

**A KLÍMAADAPTÍV TERVEZÉS
FONTOSSÁGA A KLÍMAVÁLTOZÁS
HATÁSAIVAL ÖSSZEFÜGGÉSBEN**



**Magyar Mérnöki Kamara
Kiadványsorozata 151.**

**A KLÍMAADAPTÍV TERVEZÉS FONTOSSÁGA A
KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAIVAL ÖSSZEFÜGGÉSBEN**

**MMK FAP azonosító:
2025/211-KVT**

Budapest, 2025. október

A sorozat szerkesztője:
WAGNER ERNŐ
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Környezetvédelmi Tagozatának gondozásában, a 2025. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

Szerzők:

Dr. Vigh Péter Levente (témavezető): 1. és 2. fejezetek

Csóka Gergely: 2., 4. és 5. fejezetek

Hegyi Zoltán: 3. fejezet

Lektorálta:

Dr. Csepregi István

Kiadó:

Magyar Mérnöki Kamara
1118 Budapest, Budaörsi út 125/A.
info@mmk.hu, www.mmk.hu

TARTALOMJEGYZÉK

Vezetői összefoglaló	7
1. Milyen éghajlatra és fokozódó szélsőségekre számíthatunk Magyarországon a különböző forgatókönyvek szerint, amikhez meg kell próbálnunk alkalmazkodnunk?8	
1.1. Bevezető - korunk éghajlatváltozása	8
1.2. Mire számíthatunk Magyarországon?	13
1.2.1. Hőszélsőségek, trópusi éjszakák, hóhullámok.....	15
1.2.2. Téli, zord és fagyos napok	21
1.2.3. Csapadék.....	25
1.2.4. Aszály	27
1.2.5. Szélerősség és szélviharok.....	29
1.2.6. Összegzés és felhasznált irodalmak.....	30
2. Klímaadaptív tervezés alapelveinek és folyamatának meghatározása	32
2.1. Alkalmazkodás és reziliencia.....	32
2.2. Éghajlati kockázat értékelésének módszertana, a legjelentősebb kockázatok azonosítása	37
2.3. Kockázatalapú fejlesztési döntések megközelítése	40
2.4. Célszemléletben a városok.....	42
2.5. A reziliens és klímaadaptív várostervezés alapjai és tervezői szemlélete	44
2.6. A zöld infrastruktúra fontossága és a zöld deszentifikáció társadalmi kockázatai.....	49
2.7. Nemzetközi és hazai jó gyakorlatok a különböző szektorok közötti együttműködésre.....	53
3. Klímaadaptív tervezés eszközei a vízgazdálkodásban	57
3.1. Bevezetés.....	57
3.2. Stratégiai dokumentumok és a klímaváltozás kockázatai.....	57
3.3. Következtetés.....	61
4. Klímaadaptív tervezés eszközei a közlekedési infrastruktúrák tervezésében	63
4.1. Bevezetés.....	63
4.2. Mitigáció.....	65
4.2.1. ÜHG kibocsátások és megkötések számítása.....	65
4.2.2. Mitigációs intézkedések.....	68
4.3. Adaptáció és reziliencia	71

4.3.1. Reziliencia vizsgálatok.....	71
4.3.2. Adaptációs intézkedések.....	73
4.4. Összefoglalás és kitekintés.....	75
4.5. Irodalomjegyzék.....	75
5. Tervezést támogató továbbképzési és tanúsítványi rendszer felvetése, javasolt tematika	77

Vezetői összefoglaló

A klímaváltozás korunk egyik legnagyobb globális kihívása, amely Magyarországon is egyre súlyosabb hatásokkal jár: nő az átlaghőmérséklet, gyakoribbak a hóhullámok, aszályok és villámárvizek, miközben a téli fagyos napok száma csökken. Az éghajlati szélsőségek mennyiség- és intenzitásbeli növekedése jelentős kockázatokat hordoz az épített környezetre, a vízgazdálkodásra, az infrastruktúrákra és a társadalom egészére nézve. A klímaváltozás hatásainak mérséklése (mitigáció) mellett elengedhetetlen az alkalmazkodás (adaptáció) – a mérnöki tervezésben és a településfejlesztésben egyaránt.

A klímaadaptív tervezés célja olyan döntési és tervezési folyamat kialakítása, amely előre azonosítja a klímakockázatokat, és azokat beépíti a fejlesztési stratégiákba. Az alkalmazkodás lényege nem csupán a védekezés, hanem a rendszerek – épületek, infrastruktúrák, városok és közösségek – ellenállóbbá tétele, ami a reziliencia növelésén keresztül valósul meg. A reziliencia nem statikus állapot, hanem folyamatos tanulási és átalakulási képesség: lehetővé teszi, hogy a társadalom előre készüljön a változásokra, reagáljon a sokkokra, és gyorsan helyreállítsa működését. A mitigáció, adaptáció és a reziliencia egymást kiegészítve biztosítják a hosszú távú fenntarthatóságot.

A dokumentum átfogóan bemutatja Magyarország várható éghajlati folyamatait különböző forgatókönyvek (RCP2.6–RCP8.5) alapján, majd módszertani útmutatót ad az éghajlati kockázatok értékeléséhez. Ismerteti a kvalitatív és kvantitatív elemzési módszereket, a forgatókönyv-alapú és GIS-eszközöket, valamint az adaptív menedzsment megközelítést. Kiemeli, hogy a tervezési folyamatnak kockázatalapú, bizonytalanságot kezelni képes döntéshozatalra kell épülnie, amely az elővigyázatosság elvét is követi.

A kézikönyv hangsúlyozza a szektorok közötti együttműködés és a közösségi tervezés szükségességét, mivel a városi rendszerek komplexek és egymásra hatók. A természet-alapú megoldások és a kék-zöld infrastruktúra fejlesztése kiemelt eszközei az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásnak: ezek nemcsak környezeti és egészségügyi előnyöket biztosítanak, hanem gazdasági hasznot is teremtenek. Ugyanakkor fel kell ismerni a társadalmi kockázatokat is – például a zöld dzsentrifikáció veszélyét –, amelyek csökkentése igazságos, inkluzív tervezést igényel.

A klímaadaptív tervezés tehát nem pusztán technikai feladat, hanem szemléletváltás. Olyan holisztikus, rendszerszintű gondolkodásra épül, amely egyaránt erősíti a helyi közösségek alkalmazkodóképességét, csökkenti a kockázatokat, és támogatja a fenntartható fejlődést. A mérnöki, városépítészeti és környezetvédelmi szakmák együttműködése nélkülözhetetlen ahhoz, hogy a jövő városai biztonságosak, egészségesek, és élhetőek maradjanak a változó éghajlatban.

1. Milyen éghajlatra és fokozódó szélsőségekre számíthatunk Magyarországon a különböző forgatókönyvek szerint, amikhez meg kell próbálnunk alkalmazkodnunk?

1.1. Bevezető - korunk éghajlatváltozása

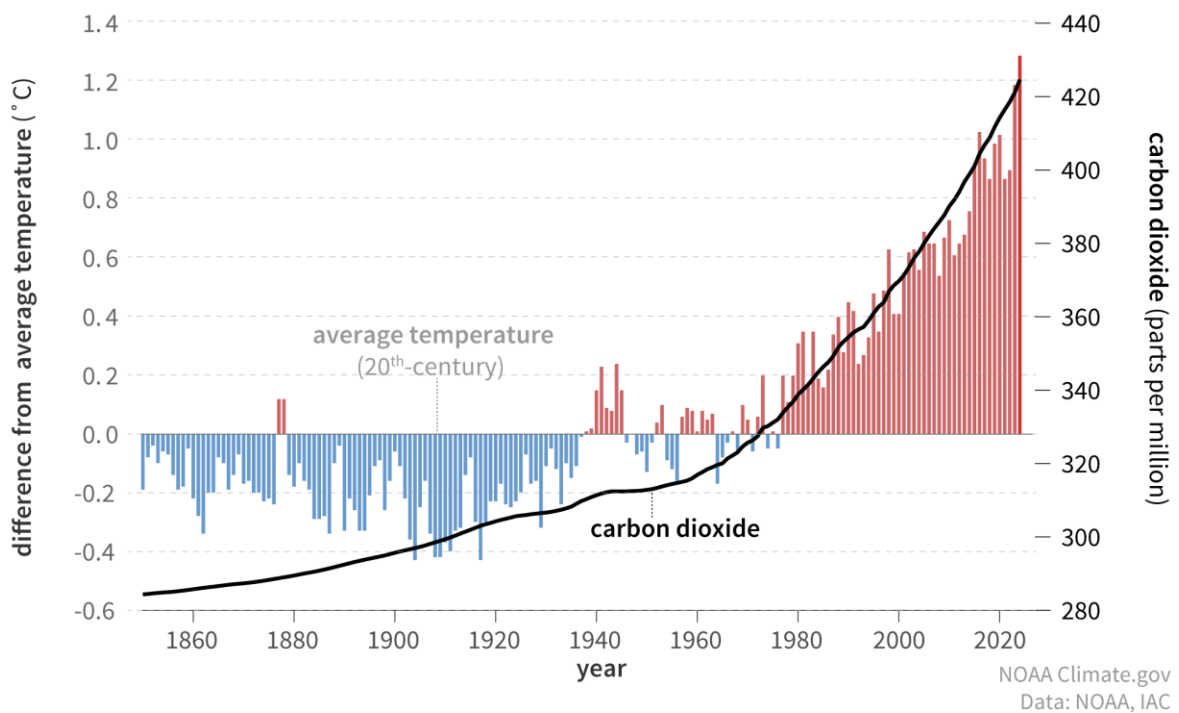
A Föld története során gyakran változott az éghajlat, ezeknek a jelentős része pedig természetes, azaz általunk befolyásolhatatlan események (pl. vulkáni tevékenység) miatt következett be. Fontos megjegyeznünk, hogy ezek több esetben olyan stresszt okoztak a földi bioszférában, ami tömeges fajkihaláshoz vezetett. Ezek közül az egyik legismertebb és a legnagyobb kb. 252 millió évvel ezelőtt következett be a Perm időszak végén, amit a szakirodalomban „a nagy kihalásként” is neveznek. Minden, ma a Földet benépesítő élőlény ezeknek a túlélőknek a leszármazottai.

Ami megkülönbözteti korunk, azaz az első ipari forradalom óta tartó éghajlatváltozást, hogy döntően nem természetes folyamatok, hanem az emberi eredetű üvegházhatásúgáz kibocsátások hajtják. Az emberi tevékenység során elégetett fosszilis energiahordozók (szén, kőolaj, földgáz), a megváltozó földhasználat (pl. erdőirtás) oda vezetett, hogy egy hosszabb nyugalmi időszak után – ami alapvetően tette lehetővé az emberiség gyors civilizációs fejlődését – olyan ütemben növeljük a légkör üvegházgáz koncentrációját (a legfontosabb, antropogén eredetű üvegházgázok a szén-dioxid, a metán és a dinitrogén-oxid), amit a természetes nyelők (óceánok, talaj, vegetáció) egyre kevésbé képesek ellensúlyozni. **Szinte teljes - más területekre egyáltalán nem jellemző - tudományos konszenzus van azzal kapcsolatban, hogy közel lineáris összefüggés¹ van a légköri üvegházgáz koncentráció és a globális átlaghőmérséklet emelkedése között (1. ábra), ami szélsőséges időjárási eseményekhez vezet, nagyfokú stresszt jelent a bioszférának, és a múltbéli tapasztalatok alapján, épp a folyamat földtörténeti léptékből nézve hihetetlen gyorsasága miatt, egy újabb tömeges kihalási eseményt vetít előre.²**

¹ <https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/if-carbon-dioxide-hits-new-high-every-year-why-isn't-every-year-hotter-last>

² <https://www.ipcc.ch/sr15/>

Increases in atmospheric carbon dioxide and global temperature (1850-2024)



1. ábra: Oszlopdiagram: az éves hőmérséklet a huszadik századi átlaghoz képest 1850–2024 között. A piros oszlopok az átlagosnál melegebb éveket, a kék oszlopok az átlagosnál hidegebb éveket jelölnek. Vonaldiagram: a légköri szén-dioxid mennyisége.

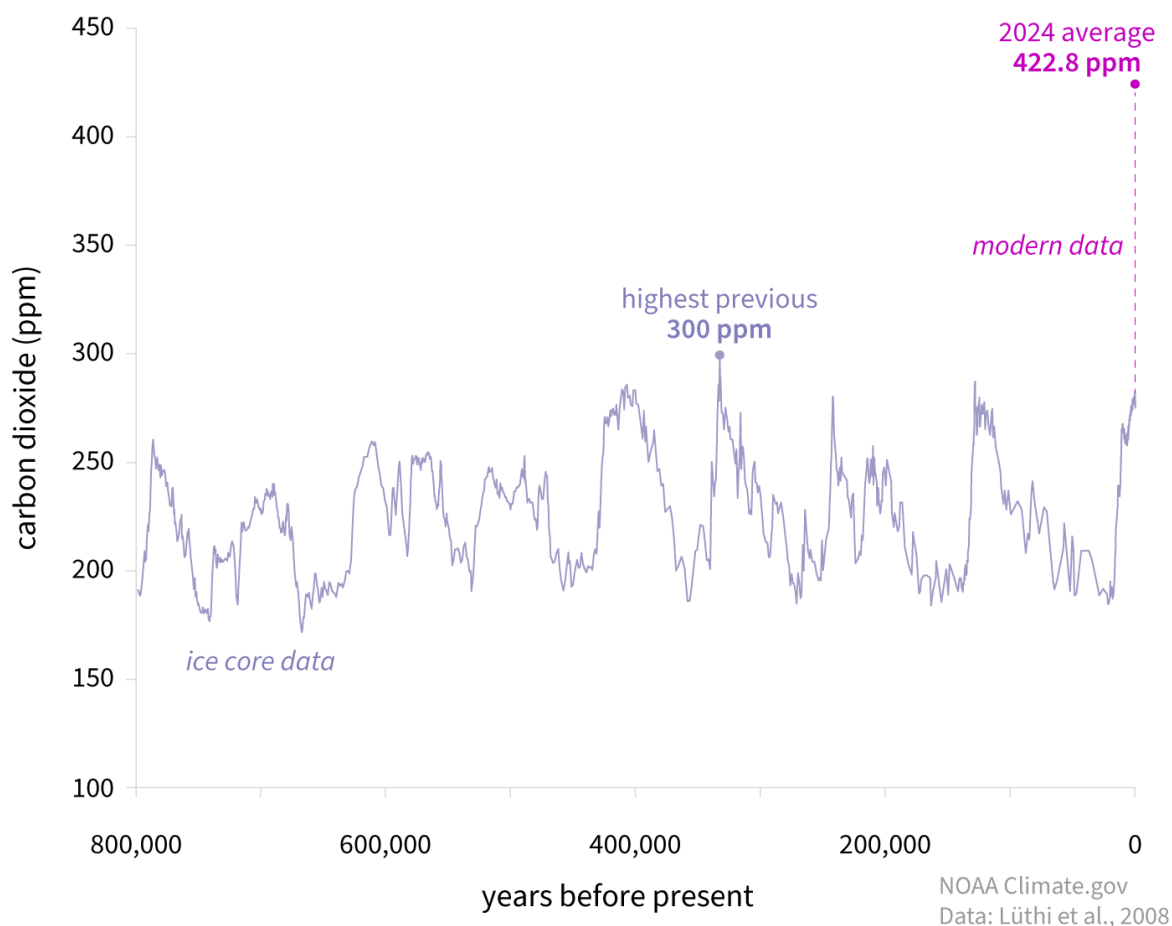
Forrás: NOAA

Az amerikai Nemzeti Óceán- és Légkörkutató Hivatal (NOAA) ábrája jól szemlélteti a légköri szén-dioxid koncentráció változását az elmúlt nyolcszázezer évben (2. ábra) és az ipari forradalom óta (3. ábra)³, valamint az ehhez kapcsolódó tapasztalt és várható globális átlaghőmérséklet alakulását a különböző éghajlati forgatókönyvek szerint (4. ábra).⁴

³ <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

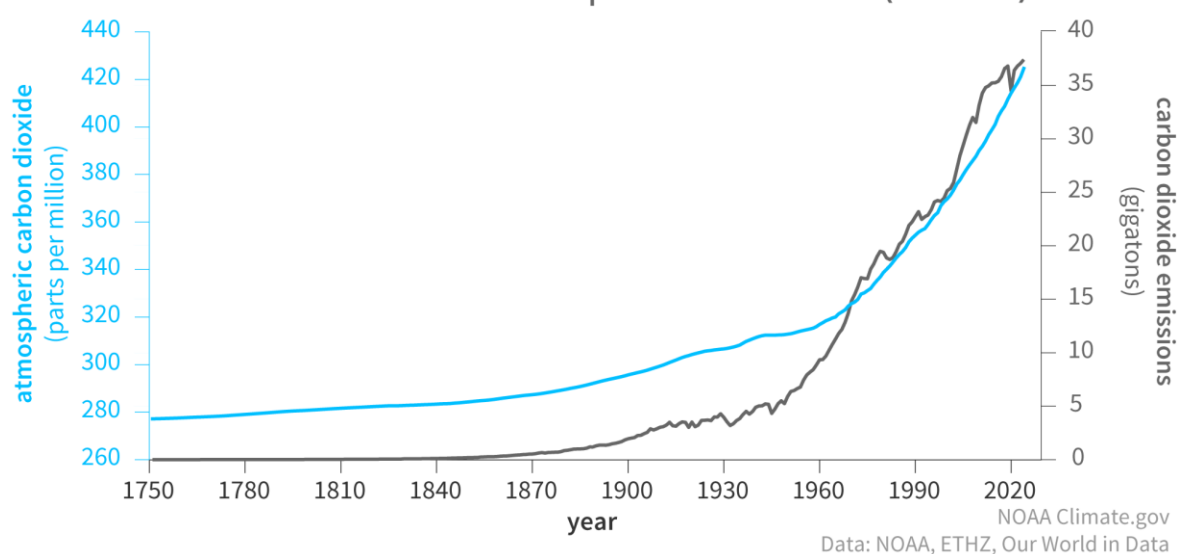
⁴ <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>

CARBON DIOXIDE OVER 800,000 YEARS

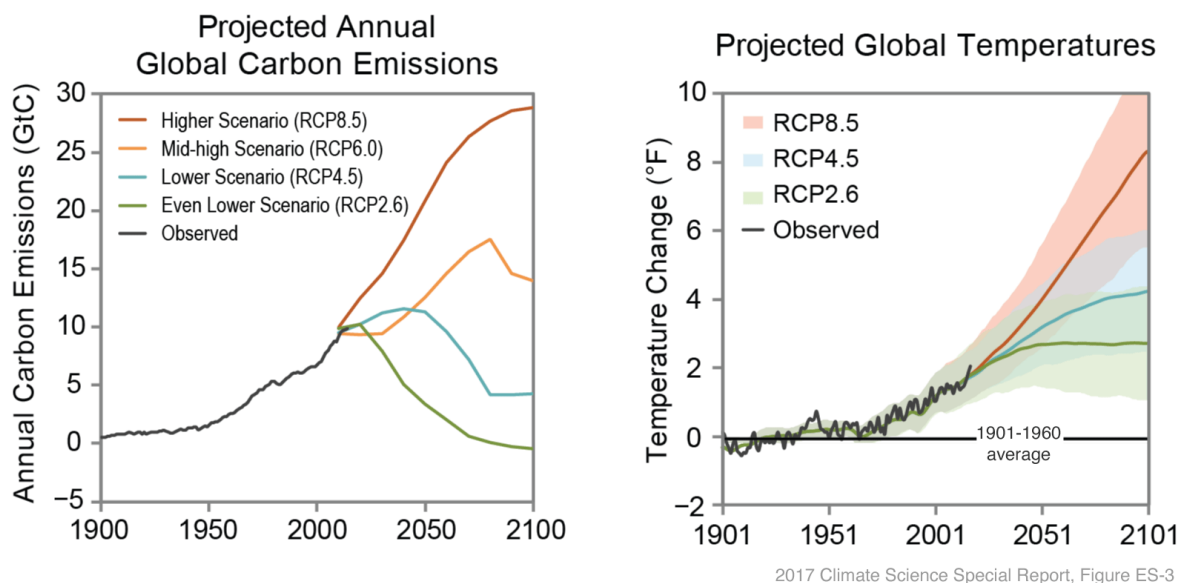


2. ábra: A légköri szén-dioxid koncentráció változása az elmúlt 800 000 évben.
Forrás: NOAA

Global carbon dioxide emissions and atmospheric carbon dioxide (1751-2024)



3. ábra: A légköri szén-dioxid koncentráció változása az (első) ipari forradalom óta.
Forrás: NOAA



4. ábra: A globális átlaghőmérséklet alakulása a különböző RCP forgatókönyvek alapján.
Forrása: NOAA

Korunk éghajlatváltozásának mérséklésére és kordában tartására 2016-ban, az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény (UNFCCC) részes feleinek éves konferenciáján (COP 21) a világ majdnem összes országa elfogadta az ún. **Párizsi Megállapodást**, amiben **szándéknyilatkozatot tettek a mellett, hogy a század végéig 2 Celsius-fok alatt tartják a globális átlaghőmérséklet-emelkedést az ipari forradalom előtti időkhöz képest és törekednek arra, hogy 1,5 Celsius-foknál korlátozzák azt.** Azért 1,5 Celsius-foknál, mert a világ klímaváltozással kapcsolatos legjobb elérhető tudományos eredményeit összegző ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) által kiadott jelentések alapján ezt a hőmérsékleti küszöböt meghaladva olyan veszélyes változásokat okozhatunk a földi éghajlatban, amelyek visszafordíthatatlan következményekkel (pl. fajkihalás) járhatnak, valamint közel kerülhetünk olyan átbillenési pontokhoz, amikor az éghajlati rendszer különböző visszacsatolási mechanizmusokon keresztül (pl. permafroszt felolvadása) öngerjesztővé teszi korunk éghajlatváltozását, drámaian korlátozva az emberiség beavatkozási lehetőségeit.

Magyarország az Európai Unió tagállamai közül az első hullámban ratifikálta és hirdette ki törvényben⁵ a Párizsi Megállapodást. A törekvés, és az akkori, még „éltanuló” szerep több szempontból is helyes helyzetértékelést tükrözött, ugyanis a globális átlaghőmérséklet-emelkedés nem egyenlően oszlik el a Földön. Európa a leggyorsabban melegedő⁶ kontinens és **Magyarországon is a világátlag feletti**

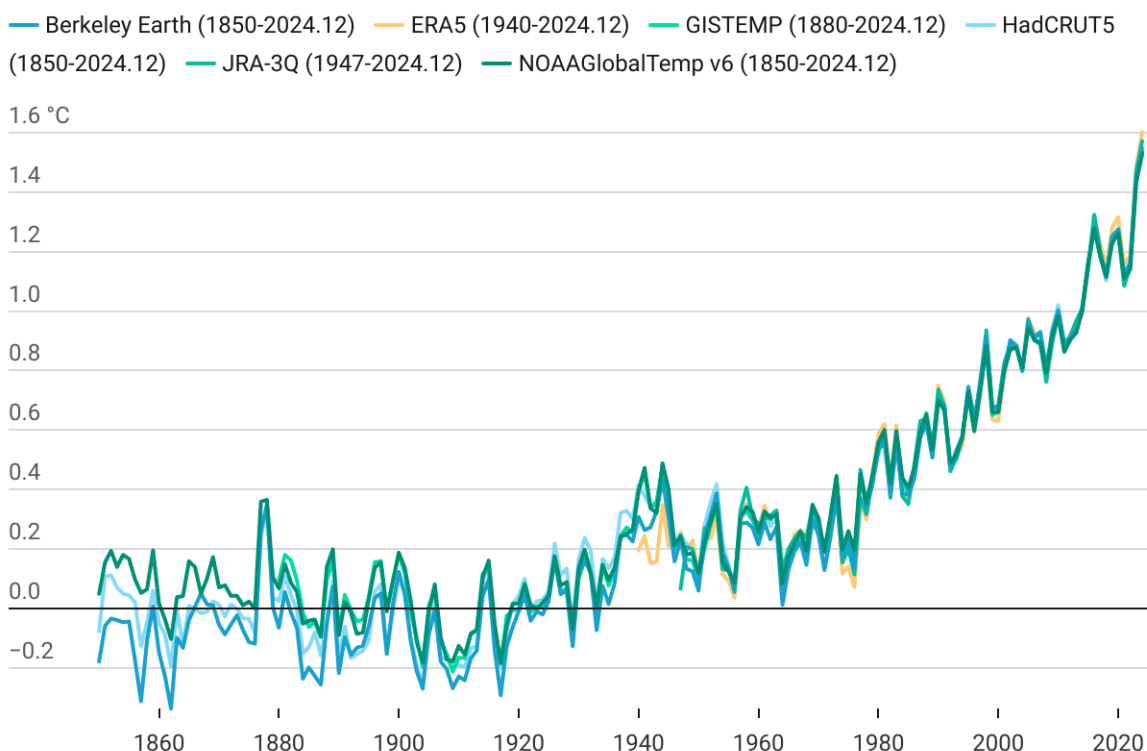
⁵ Az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményben Részes Feleknek 21. Konferenciáján elfogadott Párizsi Megállapodás kihirdetéséről szóló 2016. évi L. törvény <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600050.tv>

⁶ <https://climate.copernicus.eu/why-are-europe-and-arctic-heating-faster-rest-world>

hőmérséklet-növekedés figyelhető meg.⁷ A Meteorológiai Világszervezet (WMO) *State of the Global Climate 2024* jelentése⁸ szerint 2024-ben már átléptük a 1,5 Celsius-fokos küszöböt (5. ábra), a globális üvegházhatású-gázkibocsátás pedig még mindig nem tetőzött.⁹

Global mean temperature 1850-2024

Difference from 1850-1900 average



Annual global mean temperature anomalies relative to a pre-industrial (1850–1900) baseline shown from 1850 to 2024

Chart: WMO • Created with Datawrapper

5. ábra: A globális átlaghőmérséklet változása 1850 óta. Referencia időszak: 1850-1900.
Forrás: WMO

⁷ https://www.met.hu/rolunk/hirek/index.php?id=3511&hir=A_legmelegebb_ev_1901_ota_-_elozetes_elemzes

⁸ <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>

⁹ <https://globalcarbonbudget.org>

Ez nem azt jelenti, hogy le kellene mondanunk a 1,5 Celsius-fokos célról, ugyanis a túllövés (ennek a küszöbértéknek a meghaladása) ideiglenes is lehet, és – bár évente csökkenő százalékos eséllyel –, de van még lehetőségünk korlátozni a felmelegedés szintjét. Ez azonban **egyben azt is jelenti, hogy a kibocsátás-csökkentési törekvések (mitigáció) mellett alkalmazkodnunk kell (adaptáció) a már bekövetkezett vagy elkerülhetetlen változásokhoz is, valamint rezilienssé kell válnunk.** Ez a kézikönyv is elsősorban az alkalmazkodási lehetőségeket és a rezilienciát helyezi előtérbe, azonban a mérnöktársadalomnak fontos észben tartania, hogy (többek között) az anyaghasználat és a tervezés (valamint az ebből fakadó életciklus) alapvetően hatással van azokra a kibocsátásokra is, amelyek fűtik korunk éghajlatváltozását.

1.2. Mire számíthatunk Magyarországon?

Magyarország a 45°45' és 48°35' északi szélességek között fekszik, nagyjából félúton az Egyenlítő és az Északi-sark között, a szoláris éghajlati felosztás szerint a mérsékelt övben. Éghajlata nagyon változékony, melynek egyik fő oka, hogy éghajlatunkra a kiegyenlítettebb hőmérsékletű, nagy nedvességtartalmú óceáni légtömegek, a szélsőséges hőmérsékletjárású, alapvetően száraz kontinentális, illetve a Földközi-tenger irányából érkező enyhe, nagy nedvességtartalmú légtömegek egyaránt hatással vannak.¹⁰

Ahogy korábban írtuk, **Magyarország a világátlag felett melegszik**, amit a HungaroMet (korábban: Országos Meteorológiai Szolgálat) hazánkra vonatkozó klímacsíkjai egyszerűen és közérthetően ábrázolnak (6. ábra). A csíkos ábrán kékes árnyalatban jelennek meg a hidegebb, pirosban a melegebb évek, a viszonyítási időszak az 1971–2000-es harmincéves időszak volt.¹¹

A következőkben különböző meteorológiai változókat, illetve éghajlati indexeket fogunk sorra venni, hogy azok hogyan változtak meg az elmúlt időszakban a mérések alapján, ill. a különböző éghajlati forgatókönyvek szerint milyen változásokra számíthatunk ebben a században. Az ún. RCP forgatókönyvek¹², azaz a Reprezentatív Koncentrációs Menetek (Representative Concentration Pathway) meghatározzák a 21. század végére várható sugárzási-kényszer változást, többek közt az üvegházgáz kibocsátás, a népesség, az energiahasználat és a felszínhasználat feltételezett változása

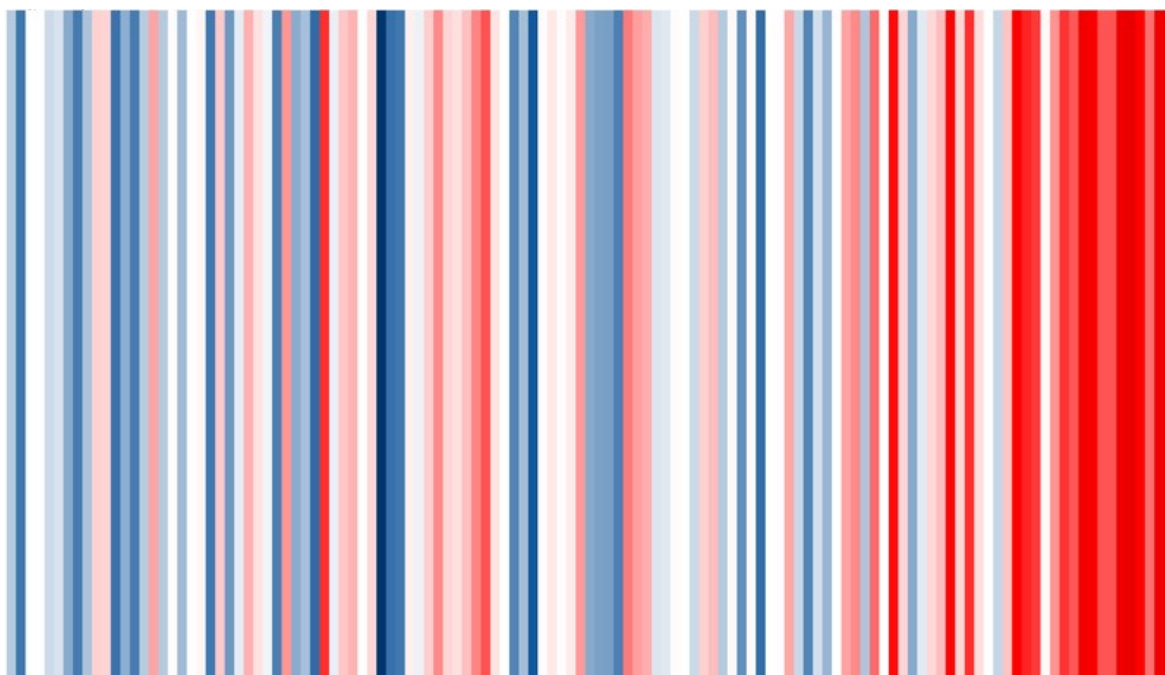
¹⁰ https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/altalanos_leiras/

¹¹ https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/klimacsikok/

¹² <https://eltunoevszakok.hu>
<https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/2021-01/infosheet3.pdf>

alapján. Ezeket veszik figyelembe az éghajlati modellszimulációk, amelyekkel a globális felmelegedés térbeli és időbeli eloszlását is vizsgálni tudjuk. Ezek a forgatókönyvek különböző pályákat mutatnak be a kibocsátás lehetséges alakulására az évszázad során, és ennek következtében az ipari forradalom kezdetétől a 21. század végéig a sugárzási kényszer növekedésére – azaz az üvegházhatás erősödésére – W/m^2 egységben kifejezve.

- RCP2.6 - optimista, azonnali és jelentős kibocsátás-csökkentéssel számoló forgatókönyv, ami a legközelebb vinne minket a Párizsi Megállapodásban foglaltak betartásához
- RCP4.5 - mérsékeltebb és később induló kibocsátás-csökkentést feltételező forgatókönyv
- RCP8.5 - business-as-usual forgatókönyv, ahol a kibocsátások tovább növekednek.



6. ábra: Magyarország felmelegedését ábrázoló klímacsík (1901–2023 - balról jobbra haladva) Forrás: HungaroMet

Nem vállalkoznánk arra, hogy iránymutatást adjunk, hogy melyik a legvalószínűbb forgatókönyv a jövőre, de tekintve, hogy a globális kibocsátások még mindig nőnek, viszont mitigációs erőfeszítések is történnek (pl. megújuló), valószínűsíthető, hogy jelenleg az **emberiség valahol az RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyvek közötti sávban mozog, azaz nem teszünk eleget, de azért teszünk is valamit.**

A múltban több kritika érte a különböző éghajlati forgatókönyveket és az IPCC jelentések alapját adó modellszimulációkat, azonban ezekről nemcsak bebizonyult, hogy téves kritikák, és a modellek alapvetően pontosak, hanem a jelenlegi tudományos diskurzus épp ellenkező irányba mozdult el. Ezek szerint a jelenlegi forgatókönyveink túl konzervatívak és számos olyan tényezőt nem vesznek figyelembe, amelyek alapján várhatóan még gyorsabb és intenzívebb felmelegedéssel számolhatunk. Mivel azonban ez nem kapcsolódik szorosan a kézikönyv tematikájához, ennek ismertetésétől eltekintünk.

Az alább ismertetésre kerülő meteorológiai változók és indexek szinte mindegyike befolyásolja egy épület, egy infrastrukturális elem vagy ezek összességének (pl. település, város) működését, minőségét, életciklusát. **Összességében elmondható, hogy a gyakoribbá és intenzívebbé váló időjárási szélsőségek, és az ebből fakadó bizonytalanságok miatt jóval összetettebb folyamattá válik a mérnöki tervezés, ahol elengedhetetlen lesz egy, az aktuális jogszabályokon és előírásokon túlmenő, több felelősséget vállaló, holisztikus szemlélet alkalmazása.** Ez az újfajta rendszerszemlélet segíthet abban, hogy a mérnöki tervezés végeredményeként előálló épületek és infrastrukturális elemek ellenállóbbak legyenek, összhangban a klimatikus kihívásokkal és következményekkel, növelve az azokat használó és bennük élő közösség alkalmazkodóképességét és rezilienciáját – és végső soron jóllétét.

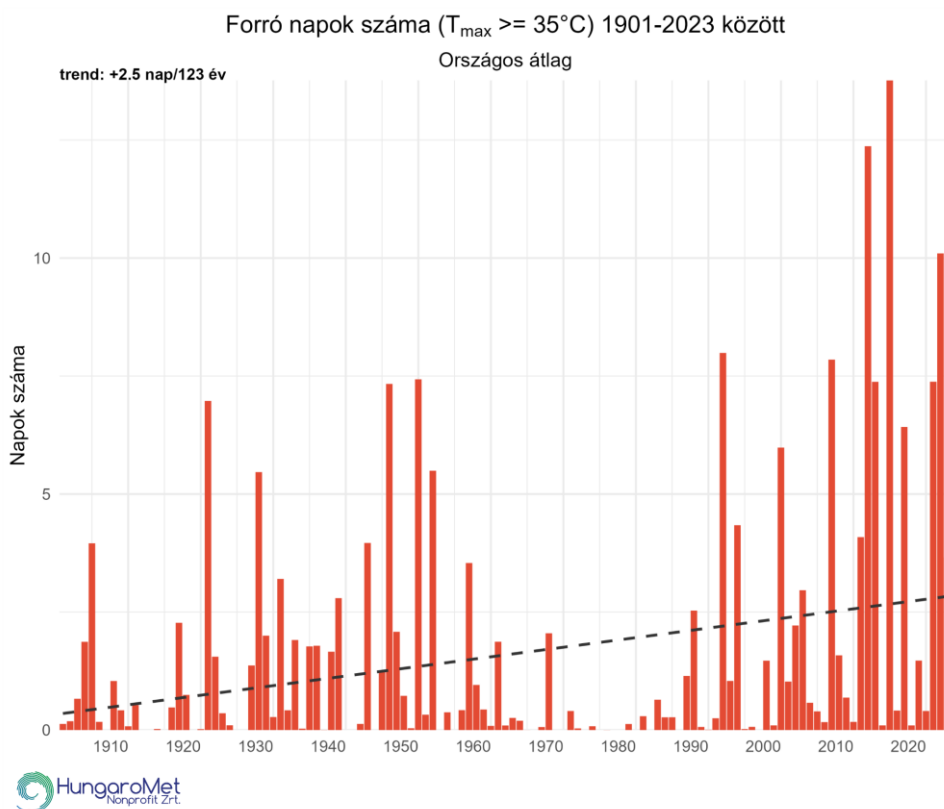
1.2.1. Hőségnapok, trópusi éjszakák, hőhullámok

A globális felmelegedés leglátványosabb eleme a globális átlaghőmérséklet emelkedése. Magyarországon is mindegyik évszak átlagosan melegsik, de a hőmérsékletnövekedés mértékének és hatásainak időbeli, illetve térbeli eloszlása nem egyenletes. Míg sokan (tévesen) örülhetnek az enyhébb teleknek, **a nyári hőség komoly egészségügyi kockázatot jelent a társadalom széles rétegeinek.**¹³

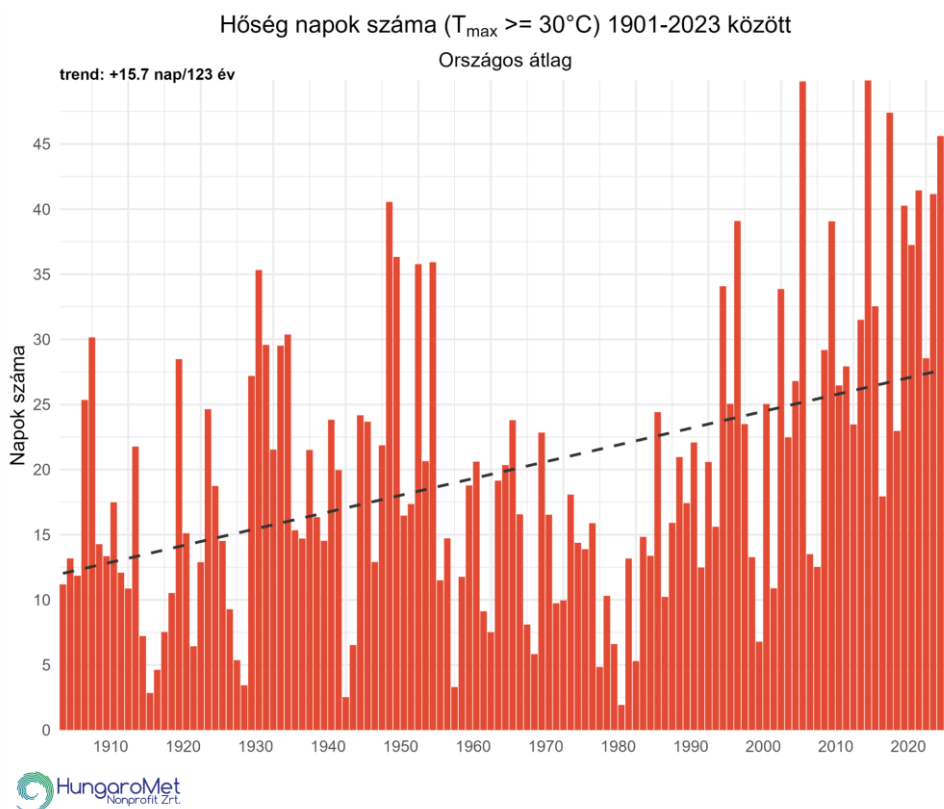
A HungaroMet adatai szerint¹⁴ **mind a forró, mind a hőségnapok, a trópusi éjszakák és a hűtési foknapok száma növekszik (7-9. ábrák).** Az emelkedés különösen az elmúlt húsz évben látványos.

¹³ https://mersz.hu/hivatkozas/matud_f10359#matud_f10359

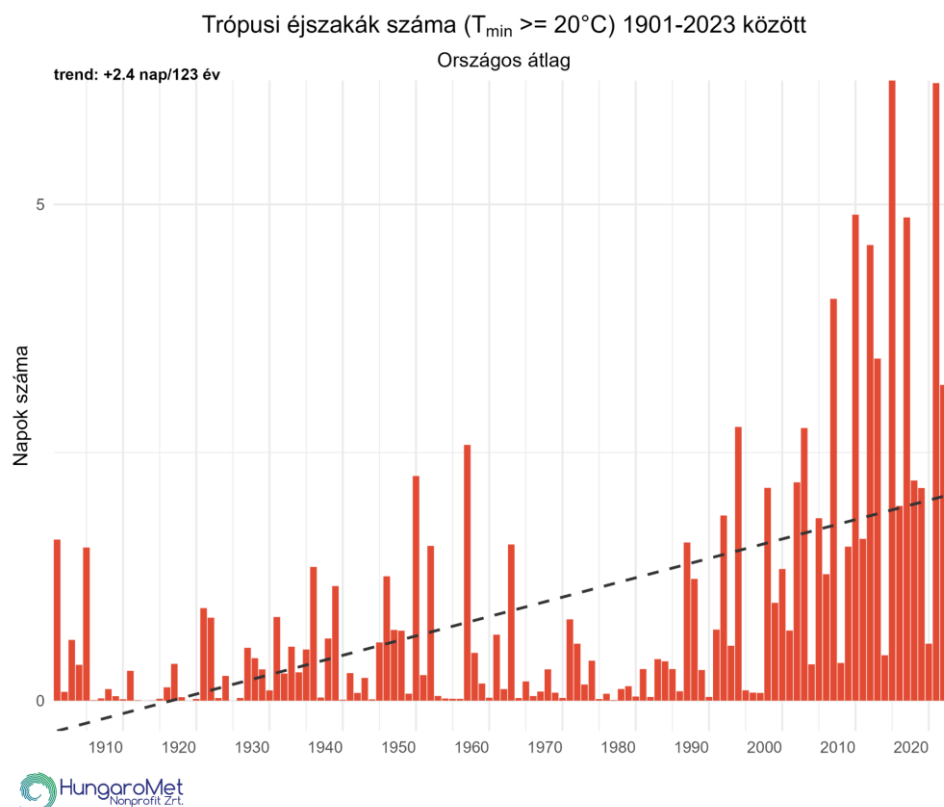
¹⁴ https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/hosegindexek/



7. ábra: A forró napok számának alakulása Magyarországon 1901-2023 között.
Forrás: HungaroMet



8. ábra: A hőség napok számának alakulása Magyarországon 1901-2023 között.
Forrás: HungaroMet



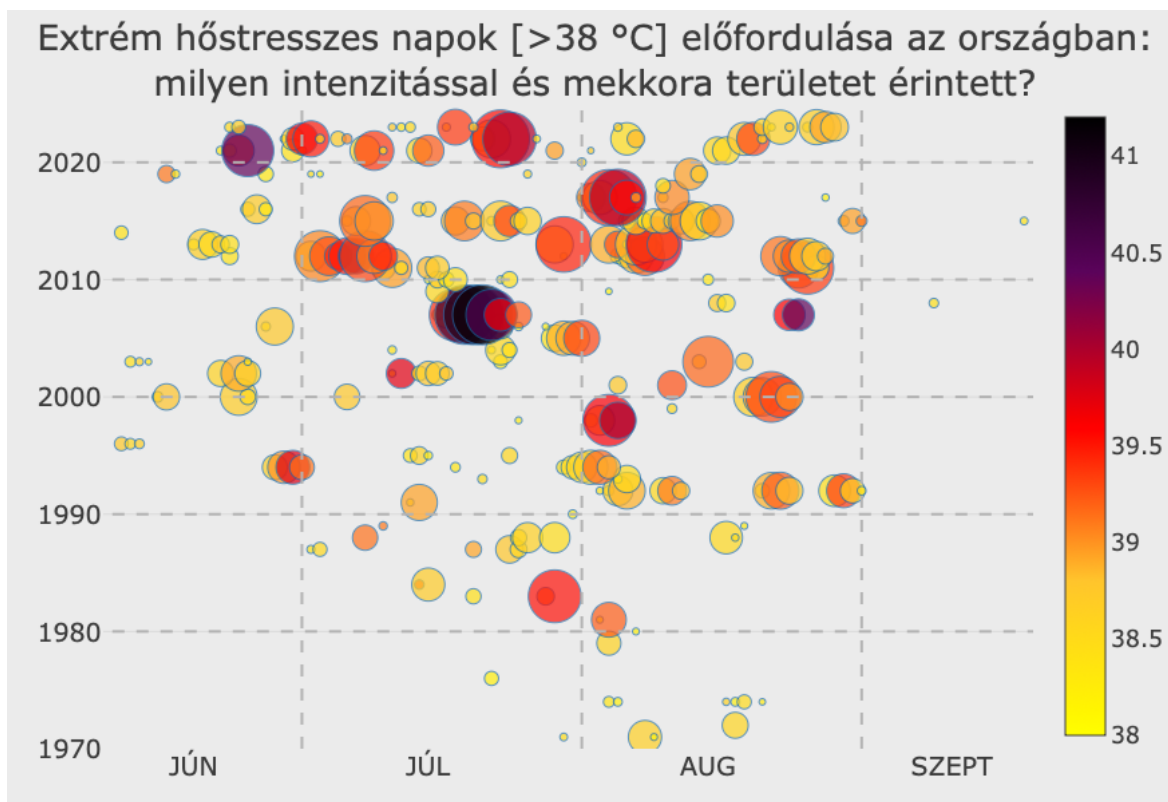
9. ábra: A trópusi éjszakák számának alakulása Magyarországon 1901-2023 között.
Forrás: HungaroMet

A magas hőmérséklet önmagában is komoly egészségügyi kockázat az idősek, gyerekek, és a különböző, krónikus keringési, anyagcsere, légzőszervi, mentális betegségekben szenvedők számára, azonban **a városi hősziget¹⁵ jelenséggel kombinálva kifejezetten életveszélyessé is válhat.** Különösen, mivel **az extrém hőstresszes ($> 38^{\circ}\text{C}$) napok száma is nő** (10. ábra).¹⁶

¹⁵ <https://masfelfok.hu/2021/07/27/ettol-valnak-forro-katlanna-varosaink-a-hosziget-hatas/>

<https://masfelfok.hu/2021/08/24/mar-majusban-40-celsius-fok-lehet-budapest-belvarosaban-a-felszini-homerseklet/>

¹⁶ <https://masfelfok.hu/2024/07/05/hostressz-hoseg-nyar-egeszsegugy-tobblethalalozas-magyarorszag-alfold-szeged-budapest/>



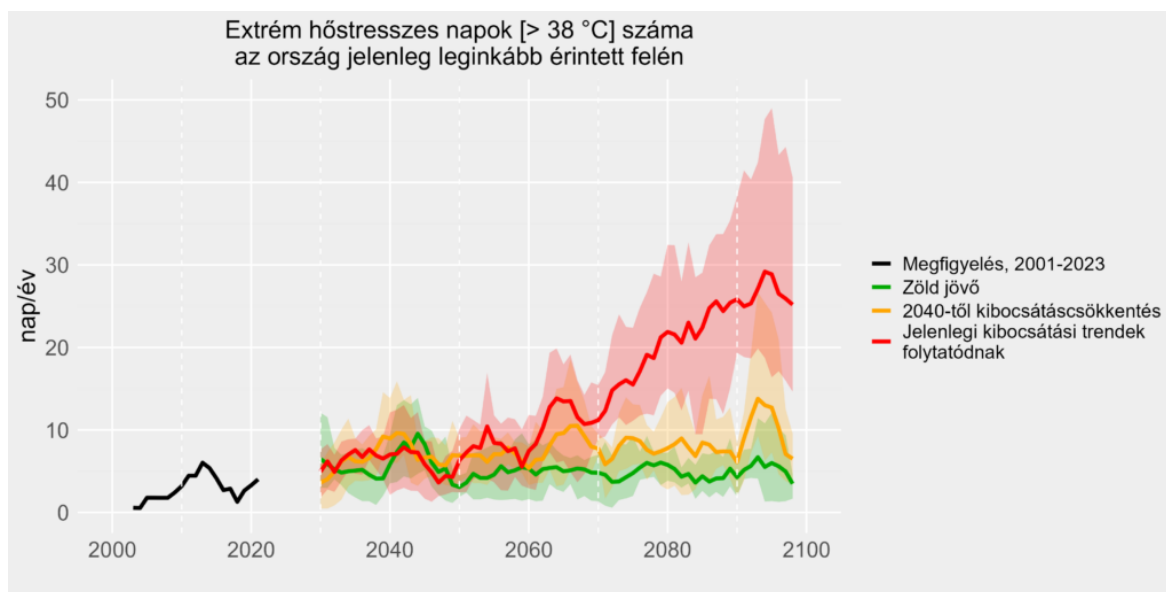
10. ábra: Extrém hőstresszes napok magyarországi előfordulása. Szabó Péter és Pongrácz Rita ábrája, saját kutatás és számítás alapján. Forrás: Másfél fok

A lehetséges jövőbeli forgatókönyvekkel kapcsolatban – Kis Anna, Lakatos Mónika, Pongrácz Rita, Szabó Péter és több éghajlatkutató friss kutatásai és számításai alapján – az mondható el nagy általánosságban, hogy ha képesek volnánk tartani magunkat a Párizsi Megállapodásban foglaltakhoz, és az ahhoz legközelebb álló RCP2.6-os forgatókönyvhöz, akkor nagyjából a jelenlegi helyzetet tudnánk stabilizálni, esetleg pár index esetében minimális csökkenést produkálni. **Alkalmazkodási szempontból így érdemes a rosszabb, vagy kevésbé pozitív forgatókönyvek felé tekinteni.**

Ha a melegrekordokat¹⁷ vizsgáljuk, akkor az éghajlatkutatók megállapítása szerint változatlan üvegházhatású-gázkibocsátások mellett, a pesszimista (RCP8.5) éghajlati forgatókönyvet követve a nyári hidegrekordok teljesen eltűnnek a század végére az országban, **melegrekordokból pedig akár négy és félszer is több lehet a jelenlegi éghajlathoz képest.** Ezzel szemben, ha mérsékeljük a kibocsátásokat, és az optimistább (RCP4.5) forgatókönyvet követjük, akkor a század közepéig így is duplázódhat a melegrekordok száma, azonban utána nem növekedne tovább a szimulációk szerint.

¹⁷ <https://masfelfok.hu/2022/09/13/kibocsatasok-nyari-melegrekordok-csapadek-klimavaltozas-magyarorszag/>

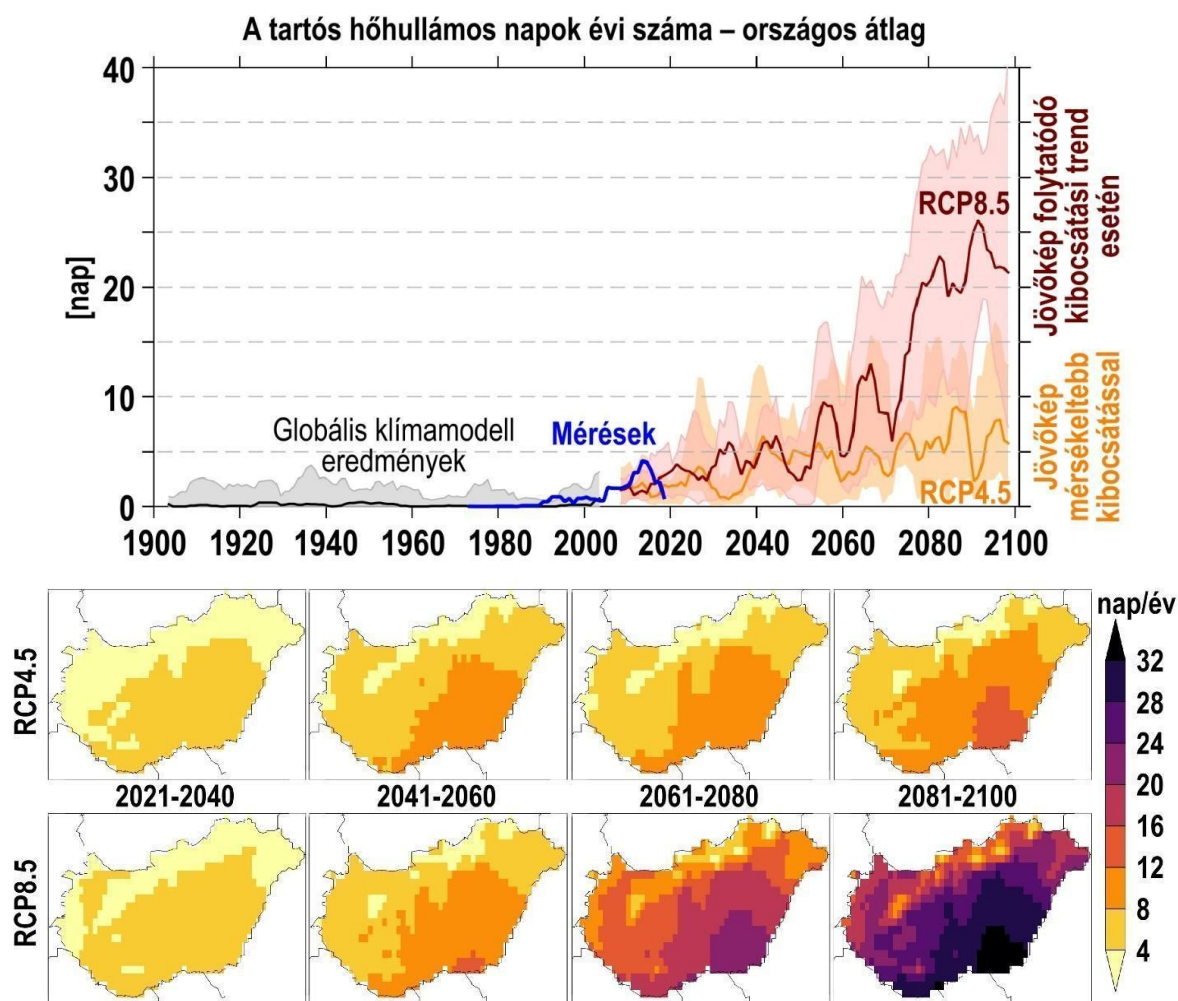
A fent említett hőstressz esetében, ha minden erőnkkel törekszünk a Párizsi Megállapodásban foglalt klímacélok betartására, a jelenlegihez képest csak kis mértékben növekvő (inkább csak fluktuáló) legmagasabb stresszre számíthatunk. Ha azonban a jelenlegi trendeket követjük, akkor a század végére átlagosan 10-szeres növekedésre kell felkészülnünk az ország egyes területein (11. ábra), a szimulációk alapján (ekkor természetesen a modellszimulációk bizonytalansága is megnő, azaz akár ennél nagyobb növekedés is lehetséges).



11. ábra: Az extrém hőstresszes napok számának alakulása a jövőben. Szabó Péter és Pongrácz Rita számításai. Forrás: Másfél fok

A tartós hóhullámok¹⁸ esetében (amikor a napi átlaghőmérséklet legalább 3 napig 27 °C feletti) elmondható, hogy míg a hetvenes-nyolcvanas években országos átlagban nem volt ilyen nap, ez mára évi 2 napra emelkedett. Ez a szám csak országos átlagban tűnik alacsonynak: míg az északi és a hegyvidéki tájainkon nagyon ritkák a hóhullámok, addig az Alföldön a legextrémebb évben, 2012-ben 18 tartós hóhullámos nap volt. A pesszimista (RCP8.5) forgatókönyv szerint, ha a jelenlegi módon folytatjuk a kibocsátásokat, úgy a mainál 12-szer több tartós hóhullámos napra számíthatunk a század végéig országosan. **A déli országrész, Szeged környéke és az Alföld a legkitettebb, ahol 30 nap feletti éves értékeket valószínűsíthetünk.** A mérsékeltabb antropogén eredetű üvegházgáz-kibocsátással számoló (RCP4.5) modellszimulációk alapján a növekedés annyira megszelídíthető, hogy a jelenlegihez képest átlagosan „csupán” háromszorosra nőjön az előfordulási gyakoriság (12. ábra).

¹⁸ <https://masfelfok.hu/2022/07/01/tartos-es-eletveszelyesen-forro-hohullamok-magyarorszag-alfold-budapest-klimavaltozas-kibocsatasok/>



12. ábra: A tartós hőhullámok alakulása Magyarországon. Szabó Péter és Pongrácz Rita számításai. Forrás: Másfél fok

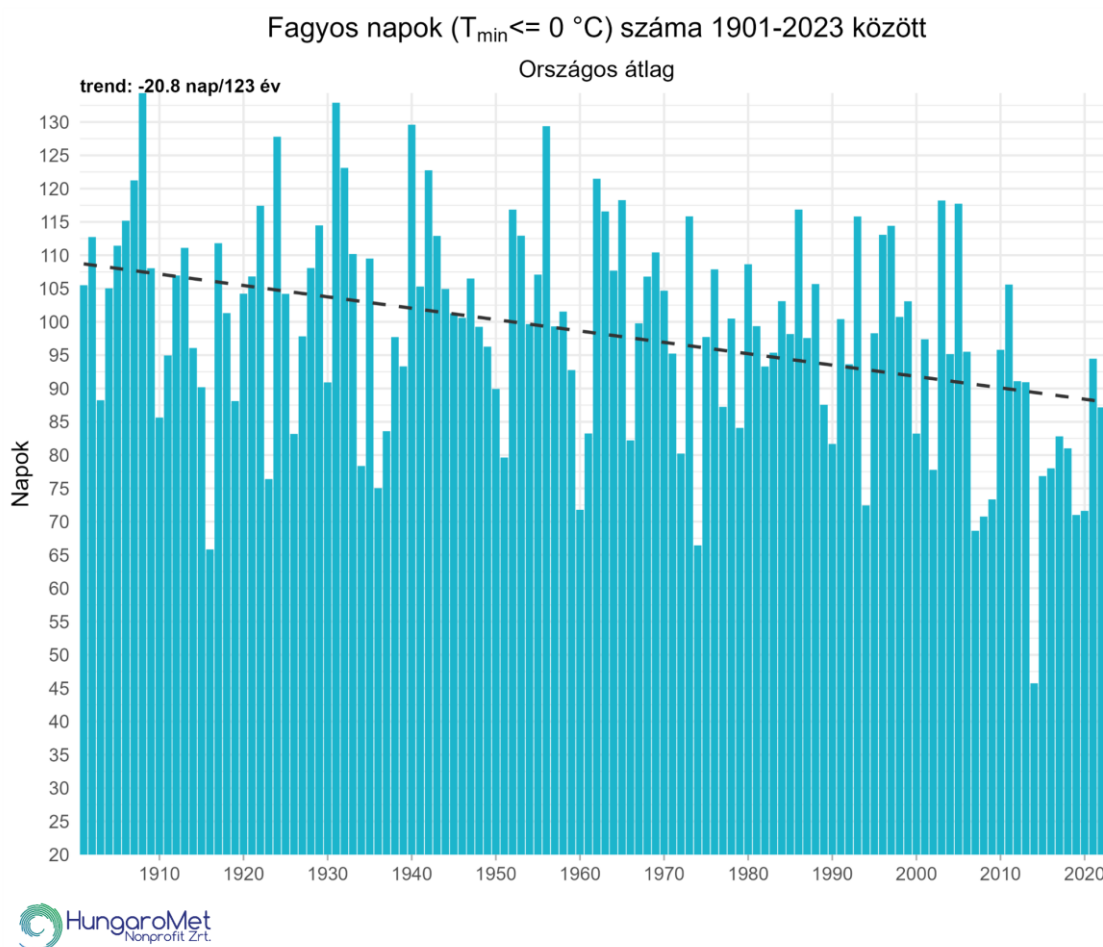
Kulturális szempontból a magyar társadalom hagyományosan az augusztus 20-ai nemzeti ünnepet, de legkésőbb a szeptemberi iskolakezdést tekinti a nyár lezárásának. Meteorológiai szempontból azonban (a meghatározott küszöbértékek függvényében) a mérések és a jövőre vonatkozó modellszimulációk is azt mutatják, hogy rohamosan nő az az időszak, amit nyárnak nevezünk, gondolunk és érzékelünk. Az 1970-es évekhez képest közel 50 nappal¹⁹ lett hosszabb a nyár, és ha a most megfigyelt trendek folytatódnak, akkor szeptemberben és októberben²⁰ már nem „vénasszonyok nyaráról”, hanem nyárias időjárásról beszélhetünk, ami az esetleges hűtési időszak jelentős meghosszabbodását is eredményezheti (és egyben a fűtési időszak zsugorodását).

¹⁹ <https://masfelfok.hu/2021/04/13/50-nappal-hosszabb-a-nyar-mint-a-hetvenes-evekben-evszakok-klimavaltozas/>

²⁰ <https://masfelfok.hu/2023/10/13/viszlat-indian-nyar-venasszonyok-nyara-nyari-napok-szeptember-oktober-osz-magyarorszag/>

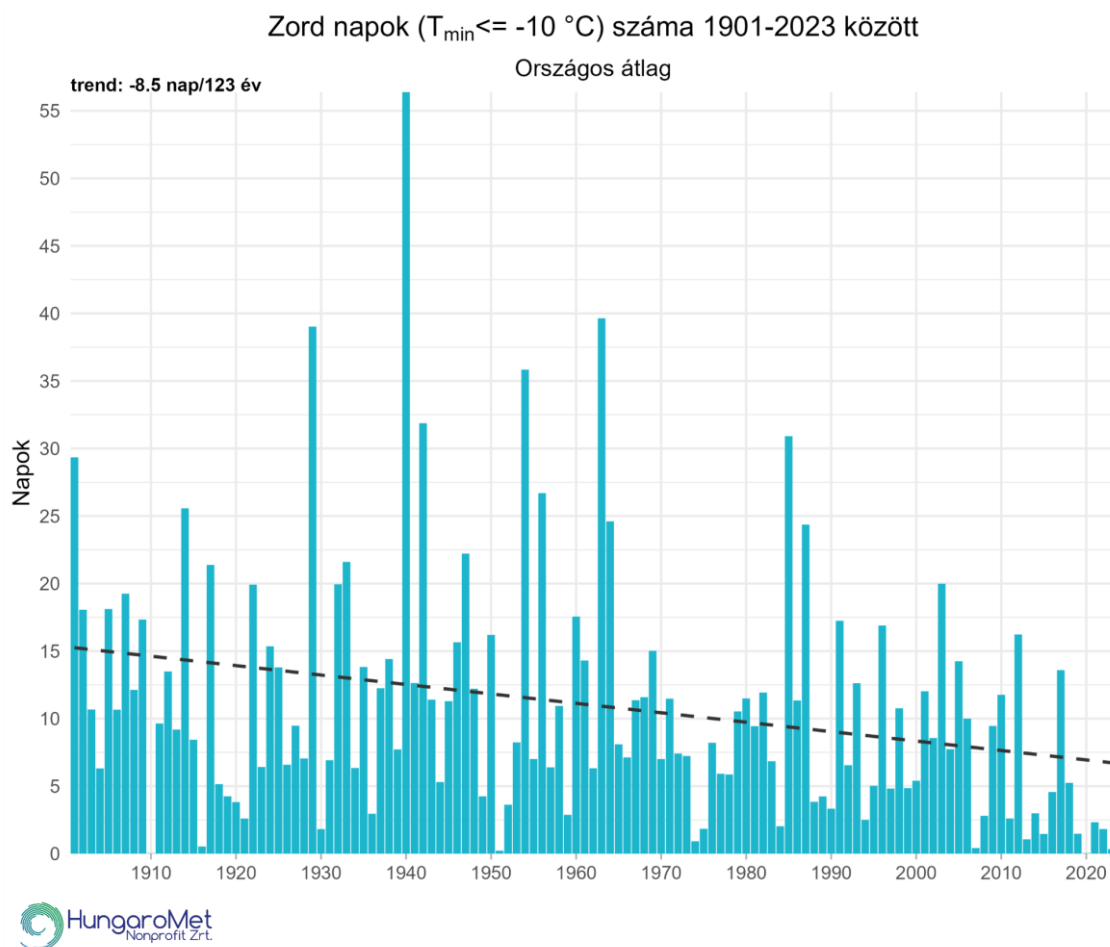
1.2.2. Téli, zord és fagyos napok

Az átlaghőmérséklet emelkedése azzal jár, hogy ha nem is egyenletesen, de mindegyik évszak melegszik Magyarországon. **Ez azonban nem jelenti azt, hogy ne volnának, és ne lennének majd a jövőben is hideg, zord és fagyos napok, amikor a fűtési igény fokozottan jelentkezik.** A HungaroMet méréseiből²¹ jól látszik, hogy az elmúlt 120 évben (a modern műszeres mérések kezdete óta) az összes hideggel kapcsolatos éghajlati index értéke trendszerűen csökkent hazánkban (13-14. ábrák).



13. ábra: A fagyos napok számának alakulása Magyarországon 1901-2023 között.
Forrás: HungaroMet

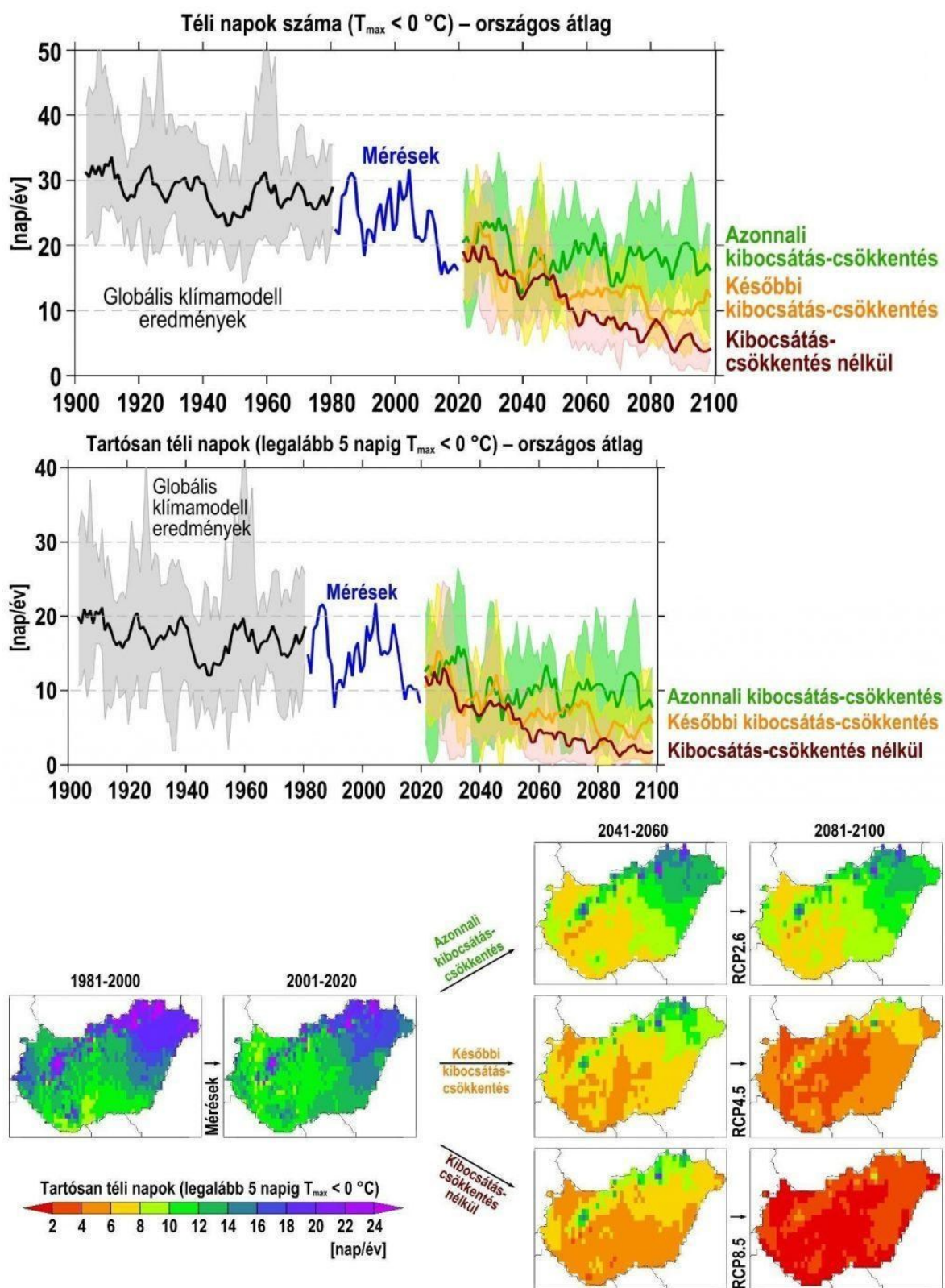
²¹ https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/hidegindexek/



14. ábra: A zord napok számának alakulása Magyarországon 1901-2023 között.
Forrás: HungaroMet

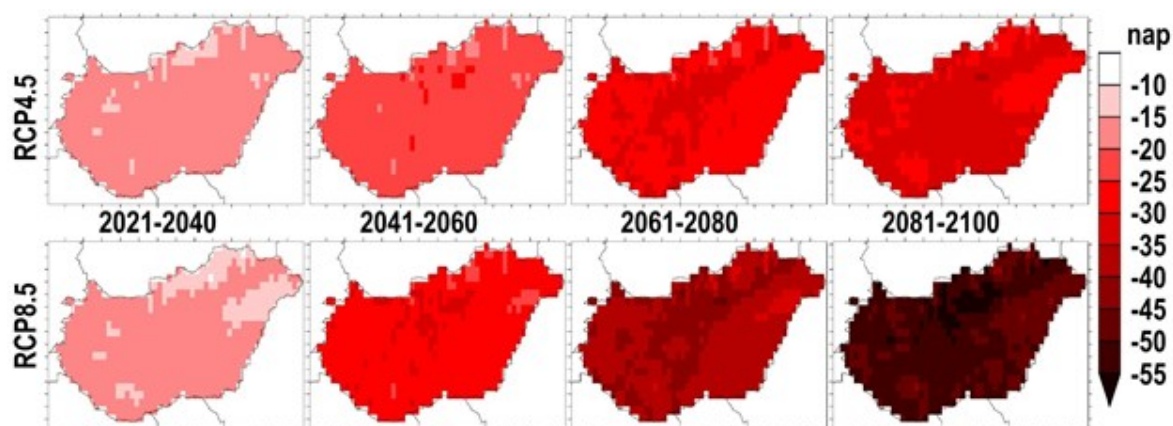
Ha a modellszimulációk segítségével a jövőt vizsgáljuk, akkor nagyjából hasonlókat mondhatunk, mint az előző rész elején: **ha tartjuk magunkat a Párizsi Megállapodásban foglaltakhoz, és ehhez igazodnak a kibocsátás-csökkentési erőfeszítések (RCP2.6), akkor nagyjából a jelenlegi szinten tudnánk stabilizálni a helyzetet a század végéig.** A pesszimista jövőkép és forgatókönyv (RCP8.5) szerint viszont alig lesz olyan év, amikor tartósan téli időszak előfordulhat Magyarországon (15. ábra).²²

²² <https://masfelfok.hu/2023/01/24/azonnali-kibocsatas-csokkent-es-nelkul-alig-lehet-tartosan-fagyas-tel-magyarorszagon-a-szazad-vegere/>



15. ábra: A téli napok és a tartósan téli napok számának alakulása Magyarországon. Szabó Péter és Pongrácz Rita számításai. Forrás: Másfél fok

A térkép alapján jól látszik, hogy a hideg napok térbeli eloszlás nem egyenletes (16. ábra). A fagyos napok (a napi minimumhőmérséklet 0 °C alá süllyed) elsősorban az ország középső területein ritkulnak majd (különösen a század második felében, forgatókönyvtől függően), az évi legalacsonyabb hőmérsékleti értékek pedig várhatóan inkább a déli és a legkeletibb régiókban változnak jobban a szimulációk szerint.²³



16. ábra: A fagyos napok átlagos évi számának változása 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 és 2081-2100-ra az optimistább RCP4.5 (fent) és pesszimista RCP8.5 (lent) forgatókönyvet figyelembe vevő 8-8 modellszimuláció átlagára. Szabó Péter és Pongrácz Rita számításai.
Forrás: Másfelfok

Az utolsó tavaszi fagyok idejében is eltolódást figyelhetünk meg már most is, ami ismét csak a jövőre vonatkozó modellszimulációk szerint még korábbra tolódhat a század végéig, április elejéről március közepére.²⁴ A fagykárak már most is nagyon súlyos veszteséget jelentenek a mezőgazdaságnak, azonban ez a jövőben csak fokozódhat.

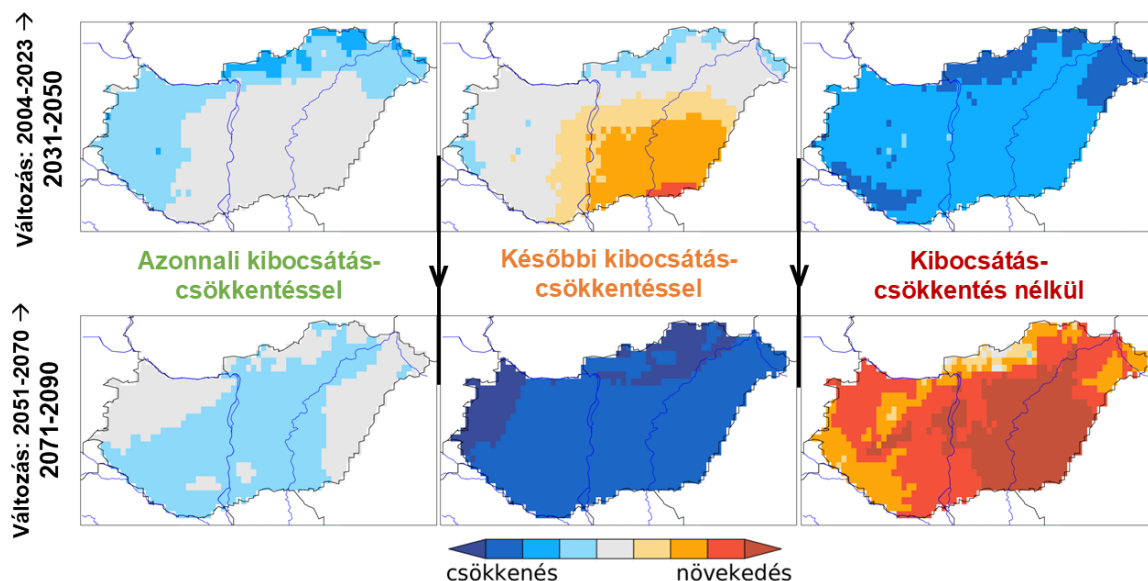
A felmelegedéssel csökken a fűtési igény az országban, ugyanakkor nő a hűtési igény.

A légkondicionáló berendezéssel ellátott épületekben és lakásokban az Alföldön már eddig is összességében nőtt az éves energiaigény az 1970-80-as évekhez képest (a berendezés és annak beszerelésének árát nem is számítva). **A jövőben azonnali kibocsátás-csökkentéssel a téli és nyári összesített energiaigény stabilizálható, míg annak elmaradása esetén kezdetben nyerhetünk ugyan, de a század végére az összesített energiaigény inkább nő majd.** A pesszimista forgatókönyv szerint az Alföld délkeleti részén a század végére a téli és nyári energiaigény közel azonos szintre kerülhet, ugyanakkor az azonnali kibocsátáscsökkentéssel elkerülhető a nyári

²³ <https://masfelfok.hu/2022/01/07/harmadaval-csokkent-a-fagyos-napok-szama-az-elmult-120-evben-magyarorszagon-a-klimavaltozas-miatt/>

²⁴ <https://masfelfok.hu/2022/05/24/magyarország-utolso-tavaszi-fagyok-eltolodnak-klimavaltozas-mezogazdasag-fagykar-vegetacio/>

energiafelhasználás jelentős emelkedése és a kapcsolódó többletköltség a szimulációk alapján (17. ábra).²⁵



17. ábra: Különböző jövőképek esetén a felmelegedésből adódó téli és nyári összesített energiaigény-változások várható egyenlege a megelőző 20 évekhez képest. Szabó Péter, Pongrácz Rita és Lakatos Mónika számításai. Forrás: Másfél fok

1.2.3. Csapadék

A csapadék az egyik legváltozékonyabb meteorológiai elem, térbeli és időbeli eloszlását tekintve egyaránt, így annak jövőbeli modellezése komoly kihívás. A regionális klímamodell-szimulációk átlaga is azt mutatja, hogy Magyarországon érdemben nem fog változni az éves átlagos csapadékmennyiség, azaz továbbra is 500–850 mm közötti értékekre számíthatunk a 21. század során.²⁶

A klímaváltozás miatt azonban a csapadék időbeli és mennyiségi eloszlása a szélsőségek felé tolódik. A korábban legcsapadékosabb nyári időszakban fokozódó szárazodás, illetve extrém nagycsapadékos időszakok kialakulása valószínűsíthető, míg a téli időszakban várhatóan nőni fog a csapadékmennyiség, azonban a havazás arányaiban csökkenhet (a hőmérséklet általános emelkedése miatt).

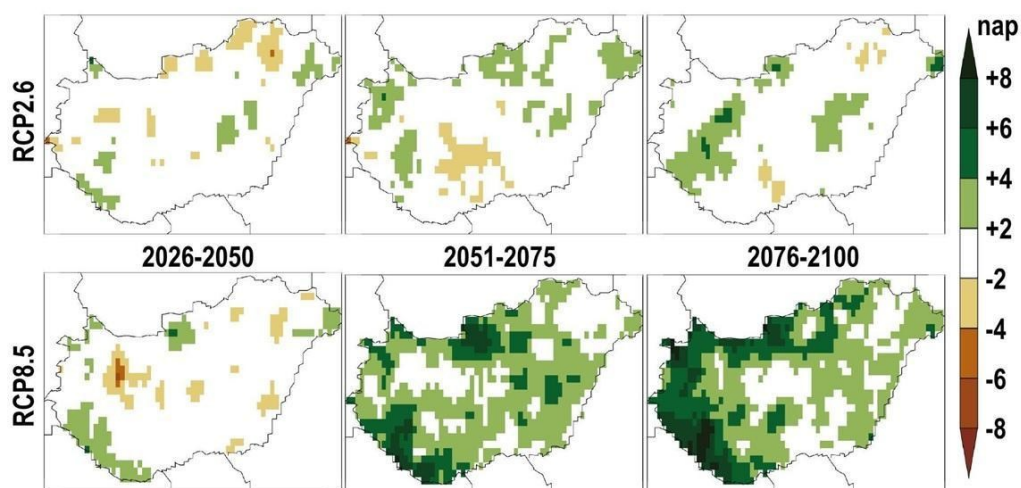
²⁵ <https://masfelfok.hu/2025/01/29/ne-oruljunk-a-meleg-teleknek-amit-megsporolunk-a-futessel-azt-a-hutesre-fogjuk-kolteni/>

²⁶ https://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/
<https://masfelfok.hu/2019/06/09/eghajlatvaltozas-klimavalsag-magyarorszag-csapadek-eloszas/>

Az elmúlt 52 év megfigyelései alapján a 20 mm feletti nagycsapadékok száma május és szeptember között enyhén (átlagosan egy nappal) növekvő trendet mutat. Ha az ennél szélsőségesebb (30 mm és afeletti) értékeket vizsgáljuk, akkor a területi kiterjedésben és az intenzitásban is növekedés figyelhető meg: az elmúlt 25 évben az ország legalább 40%-át érintő ilyen extrém eseményre korábban nem volt példa, illetve a területi átlagban hullott 45 mm feletti extrém csapadékok is megduplázódtak a megelőző 25 évhez képest.

Szabó Péter és Pongrácz Rita kutatásukban²⁷ arra jutottak, hogy ha sikerül 2 °C alatt tartani a globális felmelegedést a század végéig, akkor számottevő változás (legfeljebb 10%-os növekedés) nem várható a mostani helyzethez képest. A pesszimista forgatókönyv szerint azonban ez elszállhat a század közepétől: országosan 40-50%-kal több ilyen eseményre kell felkészülnünk, és inkább a csapadék kissé intenzívebbé válása várható, semmint a területi kiterjedés növekedése (18. ábra).

Különösen kitett a Nyugat/Délnyugat-Dunántúl és a főváros tágabb térsége: Budapesten a növekmény akár 50-70% feletti is lehet a jelenlegi helyzethez képest. Az extrém nagy csapadékok villámárvizet, földcsuszamlást, anyagi károkat, szélsőséges esetben pedig akár haláleseteket is okozhatnak, különösen a rossz vízelvezetésű, sűrűn beépített vagy hegyvidéki települések esetében, egyben veszélyeztetve kritikus infrastrukturális elemeket is.

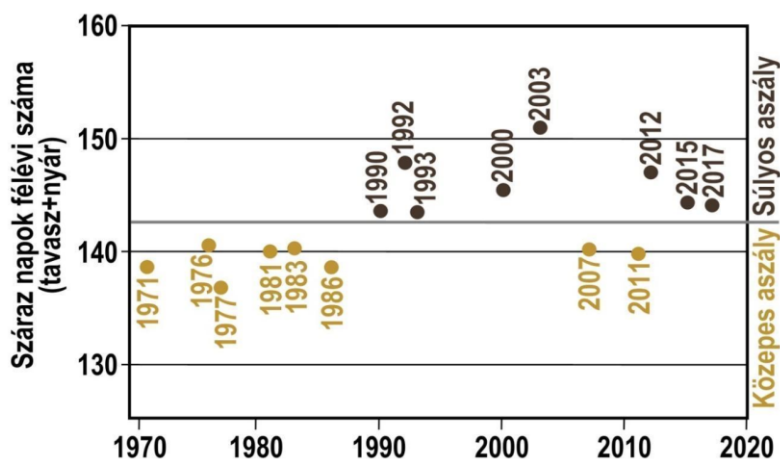


18. ábra: A május és szeptember közötti 40 mm feletti nagycsapadékok legutóbbi 25 év átlagától vett várható változása az optimista RCP2.6 (a felső sorban) és a pesszimista RCP8.5 (az alsó sorban) forgatókönyvet figyelembe vevő regionális klímamodell-szimulációk átlaga alapján a következő három 25 éves időszakban. Szabó Péter és Pongrácz Rita ábrája. Forrás: Másfelfok

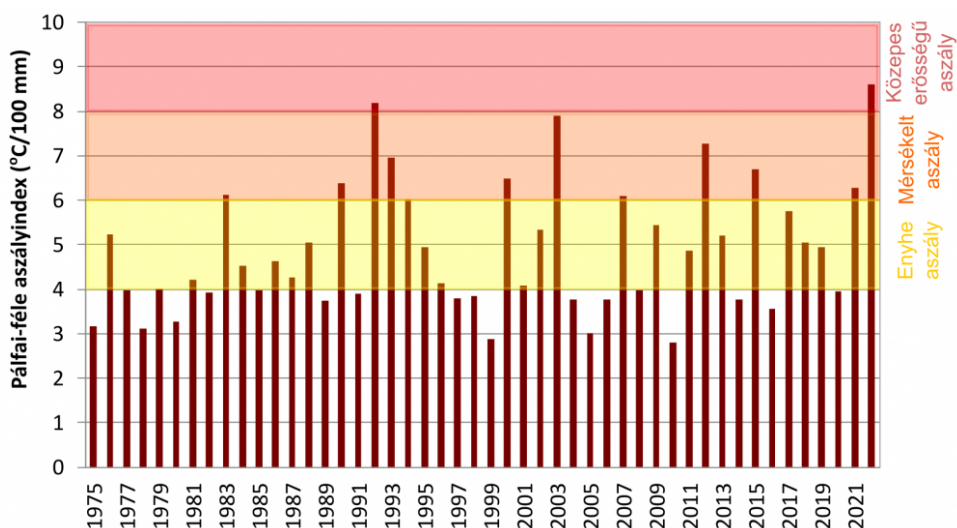
²⁷ <https://masfelfok.hu/2023/07/04/extrem-nyari-nagy-csapadek-magyarorszag-dunantul-budapest-klimavaltozas/>

1.2.4. Aszály

Az aszály hazánk éghajlatának természetes velejárója, azonban az éghajlatváltozás következtében ennek gyakoribbá és intenzívebbé válására számíthatunk egyes szimulációk szerint. Ahogy a csapadék kapcsán megjegyeztük, abba az irányba mutatnak a trendek, hogy inkább kevesebb alkalommal, de akkor nagyobb mennyiségben hullik csapadék, ami azt is jelenti, hogy **az egybefüggő száraz időszakok száma is nő, különösen 1990 óta** (19-20. ábrák).²⁸



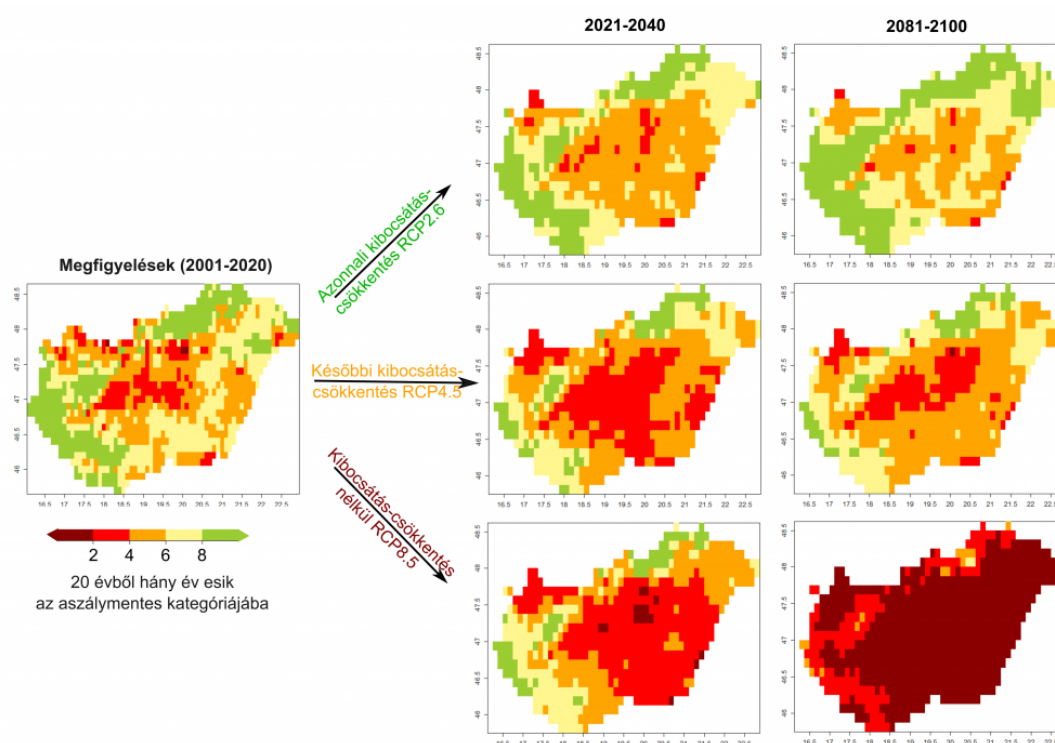
19. ábra: A száraz napok tavaszi és nyári együttes összegei [napok] Magyarországon az 1971-2020 időszak közepesen és súlyosan aszályos éveiben, melyeket a 142 napos átlagérték választ el egymástól (szürke vonal). Szabó Péter és Pongrácz Rita számításai.
Forrás: Másfélék



20. ábra: A Pálfi-féle aszályindex alakulása Magyarországon 1975 és 2022 között. Kis Anna, Pongrácz Rita és Szabó Péter számításai alapján. Adatbázis: Meteorológiai Adattár, HungaroMet; országos átlagok. Forrás: Másfélék

²⁸ <https://masfelok.hu/2022/07/29/tovabb-nohet-a-sulyosan-aszalyos-evek-szama-a-szazad-vegeig-magyarorszagon/>

Bár maga az aszály nem ismeretlen állapot Magyarországon, a **rendkívül súlyos aszályok (mint a 2022-es) visszatérési idejét csökkentheti a klímaváltozás**, azaz ahogy emelkedik a globális átlaghőmérséklet, úgy valószínűsíthető, hogy jóval gyakrabban készülhetünk súlyosan aszályos időszakokra. Az évszázad végére különösen meghatározó lesz, hogy mit kezdünk a kibocsátásokkal: az RCP2.6 esetén (tartjuk magunkat a 2 Celsius-fokos célhoz) a 2001-2020-as időszak megfigyeléseihez hasonló képet kapunk, míg az RCP8.5 (nem kezdünk érdemi kibocsátás-csökkentésbe) az ország legnagyobb részén 2-nél kevesebb aszálymentes évet valószínűsít a 20-ból a modellszimulációk átlaga alapján. **Azaz mind az aszályok területi kiterjedése, mind azok bekövetkezési ideje várhatóan nőni fog (21. ábra).**



21. ábra: Aszálymentes évek száma Magyarországon a Pálfi-féle aszályindex alapján a 2001-2020, 2021-2040 és 2081-2100 időszakban. Adatbázis: EURO-CORDEX szimulációk és Meteorológiai Adattár, HungaroMet; Kis Anna, Pongrácz Rita és Szabó Péter számításai alapján. Forrás: Másfelfok

Még nehezebb előre jelezni az ún. **villámaszályokat**,²⁹ amelyekkel a tudomány is csak az elmúlt időszakban kezdett behatóbban foglalkozni. Hazánkban a növekedés értéke a pesszimista, kibocsátás-csökkentés nélküli forgatókönyv szerint várhatóan akár 15-20% is lehet, de még a felmelegedés 2 Celsius-fokos korlátozása esetén is legalább 5-10% lesz a szimulációk szerint, a termőföldek 35%-án pedig nagy valószínűséggel várható villámaszály kockázat a század végére.

²⁹ <https://masfelfok.hu/2023/09/19/aszaly-villamaszaly-elorejelzes-magyarorszag-europa-mezogazdasag-vizmegtartas-klimavaltozas/>

1.2.5. Szélerősség és szélviharok

A Meteorológiai Világszervezet (WMO) által egységesített, 10 méteres magasságban végzett felszínközeli szélmérések adatai alapján csökkenő átlagos szélesebség figyelhető meg a melegedő klímában a Föld több pontján. Az átlagos szélesebség Magyarországon is csökkenő tendenciát mutat, azonban ezzel párhuzamosan nő a szélsőséges szeles események valószínűsége - világított rá kutatásában Péliné Németh Csilla, a Magyar Honvédség meteorológus főtitkja.³⁰

A klímamodell-szimulációk és a mérési adatok alapján térségünkben a ciklontevékenységhez köthető viharok száma együtt emelkedik az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedésével. **Ebből kifolyólag erősebb szélviharokra számíthatunk a továbbiakban Magyarországon.** Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság éves jelentései³¹ szerint a viharkárok okozta vonulások, mentesítések száma országsszerte emelkedő tendenciát mutat az utóbbi években.

A szélviharok kialakulását és jövőbeli változását nehéz előre jelezni, mivel azt többek között a felszínhasználat is befolyásolja. **Különösen veszélyes helyzetet eredményeznek a szélviharok, ha más szélsőséges időjárási eseménnyel kapcsolódva összetett extrém eseménnyé változnak.** Legyen szó nagycsapadékról, vagy akár szárazságról és az ebből fakadó nagyobb pormennyiségről. Az utóbbira szomorú példa a 2023. március 11-én az M1-es autópályán bekövetkezett tömegbaleset: az extrém szeles idő porvihart okozott, ami drámaian lecsökkentette a látási viszonyokat.

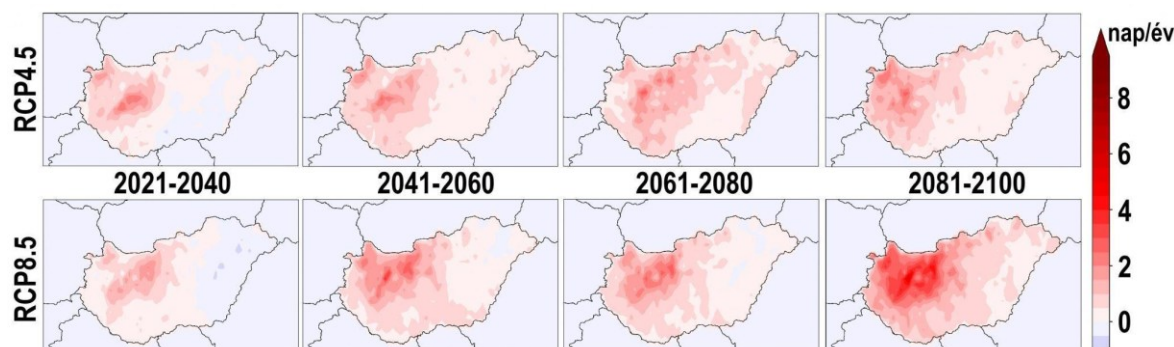
Az elmúlt két évtized mérései alapján elmondható, hogy a Dunántúl, azon belül is a Balaton, a Bakony és a Kisalföld térsége a leginkább kitett a szélviharoknak, amelyek döntően a téli időszakban és márciusban jelentkeznek. Országos területi eloszlásban azonban nagy eltéréseket kapunk: a Dunántúl északi felén a regisztrált összes extrém szellökés száma az elmúlt 20 év alatt 1-2 ezres nagyságrendű, míg az Alföldön jóval kevesebb, csak pár száz ilyen mérést rögzítettek.

A klímaváltozás tovább fokozhatja ezeket az extrém szeles eseményeket: ha nem csökkentjük a kibocsátásokat, azaz a pesszimista forgatókönyvet követjük, akkor a fent említett térségben a század végére átlagosan akár 8 nappal több extrém szeles nap is előfordulhat évente, mint jelenleg. Ha ennél ambiciózusabb forgatókönyvet választunk,

³⁰ <https://masfelfok.hu/2021/05/07/extrem-szelsebessegu-viharokat-hoz-a-klimavaltozas-magyarorszagon/>

³¹ <https://www.katasztrofavedelem.hu/26/yearbook/>

és legkésőbb 2040-től meredeken csökkennek az antropogén kibocsátások, akkor csupán 1-2 napos átlagos növekedésre számíthatunk 2100-ig (22. ábra).³²



22. ábra: A szélviharos napok átlagos évi számának változása 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 és 2081-2100-ra 6-6 regionális klímaszimuláció átlaga alapján az RCP4.5 és RCP8.5 forgatókönyv esetén. Referencia időszak: 2001-2020. Bordi Sára, Szabó Péter és Pongrácz Rita számításai. Forrás: Másfél fok

1.2.6. Összegzés és felhasznált irodalmak

A fentiekben rövid áttekintést adtunk, hogy milyen változásokra kell készülnünk, és mely területeken szükséges az alkalmazkodás. Szinte nincs olyan területe a mérnöki tervezésnek, amire ne hatna a klímaváltozás és az abból fakadó, várhatóan fokozódó időjárási szélsőségek. Aki nagyobb léptékű, regionális áttekintést szeretne, könnyű vizuális navigációval, annak ajánljuk az IPCC Interaktív Atlaszát, ahol a különböző változókra, átlaghőmérséklet-emelkedésre és forgatókönyvre szűrve is meg lehet tekinteni, hogy milyen jövőképeket valószínűsítenek a jelenleg elérhető tudományos eredmények alapján.³³

A fejezetet szakmai szempontok szerint lektorálta: Kis Anna, éghajlatkutató, a földtudományok doktora, az ELTE TTK Meteorológia Tanszék tudományos munkatársa.

³² <https://masfelfok.hu/2023/03/17/rajtunk-is-mulik-hogy-mennyi-extrem-szelvihar-lesz-a-jovoben-magyarorszagon-m1-tomegkarambol/>

³³ <https://interactive-atlas.ipcc.ch/>

Felhasznált irodalom és további tájékozódást segítő oldalak:

IPCC AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>

IPCC Special Report - Global Warming of 1.5 °C

<https://www.ipcc.ch/sr15/>

WMO State of the Global Climate 2024

<https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>

Copernicus Climate Change Service - European State of the Climate 2024

<https://climate.copernicus.eu/esotc/2024>

NASA Climate Change

<https://science.nasa.gov/climate-change/>

NOAA Climate

<https://www.noaa.gov/education/resource-collections/climate>

HungaroMet

<https://met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/>

Másfelfok

<https://masfelfok.hu/>

Global Carbon Budget

<https://globalcarbonbudget.org/>

2. Klímaadaptív tervezés alapelveinek és folyamatának meghatározása

2.1. Alkalmazkodás és reziliencia

A klímaadaptív tervezésre nem létezik általánosan bevett fogalommagyarázat, de a különböző megközelítések mind azonos irányba mutatnak. A témával foglalkozó kutatásokban, jogi- és szakmai dokumentumokban sokszor szerepel párhuzamosan az alkalmazkodás (adaptáció), az ellenállóképesség (reziliencia) a fenntartható tervezés (sustainable design), a következőkben ezeket tesszük tisztába, hogy világosabb képet kapjunk a klímaadaptív tervezésről és annak célrendszeréről.

Az IPCC Hatodik Értékelő Jelentésében (AR6) foglalkozik a **klíma-reziliens fejlődés**³⁴ (climate resilient development - CRD) lehetőségével, ami egy **olyan általános irányvonalat jelöl ki a globális fejlődésben, ahol a kibocsátás-csökkentési erőfeszítések (mitigáció) és az alkalmazkodás (adaptáció) kéz a kézben járnak, lehetővé téve éghajlatváltozással szembeni társadalmi, gazdasági és ökológiai ellenálló képességet, összhangban a Párizsi Megállapodás céljaival** (maximum 2 Celsius-fokos globális felmelegedés a század végéig).

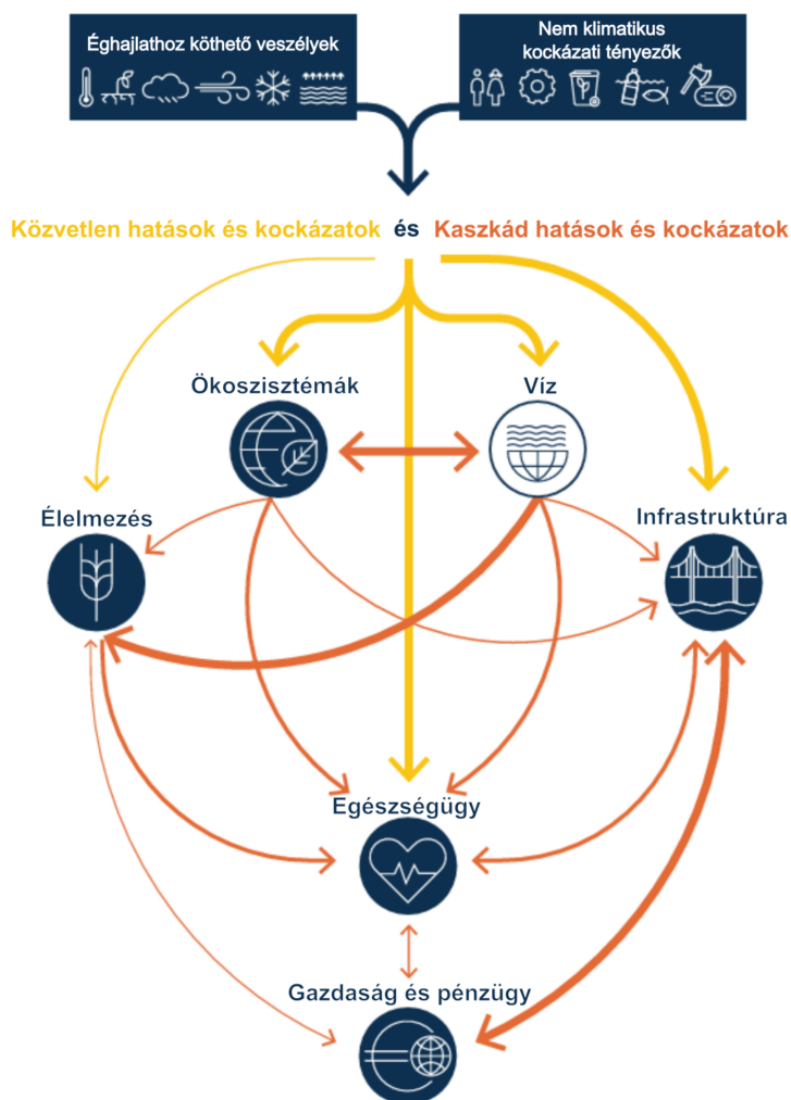
Ez a megközelítés rögzíti, hogy nem egy önmagában álló és önmagáért lévő célrendszerrel van szó, hanem olyan, ami alapvetően járul hozzá a gazdasági prosperitáshoz (már csak az elkerülhető károk és veszteségek okán is), az egészségesebb élethez, továbbá univerzálisan képes volna csökkenteni a szegénységet, és emelné a jóllétet, többek között a tiszta energiákhoz és a tiszta ivóvízhez való hozzáférés erősítésén keresztül.

Az Európai Unió 2021-es Alkalmazkodási Stratégiája az elkerülhetetlen klímahatások miatti alkalmazkodással párhuzamosan szintén használja a reziliencia kifejezést, mint az egész stratégia négy kulcsfontosságú kimeneti eredménye közül az egyiket (More systemic adaptation: Addressing climate impacts across all sectors by integrating climate resilience into policies, supporting local actions, and promoting nature-based solutions.) Ezen útmutató szempontjából kiemelandő, hogy a reziliencia eléréséhez sokkal erősebb is nagyobb, szektorokon átívelő integráció (Cross-Sectoral Integration) szükséges, valamint a természetalapú megoldások (Nature-Based Solutions) használata.

A reziliencia az elmúlt években tovább folytatta hódító útját, és immáron nem csupán az adaptáció egyik kimeneti eredményeként, hanem azzal párhuzamosan, azonos

³⁴ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/chapter/chapter-18/>

helyiértéken szerepel EU-s szinten.³⁵ Erre jó okunk van, ugyanis Európa kétszer jobban melegszik a világtátlagnál. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 2024-es kockázati elemzése bemutatta, hogy még egy másfél Celsius-fokkal melegebb éghajlat kockázataira sem vagyunk kellően felkészülve, nem hogy egy még jobban forrósodó éghajlatra.³⁶ Az EEA által összeállított European Climate Risk Assessment öt fő kockázati területei közül az egyik az infrastruktúra. A problémát tovább súlyosbítja, hogy kaszkád-hatás is bekövetkezhet, amikor a közvetlen klimatikus hatások nem-klimatikus kockázatokkal is egyesülhetnek, erősítve egymást (23-24. ábrák).

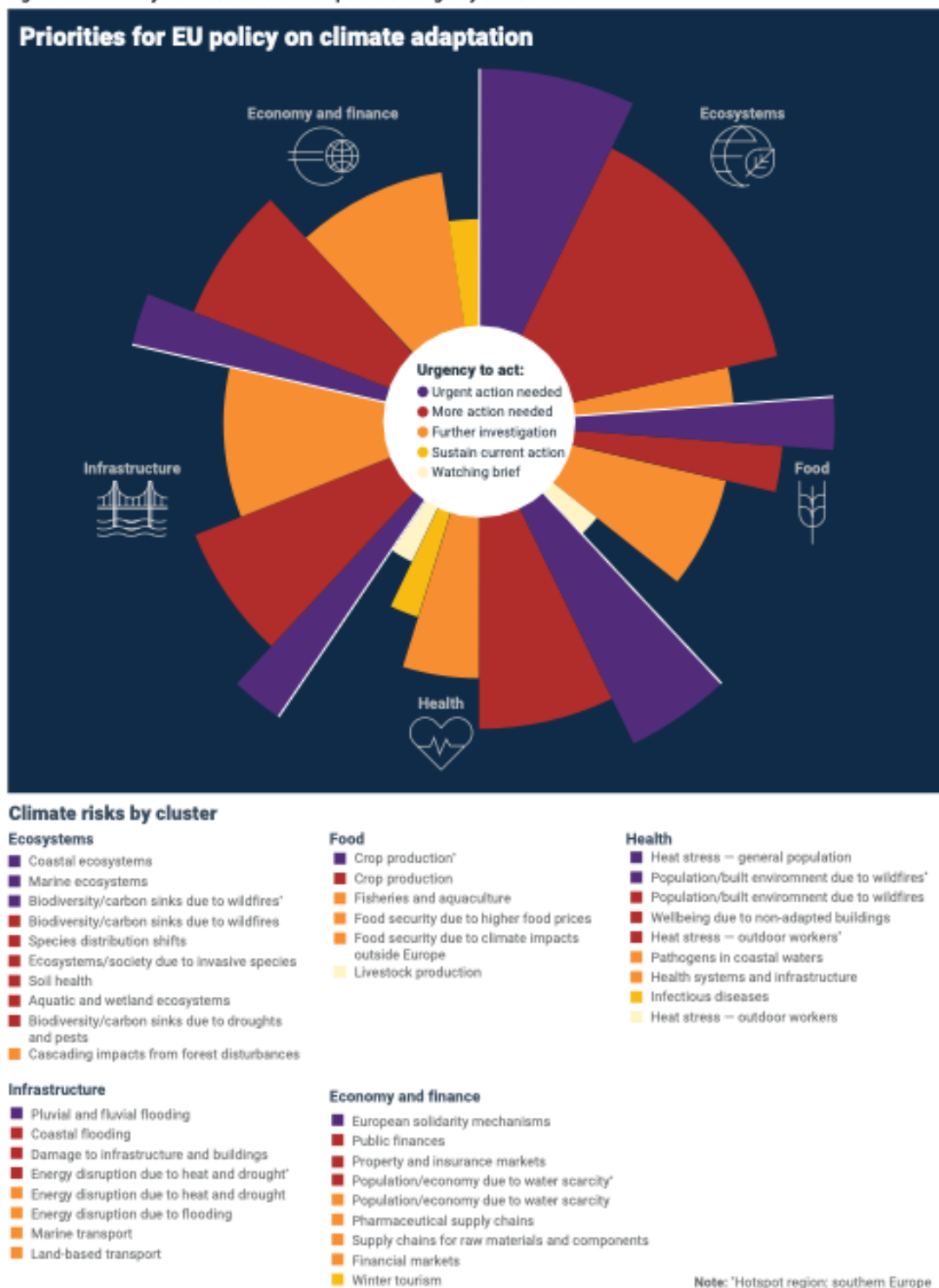


23. ábra: Az EEA jelentése alapján az ábrát Kis Anna fordította magyarra. Forrás: Másfél fok

³⁵ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-and-resilience-climate-change/about-climate-adaptation-and-resilience_en

³⁶ <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment>
Magyar nyelvű összefoglaló a Másfél fokon: <https://masfelfok.hu/2024/04/25/europa-leggyorsabban-melegedo-kontinens-megsem-prioritas-kornyezet-klimavedelem-europai-unio/>

Figure ES.4 Major climate risks for Europe and the urgency to act on them



24. ábra: Az Európai Unió prioritásai a klímaalkalmazkodáshoz, alul a kockázati területek listázása szektoronként. Forrás: EEA, European Climate Risk Assessment, 2024, vezetői összefoglaló, 12. oldal³⁷

³⁷ <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment/european-climate-risk-assessment/@download/file>

A London School of Economics (LSE) Grantham Intézete (Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment) különbséget tesz alkalmazkodás és reziliencia között.³⁸ Ebben a megközelítésben az **adaptáció az a folyamat vagy cselekvés, amellyel egy élőlény (vagy egy társadalmi, infrastrukturális rendszer) jobban alkalmazkodik (szélsőséges esetben a túlélés érdekében) egy új környezethez, például megváltozott klímahatásokhoz, míg a reziliencia képesség az, hogy előre felkészüljünk, reagáljunk a klímaváltozásból eredő sokkra (pl. extrém időjárási események), és gyorsan, hatékonyan helyreállítsuk a működést, miközben a társadalmi jólét, a gazdaság és a környezet minél kevésbé sérül.** Ez (a reziliencia képesség fejlesztése) nemcsak reagáló- vagy kárenyhítő intézkedéseket jelent, hanem átfogó, többdimenziós képességek fejlesztését: társadalmi, humán kapacitásokat (pl. tudás, készségek), természetes rendszereket (növényzet, élőhelyek), fizikai infrastruktúrát és pénzügyi rendszereket is beleértve.

Optimális esetben adaptáció és reziliencia egymást erősítik, de az adaptáció önmagában nem mindig javítja a rezilienciát. Sőt, vannak esetek, amikor az adaptációs intézkedések mellékhatásai csökkentik, vagy egyenesen aláássák a rezilienciát.³⁹ Például, ha túl nagy beruházást igényel egy adott rendszer (pl. nagy vízgazdálkodási beruházás), az lehet, hogy rugalmatlanná teszi a rendszert másfajta sokkokra és csökkenti a többirányú reagálási képességet (response diversity), és hamis biztonságérzetet kelt. A problémakör az elsüllyedt költségek tévedésével (sunk cost fallacy) vagy Concorde-hatással is leírható, amikor csak azért ragaszkodunk (káros módon) valamihez (esetünkben alkalmazkodási módokhoz), mert már pénzt, időt és energiát öltünk bele. Ez a fajta merevségi viselkedésminta (escalation of commitment) pedig sok esetben képtelenné tesz minket arra, hogy letérjünk olyan utakról, amelyek károsak vagy nem eléggé hatékonyak.

A Grantham Intézet megközelítésében a reziliencia az alkalmazkodás fölött áll, mert rendszerszintű, holisztikus és hosszú távú nézőpontot, tervezést igényel, ami akár a teljes aktuális (rossz vagy nem hatékony) alkalmazkodási rendszereket kérdőjelezheti meg, írhatja felül. A reziliencia segíti a(z):

1. Elviselést (coping), azaz, hogy egy adott társadalomnak, rendszernek legyen képessége arra, hogy ellenálljon vagy minimalizálja a károkat, amikor bekövetkezik egy sokk.

³⁸ <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/explainers/what-is-the-difference-between-climate-change-adaptation-and-resilience>

³⁹ https://www.jstor.org/stable/26267801?seq=8#metadata_info_tab_contents

2. Alkalmazkodást, vagyis, hogy a rendszer tudjon módosulni, tanulni és reagálni a változó feltételekre.
3. Transzformációt – olyan mélyreható átalakulásokat, amelyek új struktúrákat, új módokat hoznak létre a rendszer működésében, amikor az adaptív intézkedések már nem elegendők.

A témához részben kapcsolódik a **rossz-alkalmazkodás**⁴⁰ (maladaptation) fogalma. **Ez nem csökkenti, csak áthelyezi az éghajlati sérülékenységet más társadalmi csoportokra.** A maladaptation esete az is, amikor a **gyakran rövid távú megoldások hosszú távon tovább növelik a sérülékenységet.** Ekkor az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást célzó intézkedések több kárt okozhatnak, mint hasznot. Például, ha azok többlet energia fogyasztáshoz vezetnek, ami megnehezíti a kibocsátások csökkentését, vagy ha valamely társadalmi csoport esetén az alkalmazkodással párhuzamosan nő a sérülékenység. Tipikus példa a hóhullám kockázatának csökkentése esetén több klímaberendezés telepítése a beltéri helyiségek hűtésére. Ez abban az esetben nem jó megoldás, ha közben növeli az üvegházgáz kibocsátást és így a felmelegedést.⁴¹

További, a témához kapcsolódó, hazánkat is érintő probléma a vízmegtartás. Ahogy az első fejezetben tárgyaltuk, a klímaváltozás miatt Magyarország folyamatosan szárazodik, azonban a mai napig uralkodó nézőpont, hogy a vízzel kapcsolatos problémákat (pl. árvíz) elsősorban elvezetéssel és nem megtartással kívánjuk orvosolni. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség 2021-es, természetalapú megoldásokkal (nature-based solutions) foglalkozó jelentése⁴² hangsúlyozza, hogy a természetalapú megoldások óriási előrelépést jelenthetnek a hagyományos mérnöki megoldásként alkalmazott szürke infrastruktúrával szemben, ugyanis számos járulékos hasznot hoznak, és a legtöbb esetben gazdaságilag is megéri ezeket alkalmazni. **A kék-zöld infrastruktúra elemek a helyi adottságoktól függően használhatók a szürke infrastruktúra alternatívájaként, vagy azzal kombinálva.**⁴³

⁴⁰ 14.6-os fejezet: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap14_FINAL.pdf

⁴¹ <https://masfelfok.hu/2022/10/11/rossz-alkalmazkodas-tarsadalomnak-is-art-klimavaltozas-maladaptation-ipcc/>

⁴² <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/nature-based-solutions-in-europe>

⁴³ <https://masfelfok.hu/2021/07/23/arviz-ellen-sokszor-tobbet-ernek-a-termeszetalapu-megoldasok-mint-a-gatak/>

2.2. Éghajlati kockázat értékelésének módszertana, a legjelentősebb kockázatok azonosítása

A korábbi fejezetek részletesen bemutatták, hogy milyen szintű változásokhoz szükséges viszonylag gyorsan, strukturális szinten alkalmazkodnunk. Természetesen ebben minden szektornak jut szerep, azonban elengedhetetlen, hogy a tervező és szakértő mérnökök is megtalálják benne a feladatukat, hiszen az épített infrastruktúra mind az üvegházhatású-gázkibocsátásban, mind az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásban jelentősen érintett.

A tervezés minden szakaszában meg kell vizsgálni, hogy az éghajlatváltozás mérséklésének és az ahhoz való alkalmazkodásnak a figyelembevétele érdekében mely kérdések számítanak döntő fontosságúnak a projekt végrehajtása szempontjából.

A vonatkozó uniós jogszabály (2014/52/EU)⁴⁴ szerint a tudományos megfigyelésekkel összhangban azonosítani kell a projekt szempontjából aggodalomra okot adó **releváns súlyos veszélyek és/vagy katasztrófák kockázatát, beleértve az éghajlatváltozáshoz kapcsolódó kockázatokat is.** Ezeknek a szabályozásoknak a magyar jogszabályi háttérbe való beépítése is megtörtént (314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról).

Nem véletlenül jelenik meg ez a vizsgálat a környezeti hatásvizsgálati eljárásban, hiszen mind a nemzetközi irodalom, mind **a gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy érdemes a klímavizsgálatokat minél előbb, akár már a projektfejlesztés szakaszában elvégezni,** annak érdekében, hogy az eredményei beépülhessenek a tervezési folyamatba.

A **klímakockázati elemzés** többféle módszertannal végezhető, attól függően, hogy milyen célra, időtávra és részletességgel készül az értékelés. Az alábbiakban a legfontosabb, szakmailag elfogadott módszertani megközelítések olvashatók:

1. **Kvalitatív (leíró) módszerek** – szakértői vélemények, workshopok, interjúk és kérdőívek alapján történő kockázatbecslés. Ezek segítenek feltárni a legfontosabb veszélyeket és sebezhetőségeket ott, ahol kevés adat áll rendelkezésre.

⁴⁴ az Európai Parlament és a Tanács 2014/52/EU irányelve (2014. április 16.) az egyes köz- és magánprojektektől környezetre gyakorolt hatásainak vizsgálatáról szóló 2001/92/EU irányelv módosításáról

2. **Kvantitatív módszerek** – statisztikai és modellezési alapú elemzések, amelyek számszerűsítik a kockázatokat. Ide tartozik például a **valószínűség-alapú kockázatbecslés**, a **Monte Carlo-szimuláció** vagy a **statisztikai idősoranalízis**.
2. **Forgatókönyv-alapú elemzés (scenario analysis)** – különböző jövőbeli éghajlati és gazdasági forgatókönyvek (pl. IPCC RCP- vagy SSP-szenáriók) összevetése annak érdekében, hogy látható legyen, hogyan változhat a kockázat különböző feltételezések mellett.
3. **Érzékenység- és sebezhetőségi elemzés (Vulnerability Assessment)** – azt vizsgálja, mely rendszerek, ágazatok vagy közösségek mennyire érzékenyek az éghajlati hatásokra, illetve milyen mértékben képesek alkalmazkodni.
4. **Hatáslánc-elemzés (Impact Chain Analysis)** – a veszélyforrásból (pl. hőhullám) kiindulva feltárja, hogyan vezet az adott hatás gazdasági, társadalmi vagy környezeti következményekhez.
5. **Térinformatikai (GIS-alapú) elemzés** – geográfiai adatok és térképek segítségével azonosítja a klímakockázatok területi eloszlását, például árvízveszélyes vagy hőterhelésnek kitett zónákat.
6. **Kockázati mátrix (Risk Matrix)** – egyszerű, vizuális eszköz, amely a kockázat valószínűségét és hatását kombinálva sorolja be a kockázatokat alacsony, közepes vagy magas kategóriákba.
7. **Multi-kritériumos döntéstámogató módszerek (MCDA)** – több szempont (pl. gazdasági, környezeti, társadalmi) együttes figyelembevételével segíti a kockázatok rangsorolását és a beavatkozások priorizálását.
8. **Költség-haszon elemzés (Cost-Benefit Analysis)** – az adaptációs intézkedések költségeit és várható hasznait számszerűsíti, hogy megmutassa, mely beavatkozások a leghatékonyabbak.
9. **Integrált értékelési modellek (Integrated Assessment Models – IAMs)** – komplex, több szektort és rendszert összekapcsoló modellek, amelyek a gazdasági, éghajlati és energetikai folyamatokat együtt elemzik.
10. **Társadalmi-gazdasági kockázatelemzés** – a klímaváltozás hatásait a társadalmi egyenlőtlenségek, lakossági sérülékenység és helyi gazdaság szempontjából vizsgálja.

11. **Adaptív menedzsment megközelítés** – folyamatos, ciklikus elemzési folyamat, ahol a kockázatértékelést rendszeresen frissítik az új adatok és tapasztalatok alapján.

Komplex elemzés: A fent felsorolt elemzési módszertanok kombinálhatók, példaként a GIS alapú elemzések több más elemzéssel jól összehangolhatók.

A felsorolt módszertanok közül a jelentősebb, stratégiai nagyberuházások során több elvégzése is javasolt figyelemmel az ilyen beruházások prognosztizálhatóan jelentős környezeti hatására. A módszertan választása során törekedni kell arra, hogy az adott beruházáshoz optimalizáltan kerüljön egy vagy több módszer kiválasztásra és elvégzésre.

Kisebb infrastrukturális beruházások esetén javasolt legalább az érzékenység- és sebezhetőségi elemzés (Vulnerability Assessment) elvégzése, mert az önmagában is elég komplex, több szempontot vizsgáló, általánosan (mind hazai, mind nemzetközi szinten) elfogadott módszer, melyben az alábbiakat szükséges értékelni.

Érzékenység: azt mutatja meg, hogy az adott infrastruktúra, technológia, használt eszközök mennyire fogékonyak az éghajlatváltozáshoz kötődő időjárási jelenségek közvetlen vagy közvetett hatásaira (mennyire vannak rá hatással az éghajlati eredetű változások).

Kitétttség: egy helyszínhez (pl. település, beruházás környezete, telephely) kapcsolódó tulajdonság, ami megmutatja, hogy a helyszín milyen mértékben van kitéve egy adott éghajlatváltozási hatásnak/éghajlati paraméter változásának.

Potenciális hatás: a lehetséges fizikai hatások a vizsgált rendszerben, melyek akkor fordulhatnak elő, ha a rendszer érzékeny egy adott éghajlati paraméterre, és ezzel egy időben a helyszín ki van téve az adott éghajlati paraméter változásának.

Adaptív kapacitás/Adaptációs képesség: egy rendszer azon lehetősége és készsége, mellyel fel tud készülni az éghajlatváltozásra, mérsékelni tudja a várható károkat, meg tud birkózni a bekövetkező események következményeivel és alkalmazkodni tud a változásokhoz.

A módszertan legjelentősebb lépése az érzékenységelemzés. Ennek feladata, hogy azonosítsa azokat a tényezőket és éghajlati paramétereket, melyek hatással lehetnek az adott tevékenységre, beruházásra. Egy projekt érzékenységét növeli a közvetlen természeti erőforrás igénybevétele (pl. hűtővíz), a hosszú élettartam (30 évet meghaladó), a városi környezet vagy éppen az érzékeny társadalmi csoportok (idősek, krónikus betegségben szenvedők, kisgyermek stb.) érintettsége. Az

érzékenységelemzés alapján megállapítható, hogy egyes éghajlathoz köthető tervezési alapadat részletes vizsgálata szükséges lehet-e a projekt szempontjából (pl. maximális hőmérséklet, vagy várható felszíni vízhőmérséklet stb. adatok).

Amennyiben a projekt valamely éghajlati paraméter változásra érzékeny (pl. épületgépészet a külső maximális hőmérsékletre), akkor szükséges részletesen vizsgálni, hogy az adott tervezési terület mennyire kitett az adott változásnak, hiszen az éghajlatváltozás a tervezési alapadatokat változtathatja meg. Annak megértéséhez, hogy mely éghajlati vonatkozású kockázatokat kell figyelembe venni az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást célzó intézkedések végrehajtása során, egy (vagy több) éghajlati forgatókönyvet kell kiválasztanunk, amelyeket bele kell foglalni az elemzésbe. Az éghajlatváltozási forgatókönyv kiválasztása az évszázad közepéig csekély szerepet játszik, de a forgatókönyvek közötti különbség később egyértelműbbé válik, éppen **ezért rendkívül fontossá válik az időhorizont megválasztása (projekt tervezett élettartam meghatározása).**

A módszertan részletes használatát az MMK Környezetvédelmi Tagozat Módszertani útmutató az éghajlatváltozás hatásainak érzékenységvizsgálatához és kitettség elemzéséhez című dokumentum részletesen bemutatja. A következőkben azt mutatjuk be, hogy a vizsgálat eredményeinek hogyan kell beépülnie az adott tervezési folyamatba.

2.3. Kockázatalapú fejlesztési döntések megközelítése

Az éghajlatváltozás miatt a kockázatalapú fejlesztési döntéshozatal elősegítése kulcsfontosságú a jövőre nézve, mert a változó környezeti feltételek egyre nagyobb bizonytalanságot jelentenek a gazdaság, a társadalom és az ökológiai rendszerek számára. **A fejlesztési döntéseknek ma már nemcsak gazdasági, hanem környezeti és társadalmi kockázatokat is figyelembe kell venniük.** Az extrém időjárási események, például az árvizek, aszályok és hóhullámok, közvetlenül veszélyeztetik az infrastruktúrát és az emberi életet. A kockázatalapú megközelítés segít előre azonosítani a sebezhetőségeket és csökkenteni a károk mértékét. Ezáltal hatékonyabban oszthatók el az erőforrások, és jobban megelőzhetők a krízishelyzetek.

A döntéshozatal során fontos a tudományos adatok és modellek integrálása, hogy valós képet kapjunk a jövőbeli kockázatokról. A hosszú távú tervezés csak akkor lehet sikeres, ha abba a klímaváltozás lehetséges hatásait is beépítik. A kockázatalapú szemlélet elősegíti az alkalmazkodást és a reziliencia növelését a közösségekben. Ez a megközelítés nemcsak védekezést jelent, hanem lehetőséget is új, fenntartható

fejlesztési irányok kialakítására. A beruházások biztonságát és megtérülését is növeli, ha a döntések a kockázatok ismeretében születnek.

A klímakockázatok figyelmen kívül hagyása hosszú távon gazdasági veszteségekhez és társadalmi egyenlőtlenségekhez vezethet. A felelős fejlesztéspolitika alapja, hogy a döntések az éghajlati valóságra épüljenek. A kockázatalapú gondolkodás ösztönzi az innovációt, például zöld technológiák és természet alapú megoldások bevezetését.

A kiválasztott forgatókönyvtől és időkerettől függetlenül az éghajlatváltozás figyelembevétele azt jelenti, hogy a hosszú távú döntéseket bizonytalan körülmények között és csak részben mérhető hatások értékelése alapján kell meghozni. Fennáll annak közvetlen kockázata, hogy ha csak a bizonyossággal mérhető hatásokat mérik fel, az nem biztosít megfelelő alapot a megalapozott döntéshozatalhoz. Ezért nemcsak a mérhető hatásokat, hanem az azonosított kockázatok nagyságrendjét is értékelni kell: fennáll-e például élet- vagy egészségi veszély?

Bár alapvetően a döntéshozók felelőssége, hogy az éghajlatváltozás kockázatainak ismeretében válasszanak a projektjavaslatokból, azonban **fontos, hogy a kockázatok kezelése beépítésre kerüljön a tervezésbe minden szinten.** A döntéshozóknak ismeretekkel kell rendelkeznie arról, hogy az éghajlatváltozás milyen mértékben befolyásolhatja a tervezett infrastruktúrát vagy az általa biztosított szolgáltatásokat.

A kockázatelemzés a káros események és azok bekövetkezési gyakoriságának vizsgálatán alapszik, ahol meg kell határozni a kockázat mértékét. A kockázat mértéke együtt fejezi ki a károsodás nagyságát és előfordulásának gyakoriságát. A kockázatértékelés során vizsgálni szükséges a meglévő kockázatcsökkentő intézkedéseket is, melyek vagy a bekövetkezés valószínűségét vagy a hatás súlyosságát, esetleg mindkettőt csökkentik.

A tervezésnek a kockázatcsökkentésben kiemelkedő szerepe van, hiszen az éghajlatváltozás valamilyen módon minden infrastruktúrát érinti, de bizonyos esetekben ez a hatás olyan mértékű lehet, hogy megelőző vagy kár csökkentő intézkedések szükségesek.

Ezen túlmenően a döntéshozatalnak a jövőbeli éghajlatváltozás miatt bizonytalan körülmények között történő kezelésére vonatkozó alábbi három alapelvet is figyelembe lehet venni:

- Különböző forgatókönyvek és eredmények mérlegelése: a jövőbeli éghajlatváltozás értékelése során a jövőbeli éghajlati előrejelzéseket különböző kibocsátási forgatókönyvek alapján kell elemezni, és ezek alapján több

lehetséges eredményt is figyelembe kell venni. Kockázatértékelést kell végezni az elfogadható alkalmazkodási intézkedések megtervezése érdekében.

- Az ajánlások alapja az elővigyázatosság elve: amikor a bizonytalanságok egyre nagyobbakká válnak, nem szabad elfelejteni az elővigyázatosság elvét. Ez különösen akkor fontos, ha az éghajlatváltozásból eredő potenciális kockázatok magasak, de a rendelkezésre álló tudományos ismeretek nem elegendőek a hatásokra vonatkozó bizonyos következtetések levonásához.
- Az alkalmazkodási intézkedések beépített rugalmassága: az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást célzó valamennyi intézkedést úgy kell kiválasztani, hogy rugalmasak legyenek, azaz a különböző éghajlati forgatókönyvek kimenetelével kapcsolatos nagyfokú bizonytalanság miatt több különböző eredmény kezelésére is lehetőséget biztosítsanak.

Összességében tehát a **tervezőnek** (amennyiben a projekttel összefüggésben sérülékenységet lehet valószínűsíteni) **adatot kell szolgáltatnia arra vonatkozóan, hogy egy pesszimistább forgatókönyv megvalósulása mennyiben érintheti az adott infrastruktúrát vagy annak szolgáltatásait és hogy esetleg az alkalmazkodás, megelőzés milyen többlet beruházást vagy költséget jelentene.**

2.4. Célderesztben a városok

A világ népességének már most több mint a fele városokban él, a Világbank előrejelzése szerint 2050-re ez a 70%-ot is elérheti.⁴⁵ **Magyarországon pedig már most ez a helyzet, a lakosság több mint 70%-a városokban él (25. ábra).**⁴⁶

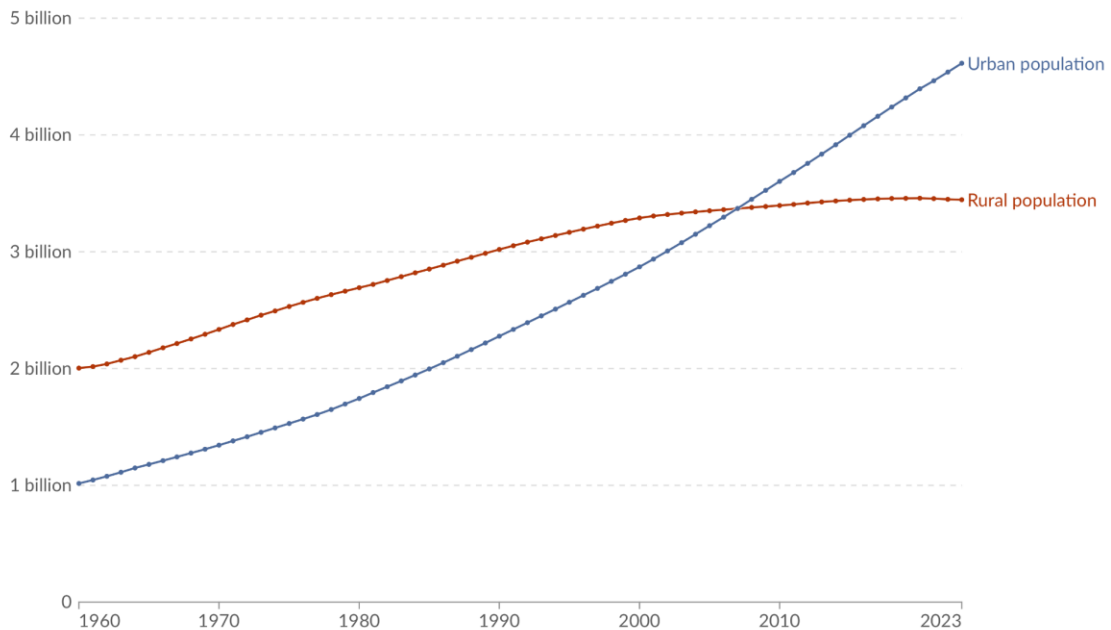
Kiemelkedően fontos tehát, hogy hogyan viszonyulunk a városi infrastruktúra tervezéséhez és működtetéséhez. **Városaink okozói és egyben elszenvedői a globális felmelegedésnek:** itt fogyasztjuk el a megtermelt villamos energia kétharmadát, és hozzájuk kapcsolódik a globális üvegházhatású-gázkibocsátások 70%-a. Az épületek, infrastrukturális elemek és azokat használó, abban élő közösségek egyre szélsőségesebb időjárási viszonyoknak vannak kitéve, ami gazdasági és egészségügyi kockázatot is jelent.

⁴⁵ <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>

⁴⁶ <https://ourworldindata.org/urbanization>

Number of people living in urban and rural areas, World

Our World
in Data



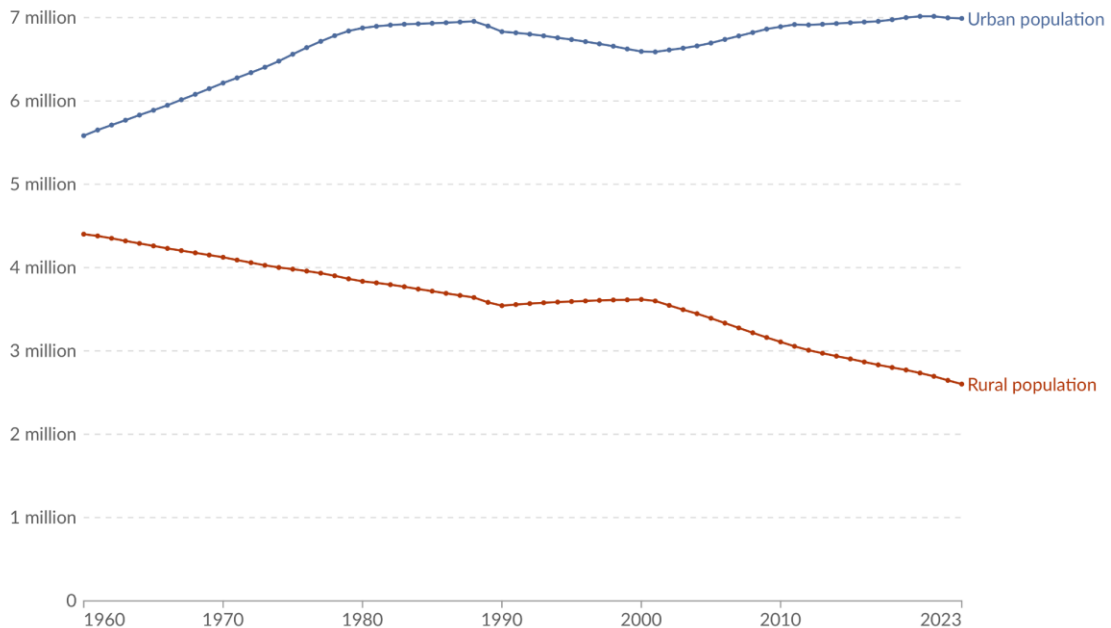
Data source: World Bank based on data from the UN Population Division (2025)

OurWorldinData.org/urbanization | CC BY

Note: Because the estimates of city and metropolitan areas are based on national definitions of what constitutes a city or metropolitan area, cross-country comparisons should be made with caution.

Number of people living in urban and rural areas, Hungary

Our World
in Data



Data source: World Bank based on data from the UN Population Division (2025)

OurWorldinData.org/urbanization | CC BY

Note: Because the estimates of city and metropolitan areas are based on national definitions of what constitutes a city or metropolitan area, cross-country comparisons should be made with caution.

25. ábra: A globális (fent) és a magyar (alul) népesség városi és vidéki megoszlása az 1960-as évektől napjainkig. Forrás: Világbank, ENSZ, Our World in Data.

A legrosszabb forgatókönyvek megvalósulása esetén maga a társadalmi koherencia kerülhet veszélybe, ahogy azt most ismerjük. Az IPCC jelenleg, ezen kézikönyv írásakor is dolgozik a városokkal foglalkozó külön jelentésén, amit mindenkinek javasunkl attanulmányozásra, amint megjelenik. A készülő jelentés Tudományos Irányító Bizottságának elnöke Ürge-Vorsatz Diána, magyar fizikus, az IPCC alelnöke.⁴⁷

Az épített környezetre ható erők az éghajlatváltozással, a környezet romlásával, a népesség növekedésével és a migrációval együtt növekednek. A változó körülményekhez való alkalmazkodás, valamint a szélsőséges időjárási eseményekből való könnyebb és hatékonyabb felépülés érdekében szinte minden területen új megközelítésre van szükség, többek között a mérnöki munkában is. **A klímaváltozás korában a mérnöki tervezésnek már túl kell mutatnia a szigorúan vett szakmai szempontokon, értve ez alatt, hogy figyelembe kell vennie az adott épület, infrastrukturális elem társadalmi beágyazottságát, használatának lehetőségeit, hogy ne növelje a kitéttiséget, hanem erősítse a közösségek ellenállóképességét.**

2.5. A reziliens és klímaadaptív várostervezés alapjai és tervezői szemlélete

A reziliencia és alkalmazkodás fogalmainak körüljárása után szűkítsük ezt le a klímaadaptív várostervezésre, amiben az Amerikai Építészeti Intézet (American Institute of Architects - AIA) összefoglalója jó kiindulási alapot nyújt.⁴⁸ Az AIA az alábbi nyolc alapelvet ajánlja azoknak, akiknek célja, hogy az épületek, infrastruktúrák és városi rendszerek ellenállóbbak és rugalmasabbak legyenek a változó feltételekkel szemben.

- Helyi alapú, lokális. Érti és kommunikálja a helyben tapasztalható veszélyeket és éghajlati kockázatokat, valamint a társadalmi, környezeti és gazdasági kihívásokat és lehetőségeket.
- Kockázatkezelő. Figyelembe veszi és belefoglalja a tervezésbe a veszélyeket és éghajlati kockázatokat, az építmény sérülékenységi értékelését, hogy elkerülje és csökkentse ezeket annak életciklusára vetítve. Feltárja a rossz-alkalmazkodás (maladaptation) potenciális veszélyeit, amelyek növelhetik a sérülékenységet.

⁴⁷ <https://www.ipcc.ch/report/special-report-on-climate-change-and-cities/>

⁴⁸ https://content.aia.org/sites/default/files/2021-04/Fundamentals_of_Resilient_and_Climate_Adaptive_Design_2021-0402_Landscape.pdf

- Társadalmilag méltányos, inkluzív. A teljes, tágabb közösség kiszolgálására törekszik, eltávolítva a társadalmi, környezeti és gazdasági előnyökhöz való hozzáférést akadályozó tényezőket.
- Elővigyázatos. Tartós, alacsony karbantartási igényű építési rendszereket és anyagokat használ, hogy csökkentse a negatív hatásokat (pl. mérgező anyagok vagy szél/víz útján terjedő szennyezés), ha az épület vagy az infrastrukturális elem megsérülne.
- Rendszerközpontú. Felismeri és a tervezés során képviseli, hogy az építmény / infrastrukturális elem egy nagyobb közösségi rendszer részét képezi, az azokban rejlő kölcsönös függőségekkel, lehetőségekkel és kölcsönhatásokkal. Feltérképezi a projekt / tervezés hatását a közösségre és igyekszik azokat összehangolni.
- Felkészült és támogató. Működési, üzemelési zavar esetén úgy tudja támogatni az építmény vagy az adott infrastrukturális elem használóit, hogy azok tisztában vannak vele, hogy vészhelyzet, áramszünet stb. esetében mi a teendőjük (egyéenként és közösségként). A tervezés gondoskodik a vészhelyzeti felkészülésről, a biztonságos menedékről, a fizikai védelemről és a mentális jólétről.
- Élettartam-központú. Biztosítja, hogy a tervezési döntések támogassák az építmény teljesítményét a projekt tervezett életciklusa alatt, egyensúlyt teremtve a kezdeti költségek és a hosszú távú érték között.
- Alkalmazkodó. A tervezés során ügyel arra, hogy az építmény a várható élettartama alatt képes alkalmazkodni a változó társadalmi, gazdasági és környezeti feltételekhez.

A világ közel száz nagyvárosának polgármestereit tömörítő C40 Cities⁴⁹ várostervezési adaptációs útmutatója⁵⁰ bár elsősorban a városvezetőknek szól, hisz a várostervezésről szól, az ott használt érvelési- és szempontrendszer a mérnöki tervezés során is hasznos lehet, mert más szemléleti alapot nyújt, hogy mit, hogyan, és miért kell megvalósítani.

A C40 elemzése szerint az alábbi kockázatok a leggyakoribbak:

- **szélsőséges hőség** – ma több mint 200 millió embert érint, 2050-re 1,6 milliárdot is fenyegethet;
- **vízhiány** – 2050-re több mint 650 millió embert és 500 várost sújthat;

⁴⁹ <https://www.c40.org>

⁵⁰ https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Integrating-Climate-Adaptation-A-toolkit-for-urban-planners-and-adaptation-practitioners?language=en_US

- **élelmiszer-biztonság romlása** – akár 2,5 milliárd ember érintett lehet;
- **tengerszint-emelkedés** – 800 millió ember, 570 város kerülhet veszélybe;
- **szegénység és sérülékenység fokozódása.**

A városok számára alapvető (kellene, hogy legyen) a **klímakockázat-értékelés**:

1. helyi szintű jövőbeli éghajlati előrejelzések készítése,
2. a sérülékeny lakosság, infrastruktúra és eszközök azonosítása,
3. az alkalmazkodási kapacitás meghatározása.

Nagyobb hangsúlyt kell, hogy kapjon az **infrastruktúrák közötti összefüggések vizsgálata**, hogy elkerüljük a láncszerű összeomlásokat (pl. áramszünet miatt leálló vízellátás).

A városok a különböző éghajlati kockázatokra eltérő stratégiákat dolgozzanak ki:

- **városi áradások:** vízelvezető rendszerek, esőkertek, vízáteresztő burkolatok;
- **hőhullámok:** városi zöldfelületek, árnyékolás, hősziget-hatás mérséklése;
- **aszály:** vízvizsszatartás, újrahasznosítás, esővízgyűjtés;
- **tengerszint-emelkedés:** védművek, rugalmas beépítési előírások, bizonyos területekről való visszavonulás;
- **viharok:** szélbiztos építés, energiahálózat redundanciája;
- **erdőtűzek:** tűzvédelmi zónák, erdőgazdálkodás, tűzálló anyagok.

A várostervezés az egyik legerősebb eszköz a klímaadaptáció beépítésére, hiszen szabályozza a beépített környezetet, a közlekedést, az infrastruktúrát és a köztereket. A **reziliencia beépítése a szabályozási eszközökbe** hosszú távon sokkal olcsóbb, mint utólagos átalakításokat végezni.

Kulcsfogalmak:

- **Mal-investment:** olyan beruházás, amely klímaadaptáció nélkül értelmetlenné válik (pl. árterületen épített lakónegyed).
- **Piggybacking:** klímaadaptációs intézkedések beépítése alacsony többletköltséggel, más célok mellett.
- **Win-win intézkedések:** egyszerre szolgálnak helyi fejlesztési és klímaadaptációs célokat (pl. zöldtetők: hűtenek és vízmegtartást biztosítanak).
- **Trade-offok:** bizonyos intézkedések növelhetik a kockázatokat, ezért mérlegelni kell a kompromisszumokat.

Várostervezési eszközök:

1. **Átfogó városfejlesztési tervek** – hosszú távú víziók, melyekben hangsúlyt kapnak a klímakockázatok.
2. **Területi szintű tervek** – lokális beavatkozások, zöldfelületek, árvízvédelmi lépések.
3. **Övezeti besorolások (zoning)** – építési szabályok alkalmazkodás szerint (pl. magasabban fekvő beépítés).
4. **Ösztönző programok** – adókedvezmények, támogatások zöldtetőkre vagy energiatakarékos fejlesztésekre.
5. **Településképi és építészeti irányelvek** – homlokzati árnyékolás, anyaghasználat, zöldfelületek aránya.
6. **Közfürdő infrastruktúra fejlesztése** – vízviisszatartó terek, energiahálózat redundanciája, hűtő közterek.

A kézikönyv külön fejezetben foglalkozik a vízgazdálkodással és a közlekedési infrastruktúrával, azonban az Equinox építéseknek és mérnököknek szóló klímaérzékeny tervezési útmutatója jó kiindulási alapot biztosíthat más területek felé is. Röviden így tudnánk összefoglalni a cikk kulcsfontosságú javaslatait rendszerezve.

Projekt elfogadása / megbízás kezdetén hozott döntések

- Már a pályázat vagy ajánlatkérés elfogadása előtt mérlegelni kell: szükséges-e új építés, vagy jobb alternatíva lehet a felújítás / átalakítás. Ez nagyban befolyásolja az építmény egész életciklusára vonatkozó karbon-lábnyomát.
- Fontos, hogy az építész – még a megbízón keresztül is – tudatos legyen, vállaljon felelősséget azért, hogy a fenntarthatósági irányelvek beépüljenek már a projekt korai szakaszába.

Tájolás, épülettömeg és a helyi klímapotenciál kihasználása

- Az épület tájolása (pl. dél-, északi homlokzat, árnyékolás), az építmény tömegének (A/V arány) kialakítása nagyban befolyásolja az energiafelhasználást és a hőmérsékleti komfortot.
- A nap, szél, geotermikus energia potenciáljait lehetőség szerint kihasználni – pl. napenergia-gyűjtés, természetes szellőzés, geotermikus rendszer lehetőségei.

Térbeli elrendezés és természet közelsége

- Beltéri-kültéri terek (teraszok, átmeneti terek) létrehozása, amelyek változó évszakokban alkalmazkodnak.
- Keresztzellőztetés kialakítása: nyílászárók elhelyezése úgy, hogy különböző irányokba nézzenek, hogy a szelek segítsék a szellőzést.

Anyaghasználat és szerkezetek

- Természetes anyagok előnyben részesítése (pl. fa szerkezetek, természetes szigetelők, CLT panelek) az alacsonyabb karbon-lábnyom és a szén-dioxid tárolás miatt.
- Újrahasznosított vagy újrahasznosítható anyagok használata, körforgásos gazdasági szempontok (easy to disassemble struktúrák, moduláris elemek).

Épületburkok (falak, ablakok, homlokzat) optimalizálása

- Homlokzati nyílászárók arányának (ablak-fal arány, WWR) és tájolásának tudatos megtervezése: délre nagyobb ablakok, de árnyékolással; északon korlátozott ablakfelületek.
- Hőszigetelés, légtömörség fontossága: télen hő megtartása, nyáron túlmelegedés csökkentése.

Gépészeti és energetikai rendszerek tervezése

- Passzív megoldások (napnyereség, természetes légmozgás) előtérbe helyezése, hogy minimalizálják a mechanikus fűtés/hűtés energiaigényét.
- Megújuló energiaforrások alkalmazása: napelemek, szél, geotermikus, valamint – ha lehetséges – helyi energiatermelés.
- Energiatárolás (akkumulátorok) fontossága, különösen, ha a termelési profil és a fogyasztási igények nem esnek egybe.

Részletekben rejlő lehetőségek

- Szerkezetek és anyagok szétszerelhetősége, rugalmassága: moduláris elemek, talajcsavarok, könnyű, újrahasznosítható és átalakítható elemek alkalmazása.
- Az apró részletek (pl. árnyékolók, redőnyök, árnyékot adó növényzet) is jelentős hatással vannak az energiafelhasználásra.

Környezeti és élhető tér kialakítása

- Az ökoszisztémák tisztelete és támogatása: őshonos növények, biodiverzitás, madár- és állatbarát kialakítások.

- Zaj-, rezgés- és fényszennyezés minimalizálása, ember-barát külső terek létrehozása, amelyek komfortosak minden évszakban.

Használat és lakói magatartás

- Az épület üzemeltetésénél a lakók vagy használók viselkedése sokszor legalább olyan fontos, mint a tervezés maga (árnyékolás használata, ablakok nyitása bezárása, tudatos energiatudatosság, okosmérők).
- Automatizálási rendszerek nélkül is léteznek viselkedésbeli megoldások, amelyek segíthetnek csökkenteni az energiafogyasztást. Köznyelvies megfogalmazásban: „ahol a lakók nem tudják mi a helyes szellőztetés módja, ott nem a napelemek telepítése az elsődleges.”

2.6. A zöld infrastruktúra fontossága és a zöld dzsentrifikáció társadalmi kockázatai

A tervezés során a zöld infrastruktúrára még mindig sokszor amolyan díszítőelemként tekintenek, holott annak - és természetnek általában, még a városokban is - alapvető infrastruktúráként kellene működnie, így volna helyes tekintenünk rá.⁵¹ Az urbanizáció ugyanis inkább rombolja a természetes rendszereket, amelyek szolgáltatásai (pl. vízvisszatartás, levegőtisztítás, mikroklíma szabályozása) kritikus fontosságúak a városi lakók számára. **A természetalapú megoldások - például zöldtetők, fasorok, esőkertek - olyan multifunkciós rendszerek, amelyek egyszerre szolgálják az adaptációt, az ökoszisztéma-szolgáltatásokat és a társadalmi jóllétet. Az infrastruktúra-tervezésben tehát nem szabad elválasztani a „kemény” és „puha” elemeket: együtt kell kezelni őket.**

Több, európai városra vonatkozó kutatás is bizonyította, hogy a városi fák jelentős gazdasági és egészségügyi hasznokat hordoznak.⁵² Lisszabonban a városi fák fenntartásába fektetett minden egyes dollár 4,5-szörösen térül meg. A Zaragozát körülvéző zöld gyűrű évente átlagosan 9 millió eurónyi ökológiai szolgáltatás nyújt a helyieknek, az egykori német acélváros, Essen zöldítéséből fakadó haszon pedig majdnem 50 millió euróra rúg.

⁵¹ <https://masfok.hu/2019/08/28/termeszeti-varosban-alapveto-infrastruktura-resze-varosi-adaptacio-klimavaltozas/>

⁵² <https://masfok.hu/2021/10/22/varosi-fak-kornyezeti-esztetikai-gazdasagi-ertek-klimavaltozas-zoldfeluletek/>

- **Hőségcsökkentés**

A városi zöldfelületek árnyékolása és párologtatása hűti a környező területet, mérsékelve a városi hősziget hatást. A zöldfelület alatt akár néhány °C-kal is alacsonyabb lehet a hőmérséklet, ami kritikus a hőstressz elleni védelemben.

- **Levegőminőség és szennyezőanyag-szűrés**

A fák leveleikkel kiszűrik a levegőből a részecskéket, gázokat és segítenek az oxigén termelésben.

- **Esztétika és mentális jólét**

A zöld felületek növelik a városi élhetőséget, nyugalmat, rekreációra alkalmas teret biztosítanak, ami javítja a mentális egészséget, csökkenti a stresszt és elősegíti a közösségépítést. Ezek az egészségügyet terhelő, a klímaváltozás miatt növekvő kockázatokat és költségeket is csökkentik.

- **Térgazdasági érték**

A jól karbantartott zöldfelületek hozzájárulnak az ingatlanok értékének növekedéséhez, és megtakarításokat idézhetnek elő – például kevesebb klimatizálási energiafelhasználás révén.

- **Fenntarthatóság és megtérülés**

A helyes faj- és fajtaválasztással, gondos telepítéssel és karbantartással a zöld infrastruktúra hosszú távon alacsony fenntartási költséggel működhet. Ugyanakkor, ha a telepítés nem veszi figyelembe a klímasokkal járó stresszfaktorokat (aszály, magas hő, aszfalt-lapburkolat által okozott környezeti stressz), a zöld infrastruktúra könnyen sérülhet, és gazdaságilag is fenntarthatatlanná válhat.

Mindezen előnyök élvezéséhez azonban **a hazai városokban is újra kell gondolnunk a térhasználatot és okosabban kell terveznünk**. Sok nagyvárosban, így pl. Budapesten is az átmenő forgalom uralja az utcákat, vagyis a városi tér használatát az a cél dominálja, hogy egy autós minél gyorsabban eljusson A-ból B-be. Ahhoz, hogy a városokat egészségesebbé és élhetőbbé tegyük, szemléletváltásra van szükség, a helyi lakók igényeit, jóllétét kellene előtérbe helyezni: az autókra szabott városi környezet helyett ember- és klímabarát tervezésre van szükség, amelynek szerves része a zöld-kék infrastruktúra.

Minden a felé mutat tehát, hogy a zöld infrastruktúra alkalmazása helyes és szükséges, azonban, ha ez szelektíven, nem általános tendenciaként, a társadalmi szempontokat

figyelman kívül hagyva átgondolatlanul zajlik, akkor az dzsentrifikációs folyamatokhoz vezethet⁵³ („zöld dzsentrifikáció”), amelyek csak tovább növelik a társadalmi egyenlőtlenséget, a klimatikus hatásokkal szembeni kiszolgáltatottságot, és az ezzel járó feszültségeket. A káros folyamat lényege:

- Ha egy korábban kevés zöldfelülettel rendelkező városrészbe új parkokat, fasorokat, zöldcsatornákat építenek, az növeli az ingatlanok és bérleti díjak értékét.
- A magasabb jövedelmű lakosok beköltözhetnek ezekre a „zöldített” környékekre, miközben az eredeti, alacsonyabb jövedelmű lakosok már nem tudják megfizetni a megemelkedett árakat – kiszorulnak más, kevésbé vonzó területekre.
- Így a zöld infrastruktúra nem csökkenti, hanem tovább mélyíti a társadalmi egyenlőtlenségeket, ha nem kísérik szabályozással, lakhatási politikával és szociális intézkedésekkel.

Az EGT tagországokban átlagban csupán 3% az aránya⁵⁴ egy városban a bárki számára nyilvánosan elérhető zöldterületeknek a teljes városi területhez képest. A probléma hazánkban is jellemző, ahol az új, jó minőségű zöldfelületekkel ellátott lakónegyedekben a lakosság leggazdagabb része lakik, míg más, alacsonyabb jövedelmű lakossággal rendelkező városrészek a zöldfelületek hiányától szenvednek.

Egy hazai kutatás során a debreceni lakosság zöldterület elérését vizsgálták.⁵⁵ A vizsgálatban nemcsak a közparkokat, de a magán zöldterületeket is számításba vették, azaz az erdők, közparkok és kertek mellett az intézményi zöldfelületeket, játszótereket, sportpályákat, természetvédelmi területeket, temetőket, sőt, a közösségi és magánkerteket is. Az eredményeik alapján a nagyon jó minőségű zöldterületek összterülete nem éri el a 10 hektárt, és az Egészségügyi Világszervezet (WHO) ajánlásnak megfelelő 300 m-es távolságon belül csak nagyon kevés embernek (a lakosság 3,14%-ának) biztosított ezeknek a területeknek a könnyű megközelíthetősége.

⁵³ <https://masfelfok.hu/2023/02/08/atgondolt-varoszoldites-zold-dzsentrifikacio-ipcc-tarsadalmi-egyenlotlenseg-debrecen/>

⁵⁴ <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/who-benefits-from-nature-in-cities-social-inequalities-in-access-to-urban-green-and-blue-spaces-across-europe>

⁵⁵ <https://ojs.mtak.hu/index.php/hungeobull/article/view/3715/2820>

Milyen beavatkozási lehetőségek adóttak?⁵⁶

Integrált tervezés: a zöld infrastruktúra tervezésekor egyszerre kell szem előtt tartani klímaadaptációt, egészségügyi hatásokat és társadalmi igazságosságot.

Társadalmi biztosítékok: zöld fejlesztések mellett szükség van lakhatási támogatásra, bérlakás-programokra és szabályozásokra, amelyek megakadályozzák a kizárást vagy a területről történő kiszorulást. Biztosítani kell, hogy a közösség tagjai részesüljenek a zöld fejlesztések előnyeiből (pl. zöldfelületekhez való hozzáférés, kedvezőbb közműhasználat)

Konzultáció és bevonás: a helyi lakosság bevonása, közösségi döntés lehetősége kulcsfontosságú, hogy ne „rájuk ráerőltetett” zöldítés, hanem közösen kialakított zöld terek jöjjenek létre. A döntéshozatal legyen átlátható, és lehetőséget adjon a lakók visszajelzéseire, módosításokra. Ismertessenek lehetőségeket arra, hogy a lakosok maguk is részt vehessenek a zöldterületek fenntartásában, közösségi kertműködésben vagy társfenntartásban.

Jelentős haszon elosztása és inkluzív haszonkezelés: A zöld fejlesztések által generált „élettér-hozzáadott értékből” (például emelkedő ingatlanérték, turizmus, jobb környezeti feltételek) anyagi és nem anyagi hozamokat kell visszaforgatni a helyi közösségbe. Például: adóbevételekből részben a környék fejlesztésére, közösségi létesítményekre fordítani, és nem csak privát haszonszerzésre használni. Helyi vállalkozások, közösségi programok támogatása, hogy a fejlesztés ne csak a vagyonosabb rétegeknek legyen hasznos.

Fokozatos, moduláris zöldfejlesztés: Ne egyszerre megvalósuló giga projektek legyenek, amelyek hirtelen drasztikus kapacitásnövekedést hoznak – helyette lépésről lépésre történő, moduláris fejlesztések javasoltak, amelyek növelhetőek és igazíthatóak. Így a zöldítés hatása kevésbé robbanásszerű a piaci értékekben, és lehetőség van közbeavatkozásokra.

⁵⁶ <https://utppublishing.com/doi/10.3138/jccpe-2023-0014>

2.7. Nemzetközi és hazai jó gyakorlatok a különböző szektorok közötti együttműködésre

Az alábbiakban pár magyar, európai és török kerületre/városra/régióra fókuszáló projektet szemlélünk röviden, amelyek a természet alapú megoldások, az okosváros koncepció és a szektoriális együttműködésre kínálnak példákat. A válogatás nem tükröz minősítést, elsősorban a változatosságra törekedtünk, szemléltetve, hogy nagyon eltérő földrajzi, klimatikus, társadalmi és kulturális közegben is van lehetőség a klímaadaptív megoldásokra.

LIFE URBAN-ADAPT – Rotterdam (Hollandia)

Rotterdam az egyik élő példa arra, hogy a városvezetés, a magánszféra, közösségek és szakértők hogyan dolgoznak együtt klímaadaptációs stratégiákon. A LIFE URBAN-ADAPT⁵⁷ projekt célja volt, hogy bemutassa, hogyan lehet gyakorlati módon résztvevő (participatory) tervezéssel növelni a városi rezilienciát és biodiverzitást, különböző városrészekben.

Konkrét mérőszámokat alkalmaztak a megvalósítás során: például újonnan telepített zöld infrastruktúra, levegőminőség-javulás (NO₂ csökkenés), vízviasszatartó kapacitás növekedése, felszíni hőmérséklet csökkenése.

Jó gyakorlatok: az érdekelt felek (stakeholder) korai bevonása, a mérhető kulcsindikátorok (KPI) alkalmazása, költségvetésbe való integráció, szabályozási keretek megléte.

Impact Project: Climate-Smart Urbanisation – Hollandia (Rotterdam, Tilburg, Zwolle)

Három városban vizsgálták meg, hogyan lehet beépíteni a hőstresszt és vízátfolyási / pangó vízzel kapcsolatos problémákat és megoldásokat a területfejlesztéssel, az épületekkel és a közterekkel kapcsolatos gondolkodásba.⁵⁸

Jó gyakorlatok: többszintű gondolkodás (közterek, homlokzatok, tetők), komplex beruházási és szabályozási kérdések (tendering, szerződések) a privát-közösségi partnerek között, valamint a stakeholderek közti párbeszéd.

⁵⁷ <https://urbanadapt.eu/en/>

⁵⁸ <https://klimaadaptatienederland.nl/en/%40297607/impact-project-collaboration-climate-smart/>

A projekt zárójelentése hollandul:

https://klimaadaptatienederland.nl/publish/pages/234639/klimaatslimme_verstedelijking_v5_1.pdf

Deusto Design Research – Urban Oasis, Bilbao (Spanyolország)

Ez egy viszonylag újabb, 2025-ös példa arra, hogyan lehet a természet alapú megoldásokat és az okos infrastruktúra kombinációját alkalmazni közösségi terekben a városi adaptáció részeként. Az „Urban Oasis” moduláris, érzékszervi (multisensory) közösségi bútorzat rendszereket, esőkerteket, intelligens öntözést, klímamérőket, világítást, akár elektromos jármű-töltő pontokat is tartalmaz.⁵⁹

Jó gyakorlat: a projekt szemlélteti, hogy milyen előnyökkel járhat, ha több szektor és megközelítésmód (építészet, közösségi tervezés, zöld infrastruktúra, technológia) találkozik, és hogyan lehet inkluzív, multifunkciós tereket létrehozni, amelyek egyszerre segítik az adaptációt, javítják a biodiverzitást és növelik az élhetőséget.

URBAN GreenUP - Izmir (Törökország)

Izmirben a projekt részeként zöld folyosókat (green corridors), mikroparkokat (parklet), természetes vízkezelési rendszereket alkalmaztak, hogy csökkentsék a városi hőstresszt, növeljék a biodiverzitást, és kezeljék a vízhiányt.⁶⁰

Jó gyakorlatok: a polgárok bevonása, valamint helyi közigazgatási és szakmai szereplők közötti együttműködés (pl. városépítészet, környezetvédelem, közművek) a tervek kidolgozásában és megvalósításában.

„Implementing climate change adaptation through mainstreaming at the local level” – holland esettanulmány

Két holland település vizsgálata mutatja, hogy az adaptáció gyakran azért nem válik meghatározó részévé a helyi politikának, mert nem illeszkedik a meglévő szektorális struktúrákhoz. A „mainstreaming” azt jelenti, hogy az adaptációs szempontokat nem külön projektként, hanem a városfejlesztés, közlekedés, építés, vízgazdálkodás stb. szabályozásaiba integrálják.⁶¹

Tanulság: szükséges a helyi döntéshozói támogatás, egyértelmű felelősségi és pénzügyi struktúrák, és a rendszeres felülvizsgálat / monitoring.

⁵⁹ <https://www.mdpi.com/2413-8851/9/3/74>

⁶⁰ <https://www.urbangreenup.eu>
<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/mission/solutions/mission-stories/implementing-nature-based-solutions-izmir-story41>

⁶¹ <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-024-02214-7>

Climate-ADAPT pilot study - Veszprém és Budapest XIII. kerület (Magyarország)

Az SEE OrientGate projekt keretében Veszprém és Budapest XIII. kerületének vizsgálata során a helyi önkormányzatok, szakértők és lakosság együtt dolgoztak a városi rendszerek sérülékenységeinek feltérképezésén: közegészségügy, közlekedés, közművek, zöldterületek, árvíz/vízgyűjtés, energia és fűtés/hűtés – mind olyan területeket érint, amely szektorokon átívelő együttműködést igényel és hatással van a tervezésre.⁶²

A projekt által ajánlott intézkedések: zöld területek bővítése és fenntartható gondozásuk, aszálytűrő növények telepítése, csapadék- és vízelvezetési hálózat fejlesztése, új építési szabályok bevezetése a természetes hűtés támogatására, korai riasztási rendszerek kialakítása. Ezek többsége megköveteli, hogy városüzemeltetők, építészek, közműszolgáltatók és közegészségügy együttműködjenek.⁶³

Hidrológiai modellezés zöld infrastruktúrával - Szeged (Magyarország)

A 2021-es tanulmány⁶⁴ összehasonlította különböző városi kerületek víz-lefolyási jellemzőit zöld infrastruktúra (fák, vegetáció) jelenlétének függvényében. Ez lehetővé tette, hogy számszerűsítsék, mekkora csapadékvíz elvezetését és felszín alatti beszivárgását segíti elő a vegetáció, illetve mennyivel csökkenti a záporokból adódó vízlefolyást.

A modell adatbázisok, térképek, meteorológiai és tájhasználati adatok összehangolt használatát igényelte (klíma, kertészet, várostervezés, geográfia). Egyértelműen példa arra, hogy műszaki, természetvédelmi és várostervezési szektorok együttműködésével lehet jobban előrejelző, alkalmazkodóképes stratégiákat kialakítani.

The Green Infrastructure in Cities as a Tool for Climate Change Adaptation and Mitigation - szlovák és lengyel tapasztalatok

Ingrid Belčáková és társai (2019) tanulmánya⁶⁵ arra mutat rá, hogy városokban Szlovákiában és Lengyelországban a zöld infrastruktúra nemcsak esztétikai vagy ökológiai tényező, hanem kulcsfontosságú adaptációs és mitigációs eszköz.

⁶² <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/urban-adaptation-in-two-hungarian-municipalities-city-of-veszprem-and-xiii-district-of-budapest>

⁶³ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/case-studies/urban-adaptation-in-two-hungarian-municipalities-city-of-veszprem-and-xiii-district-of-budapest/11257893.pdf/@download/file>

⁶⁴ <https://ojs.mtak.hu/index.php/hungeobull/article/view/5678>

⁶⁵ <https://www.mdpi.com/2073-4433/10/9/552>

Az együttműködés szektorai: városépítészet / települési tervezés, környezetvédelem, közlekedés, közmű infrastruktúra. Az integrált tervezés segít kezelni a trade-offokat (pl. zöldfelület vs. beépíthető terület), és optimalizálni, hogy többféle haszon származzon a fejlesztésekből.

További kísérleti projekteket és jó gyakorlatokat találhatunk az EU Környezetvédelmi és Éghajlat-politikai Programjának (LIFE) adatbázisában.⁶⁶

Milyen általános ajánlásokat fogalmazhatunk meg ezen példák alapján?

- **Korai bevonás, participatív tervezés:** ha a stakeholderek széles köre (lakosok, önkormányzat, vállalkozások stb.) részt vesznek már a tervezés kezdeti szakaszában, úgy jobban megismerhetők az igények, valamint nő a társadalmi elfogadás.
- **Szektorok közötti integráció:** a tervezés és végrehajtás során a különböző szakmai és szakpolitikákat (policy) irányító szereplők együttműködése jóval nagyobb hatékonyságot eredményez, mint ha ezek külön, párhuzamosan, egymással nem egyeztetve működnek. (pl. vízgazdálkodás - zöld infrastruktúra - közegészségügyi szempontok)
- **Határokon átnyúló tudástranszfer:** ha a tervezés valamilyen kihívásba ütközik, pl. változó klimatikus tényezőhöz kell alkalmazkodni, úgy regionálisan vagy a világ más pontján szinte biztosan lesz nemzetközi példa, ahol hasonló kihívásokkal küzdöttek és arra valamilyen választ adtak. A régiós együttműködés és tudományos szakértelem megosztása jelentős hozzáadott érték.
- **Mérhető célok és azok nyomon követése:** a példákban gyakori, hogy nemcsak tervek készülnek, hanem KPI-ok (pl. csapadékvíz-lefolyás csökkentése, felszíni hőmérséklet-csökkenés, zöldterület arány növelése) alapján követik, hogy működnek-e az adott beavatkozások.
- **Szakpolitikai (policy) támogatás és szabályozás:** szabályozások, ösztönzők, támogatások segítik, hogy a zöld infrastruktúra ne csak projekt-szintű jelenség, hanem intézményesült része legyen várostervezésnek. Ez egyben a már fent említett „zöld dzsentrifikációs” folyamatokat is mérsékelheti.
- **Fenntartható finanszírozás:** a tervezés, majd a megvalósítás után biztosítani kell a forrásokat az üzemeltetésre és karbantartásra, különben sérülhet az alkalmazkodási képesség és a reziliencia is.

⁶⁶ A LIFE projektek egyszerűsített, kereshető adatbázisa:

<https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/search>

3. Klímaadaptív tervezés eszközei a vízgazdálkodásban

3.1. Bevezetés

A víz mindig is az egyik legfontosabb természeti erőforrásunk volt, amely alapvetően meghatározza a társadalom és a gazdaság működését, valamint a környezet állapotát. Az utóbbi évtizedekben azonban a felgyorsult klímaváltozás olyan új kihívásokat teremtett, amelyek miatt a hagyományos vízgazdálkodási gyakorlatok már nem bizonyulnak elegendőnek. A korábban kiszámíthatóbb vízjárás helyét egyre inkább szélsőséges és kiszámíthatatlan folyamatok veszik át: hosszan tartó szárazságok váltakoznak rövid idő alatt lezúduló, intenzív csapadékeseményekkel. Ez nemcsak a mezőgazdaságot, hanem a települések biztonságát, az ivóvízellátást és az ökoszisztémák fennmaradását is veszélyezteti.

Mindezek fényében a vízgazdálkodási tervezésnek alkalmazkodnia kell a megváltozott körülményekhez. A tervezési folyamat szerves részét kell, hogy képezze a stratégiai dokumentumokkal való összhang, a klímakockázatok felismerése és kezelése, valamint olyan jó gyakorlatok megerősítése, amelyek hosszú távon is biztosítják a rendszerek működőképességét.

3.2. Stratégiai dokumentumok és a klímaváltozás kockázatai

A klímaváltozásról szakmai körökben már régóta szó van, azonban manapság már nemcsak szakmai teória, hanem mindenki által tapasztalható folyamat. Szakmai válaszokat minden szakág igyekezett már adni az időjárási folyamatokra, így a stratégiai vízgazdálkodás tervezésében is már jelen vannak ezen kihívási elemek. Természetesen a gyorsuló klímaváltozás miatt ezek felülvizsgálata és aktualizálása az új kutatások és elemzések alapján időközönként szükséges és halaszthatatlan.

A hazai és területi vízgazdálkodási tervezés nem önálló, elszigetelt tevékenység, folyamat, hanem illeszkednie kell a nemzeti és európai szintű stratégiákhoz. Ezek közül a legfontosabbak:

Víz Keretirányelv (VKI), az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról. Célja a víztestek jó állapotának elérése és megőrzése, amelyhez elengedhetetlen a fenntartható vízhasználat és a vízkészletek védelme.⁶⁷

⁶⁷ <https://www.ovf.hu/eu-viz-iranyelvek/viz-keretiranyelv>

A VKI fő céljai:

- A vizek jó állapotának elérése és megőrzése
- Integrált vízgazdálkodás
- Fenntarthatóság és megelőzés
- Közösségi részvétel

A tagállamoknak 6 évente kell készíteniük Vízyűjtő-gazdálkodási Terveket (VGT), amelyek tartalmazzák:

- a víztestek állapotértékelését, amely a monitoring méréseken (biológiai, kémiai, hidrológiai és morfológiai mutatók) alapszik
- a problémák azonosítását (szennyezés, túlhasználat, műszaki beavatkozások a medrekbe, természetes lefolyásba),
- a problémák kezelését szolgáló intézkedési programokat.

Kapcsolódó uniós vizes irányelvek

A VKI egyfajta „ernyőirányelv”, amely más jogszabályokat is összefog. Ezek közül a legfontosabbak:

- A felszín alatti vizekről szóló irányelv (2006/118/EK)⁶⁸ védelmet nyújt a szennyezéssel és az állapotromlással szemben.
- Ivóvíz-irányelv (98/83/EK, majd 2020/2184/EU)⁶⁹, amely meghatározza az ivóvíz minőségi követelményeit.
- Fürdővíz-irányelv (2006/7/EK)⁷⁰ szabályozza a természetes fürdőhelyek vízminőségét, valamint követelményeket a rendszeres monitoringra és a nyilvánosság tájékoztatására.
- Települési szennyvíz-irányelv (91/271/EGK, majd (EU) 2024/3019 irányelv)⁷¹, amely előírja a szennyvíz gyűjtését és tisztítását.

⁶⁸ az Európai Parlament és a Tanács 2006/118/EK irányelve (2006. december 12.) a felszín alatti vizek szennyezés és állapotromlás elleni védelméről

⁶⁹ az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2020/2184 irányelve (2020. december 16.) az emberi fogyasztásra szánt víz minőségéről (a 98)83/EK irányelvet 2023. január 13-ával hatályon kívül helyezte)

⁷⁰ az Európai Parlament és a Tanács 2006/7/EK irányelve (2006. február 15.) a fürdővizek minőségéről és a 76/160/EGK irányelv hatályon kívül helyezéséről

⁷¹ az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2024/3019 irányelve (2024. november 27.) a települési szennyvíz kezeléséről (az irányelv 2027. augusztus 1-ével hatályon kívül helyezi a 91/271/EGK irányelvet)

- Nitrát-irányelv (91/676/EGK)⁷² a mezőgazdasági eredetű vízszennyezés megelőzését célozza (pl. műtrágya, hígtrágya).
- Veszélyes anyagokra vonatkozó irányelvek, mint a környezetminőségi határértékeket meghatározó 2008/105/EK irányelv⁷³.
- Árvízi irányelv (2007/60/EK)⁷⁴ formálisan különálló jogszabály mégis szorosan kapcsolódik a VKI-hoz. Előírja árvízi kockázati térképek és kockázatkezelési tervek készítését, különös tekintettel a klímaváltozás hatásaira.

Árvízi kockázat-kezelés⁷⁵

Az Európai Parlament és a Tanács 2007/60/EK irányelve (a továbbiakban: Irányelv) az árvízkockázatok értékelésének és kezelésének témakörét az országok számára egységesen és kötelező jelleggel szabályozza. A végrehajtás nemzeti feladatait Magyarországon a vizek többletéből eredő kockázattal érintett területek meghatározásáról, a veszély- és kockázati térképek, valamint a kockázatkezelési tervek készítéséről, tartalmáról szóló 178/2010. (V.13.) Korm. rendelet tartalmazza. A szabályozás előírja, hogy a tagállamoknak előzetes kockázatbecslést, árvízi veszély- és kockázati térképeket, továbbá az árvízkockázat kezelési tervet kell készíteniük, melyben a kockázatok csökkentésére hozandó intézkedéseket kell kidolgozni.

Az Irányelv alapján 2011-ben elkészült előzetes kockázatbecslés kijelölte azokat az árvíz-veszélyeztetett területeket, amelyekre a további részletes vizsgálatokat kell elvégezni.

⁷² a Tanács 91/676/EGK irányelve (1991. december 12.) a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről

⁷³ az Európai Parlament és a Tanács 2008/105/EK irányelve (2008. december 16.) a vízpolitika területén a környezetminőségi előírásokról, a 82/176/EGK, a 83/513/EGK, a 84/156/EGK, a 84/491/EGK és a 86/280/EGK tanácsi irányelv módosításáról és azt követő hatályon kívül helyezéséről, valamint a 2000/60/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv módosításáról

⁷⁴ az Európai Parlament és a Tanács 2007/60/EK irányelve (2007. október 23.) az árvízkockázatok értékeléséről és kezeléséről

⁷⁵ <https://www.ovf.hu/eu-viz-iranyelvek/akk/arvizi-kockazt-kezeles>

Továbbiakban az árvíz kockázat kezelési program keretén belül az időközben módosított mértékadó árvízszint függvényében pontosították a veszély- és kockázati térképeket, továbbá kidolgozták a veszély és kockázatok csökkentését szolgáló intézkedések országos és területi stratégiai terveit. A végrehajtás keretében sor került az árvíz kockázat-kezelési intézkedések VKI-vel való összehangolására, az árvízkezelési intézkedések VKI szempontjai szerinti értékelésére.

2022-ben az Irányelv végrehajtásának IV. fázisa is lezárult, mely az eddig elkészült összes munkafázis első felülvizsgálatát foglalja magában. Ennek eredményeit Magyarország 2021. évi Árvíz kockázat-kezelési Terve foglalja össze, amit a Kormány a Magyarország 2021. évi árvíz kockázat-kezelési tervéről szóló 1480/2022. (X. 13.) Korm. határozatával fogadott el.

Nemzeti Vízstratégia (2017, „Kvassay Jenő Terv”): komplex módon foglalkozik a vízkészletek fenntartható használatával, a vízkárelhárítással, a természetes élőhelyek megőrzésével és a vízi infrastruktúrák fejlesztésével.⁷⁶

Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS): hangsúlyt fektet a klímaadaptációra, a sérülékenység csökkentésére és a fenntartható erőforrás-gazdálkodásra.⁷⁷

E dokumentumok közös jellemzője, hogy az éghajlatváltozást a legfontosabb kockázati tényezők között tartják számon. Azonosítják a hirtelen árvizek, a tartós aszályok, a talajvízszint-csökkenés és a vízminőség-romlás veszélyét. Hangsúlyozzák a természetes rendszerek sérülékenységét, a társadalom vízbiztonság iránti igényének növekedését, valamint a vízgazdálkodási infrastruktúrák előregedését és alkalmazkodóképességének korlátait.

A tervezési folyamatokat elsősorban a belterületen, de a külterületi tervezésben is a szakmáknak, - értve ezalatt a tájépítész tervezés, a várostervezés, valamint a vízépités – vízgazdálkodás tervezés szakterületeit – összehangoltan, szorosan együttműködve szükséges a tervezési folyamatokat végezni, figyelembe véve a stratégiai és a területi klímavédelmi (Klíma reziliencia) és vízgazdálkodási (ITVT) dokumentációkat.

A tervezési folyamatban szemléletváltás szükséges, mely a gyakorlatban már látható. A korábbiakban a víz, mint felesleg jelent meg és a tervezőknek elsősorban a tervezési területről a lehullott és összegyülekezett vizeket el kellett vezetnie a befogadó felé, és minél távolabb kellett tartania a tervezési területtől.

⁷⁶ <https://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/997966DE-9F6F-4624-91C5-3336153778D9/Nemzeti-Vizstrategia.pdf>

⁷⁷ <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A18H0023.OGY>

Jelen ismeretek mellett a víz, mint érték jelenik meg és gazdálkodni kell vele. Így a víz valós értékévé válik. A tervezési tevékenység során a terveket komplexen, összhangban a stratégiai tervekkel és a részletes elvárásokkal kell kialakítani a szakágak közötti szoros együttműködéssel.

Ennek szellemében fogalmazódott meg a kék-zöld infrastruktúra fogalma is, mely a zöldfelület tervezés (zöld) és vízgazdálkodás (kék) összhangján alapul. Hiszen víz nélkül nem lehet zöldfelületet tervezni, valamint, ha a területen szeretnénk élővilágot és biodiverzitást fenntartani (zöld), akkor arra mindenképpen szükséges a víz jelenléte. **Így a vízepítési tervező feladata nemcsak a víz elvezetése, hanem a területre lehulló víz szükség szerinti tározása, megtartása és az esetlegesen valós felesleg elvezetése. Ez jelentős szemléletváltás a vízepítésben.** Nemcsak a csapadék víz mennyiséget kell számolni, és annak elvezetését megtervezni, hanem a tervezési területen számolni kell a klímaváltozás miatti aszályos időszakok miatti vízigényt és tervezni kell annak a területen való tározását, megtartását, és amennyiben felesleg adódik, úgy annak elvezetését.

A vízepítés tervezésében a csapadék maximum függvények módosításra kerültek, melyek már figyelembe veszik a klímaváltozásból adódó hatásokat, de ezek felülvizsgálata és értékelése folyamatosan szükséges a jövőben is.

3.3. Következtetés

A vízgazdálkodási tervezés előtt álló kihívások jelentős részét az éghajlatváltozás okozza, amely a korábbi gyakorlatok újragondolását teszi szükségessé. A legfontosabb stratégiai dokumentumok világos irányokat adnak:

- növelni kell a vízbiztonságot,
- alkalmazkodni kell a szélsőségesebb vízjáráshoz,
- erősíteni kell a körforgásos és természetalapú megoldások szerepét.

A tervezésben az alapadatok értékelése során már nem elegendő a múltbeli tapasztalatokra támaszkodni: figyelembe kell venni a klímamodelleket és a bizonytalanságokat. A célkitűzéseknek egyszerre kell kezelniük a víztöbblet és vízhiány problémáját, a rendszereket pedig rugalmasabbá, természetközelibbé kell tenni.

Egy klímaadaptív tervezőtől elvárható a komplex gondolkodás, a körforgásos vízgazdálkodás beépítése, a robusztus és sokrétű megoldások kidolgozása. A jó gyakorlatok közül pedig mindig azokat kell előnyben részesíteni, amelyek többféle jövőbeni környezetben is fenntarthatóan működnek, és nemcsak műszaki, hanem társadalmi és ökológiai szempontból is értéket teremtenek.

A jövő vízgazdálkodása így nem pusztán mérnöki feladat, hanem átfogó társadalmi és környezetgazdálkodási kihívás is, amelyben a klímaadaptáció nem választási lehetőség, hanem alapvető követelmény.

„Az integrált vízgazdálkodás lényegét tekintve koordináció, Arra irányul, hogy minden olyan tervet, tevékenységet térben és időben összehangoljanak, amelyek kapcsolatba kerülnek a természet vízháztartásával”⁷⁸ (Orlóczy 2007)

Jó gyakorlat egyre több adódik mind a természetes, mind a mesterséges (szürke infrastruktúra) mérnöki megoldásaira. A tervezési gondolkodásmódnak segítséget nyújt egyre több irodalmi és kísérleti tanulmány, illetve segédlet. Példák:

- Budapest: Zöld Infrastruktúra füzetek⁷⁹:
 - Vízérzékeny tervezés a városi szabad területeken
 - Szivacsváros
- Zöldinfrastruktúra útmutató⁸⁰
- Új Bauhaus
- Útmutató a vízmegőrzés természetre alapozott módszereinek: kiválasztására, megtervezésére, megvalósításának támogatására Európában / A vízmegőrzés természetre alapozott módszerei⁸¹
- Klímastratégiai tervek települési szinten
- ITVT települési szinten⁸²
- Helyi stratégiai tervek

⁷⁸ <https://www.kdtvizig.hu/kozep-dunantuli/hireink/tajekoztatok/elkeszult-az-integralt-telepulesi-vizgazdalkodasi-terv-tervezesi-segedlete>

⁷⁹ <https://archiv.budapest.hu/Lapok/2022/zoldinfrastruktura-fuzetek.aspx>

⁸⁰ <https://www.palyazat.gov.hu/programok/szechenyi-terv-plusz#kapcsolodo-dokumentumok>

⁸¹ <https://www.nwrm.eu/guide-hu/files/assets/common/downloads/publication.pdf>

⁸² https://vpf.vizugy.hu/reg/ovf/doc/itvt_tervezesi%20segedlet_OVF.pdf

4. Klímaadaptív tervezés eszközei a közlekedési infrastruktúrák tervezésében

4.1. Bevezetés

A közlekedési infrastruktúra, valamint az azt tervezők, építők, üzemeltetők és használók több szempontból és nagymértékben érintettek, amikor klímavédelmi hatásvizsgálatról és kockázatelemzésről értekezünk. **A közlekedési létesítmények egyszerre okozói és elszenvedői is korunk éghajlatváltozásának.** Az elemzésekhez és a kockázatok megfelelő értékeléséhez holisztikus szemlélet és interdiszciplináris megközelítés szükséges.

A jelen kiadvány is hangsúlyozta fentebb, hogy a tudomány jelen állása szerint az a helyes stratégia, ha a kibocsátás-csökkentési erőfeszítések (mitigáció) és az alkalmazkodás (adaptáció) kéz a kézben járnak. Az IPCC Hatodik Értékelő Jelentésében (AR6) erről a klíma-reziliens fejlődés (Climate Resilient Development – CRD) kapcsán tesz említést. **A közlekedési létesítmények tervezése kapcsán minden tervfázisban, vagy a létesítmény életszakaszában feladat hárul ránk a mitigáció, az adaptáció és a reziliencia területén egyaránt.** A beruházások/fejlesztések előkészítése, tervezése és üzemeltetése során az alábbi fázisokban szükségesek az éghajlatvédelmi vizsgálatok.

- koncepciók, stratégiai dokumentumok, stratégiai környezeti vizsgálatok (SKV, EU-s szabályozás szerint: SEA);
- döntéselőkészítő tanulmányok (előtanulmányok, konfliktusfeltárás, helyzetfeltárás, előzetes megvalósíthatósági tanulmány);
- megvalósíthatósági tanulmány (tanulmányterv, költséghaszon elemzés);
- környezetvédelmi engedélyezéshez szükséges dokumentációk (EVD, KHT, EKHE kérelem);
- engedélyezési tervek;
- tender tervek;
- kiviteli tervek;
- üzemeltetésre vonatkozó tervek (pl.: havária terv, technológiai leírás, fenntartási terv, monitoring terv).

Látható, hogy a fentiek teljesen felölelik egy beruházás teljes élettartamát, kezdve a stratégiai, előkészítési munkálatokkal, majd a tervezési folyamatokkal, végül az üzemeltetéssel. A közlekedési létesítményekre nem jellemző a felhagyás, elbontás (vasúti infrastruktúránál elő szokott fordulni), ugyanakkor, ha erre is sor kerülne, úgy természetesen ezen folyamatoknál is helye van az éghajlatvédelmi szempontoknak és vizsgálatoknak. A fenti fázisoknál minden szakaszban különböző mélységben és kidolgozottságban szükséges az éghajlatvédelmi vizsgálatok elvégzése, illetve nemcsak

a vizsgálatoknak kell kitérniük a tervezés-építés-üzemelés hármására, hanem az adaptációs és mitigációs intézkedéseknek is.

Ki kell emelni, hogy a megfelelő szakmai színvonalú klímaadaptív tervezés mindenképpen többszereplős, illetve csak úgy folytatható le, ha szoros párbeszéd van az érintett mérnöki szakági képviselők/tervezők/szakértők között. Nincs olyan mérnök, aki magas szakmai és szakértői tudással rendelkezik például éghajlattani, meteorológiai, aszfalttechnológiai, forgalmi modellezési, útépitési és környezetvédelmi területeken egyaránt. Ahhoz, hogy megfelelő adatokkal és módszerekkel legyenek lefolytatva a vizsgálatok, majd pedig szakmailag megfelelő és betartható adaptációs intézkedési javaslatok kerüljenek meghatározásra, mindenképp több, különböző szakterület képviselőjére van szükség. **Illetve fontos szempont az is, hogy az egyeztetések során a különböző szakterületek egyenértékűsége minden szereplő részéről legyen elfogadva.**

A klímavédelmi vizsgálatokban a közlekedési szektor szerepe talán mindenki számára egyértelműbb, ha az üvegházgáz (ÜHG) kibocsátásokat nézzük, ugyanakkor fontos szempontok adódnak az adaptációnál, rezilienciánál is, pedig sokan elsősre talán nem is tartják sérülékenynek az időjárási eseményekkel szemben a közlekedési létesítményeket. Jelen útmutatóban mindkét területet górcső alá vesszük.

Röviden összefoglalva, az éghajlatváltozás hatása a közlekedési szektorra

- a létesítményben keletkező fizikai károkból,
- a létesítmény által biztosított szolgáltatásban történő negatív változásokban,
- a létesítményt használók körében egészségi kockázatok növekedésében,

míg a közlekedési szektor hatása az éghajlatváltozásra

- az ÜHG kibocsátásoknál,
- a zöldmezős projektek (főként út) kapcsán megváltoztatott felszínborítású területek, így csökkenő szén-dioxid megkötéseknél,
- a közlekedési módok közötti megoszlásnál.

érhető tetten.

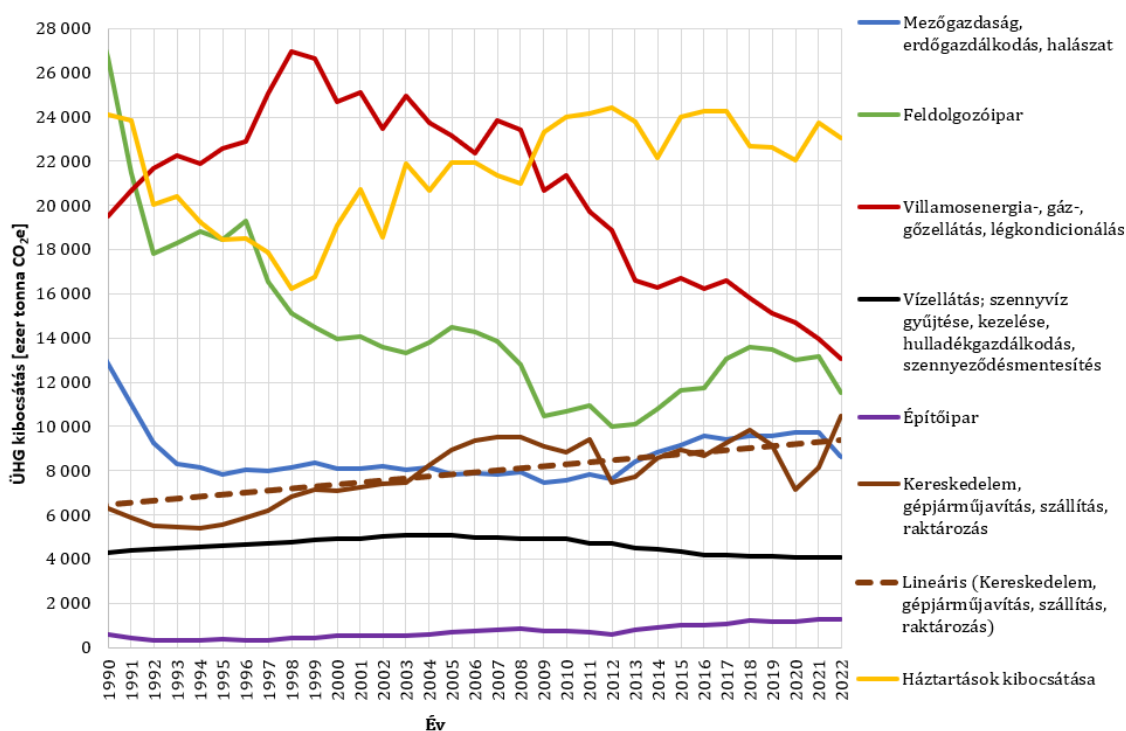
Az útmutató jelen *„Klímaadaptív tervezés eszközei a közlekedési infrastruktúrák tervezésében”* című fejezet nem kíván és nem is tud évekig aktuális segédlet maradni, mivel jelenleg az éghajlatváltozás vizsgálata és módszertanai folyamatos fejlődésben vannak, így ami ma aktuális, az lehet, hogy holnap már idejét múlt lesz.

4.2. Mitigáció

4.2.1. ÜHG kibocsátások és megkötések számítása

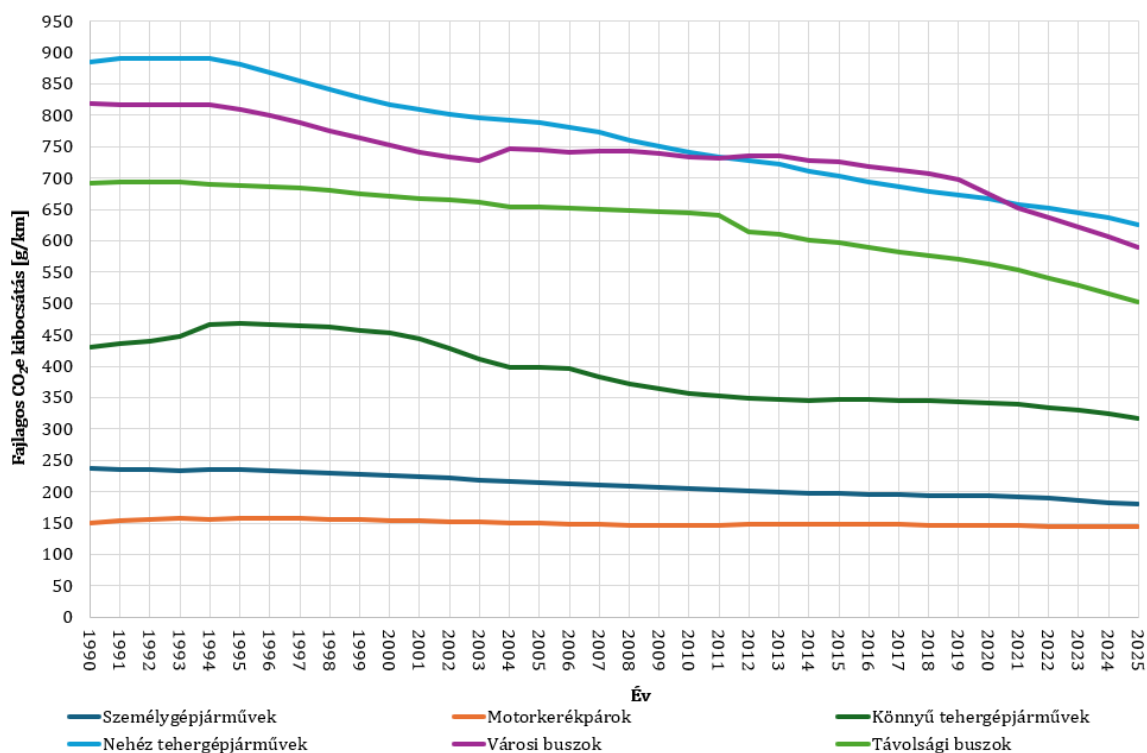
Annak érdekében, hogy egy adott közlekedésfejlesztési beruházás megfelelően legyen megítélve a társadalmi, gazdasági hasznok, megtérülések, klímapolitikai célok mentén, elengedhetetlen az ÜHG kibocsátások és megkötések megfelelő, magas szakmai színvonalú meghatározása. Ez jelenleg még gyerekcipőben jár Magyarországon, amelyre úgy is tekinthetünk, hogy folyamatos fejlődési lehetőség rejlik benne.

Az alábbi 26. ábra a közlekedési szektor ÜHG kibocsátásainak volumenét és trendjét szemlélteti Magyarországon, összevetve egyéb, nagyobb kibocsátású ágazatok értékeivel. Látható a diagramon, hogy minden ágazat kibocsátása vagy csökken, vagy erősen csökken, vagy stagnál, esetleg nagyon kismértékben emelkedik, **kivéve a közlekedést, amelynél komolyabb emelkedő trend figyelhető meg.**



26. ábra: A nagyobb kibocsátásokkal rendelkező nemzetgazdasági ágak ÜHG kibocsátásai Magyarországon 1990 és 2022 között (Adatok forrása: KSH – saját szerkesztés)

Ez az emelkedő trend úgy jellemző a közlekedési szektorra, hogy a belsőégésű motorok fajlagos kibocsátásai folyamatosan egyre alacsonyabbak, illetve nagymértékben csökkentek, amely a belsőégésű motorok fejlődésének, valamint az alternatív meghajtású és elektromos járművek részarányának egyre nagyobb növekedésének köszönhető. Az egyre alacsonyabb fajlagos kibocsátási értékeket – több járműtípusnál is szemléltetve – a következő 27. ábra mutatja be.



27. ábra: Különböző gépjárműtípusok fajlagos kibocsátási értékei németországi járműpark esetén, 1990 és 2025 között
(Adatok forrása: HBEFA 4.2 emissziókataszter – saját szerkesztés)

Látható a fentiekből, hogy a közlekedési szektor kibocsátásai nem elhanyagolható mértékűek, azokkal fontos foglalkozni.

Az ÜHG kibocsátások meghatározásának alapelveit, szakmai háttérét jól összefoglalja a Magyar Mérnöki Kamara Környezetvédelmi Tagozatának „Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására” című, 2019-ben megjelent útmutatója (MMK FAP azonosító: FAP-2019/109-KVT).

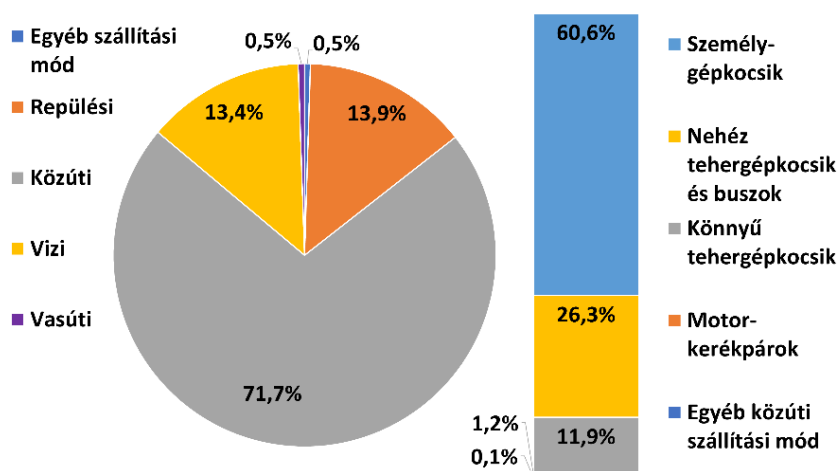
Az ÜHG kibocsátások meghatározásának egyik legfontosabb szempontja, hogy térjen ki a vizsgált létesítmény/tevékenység teljes élettartamának minden fázisára, közvetlen és közvetett kibocsátásokra egyaránt. Egy közlekedési létesítménynél ezek alapján az alábbi területek/fázisok során kell kimutatni az ÜHG kibocsátásokat:

- építés
 - munkagépek, szállító járművek, személygépjárművek,
 - alapanyagok bányászata, előállítása, szállítása,
 - fa- és cserjeirtások, gyepfelületek megszüntetése, erdők kivágása,
 - építéskori egyéb esetleges kibocsátások,

- üzemelés
 - számítógépes hálózati forgalmi modellezésen alapuló térségi közlekedési kibocsátások,
 - esetleges közlekedési módok közötti változások,
- üzemeltetés
 - mérnökségi telepek,
 - fenntartó munkagépek, szállító járművek, személygépjárművek,
 - javítási, karbantartási folyamatok,
- elbontás és rekultiváció

Jelenleg az építési és az üzemeltetési fázisok területén vannak leginkább szürke foltok. A közúti beruházások üzemelési fázisának ÜHG kibocsátásairól, valamint az erdők kivágásának, vagy ültetésének hatásairól már bemutatásra kerültek módszertanok a Magyar Mérnöki Kamara Környezetvédelmi Tagozatának „Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt megalapozó adatbázisok alkalmazása Szakmai útmutató” című, 2021-ben megjelent útmutatóban (MMK FAP azonosító: 2021/117-KVT).

Az üzemelési fázisnál nagy szerepe van továbbá a közlekedési módok közötti váltásnak, amely jelentőségét az alábbi 28. ábra szemlélteti.



28. ábra: Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA – European Environment Agency) által 2019-ben közzétett, 2017-es tényadatokra támaszkodó ÜHG kibocsátások megoszlásai szállítási módok között (bal oldalon), és a közúti gépjárműtípusok között (jobb oldalon) az EU(28) tagországainak kibocsátásai szerint (saját szerkesztés)

A fenti ábrán látható közlekedési módok közötti különbségek nemcsak a forgalmakból erednek, hanem **a fajlagos kibocsátási értékek közötti különbségekből is**. A közúti szállítás fajlagos kibocsátásának a töredékét jelenti a vízi úton történő szállítás, és még ennél is jóval alacsonyabb a vasúti úton történő szállítás.

A közlekedési módváltás kapcsán is végezhetők számítások. Például, ha egy városi projektnél fejlesztésre kerül egy HÉV vonal, úgy fontos szempont, hogy hány utas ül át személygépjárműből a HÉV-re, tehát mennyi szennyező személygépjárművel lesz kevesebb az adott térségben naponta átlagosan. Villamosított közösségi közlekedési járművek esetében ismerve az adott jármű forgalmát, villamosenergia fogyasztását, az ország energiamixét, valamint a különböző villamosenergia-termelő módok kibocsátásait, azt is ki lehet számolni (becsülni), hogy közvetetten mennyi ÜHG kibocsátással jár a villamosüzem, amit ki lehet vonni abból a megtakarításból, amely a szennyezőbb közlekedési módok forgalmának a csökkenésével adódik.

4.2.2. Mitigációs intézkedések

A mitigációs intézkedések alapvetően kétféleképpen lehetnek, az első, hogy csökkentjük az ÜHG kibocsátásokat, a második, hogy a légkörben lévő üvegházhatású gázokat megkötjük.

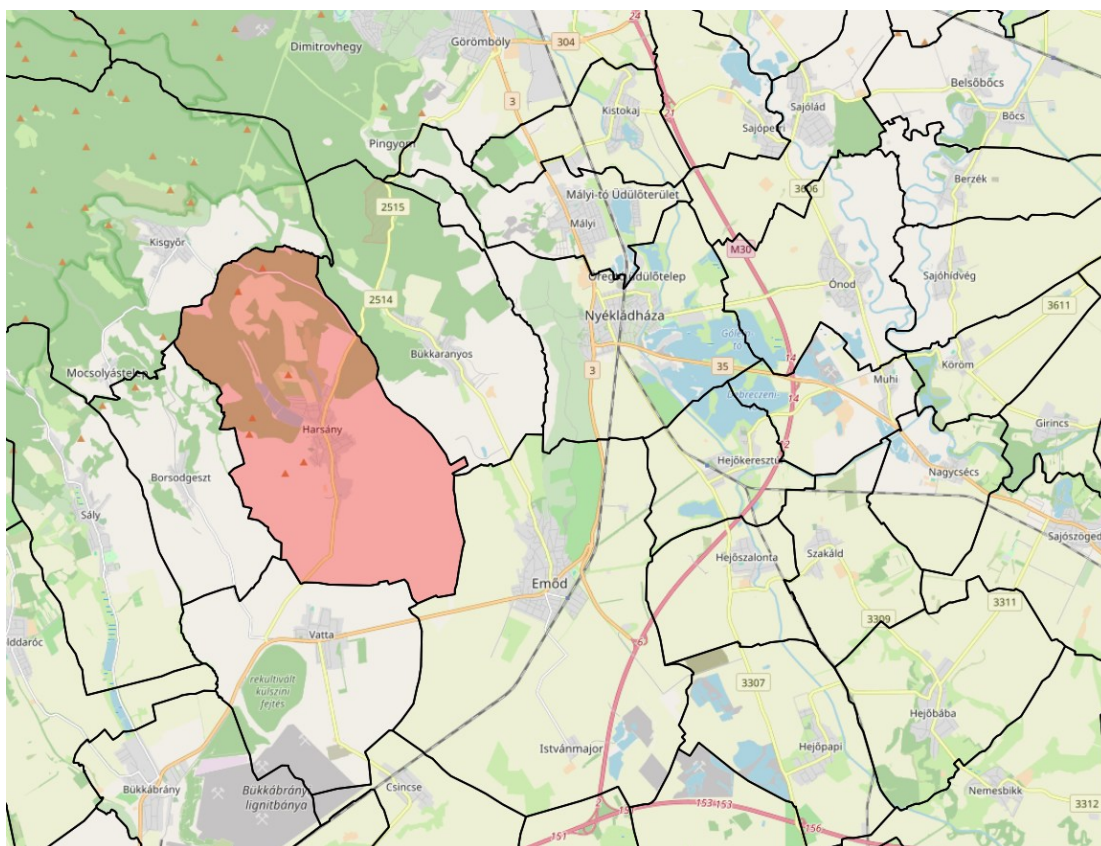
A légkörben lévő ÜHG-k megkötése két úton történhet. Az első, hogy a növényzet felveszi, majd tárolja a légköri szén-dioxidot, a második a különböző technológiai megoldások, amelyek során műszaki berendezések kötik meg a légkörben lévő ÜHG-kat. Ezen különböző technológiai megoldások még nincsenek széleskörben elterjedve, illetve jelenleg még alacsony a gazdasági megtérülésük.

A növényzet általi megkötés növelése sok esetben olyan kapcsolódó hasznokat is eredményez, mint például állat- és növényfajok számára új élőhelyek teremtése, illetve a növénytelepítés nem csak mitigációs intézkedés, hanem egyúttal adaptációs is a növények árnyékolása és párologtatása által. Mindezek miatt mindenképp hasznos intézkedés a növénytelepítés, mint mitigációs intézkedés. Azonban szem előtt kell tartani azt is, hogy a növényzet általi szén-dioxid megkötés nem képes olyan volumenre, amely érdemben megoldást tudna nyújtani, főleg nem a jelenlegi kibocsátási mennyiségeket nézve. Egy kocsányos tölgyes erdő (a teljes erdő szénlekötésével számolva) az intenzív növekedési szakaszában, kb. 9,3 t/év/ha CO₂ megkötésével számolva, Magyarország 2017-es teljes, 79 millió tonna CO₂e (szén-dioxid-egyenérték) kibocsátásának megkötéséhez az ország 91%-át kellene erdősíteni, amely lehetetlen az egyéb felszínborítások területi szükséglete miatt, illetve azt is látni

kell, hogy a fák szénlekötése a koruk függvényében változik, amikor pedig a fák elhalnak, maguk is szénkibocsátókká válnak.

Egy másik szemléltető példa, ha építünk egy 30 km hosszú 2x2 sávos autópályát, ahol fiktív, de reális adatokat tekintve az alábbi egyenlet adódik.

- Az építéshez ki kell vágni 20 hektár kocsányos tölgyest, amely egy egyszeri 5.852,0 tonna CO₂ kibocsátást jelent.
- Az építési fázis további kibocsátása 97.020,0 tonna CO₂e, amely szintén egy egyszeri kibocsátás.
- Az üzemelési és üzemeltetési fázis kibocsátása +200 tonna CO₂e, amely viszont már évente ismétlődik.
- Amennyiben a fenti beruházás 50 év üzemelése alatti minden kibocsátását le akarnánk kötni erdővel, úgy 365 hektár új kocsányos tölgyes erdőt lenne szükséges ültetni, hogy 50 év alatt minden kibocsátott szén-dioxidot megkössön (csak a földfeletti biomasszával számolva, 6,2 t/év/ha CO₂ megkötéssel). Mindez csak egy darab beruházás, ha néhány év alatt 10 ilyen beruházás épül, úgy már 3.650,0 hektár új erdő szükséges, amely területi kiterjedését az alábbi 29. ábra szemlélteti (Harsány település teljes kül- és belterülete egyaránt).



29. ábra: 10 darab nagyobb autópálya építés és üzemelés 50 évnyi kibocsátásához szükséges erdő területi kiterjedése, amely megegyezik Harsány település teljes kül- és belterületével (saját szerkesztés)

Konklúzió: **nem elegendő a megkötések növelése, alapvetően a kibocsátások csökkentésére van szükség.** Azonban az erdő- és növénytelepítések számos egyéb kedvező hatása miatt mindenképpen törekedni kell a minél nagyobb mértékű erdő- és növénytelepítésekre.

A kibocsátások csökkentésére az alábbi számos intézkedés lehetséges a közlekedési létesítmények esetében.

- Előkészítési, tervezési és engedélyezési fázis:
 - csak az olyan beruházások továbbtervezése, majd engedélyezése, amelyek számításokkal alátámasztottan csökkentik a térségében a közlekedési eredetű ÜHG kibocsátásokat
 - több megvalósítható fejlesztési lehetőség közül annak kiválasztása, amely a legalacsonyabb kibocsátásokkal jár
 - olyan nyomvonal keresése, majd tervezése, amely nem érint erdőterületet
 - mérnökségi telepek esetén megújuló energiaforrások alkalmazása, az épületeknél olyan falazat, szigetelés, nyílászárók és árnyékolók tervezése, hogy minél kisebb legyen a fűtési és hűtési energiaigénye
 - a tervezéskor olyan intézkedések javaslata, majd az engedélyezéskor olyan intézkedések engedélyekben történő előírása, amelyek lehetővé teszik a klímaadaptív tervezést és a minél alacsonyabb ÜHG kibocsátásokat, valamint a minél nagyobb megkötéseket
- Építési fázis:
 - korszerű, alacsonyabb kibocsátásokkal rendelkező munkagépek, szállítójárművek és technológiák alkalmazása
 - a szállítási módok közül minél nagyobb részarányban alkalmazni a vasúti beszállításokat
 - közeli anyagnyerőhelyek választása
 - az építési alapanyagok esetében hazai gyártók választása
 - építési és felvonulási területek gondos rekultiválása, hogy a korábbi őshonos növényzet minél előbb újra megtelepedhessen
- Üzemelési és üzemeltetési fázis:
 - korszerű, alacsonyabb kibocsátásokkal rendelkező munkagépek, szállítójárművek és technológiák alkalmazása
 - karbantartási és javítási feladatoknál az építési alapanyagok esetében hazai gyártók választása

- az erdő- és növénytelepítések gondos fenntartása
- kibocsátások részletes és folyamatos nyomon követése

4.3. Adaptáció és reziliencia

Az eddigi kutatások nem csak azt támasztják alá, hogy az ÜHG-k megkötésén felül a kibocsátások csökkentésére is szükség van, az is fontos megállapítás, hogy az eddig légkörbe kibocsátott ÜHG-k miatt bizonyos fokú éghajlatváltozást mindenképp el kell viselnie jelenleg és a jövőben is az emberiségnek, és ezzel együtt az épített környezetnek is. Emiatt kiemelten fontos a megfelelő adaptív és reziliens tervezés, építés, üzemelés és üzemeltetés a közlekedési beruházások esetében is.

4.3.1. Reziliencia vizsgálatok

A reziliencia vizsgálat része az ÜHG kibocsátások és megkötések leltára, valamint az éghajlatvédelmi kockázatelemzés (érzékenység, kitettség, sérülékenység vizsgálata, majd kockázatok azonosítása, végül intézkedések kidolgozása), amelyekről részletes módszertanok már bemutatásra kerültek a Magyar Mérnöki Kamara Környezetvédelmi Tagozatának „Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt megalapozó adatbázisok alkalmazása Szakmai útmutató” című, 2021-ben megjelent útmutatójában (MMK FAP azonosító: 2021/117-KVT). Jelen fejezet csak a legfontosabb megállapításokat foglalja össze.

Annak ellenére, hogy elsőre igen ellenállónak gondolhatja az ember a közlekedési létesítményeket a környezeti körülményekkel és időjárási eseményekkel szemben, ez a klímaváltozás miatt már koránt sincs így.

A szükséges vizsgálatokat és egyeztetéseket követően gyakran kapunk olyan eredményeket, hogy a közlekedési fő- és allétesítmények, valamint az azokat használók, vagy maga a létesítmény szolgáltatása az alábbi éghajlati indikátorokkal, vagy klímaváltozással összefüggésbe hozható jelenségekkel szemben magasan, vagy közepesen sérülékenyek, illetve akár releváns kockázatokat is jelentenek.

- átlagos felszínközeli (2 méter magasságban) hőmérséklet növekedése
- hőmérsékleti szélsőségek (pl. hőségnapok ($T_{max} \geq 30\text{ °C}$), vagy forrónapok ($T_{max} \geq 35\text{ °C}$) száma) gyakoriságának és intenzitásának növekedése
- azon napok számának a növekedése, ahol a minimumhőmérséklet 0 °C alatti a maximumhőmérséklet 0 °C feletti

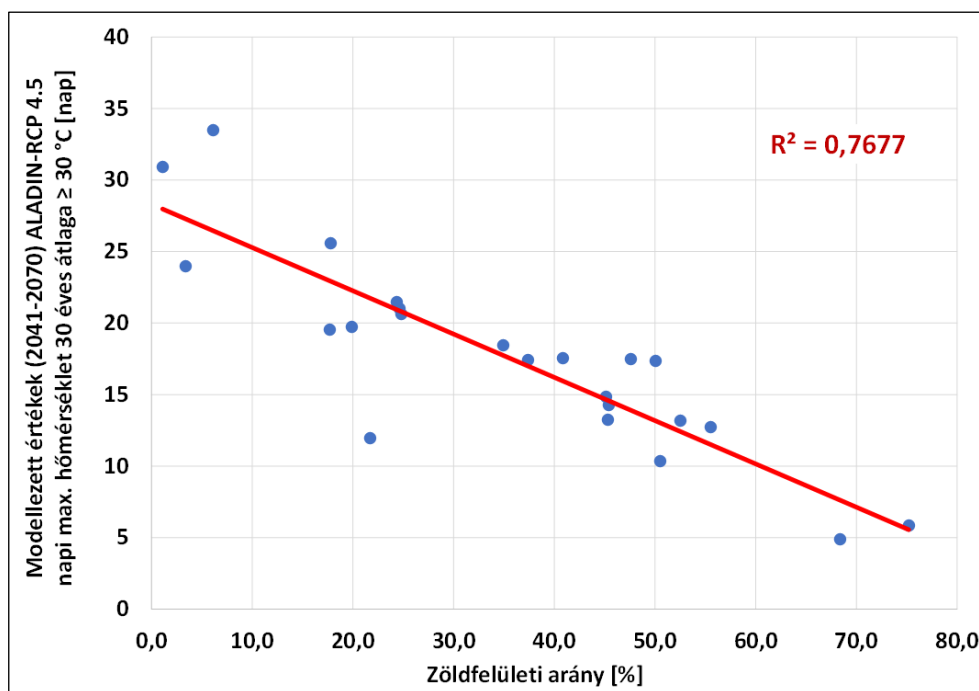
- csapadékkintenzitás növekedése
- aszályos időszakok gyakoriságának és mértékének növekedése
- megnövekedett UV sugárzás, csökkent felhőképződés
- zúzmaraképződés gyakoriságának és mértékének növekedése
- viharos időjárási események gyakoriságának és intenzitásának növekedése
- belvizek gyakoriságának és mértékének növekedése
- árvizek gyakoriságának és mértékének növekedése
- villámárvizek gyakoriságának és mértékének növekedése
- talajmozgások gyakoriságának és mértékének növekedése
- erdőtüzek gyakoriságának és mértékének növekedése

A fenti felsorolást összegezve a magas hőmérsékleti szélsőségek és a túl sok, vagy éppen túl kevés víz, amely a legtöbb és legnagyobb problémát okozza általában.

Az egyik leghatékonyabb adaptációs intézkedés – amely egyben mitigációs intézkedés is – az erdő- és növénytelepítések alkalmazása. A közlekedési létesítmények mentén, valamint a településeken elvégzett erdő- és növénytelepítések az alábbi számos – nem csak klímavédelemmel kapcsolatos – kedvező hatásokat és ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújtják:

- oxigént termelnek, szén-dioxidot kötnek meg;
- árnyékolnak, párologtatnak, ezzel hűtve az adott terület mikroklímáját;
- javítják a városi levegő minőségét, mivel szűrik a port, és a szálló por részecskékhez kötődő egyéb légszennyező anyagokat;
- a megfelelően telepített állományok szél-, hó- és porfogó funkciót is betöltenek az utak mentén;
- adott esetben csökkenthetik a zajszinteket, ugyanakkor a szubjektív zajérzetet bizonyosan csökkentik;
- lassítják a csapadékok felszíni és felszínközeli lefolyását, illetve helyben tudják tartani a vizeket;
- talajjavítók, talajképzők;
- csökkentik a villámárvizek és a városi elöntések mértékét;
- élőhelyet, szaporodó helyet, fészkelő helyet, búvóhelyet biztosítanak élőlényeknek;
- növelik az adott terület fajgazdagságát/biodiverzitását, ezzel egészségesebbé és ellenállóbbá téve az adott terület ökoszisztémáját;
- növelik az adott terület/ingatlan gazdasági értékét;
- fontos szerepet játszanak a lakosság mentális és fizikai egészségének javításában, csökkentik a stresszt, a hőség okozta elhalálozást, és így közvetetten az egészségügyi költségek mérsékléséhez is hozzájárulnak.

Megvizsgálva a budapesti kerületek zöldfelületi arányait, valamint a kerületek egy hőségindikátorát (a napi maximum hőmérséklet 30 éves átlaga eléri, vagy meghaladja a 30 °C-ot), majd az eredmények között kapott alábbi 30. ábra összefüggéseit elemezve látható, hogy a kerületek zöldfelületi arányai és a vizsgált hőségindex szerinti napok száma között erős kapcsolat van, illetve amely kerületekben magasabb a zöldfelületi arány, ott kevesebb a vizsgált hőségindexű napok száma, és fordítva. A kerületek konkrét értékei a hivatkozott forrásnál megtekinthetők.



30. ábra: A budapesti kerületek zöldfelületi arányai és egy hőségindexszel járó napok számának lineáris korrelációja (Forrás: CSÓKA, 2023)

4.3.2. Adaptációs intézkedések

Az adaptációs intézkedéseknél is kiemelten fontos, hogy azok a vizsgált létesítmény teljes élettartamára, annak minden fázisára térjenek ki. Az alábbiakban foglaljuk össze a legfontosabb intézkedéseket fázisonként. Gondos tervezés/méretezés/megválasztás alatt a klímaadaptív tervezést, munkafolyamatot értjük, azaz a szakági tervező mérnökök úgy tervezik és méretezik a létesítményeiket, hogy egyeztetnek éghajlatvédelmi szakértőkkel és figyelembe veszik a szakértők által feltárt megváltozó környezeti, időjárási és éghajlati tényezőket.

- Előkészítési, tervezési és engedélyezési fázis:
 - nyomvonal, magassági vonalvezetés gondos megválasztása;
 - rézsűvédelem (erózióvédelem), támfalak gondos méretezése;

- vízelvezetés, átereszek, árkok gondos méretezése;
 - pihenők tervezése (ivókutakkal);
 - fokozott növénytelepítés alkalmazása;
 - csereerdők javaslata;
 - olyan erdő- és növénytelepítések alkalmazása, amelyek várhatóan ellenállóak a megváltozó klimatikus körülményekkel szemben is;
 - változtatható jelzésképű táblák (VJT-k) tervezése;
 - megfelelő pályaszerkezet (típus, anyag, keverék, rétegrend);
 - mérnökségi telepeknél az olyan falazat, szigetelés, nyílászárók és árnyékolók tervezése, hogy a dolgozóknak a megváltozó körülmények mellett is könnyen biztosíthatók legyenek a megfelelő munkahelyi hőmérsékleti és légcserélési követelmények;
 - a tervezéskor olyan intézkedések javaslata, majd az engedélyezéskor olyan intézkedések engedélyekben történő előírása, amelyek lehetővé teszik a klímaadaptív tervezést;
- Építési fázis:
 - munkásokat érő hatások figyelembe vétele;
 - gondos kivitelezés;
 - tervezett/előírt (megfelelő) receptúra alkalmazása;
 - technológiai utasítások szigorú betartása (pl. kötőtpálya esetében a semleges hőmérsékleti tartomány);
 - építési és felvonulási területek gondos rekultiválása, hogy a korábbi növényzet minél előbb újra megtelepedhessen és/vagy visszatelepíthető legyen;
- Üzemelési és üzemeltetési fázis:
 - munkásokat érő hatások figyelembe vétele;
 - gondos üzemeltetés (rendszeres és szakszerű karbantartások);
 - monitorozás;
 - változtatható jelzésképű táblák (VJT-k);
 - élettartam végén megfelelő kezelés.

4.4. Összefoglalás és kitekintés

A közlekedési létesítmények kapcsán fontos klímavédelemmel kapcsolatos feladatok adódnak a tervezés, a kivitelezés, az üzemelés és az üzemeltetés fázisaiban egyaránt, illetve egyszerre kell lépéseket tenni az alkalmazkodás, a mérséklés és a reziliencia területén, mindezt számos – adott esetben igen különböző – szakterület összehangolt munkájaként. Ezen feladatok megfelelő szakmai színvonalú elvégzése nem könnyű, amelyet nehezít, hogy jelenleg Magyarországon nem is adott minden feltétel ehhez, hiszen hiányoznak kutatások, alapadatok, részletes szabványok és jogszabályok. A következőkben felsoroljuk a legfontosabb szereplőket, akikkel a közeljövőben ki kell dolgozni és elő kell állítani a megfelelő módszertanokat és alapadatokat a minőségi klímaadaptív tervezés érdekében.

- környezetvédelmi szakértő (klímavédelmi szakértő)
- meteorológus, éghajlatkutató
- úttervező
- aszfalt- és betontechnológusok
- talajmechanikus
- vasútpálya tervező
- felsővezeték tervező
- forgalmi szaktervező
- forgalomtechnikus
- vízelvezetési szaktervező
- statikus
- építész
- közműtervező
- gépész
- energetikus
- tájépítész

4.5. Irodalomjegyzék

CSÓKA, G. 2021: Közlekedési létesítmények éghajlati kockázatelemzése és az erdők klimatikus hatása. In: BALOGHNÉ GAÁL, ZS. (szerk.) 2021: Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt megalapozó adatbázisok alkalmazása: Szakmai útmutató. Budapest, Magyar Mérnöki Kamara, pp 59-102.

CSÓKA, G. 2022: Utak éghajlatvédelmi kockázatelemzése. In: CZIMBER, K. ; HEIL, B. (szerk.) Az Erdőmérnöki Kar Tudományos Kiadványa 2022. Sopron, Magyarország : Soproni Egyetem Kiadó (2022) 297 p. pp. 68-74. , 7 p.

CSÓKA, G. 2023: 25-ször több hőség is lehet Budapesten a század végére, kritikus fontosságú a zöldfelületek óvása és kiterjesztése. Másfél fok - Éghajlatváltozás közérthetően online magazin. Megjelenés időpontja: 2023.07.18.,

European Commission - Directorate-General Climate Action: Non-paper Guidelines for Project Managers: Making vulnerable investments climate resilient

GÁSPÁR, L. 2010: Az éghajlatváltozás utakra gyakorolt hatása (feladatok, tapasztalatok). „KLÍMA-21” Füzetek: 2010. 61. szám 198 p, 158-164. , 7 p.

GERGELY, E. ; BEZEGH, A. 2019: Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására. Magyar Mérnöki Kamara, Budapest

IPCC First Assessment Report (FAR) 1990.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

KELEMEN, Á. ; MALATINSZKY, É. ; BUZÁS, K. ; KISGYÖRGY, L. ; MÁTYÁS, L. 2017a: Útmutató projektek klímakockázatának becsléséhez és csökkentéséhez. Klímapolitika Kft, Budapest

KELEMEN, Á. ; MALATINSZKY, É. ; BUZÁS, K. ; KISGYÖRGY, L. ; MÁTYÁS, L. 2017b: Részletes módszertani leírás a klímakockázati útmutatóhoz. Klímapolitika Kft, Budapest

KUKELY, GY. ; DOBOZI, E. 2022: Útmutató az infrastrukturális projektek éghajlatváltozási rezilienciavizsgálatának elvégzéséhez 2021-2027 (Röviden: Klímareziliencia Útmutató). MEGÉRTI Kft., Budapest

TÁNCZOS LÁSZLÓNÉ 2010: Események, hatások, tanulságok a közlekedés témakörből. „KLÍMA-21” Füzetek: 2010. 61. szám 198 p, 153-157. , 5 p.

5. Tervezést támogató továbbképzési és tanúsítványi rendszer felvetése, javasolt tematika

Mint az anyagban már kifejtettük nemcsak a hétköznapi emberek és a döntéshozók, de a műszaki tervezők sem rendelkeznek minden esetben kellő ismeretekkel az éghajlatvédelemről. A tervezőmérnökök munkája pedig alapvetően formálja a természeti, illetve épített környezetet (nagyon sok esetben a természeti környezetből épített környezetet létrehozva). Ennek az épített környezetnek pedig hosszú távon is biztonságosan és hatékonyan kell működnie. Az éghajlatváltozás azonban új kihívásokat állít a mérnöki tervezés elé: a hőmérséklet-emelkedés, a szélsőséges időjárási események, az árvizek és az aszályok mind olyan tényezők, amelyek befolyásolják az építmények és infrastruktúrák tartósságát. Egy modern tervezőmérnöknek ezért már nemcsak a technikai előírásokat, hanem a jövőbeli környezeti feltételeket is mérlegelnie kell.

A klímakockázatok figyelembevétele növeli a létesítmények biztonságát és élettartamát, miközben csökkenti a későbbi karbantartási költségeket és a természeti károkból eredő veszteségeket. Emellett a mérnökök kulcsszerepet játszanak a fenntartható, alacsony kibocsátású technológiák tervezésében, legyen szó épületekről, közlekedési rendszerekről vagy vízgazdálkodási megoldásokról. A klímatudatos tervezés nemcsak a környezet védelmét szolgálja, hanem gazdasági és társadalmi szempontból is előnyös, hiszen hozzájárul a közösségek alkalmazkodó és ellenálló képességének növeléséhez.

Összességében: egy tervezőmérnöknek az éghajlatváltozással való foglalkozás nem opcionális, hanem a szakmai felelősségvállalás része. A jövő mérnöki megoldásainak célja nemcsak az, hogy működjenek, hanem hogy ellenállóak és fenntarthatók legyenek a változó klímában.

Ugyanakkor nem tartjuk jó iránynak, hogy a klímaváltozásból fakadóan egyre több kötelezés, jogszabályi előírás, pályázati elvárás jelenik meg egyeztetések, oktatások és útmutatók nélkül. Meggyőződésünk, hogy a klímaadaptív tervezés nem külső nyomásra, hanem belső elköteleződés révén tud elterjedni. Véleményünk szerint a Magyar Mérnöki Kamarának alapvető érdeke, hogy tagjai megfelelő éghajlatvédelmi ismeretekkel és szakmai nyitottsággal rendelkezzenek. Továbbá szakmai érdek annak a biztosítása, hogy az éghajlatvédelemmel foglalkozók csak megfelelő végzettséggel és igazolt tudással rendelkezők lehessenek.

Az MMK Környezetvédelmi Tagozat 2019-ben elindította KSZ-Klímavédelmi szakértő tanúsítását, mely a több mint 5 év tapasztalata alapján sikeres kezdeményezésnek minősült. Ennek mintájára javasolt lehet más szakágak számára is létrehozni egy, az

éghajlatváltozással összefüggő tervezői tanúsítást. Tapasztalatunk szerint egyre több döntéshozó, megrendelő keresi azokat a tervezőket, akik az éghajlatváltozást, mint kockázatot figyelembe veszi a tervezési folyamat során és igyekszik adaptívabb, rugalmasabb és természet alapú megközelítéseket alkalmazni.

A szakértők, tervezők megfelelő tudásának biztosítására három szint képzelhető el:

- igazolt képzés elvégzése (pl. mesteriskola)
- tanúsítással rendelkezés (képzés, vizsga)
- szakértői jogosultság

Az önálló szakértői jogosultság bevezetését jelenleg nem látjuk indokoltnak és jó megoldásnak. Egyrészt ennek jogszabályi előkészítése és elfogadása valószínűleg sok időt venne igénybe és egy új szakértői terület megjelenése, azaz egy újabb szakértő bevonásának szükségessége az engedélyezési, tervezői folyamatba plusz költséget és időt jelenthet. Továbbá szakmai szempontból sem az lenne a kívánatos, hogy egy újabb szakértői terület jelenjen meg, hanem az, hogy a tervezői jogosultsággal rendelkezők birtokában legyenek nagyobb éghajlatváltozással összefüggő ismeretek.

Javaslatunk a klímavédelmi szakértő tanúsítás mintájára olyan egyes szakágakhoz köthető tanúsítások, melyek a meglévő tervezési jogosultságot erősítik éghajlatvédelmi ismeretekkel. Tehát egy Klímaadaptív tervezői tanúsítás létrehozása (KaT – szakág) arra fogékony szakmai tagozatonként. Azonban egy ilyen megoldásnál is szükség van valamilyen koordinációra, az egyes tagozatok tapasztalatait, előnyeit szinergikusan kihasználva. Első körben a dokumentumban is bemutatott, jelentősen érintett vízgazdálkodási és közlekedés szakágakban érdekelték számára javasolt egy tanúsítási rendszer kidolgozása. Ezt viszonylag könnyen, a Kamara saját tanúsítási rendszerén belül minden Tagozat megalkothatja és működtetheti (lásd. MMK Tanúsítási szabályzata).

Ehhez a legfontosabb feladat a megfelelő képzési rendszer létrehozása lenne, vagy szükséges lenne megvizsgálni, hogy mely felsőoktatási intézmény, mely képzését fogadná el a Kamara bemenő követelményként (pl. klímaadaptációs szakmérnök). Ennek elfogadtatása a képző intézmény feladata lenne.

Mivel az éghajlati ismeretek elég szerteágazók, ezért mindenképpen több napos képzési tematika összeállítása javasolt.

Javasolt tematika

1. Éghajlati alapismeretek
 - a. Éghajlattan
 - b. Globális és regionális klímamodellek
 - c. Ökológiai alapelvek
 - d. Klímapolitikai alapismeretek
2. Éghajlati kockázat értékelésének módszertana
 - a. Módszertanok
 - b. Érzékenység és kitettség-elemzés
 - c. Sérülékenységelemzés
 - d. Adaptációs szemléletű kockázatkezelés és változásmenedzsment
3. Adaptáció a gyakorlatban
 - a. Épített környezet klímasérülékenysége
 - b. Klímaadaptáció és térinformatika
 - c. Éghajlatváltozás és gazdaság
 - d. Reziliencia, természet-alapú megoldások, stb.
4. Szakági adaptációs gyakorlatok (adott szakág által összeállított)
 - a. Adaptáció a vízgazdálkodási tervezésben
 - b. Adaptáció a közlekedési építmények tervezésben

A tanúsításban részt vehetnének a Magyar Mérnöki Kamara tagjai, akik valamilyen szakértői vagy tervezői jogosultsággal rendelkeznek (azaz felsőfokú természettudományi vagy mérnöki végzettséggel rendelkeznek és több éves szakmai gyakorlatuk alapján már megkapták valamelyik a szakértői vagy tervezői jogosultságot). A tanúsítás feltétele lenne a létrehozott oktatás sikeres elvégzése, tehát a képzés vizsga letételével zárulna. Tehát példaként egy közlekedési építmények (KÉ) szakterületen jogosultsággal rendelkező tervezőmérnök a képzés elvégzése és a vizsga letétele után KaT – KÉ tanúsítást szerezhetne. A tanúsítás előnyt jelentene az arra fogékony megbízók felé, hosszú távon pedig akár az EU finanszírozásból megvalósuló vagy állami, önkormányzati beruházásoknál is megjelenhetne feltételként.

A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

2017.-2022.

A korábbi kiadványokat keresse a kamara weboldalán (www.mmk.hu), a FAP pályaműveket tartalmazó menüben.

2023.

101.	SZILÁGYI Zsombor Dr.,	Az energiahordozók jövője
102.	BLAZSOVSZKY László	Szakmai útmutató felhasználási helyek gázellátását biztosító elosztóvezeték leágazásának létesítéséhez
103.	ÁKOSHEGYI György Dr., BORBÉLY Tibor, DIÓS András, EÖRDÖGH Zsolt	Medencés fürdők vízgépészeti tereinek tervezési szempontjai
104.	KISS Jenő dr., METZING Ferenc dr., CSERMELY Gábor, dr. HEGYI Dezső, KÖNCZÖL Gyula, DEZSŐ Zsigmond	Szakmai Útmutató az épületek, épületszerkezetek bontásához
105.	MÓGA István Dr.	Atomerőművi alapok
106.	BAK Edina, FEJES Gábor, HONTI Imre, HUDACSEK Péter, SCHELL Péter	Talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok, azok megtervezése és eredményeinek felhasználása a geotechnikai tervezői gyakorlatban
107.	EGRI Sándor, BUZÁS Zoltán	AutoCAD alapon készített tervdokumentációkból EHO szerinti XML fájl készítése (objektumsablon készítése)
108.	BONDOR Gabriella, CSORDÁS Szilveszter, KANOSIK Ilona, PÓLYA Endre, VARJÚ József	Szakmai ismeretek a jogosultsági vizsgára
109.	KAKUK Ilona	Az Informatikai Tervező Szakmai Útmutatója (109./1-2-3.)
110.	GIORIS Nikolaos, MENYHÁRT István Zsolt, OLÁH Róbert, TAKÁCS Bence dr., VASS Imre	Digitális mellékletek készítése az M.2 (2021.) mérnökgeodéziai tervezési segédlethez
111.	ZSIDAI László Dr., SARANKÓ Ádám Dr., SZABÓ Péter	Az additív technológiák terméktervezési és technológiai sajátosságai
112.	REINIGER Róbert, BARNÁ Sándor, BITE PÁLNÉ DR. PÁLFFY Mária, MIHICS Dalma, PINTÉR István	A Li-ion alapú akkumulátor, illetve akkumulátor részegység gyártás környezetvédelmi hatósági engedélyezésének környezetvédelmi alapkövetelményei - Szakmai segédlet környezetvédelmi szakértők, illetve hatósági eljárási szereplők részére
113.	TOKODY Dániel Dr., SCHOTTNER Károly, HADDAD Richárd, ADY László, ÁGOSTON Gergő, DRABIK Gergő, HAN Xiaoping, CSAPÓ Dániel, SZÚCS Marcell, FELHŐS Dávid Dr.	Napelemes rendszerekkel együttműködő energiatárolók létesítése
114.	GYIMESI András Dr., BOHÁCS Gábor Dr., SÜLLE Miklós, GÓDOR Balázs	Építőgépész mesteriskola tantárgyi felépítés és a hozzá kapcsolódó tematika kidolgozása
115.	BOROS János	Az atomerőművi rendszerek és rendszerelemek tervezésénél figyelembe vett elvek összefoglalása
116.	PRIMUSZ Péter Dr.	Hajlékony útpályaszerkezetek szükséges erősítőrétegének meghatározása roncsolásmentes teherbírásmérés alapján

117. EGRI Sándor, BUZÁS Zoltán AutoCAD alapon készített tervdokumentációkból EHO szerinti XML fájl készítése (objektumsablon készítése)

2024.

- | | | |
|------|---|---|
| 118. | SZABÓ Kinga Dr., ÓMAJTÉNYI András, TÓTH Péter, ZSIGMONDI András | A beruházáslebonyolító tevékenysége - Szakmai ajánlás a beruházáslebonyolító fogalmának meghatározására, felelősségére és jogosultságának szabályozására |
| 119. | SZILÁGYI Zsombor Dr., | Feladatok a klímacélok teljesítéséhez |
| 120. | BLAZSOVSZKY László | A csatlakozóvezetékek és a felhasználói berendezések létesítésével kapcsolatos gyakorlat, és a változtatás szükségességének elemzése |
| 121. | PÓLYA Endre, BALOGH Attila, ERDEI Tímea, VARJÚ József | Műszaki segédlet az orvostechikai eszközpark üzemeltetéséhez - Tervezési segédlet, szakmai útmutató, tananyag az MMK kötelező szakmai továbbképzéshez, valamint dokumentum egészségügyi létesítménymenedzsment és minőségmenedzsment részére. |
| 122. | BOROS János, CSALLÓKÖZI Zoltán, DOBÓ István, HUNYADI Sándor, KÁLLAI-BORIK Róbert, PODONYI Gábor, SZITA Gábor, DR. SZÜCS Botond, PERGERNÉ NAGY Edit, GYŐRI Csaba | Magyarország villamosenergia ellátásának lehetőségei |
| 123. | DR. TAKÁCS Bence, HRUTKA Bence Péter, TAKÁCS Regina | Szakmai útmutató vonalas létesítmények 3D modellezéséhez (geodéziai tervezők részére) |
| 124. | LIPOVICS Tamás, SZENDEFY János, VÁSÁRHELYI Balázs | Kockázatok elemzése a mélyépítésben |
| 125. | KAKUKK Ilona Klára, NÓGRÁDI Gábor | Informatikai Tervező Szakmai Útmutató |
| 126. | EGRI Sándor | Az NMHH ESZTER aktuális verziójának használata során feltárt hiányosságok, problémák kezelése az AutoCAD programozási eszköztárával |
| 127. | DR. HANCZ Gabriella, DR. ENGI Zsuzsanna, JANCsó Béla | A kék-zöld infrastruktúra elemek tervezési irányelvei |
| 128. | HAJNAL János, DR. KOREN Csaba, LITKEI Bálint, VÁLÓCZI Dénes György | A Közúti biztonsági auditjelentések szerepe az önkormányzatok pályázati gyakorlatában |
| 129. | HÓZ Erzsébet, BORBOLÁNÉ KOVÁCS Gabriella, DR. MILETICS Dániel, PÁL Péter, VÁLÓCZI Dénes, VEDRŐDI Tamás | Személyi sérüléses közúti közlekedési balesetek adatgyűjtési módszertana |
| 130. | SZOMOLÁNYI Tiborné, LAKATOS István, LUKÁCS Tamás | Segédlet a megvalósulási dokumentációk készítéséhez, használatbavételi, fennmaradási és bontási engedélyek dokumentációinak elkészítési segédlete |
| 131. | KATONA Gábor, FÜZÉR Ferenc, MOLNÁR Béla | Hírközlési hálózatok építési technológiai gyűjtemény - Bontások, úttáfrások, anyag és munkaigények összefoglaló tervezői anyag |
| 132. | KOVÁCS József, NAGY Benedek, SZABÓ László, DR. SZEPESHÁZI Attila | Geotechnikai és tartószerkezeti tervező együttműködése talaj és felszerkezet egymásra hatásának vizsgálata esetén |

133. MÁRKUS Miklós, MUNTAG András Ipari zajmodell adatszolgáltatási segédlet - Segédlet szakági tervezők részére környezeti zajmodell készítéséhez

2025.

-
134. TUCZAI Attila, PÓLYA Endre, KERESÉ János, BELÁNYI Zsolt, TUCZAI Péter Műtők klimatizálása
135. SZILÁGYI Zsombor Dr., A kőolaj és a földgáz szerepének változása
136. BLAZSOVSZKY László Gázfogyasztó készülékek égéstermék-elvezetésének szabályozási anomáliái, és annak hátrányos gyakorlati következményei
137. FELFÖLDI Krisztina, GÓDOR Balázs, NAGY Pál Javaslat az Emelőgépek Biztonsági Szabályzat módosítására, korszerűsítésére
138. BABOS Rezső, FARKAS Éva, PAPP Imre, VARRÓ Beáta Farontó gombok határozója - Segédlet károsodási helyen való meghatározáshoz
139. CSERMELY Gábor JAVASLAT az egyszerű bejelentésű lakóépület megvalósításának – tervezés és építés – módszerére
140. CSERMELY Gábor, RÉPÁS Balázs Szakmai Útmutató a függesztett homlokzati szerkezetekről, ezen belül a kőburkolatú homlokzatokról
141. ANTÓK Péter, TÖRÖK János, GALLYAS András, LUKÁCS Tamás Hírközlő hálózatok. Ajánlott létesítési technológiák általános keretrendszere
142. CSÖRGITS Péter, LEHOCZKY Máté, MOLNÁR Bálint, STENZEL Sándor Pontfelhők kiértékelése a mérnöki gyakorlatban - Szakmai útmutató pontfelhők általános kezelésére és azokból történő vektoros kiértékelés támogatására
143. SZILVÁGYI Zsolt Dr. A második generációs Eurocode 8-5 szabvány honosításának előkészítése
144. SZILVÁGYI Zsolt Dr. A második generációs Eurocode 7-3 szabvány honosításának előkészítése
145. SZILVÁGYI Zsolt Dr. Terminológiai adatbázis a második generációs Eurocode 7 szabványsorozat honosításához
146. KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint Körforgalmak valós kapacitásának elemzése szimulációs és AI módszerekkel
147. MOCSÁRI Tibor Dr., HÓZ Erzsébet, KOVÁCS Ákos, NAGY Péter Dávid, ZAKARIÁS Márton Hálózati szintű közlekedésbiztonsági felmérés - módszertani ajánlás
148. FÜRJES Andor Tamás Elektroakusztikai méretezés gyakorlati példák
149. FARKAS János, MERTLI Ferenc, NÁDAS József Dr., RAJKAI Ferenc Vilmos Világítástechnika - Mérnök kötelező képzés
150. ZSIGMONDI András, dr. LÉDERER Károly, ÓMAJTÉNYI András, MARIÁN Gábor, TÓTH Péter A design and build (tervez és épít) beszerzési rendszer általános ismertetése és alkalmazásának lehetőségei, főbb szerződéses feltételei a magyarországi beruházásokon
151. VIGH Péter Levente Dr., CSÓKA Gergely, HEGYI Zoltán A klímaadaptív tervezés fontossága a klímaváltozás hatásaival összefüggésben