 2009: Climate Change and Variability: Impact on Central and Eastren Europe. — CLAVIER Newsletter, August 2009, issues 4–5–6.
Jagtap, A. A., Jones, J. W. 1989: Evapotranspiration model for developing crops. — Trans. Am. Soc. Agric. Eng. 32, 1342–1350.
Jyrkama, M. I., Sykes, J. F. 2007: The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the Grand River watershed (Ontario). — J. Hydrology 338, 237–250.
Koncsos L., 2007: Az ARES 1.0 Árvízvédelmi döntéstámogató rendszer (CD-kiadás)
Koncsos L., Honti M., Somlyódy L. 2005: Balaton vízháztartásának statisztikai vizsgálata. — Vízügyi Közlemények, Balaton különszám, 125–144.
Kovács, A, Clement, A. 2009: Impacts of the climate change on runoff and diffuse phosphorus load to Lake Balaton (Hungary). — Water Sci. Technol. 59/3, 417–423.
Kovács, A., Marton, A., Szőcs, T., Tóth, Gy. 2015: Water table modelling in the NAGiS project — Natural state conditions. — NAGIS project report.
Kovács Á., Szilágyi J. 2010: A Balaton párolgásértékeinek várható jövőbeli változása. — Hidrológiai Közlöny 90/1, 15–18.
Kravinszkaja G., Varga Gy., Pappné Urbán J. 2012: Figyelmeztető jelek a Balaton vízháztartásában. — A Magyar Hidrológiai Társaság XXIX. Országos Vándorgyűlése, Eger, 2011. július 6–7. CD-kiadvány ISBN 978-963-8172-29-7
Kuti L. (szerk.) 2009: Agrogeológia. — Dura Stúdió, Budapest, 98 p.
Kutics K., Molnár G., Pintér L., A. Lehman, A., B. Chatenoux 2007: Lake Balaton: Integrated Vulnerability Assessment, Early Warning and Adaptation Strategies (GEF/UNDP). Part 2nd. Technical tools: indicators, vulnerability assessment, scenarios, integrated modellng. In Climate change: impact, adaptation and vulnerability on the European resource base Central and Eastern European Capacity Building and Awareness Raising Workshop on Vulnerability assessment and adaptation measures under UNFCCC and Kyoto ProtocolBudapest, 19–20 November, 2007.
Ladányi. M., Hufnagel. L. 2006: The effect of climate change on the population of sycamore lace bug (Corythuca Ciliata. Say. Tingidae Heteroptera) based on a simulation model with phenological response. — Applied Ecology and Environmental Research 4, 85–112.
Ladányi, M., Horváth, L. 2010: A review of the potential climate change impact on insect populations — general and agricultural aspects. — Applied Ecology and Environmental Research 8, 143–152.
Major, P. 1974: Síkvidéki erdők hatásának vizsgálata a talajvízpárolgás és a tényleges beszivárgás folyamataira. — Hidrológiai Közlöny 54/6, 281–288.
Mátyás Cs. (szerk.) 1996: Erdészeti ökológia. — Mezőgazda Kiadó Budapest.
McLaren, A. D. 1970: Temporal and vectorial reactions of nitrogen in soil: A review. — Canadian Journal of Soil Science 50, 97–109.
Molnár, Zs., Bartha, S., Seregélyes, T., Illyés, E., Botta-Dukát, Z., Tímár, G., Horváth, F., Révész, A., Kun, A. & Bölöni, J. 2007: A grid-based, satellite-image supported, multi-attributed vegetation mapping method (MÉTA). — Folia Geobotanica et Phytotaxonomica 42, 225–247.
Müller T. 2006: Környezetföldtani adatbázis, v. 1.01. Részletes kézikönyv. — Kézirat, MÁFI.
Myers, R. J. K. 1975: Temperature effects on ammonification and nitrification in a tropical soil. — Soil Biology and Biochemistry 7, 83–86.
Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grübler, A., Jung, T. Y., Kram, T., La Rovere, E. L., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Raihi, K., Roehrl, A., Rogner, H. H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N., Dadi, Z. 2000:

IPCC special report on emissions scenarios. Cambridge University Press, Cambridge.
Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Srinivasan, R., Williams, J. R. 2002: Soil & Water Assessment Tool. – Grassland, Soil & Water Research Laboratory, Temple, Texas.
Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2. 2015: Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Budapest.
Nováky B. 1985: A vízminőség éghajlati-hidrológiai érzékenysége a Balaton példáján (korreferátum). In: Climate, water balance and water quality (Édesvízi sekély eutróf tavak vízügyi kérdései) holland–magyar szeminárium, Siófok, 1985. április 23–25.
Nováky B. 1993: Az éghajlati változások hidrológiai hatásai (kandidátusi értekezés). – Budapest.
Nováky B. 2005: A Balaton vízpótlása és az éghajlat. – Vízügyi Közlemények, Balaton különszám, 105–124.
Nováky, B. 2006: Impact of climate change on mean annual water balance of Lake Balaton. – In: Lang, I., Faragó T., Ivanyi Zs. (eds): International Conference on Climate Change on Impacts and Responses in Central and Eastern European Countries. International Conference Climate Change, 5–8, November 2005, Pécs, Hungary. Proceedings, pp122-131. ISBN 9635085192.
Nováky B., Somlyódy L., Honti M. 2013: Éghajlatváltozás: intő jelek a Balaton viselkedésében. – Magyar Tudományos Akadémia, Multidiszciplináris Vízkonferencia, Budapest, 2013. május 16.
Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvag, A. O., Seguin, B., Peltonen-Saino P. 2011: Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. – European Journal of Agronomy 34, 96–112.
Országos Erdőállomány Adattár. – NÉBIH EI, Budapest.
OVH (1968: A Balaton vízgazdálkodása. – Összeállította OVH Vízkészlet-gazdálkodási Központ. p29.
Padisak J. (ed.) 2006: Climate and Lake Impacts in Europe (CLIME) EVK1-CT2002-00121. – Report on Testing of delivery and internal dynamics of P and N models in „Warm World" Model.
Pálvölgyi T. 2010: A klímaváltozás figyelembevétele a környezeti értékelésekben. – „Klíma-21" füzetek 2010. 62, 81–87.
Pálvölgyi T., Czira T. 2011: Éghajlati sérülékenység a kistérségek szintjén. – In: Bulla M., Tamás P. (szerk.): Sebezhetőség és adaptáció: a reziliencia esélyei. MTA Szociológiai Kutató Intézet, 237–253. (ISBN 978-963-8302-40-3)
Pálvölgyi T., Czira T., Dobozi E., Rideg A., Schneller K. 2010: A kistérségi szintű éghajlatváltozási sérülékenység vizsgálat módszere és eredményei. – „Klíma 21 füzetek" 62, 88–102.
Pásztor, L., Szabó, J., Bakacsi, Zs. 2010: Digital processing and upgrading of legacy data collected during the 1:25.000 scale Kreybig soil survey. – Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica 45, 127–136.
Pásztor, L., Bakacsi, Zs., Szabó, J. 2011: Spatio-temporal integration of soil data originating from different sources for the estimation of national carbon stock in Hungary. – Geophysical Research Abstracts 13. Vienna: EGU2011-10960, 1.
Pásztor L. Szabó J. Bakacsi Zs. Laborczi A. Dobos E. Illés G. Szatmári G. 2014: Elaboration of novel. countrywide maps for the statisfaction of recent demands on spatial. soil related information in Hungary. – In: Arrouays, D., McKenzie, N. et al. (eds.): Global Soil Map: Basis of the global spatial soil information system. London: Taylor & Francis Group, 207–212.
Priestley, C. H. B. Taylor, R. J. 1972: On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. – Monthly Weather Review 100, 81–92.
Rajkai, K., Kabos, S., van Genuchten, M.Th. 2004: Estimating the water retention curve from soil properties: comparison of linear, nonlinear and concomitant variable methods. – Soil and Tillage Research 79, 145–152.
Rawls, W. J. 1983: Estimating soil bulk density from particle size analysis and organic matter content. – Soil Science 135, 123–125.
Reimann J., V. Nagy I. 1984: Hidrológiai statisztika. – Tankönyvkiadó, Budapest.
Ritchie, J. T. 1972: Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. – Water Resources Research 8, 1204–1213.
Ritchie, J. T. 1981: Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. – Plant and Soil 58, 81–96.
Ritchie, J. T. 1998: Soil water balance and plant stress. – In: Tsuji, G. Y., Hoogenboom, G., Thornton, P. K. (eds). Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands, 41–54
Ritchie, J. T. Singh, U. Godwin, D. C. Bowen, W. T. 1998: Cereal growth. development and yield. – In: Tsuji, G. Y., Hoogenboom, G., Thornton, P. K. (eds). Understanding Options for Agricultural Production. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands, 79–98.
Rónai A. 1985: Az Alföld negyedidőszaki földtana. – Geologica Hungarica, Series Geologica 21, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 446 p.
Rosenzweig, C., Parry, M. L. 1994: Potential impacts of climate change on world food supply. – Nature. 367, 133–138.
Rotárné Szalkai Á., Homolya E., Selmeczi P. 2015: A éghajlatváltozás hatása az ivóvízbázisokra. – Kézirat, MFGI Budapest.

Rothman, D. S., Robinson, J. B. 1997: Growing pains: A conceptual framework for considering integrated assessments. — Environmental Monitoring and Assessment 46/1, 23–43.
Schroeder, P. R., Aziz, N. M. and Zappi, P. A. 1994: The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model: User's Guide Version 3, EPA/600/R-94/168a. — U.S Environmental Protection Agency Office of Research and Development, Washington D.C.
Seligman, N. C., van Keulen, H. 1981: PAPRAN: A simulation model of annual pasture production limited by rainfall and nitrogen. — In: Frissel, M. J., van Veen, J. A. (eds): Simulation of nitrogen behavior of soil plant systems. PUDOC. Wageningen. The Netherlands, 192–221.
Sipkay, Cs., Horváth, L., Nosek, J., Oertel, N., Vadadi-Fülöp, Cs., Farkas, E., Drégelyi-Kiss, Á., Hufnágel, L., 2008: Analysis of climate change scenarios based on modeling of seasonal dynamics of a Danubian copepod species. — Applied Ecology and Environmental Research 6, 101–109.
Soil Survey Staff 1951: Soil Survey Manual, USDA Handbook, 18. — US Government Printing Office, Washington, USA
Somlyódy L. 2005: A balatoni vízpótlás szükségessége: tenni vagy nem tenni. — Vízügyi Közlemények, Balaton különszám, 9–62.
Somogyi, Z. et multiple authors 2011: A hazai erdőtalajok szénkészlet változásának becslése (Estimating soil carbon stock changes in domestic forests). — Research report for the Ministry of Agriculture (In Hungarian), Budapest, 194 p.
Somogyi, Z., Bidló, A., Csiha, I., Illés, G. 2013: Carbon balance of forest soils of an entire country: a Hungarian country-specific model based on local case studies. — European Journal of Forest Research 132, 825–840.
Spinoni J., CARPATCLIM-HU project team 2014: Climate of the Carpathian Region in 1961–2010: Climatologies and Trends of Ten Variables. — Int. J. Climatol. doi:10.1002/joc.4059.
Stockle, C. O., Nelson, R. L. 1996. Cropsyst User's manual (Version 2.0). — Biological Systems Engineering Dept., Washington State University. Pullman. WA. USA
Szabó, J. 2002: Compilation of a Watershed Level, Complex Land Information System for Internet Service. — Agrokémia és Talajtan 51, 283–292.
Szépszó, G., Sábitz, J., Zsebeházi, G., Szabó, P., Illy, T., Bartholy, J., Pieczka, I., Pongrácz, R. 2015: A klímamodellekből levezethető indikátorok alkalmazási lehetőségei. — Kézirat, Országos Meteorológiai Intézet, Budapest.
Szesztay K. 1959: Tavak és tározómedencék vízháztartási jelleggörbéi. — Földrajzi Értesítő VIII/1–4, 191–219. http://adtplus.arcanum.hu/hu/view/FoldrajziErtesito_1959/?pg=216&layout=s
Thornthwaite, C. W. 1948: An approach toward a rational classification of climate. — Geogr. Review, 38, 55–93.
Torma, Cs., Bartholy, J., Pongrácz, R., Barcza, Z., Coppola, E., Giorgi, F. 2008: Adaptation of the RegCM3 climate model for the Carpathian Basin. — Időjárás 112, 233–247.
UNDP 2003: User's Guidebook for the Adaptation Policy Framework. Final Draft. UNDP, New York, USA. URI: http://www.undp.org/climatechange/adapt/apf.html
Varga B. 2011: A Balaton vízháztartásának elemzése különös tekintettel a párolgásszámítás és mérés módszertani és területi kérdéseire. — PhD-értekezés, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Állat- és Agrártudományi Doktori Iskola.
Varga Gy., Kravinszkaja, G. 2012: Hydrology Report and Climate Change Impact. — Kézirat.
Várallyay, Gy., Szőcs, L., Murányi, A., Rajkai, K., Zilahy, P. 1979: Magyarország termőhelyi adottságait meghatározó talajtani tényezők 1:100 000 méretarányú térképe I. — Agrokémia és Talajtan 28, 363–384.
Várallyay, Gy. 2002: Soil survey and soil monitoring in Hungary. — European Soil Bureau. Research Report 9, 139–149.
Virág Á. 1997: A Balaton múltja és jelene. — Eger Nyomda Kft.
Verőné Wojtaszek M. 2010: Földhasználati tervezés és monitoring 1. — Moduláris jegyzet. Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformaitkai Kar, Székesfehérvár.
VITUKI, 1990: Az éghajlat változékonyság és feltételezett változásának hatása a hidrológiai erőforrásokra és a vízgazdálkodásra. — Témafelelős: Nováky B. Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Központ, Budapest, 75 p.
Waterloo Hydrogeologic Inc. 2005: Visual MODFLOW v.4.1 User's Manual 02/05.
Williams, J. R. 1991: Runoff and water erosion. — In: Hanks, R. J., Ritchie, J. T. (eds): Modeling plant and soil systems. — Agronomy Monograph 31. American Society of Agronomy. Medison. Wisconsin. USA, 439–455.
109/1999. (XII. 29.) FVM rendelet az ingatlan-nyilvántartásról szóló 1997. évi CXLI. törvény végrehajtásáról
https://www.ksh.hu/mezogazdasag

7 Rövidítések, fogalmak

RÖVIDÍTÉSEK

ALADIN Climate – ALADIN regionális klímamodell
BM – Belügyminisztérium
CarpatClim-Hu – Climate of the Carpathian region /A Kárpát-medence éhajlatvátozását vizsgáló modell/
CIVAS – Climate Impact and Vulnerability Assessment Scheme /Éghajlati hatás- és sérülékenység értékelési modell/
CLAVIER – Climate Change and Variability: Impact in Central and Eastern Europe elnevezésű projekt
DMRV – Duna Menti Regionális Vízmű Zrt.
DPSIR – Driving Force–Pressure–State–Impact–Response /Hajtóerő–Terhelés–Állapot–Hatás–Válasz/ modell
EEA – European Environmental Agency /Európai Környezetvédelmi Ügynökség/
ERTI – Erdészeti Tudományos Intézet
ESRI – Environmental Systems Research Institute
EU FP6 – EU 6. Kutatási-Fejlesztési Keretprogramja
Éhvt – Éghajlatváltozási Törvény
FADN – Farm Accountancy Data Network**GeoDat –** A NATéR számára fejlesztett adatbázis-kezelő alkalmazás
GMES – Global Monitoring for Environment and Security /Európai Föld-megfigyelési program/
INSPIRE – Infrastructure for Spatial Information in Europe
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change /Éghajlatváltozási Kormányközi Testület/
KMT – Koncepcionális Megvalósíthatósági Tanulmány
KRITéR – A éghajlatváltozás okozta sérülékenység vizsgálata, különös tekintettel a turizmusra és a kritikus infrastruktúrákra c. projekt
KSH T-STAR – A Központi Statisztikai Hivatal területi adatbázisa
MÉTA – Magyarország Élőhelyeinek Térképi Adatbázisa
MFGI – Magyar Földtani és Geofizikai Intézet
MTA ATK TAKI – Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont Talajtani és Agrokémiai Intézet
NAGiS: National Geoinformation System /A NATéR angol megnevezése/
NATéR – Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer
NAK – Nemzeti Alkalmazkodási Központ
NAV – Nemzeti Adó- és Vámhivatal
NBS – Nemzeti Biodiverzitás Stratégia
NES – Nemzeti Energiastratégia
NÉS – Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia
NFFT – Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia
NFM – Nemzeti Fejlesztési Minisztérium
NGM – Nemzetgazdasági Minisztérium
NKP – Nemzeti Környezetvédelmi Program
OFTK – Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Koncepció
OMSZ – Országos Meteorológiai Szolgálat
OTK – Országos Területfejlesztési Koncepció
OVF – Országos Vízügyi Főigazgatóság
RCMTéR – A sugárzási kényszer változásán alapuló új éghajlati szcenáriók a Kárpát-medence térségére c. projekt
REC – Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe
RegCM – Regional Climate Model system /Regionális Klímamodell Rendszer/
RENEXPO – Regenerative Energien und Energieeffizienz /Megújuló energetikai és energiahatékonysági szakkiállítás és vásár Németországban/
UNDP – United Nations Development Programme
UNFCCC – ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény
VAHAVA – Változás-hatás-válaszadás projekt
VGT – Vízgyűjtő Gazdálkodási Terv
VM – Vidékfejlesztési Minisztérium
WP – Work Package /munkacsomag a projekten belül/

FOGALMAK

4M modell: a talaj-növény rendszer főbb folyamatait leképező termésszimulációs modell. Napi léptékű, determinisztikus modellként a talajnedvesség-forgalmat, a talajhőmérsékletet, a talaj nitrogéntartalmát, a növény fejlődését, növekedését és elhalását szimulálja.

adaptáció: az éghajlatváltozással összefüggő károk mérséklése és az érzékenység csökkentése érdekében megtett lépések összessége. Lényege, hogy olyan módon segítsük elő a szélsőséges időjárási viszonyokhoz történő alkalmazkodást, hogy közben a károkat minimalizáljuk és az ezzel összefüggő előnyöket kiaknázzuk, elősegítve a fenntartható fejlődést.

adatgazda: azon kijelölt állami vezető, akinek feladatkörébe a meghatározott adatok fölötti rendelkezés tartozik.

alkalmazkodási elemzések: a lehetséges alkalmazkodási (és esetenként mitigációs) stratégiák optimalizálását az érintettek széleskörű bevonásán, valamint a többkörös, iteratív elemzési stratégia kialakításán keresztül célzó vizsgálatok.

alkalmazkodó képesség: helyi társadalmi–gazdasági válaszok jellege és erőssége az éghajlatváltozás kapcsán.

alulról szabályozott tó: állóvíz, melynek lefolyása meghatározott vízfolyáso(ko)n keresztül szabályozottan történik.

antézis: virágzás, virágzási időszak.

átfogó cél: a célrendszer hierarchiájának legfelső szintje, általános és komplex, hosszú távú célkitűzés.

célrendszer: az adott térségre kijelölt elvárások és kívánatos változások, fejlődést kijelölő célok koherens, egymásra épülő rendszere, amely rögzíti a célok egymáshoz való hierarchikus viszonyát és egyéb kapcsolatait, összefüggéseit. Elemei az átfogó, a horizontális, a specifikus és területi célok.

DPSIR — Driving Force–Pressure–State–Impact–Response modell: Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség által kialakított Hajtóerő–Terhelés–Állapot–Hatás–Válasz modell a stratégiai tervezés támogatására. Lényege, hogy a társadalmi és gazdasági folyamatok, azaz a hajtóerők, kibocsátásaik révén terhelést gyakorolnak a környezetre, és ennek következtében a környezet állapota változik. Ezek a hatások viszont társadalmi (és ezekkel párhuzamosan tervezési) válaszokat kell generáljanak, hiszen a folyamatok változatlan fennmaradása révén visszafordíthatatlan károkat szenvedhet el a környezet.

éghajlati sérülékenység-vizsgálat: egyes térségek éghajlatváltozás hatásaival szembeni veszélyeztetettségének mértékét feltáró vizsgálat. A sérülékenység-vizsgálat nem a sérülékenység abszolút mértékének megállapítására, hanem a térségek közti összehasonlíthatóság, a relatív területi különbségek meghatározására törekszik.

éghajlatváltozás: az éghajlat hosszú távú, tartós és jelentős mértékű megváltozása helyi vagy globális szinten, függetlenül a kiváltó okoktól. Gyakran használják kifejezetten antropogén eredetű változások leírására, szemben a természetes folyamatokkal (ez alapján tudományos szempontból a globális felmelegedés csak a hőmérsékleti változásokra utal, míg az éghajlatváltozás az üvegházhatású gázok által okozott egyéb változásokat is magában foglalja).

értékelés: alapvetően egy adott tervezési szint (szakpolitika/koncepció, program, projekt) működésének és/vagy eredményeinek, ezek teljesülésének meghatározott módszertan szerinti és jellemzően a monitoring tevékenységből származó információkra épülő vizsgálata és összehasonlítása a kezdeti célkitűzésekkel, a tervezés időpontjában létező elvárásokkal; egyúttal beazonosítva a változás irányait.

érzékenység (sensitivity): a hatásviselő alany vagy közeg időjárás-függő viselkedése.

fejlesztés: minden olyan építési, szolgáltatási vagy árubeszerzési tevékenység, amelyet egy vagy több támogatási forrásból valósítanak meg.

GeoDat: A NATéR számára fejlesztett adatbáziskezelő alkalmazás, mely mögött egy egységes rendszerben felépített adatbázis található, mely tartalmazza az összes numerikus és alfanumerikus adatot, mely a projekt tényleges végtermékét jelenti.

hatáselemzések: egy vagy több éghajlati szcenárió közvetlen hatását egy vagy több hatásmechanizmus szerint modellező vizsgálatok, a vizsgált objektumok esetleges alkalmazkodásának figyelmen kívül hagyásával.

INSPIRE — Infrastructure for Spatial Information in Europe. Irányelv, mely elsődlegesen a környezet állapotával szoros összefüggésben lévő adatok elérhetőségét, felhasználhatóságát hivatott biztosítani, ezért a tagállamok téradat-infrastruktúrájának összehangolását, összekapcsolását és szabványosítását tűzi ki célul.

kifolyási pont: meghatározott földrajzi pont, ahova a vízgyűjtő terület bármely pontjára lehulló vízcsepp képzeletbeli útja vezet.

kitettség (exposure): a regionális (helyi) szintű éghajlatváltozás tényezői.

környezeti vizsgálat: környezeti jelentés kidolgozása, kapcsolódó konzultációk lefolytatása, a döntéshozatal

során a környezeti jelentés és a konzultációs eredmények figyelembevétele, valamint a döntésről szóló tájékoztatás.

közvetlen éghajlati hatások: a konkrét, regionális klímaindikátorokkal jellemezhető változások az éghajlati tényezőkben.

közvetett éghajlati és komplex természeti hatások: az éghajlat megváltozása által generált összetett, egymással kölcsönható és a klímaindikátorokra is visszaható helyi természeti jelenségek

metaadat: „adat az adatról", azaz strukturált, leíró háttér-információk az adatról magáról.

metaadatbázis: A NATéR térképi rétegeinek metaadatait tartalmazó és szolgáltató adatbázis.

mezofil: közepesen meleg hőmérsékletet kedvelő növényzet vagy növényfajok jelzője.

mitigáció: az éghajlatváltozást kiváltó kibocsátások csökkentése, illetve a Föld üvegházgáz-elnyelő képességének növelése, fő fókuszában a légköri ÜHG koncentráció radikális csökkentésével.

monitoring: folyamatos adatgyűjtési, -szolgáltatási és nyomon követési tevékenység meghatározott formátumban és felelősségi körrel, a fejlesztéspolitikai beavatkozásokat követve, és a végrehajtás állapotát figyelve, a program előrehaladását regisztrálva.

NBS: Nemzeti Biodiverzitás Stratégia. A biológiai sokféleség megőrzésének 2015-2020 közötti időszakra szóló nemzeti stratégiája, elkészítésének alapját az ENSZ Biológiai Sokféleség Egyezményének előírása szerinti stratégiaalkotási kötelezettségünk jelenti. Célja hogy a biológiai sokféleség csökkenése és az ökoszisztéma-szolgáltatások további hanyatlása megálljon Magyarországon 2020-ig, valamint állapotuk lehetőség szerinti javuljon. Ehhez a biológiai sokféleség megőrzésének szempontjait be kell építeni a szektorokat áthidaló szakpolitikába, stratégiákba és programokba, valamint azok megvalósításába.

NES: Nemzeti Energiastratégia 2020. A Magyar Állam működési stratégiáját az energetikai kérdések tekintetében hosszú távon, 2030-ig megfogalmazó stratégiai dokumentum; célja az energia- és klímapolitika összhangjának megteremtése a gazdasági fejlődés és a környezeti fenntarthatóság szem előtt tartásával, az elfogadható energiaigény és az energetikai fejlesztések jövőbeli irányainak meghatározása, valamint a magyar energetika jövőképének kialakítása az energiapiaci szereplők bevonásával.

NÉS: Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye és a Kyotói Egyezmény végrehajtási keretrendszere előírásainak való megfelelést biztosító középtávú, 2008 és 2025 közötti időhorizontú stratégia az éghajlatváltozás mérséklésére és hatásaira való felkészülés jegyében.

NKP: Nemzeti Környezetvédelmi Program 2014-2019. Az Európai Unió *„Jólét bolygónk felélése nélkül"* című, 2020-ig tartó időszakra szóló 7. Környezetvédelmi Cselekvési Programján alapuló, horizontális szemléletű stratégiai dokumentum. Feladata, hogy az ország adottságait, a társadalom hosszú távú érdekeit és jövőbeni fejlődési céljait, valamint a globális felelősségből és a nemzetközi együttműködésből, EU-tagságból adódó kötelezettségeket figyelembe véve meghatározza az ország környezeti céljait és az elérésükhöz szükséges eszközöket.

OFTK: Országos Fejlesztés és Területfejlesztési Koncepció, a magyarországi nemzeti szintű fejlesztés- és területfejlesztési szakpolitika koncepció-dokumentuma, mely hosszú és középtávra határozza meg az országos ágazati és területi fejlesztési célkitűzéseket.

parti szűrésű rendszerek: a felszíni és felszín alatti vizekből egyaránt táplálkozó, felszíni vízfolyások menti ivóvízbázisok.

Pálfai-féle aszályindex: elsősorban a terület csapadéktöbbletét vagy vízhiányát jelző, egy adott év aszályosságát leíró mérőszám, a nyári hónapok hangsúlyosabb figyelembevételével.

pollináció: megporzás / beporzás.

sekélyfúrás adatok: Magyarországon az 1960-80-as években mélyített sekély, zömében 10 méter mélységű fúrásokból származó adatok, melyek az Alföld, a Kisalföld, valamint a Dél-Dunántúl fiatal üledékeinek és talajainak felső 10–15 méterét reprezentálják.

sérülékenység: a káros éghajlati hatásokkal szembeni érzékenységnek, sebezhetőségnek, illetve az alkalmazkodás hiányának a mértékét fejezi ki, amely egyaránt függ a rendszert érő éghajlati változások jellegétől és mértékétől, a rendszer érzékenységétől, illetve alkalmazkodóképességétől.

sérülékenységi elemzések (sensu stricto): a várható hatások számbavételén túl már az objektumok alkalmazkodóképességét is figyelembe vevő vizsgálatok, melyek ezen keresztül a sérülékenység értékelésére törekszenek.

stratégiai tervdokumentum: a 38/2012 Kormányrendelet szerint az ország előrejelzés, a nemzeti középtávú stratégia, a miniszteri program, az intézményi munkaterv, továbbá a hosszú távú koncepció, a fehér könyv, a szakpolitikai stratégia, a szakpolitikai program, az intézményi stratégia és a zöld könyv.

stratégiai tervezés: a tervezés tárgyának (vállalat, ágazat, ország, területegység stb.) környezetében lezajló változások elemezése, megértése, majd ez alapján alakítása egy kívánatos jövőbeni állapot elérése érdekében; az ennek során alkalmazott módszerek és eljárások összessége illetve ezek megvalósítása. Összetett folyamat, amely jövőkép és különböző szintű célok meghatározását, az elérésükhöz szóba jöhető alternatí-

vák megfogalmazását, a kapcsolódó döntéseket, és az ezeket szolgáló végrehajtási akciók megtervezését jelenti. Tágabb értelemben a megvalósulás értékelését és így a visszacsatolásokat is magában foglalja. Szűkebb értelemben a célrendszer, az akciók és operatív lépések kidolgozásának folyamata.

termésszimulációs modellek: a biomassza-produkció időbeli alakulásának előrebecslését célzó modellek, gyakran használják az éghajlatváltozás várható hatásainak becslésére helyi vagy globális szinten.

természetes vízkészlet-változás: azon vízháztartási tényezők algebrai összege, amelyek térbeli és időbeli alakulása csak természeti tényezők által meghatározott.

természeti, társadalmi, gazdasági következmények: a közvetlen éghajlati hatások és a természeti rendszerekben, ökoszisztémákban fellépő közvetett hatások által együttesen kiváltott kedvezőtlen társadalmi–gazdasági konzekvenciák.

térképi adatbázis: azok a térképi rétegek, melyek a NATéR projekt köztes és végtermékeinek tekinthetők.

VAHAVA — Változás-hatás-válaszadás projekt, melynek 2003 nyarán indult munkálatait Láng István akadémikus vezette. Célja a magyarországi éghajlatváltozás várható irányának meghatározása, az egyes ágazatokra és szakterületekre valószínűsíthető hatás elemzése volt.

várható hatás (potential impact): Az érzékenység és a kitettség kombinációja, mely egyaránt jellemző a földrajzi helyre és a vizsgált hatásviselő rendszerre.

villámárvíz: az a jelenség, melynek során felszínre jutó vízcseppek rövid idő alatt folynak össze a völgytalpon, s a hirtelen összegyűlt mennyiséget a vízfolyások nem képesek elvezetni. Elsősorban a hegy- és dombvidékeken, különösen a völgyekben elhelyezkedő településeket, településrészeket veszélyezteti.

vízföldtani megfigyelő-hálózat: a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet által az 1970-es évek óta üzemeltetett, az ország különböző tájegységeire kiterjedő mérőkút-hálózat.

xerofil: vízszegény talajokat kedvelő, hő- és szárazságtűrő (azaz szárazságkedvelő) növényzet vagy növényfajok jelzője.

A NATéR projekt izlandi, liechtensteini és norvégiai támogatásból valósul meg.

A jelen szakmai munkaanyag Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a REC-en keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásával valósult meg. A jelen dokumentum tartalmáért a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet felelős.
További információk a támogatási programról:
www.nagis.hu
eea.rec.org
eeagrants.org
norvegalap.hu