

Jelentés Magyarország nemzeti
katasztrófakockázat-értékelésének
felülvizsgálatáról - a nemzeti
katasztrófakockázat-értékelés
releváns összefoglalása

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	3
Módszertan és folyamat	7
A veszélyek és kockázatok azonosítása	7
Társadalmi értékek definíciója	8
Előzetes veszélyelemzés (EVE)	8
A módosított előzetes veszélyelemzési eljárás (EVE) struktúrája	8
A kockázatok fő kategóriái.....	9
Kockázati területek	9
A kockázati forgatókönyvek.....	10
A módosított EVE használatakor alkalmazott eljárás	13
A kockázatelemzés	15
Az azonosított társadalmi értékek alkalmazása	15
Hatáselemzés	15
Többszemponútú elemzés.....	18
Értékelő mátrixok	19
Aggregált hatásérték kiszámítása: többszemponútú elemzés	23
A súlyozott átlag-értékelési módszer.....	24
5. táblázat - A szintek mennyiségi értékei (q_i).....	25
A kritikus infrastruktúrára gyakorolt hatások figyelembe vétele	25
Valószínűségek elemzése	26
Valószínűségi kategóriák.....	27
Valószínűségi kategória meghatározása	29
Szándékos vagy nem szándékos cselekmények	29
A fenyegetettségi forgatókönyv bekövetkezési valószínűsége	30
Veszélyhelyzeti forgatókönyv bekövetkezési valószínűsége.....	33
A kockázatelemzés eredményének megjelenítése kockázati diagram segítségével	39
A kockázati diagram értelmezése	40
Bizonytalanság-elemzés és érzékenység-elemzés	40
A kockázatok kiértékelése, képességelemzés	41
Kockázati forgatókönyvek jegyzéke	44
A kockázati diagram és az eredmények értelmezése	54
A 2019. évtől prognosztizált változások ismertetése	56
Az éghajlati projekciók bizonytalanságai.....	57
Rendelkezésre álló globális és regionális klímamodellprojekciók.....	58
Az Országos Meteorológiai Szolgálat klímamodellezési tevékenysége	60
Romboló hatású szélvihar C	62
Hóvihar C	63
Hőhullámok C.....	64

Aszály C	66
Erdőtűz C	67
Ónos eső	67
Ónos eső C.....	68
Az eredmények alapján a következő főbb konklúziók vonhatók le:.....	69
Jelentős kockázatú forgatókönyvek Magyarországon.....	70
Áradás.....	70
Influenza-világjárvány.....	70
Szélsőséges időjárás (szélsőséges hőmérséklet, súlyos viharok, aszály)	72

Bevezetés

Az uniós polgári védelmi mechanizmusról szóló 1313/2013/EU (2013. december 17.) számú európai parlamenti és tanácsi határozat 6. cikk a) pontja alapján „a tagállamok 2015. december 22-ig, azt követően pedig háromévente benyújtják a Bizottságnak nemzeti vagy a megfelelő szubnacionális szintű kockázatelemzéseik releváns elemeinek összefoglalóját”.

Az uniós polgári védelmi mechanizmusról szóló határozatot megelőzően az Európai Bizottság a 2014-2020-as pénzügyi időszak fejlesztési politikájára vonatkozó uniós rendelete az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás és kockázat-megelőzés előmozdítása című tematikus célkitűzése, és az ezzel kapcsolatos beruházások megvalósítása érdekében a tagállamoknak, így Magyarországnak is előírta olyan nemzeti vagy regionális kockázatfelmérés elkészítést, amely figyelembe veszi az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást is.

Magyarország Kormánya a 1384/2014. (VII.17.) Korm. határozattal elfogadta „Magyarország nemzeti katasztrófakockázat-értékelési módszertanáról és annak eredményeiről szóló jelentés”-t (EX ANTE), amelynek Európai Bizottság részére történő megküldésével 2014-ben hazánk már eleget tett a nemzeti katasztrófakockázat-elemzéssel kapcsolatos Uniós elvárásoknak. 2015 decemberében megerősítettük, hogy az EX ANTE jelentésben foglaltak továbbra is helytállóak.

A 2014. évi nemzeti kockázatértékelés (EX ANTE) az életvédelem és egészség, a természet és környezet, a pénzügy és gazdaság, a társadalmi stabilitás, valamint a kormányzóképeség és területi igazgatás kritériumai alapján 12 kockázattípust azonosított, amelyekhez kapcsolódóan a kockázati területek alapján a lehetséges következmények hatásai szerint 30 kockázati forgatókönyv, illetve 72 alforgatókönyv készült.

A forgatókönyvek két időszakra készültek:

- a készítést követő öt évre;

Az Európai Unió rövid távú célkitűzése, hogy Magyarországon és a tagállamokban végzett kockázatértékelések közötti koherencia javuljon a megelőzés, a felkészültség és a tervezés szakaszában. Rövid távú cél továbbá az, hogy az azonos szempontrendszer szerint végrehajtott kockázatértékelés hozzájáruljon a tagállami jelentések jobb összehasonlíthatóságához. Koherens és összehasonlítható módszerek alkalmazásával elősegíthető, hogy a tagállamokat és az EU-t fenyegető kockázatok tekintetében közös koncepció alakuljon ki, amely megkönnyíti az együttműködést a közös kockázatok, mint például a határon átnyúló kockázatok, megelőzését és hatásának enyhítését célzó erőfeszítések terén. Közös terminológia létrehozásával és a közös koncepciók kialakításával nagymértékben felgyorsítható a konzisztenciára és összehasonlíthatóságra vonatkozó célkitűzés elérése.

- hosszabb távra, a készítéstől számított 20-25. év közötti időszakra (a készítés időpontjában rendelkezésre álló ismeretek és előre jelezhető trendek alapján);

A jelentés hosszú távú célkitűzése az éghajlatváltozás jövőbeni hatásainak azonosítása, figyelembe véve az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodással kapcsolatos lehetséges kockázatokat és a szükséges lépéseket. Ugyancsak fontos

aspektus a tagállamokat vagy különböző tagállamok régióit érintő kockázatok vagy kockázattípusok közös azonosítási eljárásának kialakítása, amellyel hatékonyabbá tehető a katasztrófák kezelése.

A közösségi norma alapján hazánkknak 2018. december 22-ig kell a következő nemzeti kockázatértékeléssel kapcsolatos összefoglaló jelentést megküldenie az Európai Bizottság részére.

A Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság határozta szerint 2018. februárjában ideiglenes tárcaközi munkacsoport alakult, hogy a 2014. és 2019. közti időszakra vonatkozó, 2015-ben benyújtott jelentést felülvizsgálja. A Belügyminiszter döntése alapján a munkacsoportot a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósága vezette.

A munkacsoport szakmai állásfoglalása alapján, a felülvizsgálat során a korábbi, 2014. évi nemzeti katasztrófakockázat értékeléshez kidolgozott és alkalmazott módszertant használta. Az elemzési folyamat és a használt definíciók megfelelnek az ISO 31010¹ nemzetközi szabványnak. A jelentésben foglalt kockázatértékelési módszertan figyelembe veszi, és nem írja felül a különböző szakterületek, ágazatok kockázatértékelési szabványait és protokolljait.

A 2014-ben kidolgozott, és 2018-ban is alkalmazott módszer alkalmas az ország szempontjából jelentőséggel bíró kockázatok széles spektrumának elemzésére, mind a valószínűségek, mind a következmények tekintetében. Ezen túlmenően, lehetőséget ad mindazon katasztrófa-események azonosítására is, amelyek súlyos következményeket jelenthetnek az ország teljes vagy jelentős területére, a népességre, a gazdaságra és a természeti környezetre. Képet ad mindazon kockázatokról, amelyekkel az országnak számolnia kell, így módon információt nyújt és megalapozott döntést tesz lehetővé a védelmi tervezéssel foglalkozók számára. A módszer figyelembe veszi a **klimaváltozáshoz való alkalmazkodás szempontjait, a létfontosságú rendszerek és létesítmények védelmével kapcsolatos egyes aspektusokat** és kezeli az **egyedi/többes kockázat koncepcióját**, összhangban az EU-kondicionalitásokkal kapcsolatos útmutatóban foglaltakkal².

A kockázatértékelés és a kockázati grafikon hozzájárul ahhoz, hogy a politikai döntések, valamint a legjelentősebb kockázatok kezelése a leghatékonyabb megelőzési és felkészültségi módszerekre alapuljanak.

A kockázatértékelés bizonytalansági tényezőkön és valószínűségen alapul. A tagállamok, vagy akár az egész EU által elfogadható kockázati szintről folyó ésszerű vita tárgyát szükségképpen ezek a tényezők alkotják a megelőzési és kockázatenyhítési intézkedések költségeinek meghatározása során.

A kockázati diagram az elemzésben meghatározott, jelentős kockázatú forgatókönyveket mutatja azok relatív valószínűsége és következménye szerint. Az egyes kockázati területekhez rendelt specifikus kockázatok sajátosságából eredően abszolút összehasonlítás nem lehetséges, csak az egyes események, eseménycsoportok kockázatai egymáshoz mért relatív helyzetét lehet megjeleníteni valószínűségük és következményük súlyossága szerint.

Általános értelemben biztonsági és nemzetbiztonsági szempontból hazánk kitettsége folyamatosan változik, és a különböző természetű kockázatok egyre több szálon kapcsolódnak

¹ Kockázatkezelés – Kockázatértékelési technikák; Nemzetközi szabvány; IEC/FDIS31010:2009(E).

² Bizottsági szolgálati munkadokumentum; Katasztrófakezelésre vonatkozó kockázatértékelési és - feltérképezési iránymutatás; Brüsszel, 2010.12.21.; SEC(2010) 1626 végleges; Európai Bizottság

egymáshoz. A kockázatok *összetettsége* és a köztük kialakuló egyre erősebb függőségi kapcsolatok miatt a közigazgatás egyes szervezetei külön-külön kevésbé képesek felkészülni és reagálni az új típusú veszélyekre.

A jelentés útmutatóként szolgál a katasztrófa-eseményekre vonatkozó forgatókönyvek azonosításával és elkészítésével, valamint a nemzeti kockázatértékelés és képességelemzés elkészítésével foglalkozó szakemberek számára.

A kockázatértékelés felülvizsgálata során különös figyelmet kaptak az éghajlatváltozás okozta természeti katasztrófák, amelyek tekintetében a veszélyeztetettség egyre intenzívebbé és kiszámíthatatlanabbá vált az elmúlt időszakban. Az éghajlat változékonysága és a különféle extrém időjárási és hidrometeorológiai jelenségek mindig jelentős nyomot hagytak a társadalmi-gazdasági életünkben és a természeti környezetben. A megfigyelések alapján ezen extrém jelenségek száma és intenzitása a 2014-2018 közötti időszakban tovább emelkedett. Az éghajlatváltozás tekintetében az elmúlt években Magyarországon és máshol is előfordultak olyan események, amelyek bizonyos esetekben aláámasztják az időjárási anomáliák gyakoribbá és egyre súlyosabbá válásának tendenciáját. Egyes kutatási eredmények és megfigyelések alapján megállapítható, hogy ez a tendencia különösen az aszályok, áradások, heves esőzések és hóhullámok esetében mutatható ki.

Az új, intenzívebb éghajlati jelenségek az anyagi és emberi erőforrások kezelése szempontjából is egyre súlyosbodó terhet jelentenek a katasztrófák kezelésében. Ezért fontos a katasztrófához kapcsolódó egyedi kockázati tényezők csökkentését, illetve a kezelés területén a kapacitások növelését célzó beruházások támogatása. Ezen túlmenően olyan összetett és részletesen kidolgozott (a kockázati diagram elkészítését célzó jelenlegi nemzeti kockázatértékelésen alapuló) kockázatértékelő rendszerre van szükség, amely révén a települések és katasztrófavédelmi szervek megfelelően fel tudnak készülni, és hatékony intézkedéseket tudnak hozni.

A fentiek indokán, a kockázati forgatókönyvek felülvizsgálata során, a várhatóan megváltozó környezeti feltételek forgatókönyvekre gyakorolt hatását is figyelembe vettük. A hazánkat veszélyeztető tényezők változatossága miatt a kockázattípusok azonosítására, valamint a hatások és valószínűségek meghatározására több tudományágat átfogó (multidiszciplináris) megközelítést alkalmaztunk.

Ennek megfelelően:

- a) a kockázatértékelés az érintettek és érdekelt felek széles körének bevonásával történt;
- b) a kockázatértékelés a veszélyeztető hatások mindhárom kategóriáját vizsgálja (emberi, gazdasági és környezeti, politikai és társadalmi hatások);
- c) a kockázatértékelés előkészítése számos érintett és érdekelt féllel történt, konzultációval és az információk megfelelő megosztásával;
- d) a jelentés a határon átvívelő összefüggéseket is figyelembe veszi.³

Mind a célok, célterületek, mind a veszélyek/fenyegetések között fennálló keresztkapcsolatok és függőségek okán fontos és indokolt volt az egyes területek szakmai felelős szervezeteinek bevonása az elemzési módszer felülvizsgálatába és a 2018. évi elemzés elvégzésébe. Az elemzési módszer felülvizsgálata is szoros együttműködésben történt az alábbi szervezetek szakmai képviselőivel:

³ Előzetes feltételrendszerre vonatkozó iránymutatások; II. rész; 2013. március 15; Európai Bizottság; Főigazgatóság.

- 1) EMMI - Emberi Erőforrások Minisztériuma
- 2) AM - Agrárminisztérium
- 3) HM - Honvédelmi Minisztérium
- 4) ITM – Innovációs és Technológiai Minisztérium
- 5) BMH - Bevándorlási és Menekültügyi Hivatal
- 6) BM OKF - Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
- 7) KTI - Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
- 8) MBFSZ - Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat
- 9) MEKH - Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal
- 10) MTA CSFK GGI - MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Intézet
- 11) NBF - Nemzeti Biztonsági Felügyelet
- 12) NÉBIH - Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal
- 13) OAH - Országos Atomenergia Hivatal
- 14) NNK - Nemzeti Népegészségügyi Központ
- 15) OMSZ - Országos Meteorológiai Szolgálat
- 16) ORFK – Országos Rendőr-főkapitányság
- 17) OVF - Országos Vízügyi Főigazgatóság
- 18) TEK - Terrorelhárítási Központ

A fent említett szervezetek szakmai képviselői a munkacsoportban való részvételükkel és írásos anyagok készítésével közvetlenül hozzájárultak a projekthez.

Módszertan és folyamat

Korábban publikált európai tanulmányok átfogó képet adnak a különböző uniós országokban a biztonsággal és nemzetbiztonsággal kapcsolatos kockázatelemzés során alkalmazott legkorszerűbb gyakorlatokról, módszerekről és eszközökről. A jelen dokumentumban ismertetett módszer döntően ezen uniós tanulmányok eredményeire és következtetéseire, illetve az Európai Bizottság kockázatértékelési és kockázati térképezési iránymutatásaira támaszkodik^{4, 5}.

A kockázatértékelés kezdetétől egyértelművé vált, hogy a kockázat és a kockázatelemzések tekintetében alkalmazott módszertani megközelítés és álláspont diszciplínaként és ágazatonként eltérő. Első lépésként ezért, különböző intézmények és központi államigazgatási szervek képviselőiből álló munkacsoportok létrehozására került sor. Ezek a szakértők a saját területüket illetően megfelelő ismeretanyaggal rendelkeztek a sérülékenység mértékéről és a veszélytípusokról.

A felülvizsgálat során ismételten alkalmaztuk a 2014. évi kockázatértékelés módszertanában megállapított három fő lépést, amelyek az alábbiak voltak:

- 1) a veszélyek és kockázatok azonosítása;**
- 2) a kockázatelemzés végrehajtása;**
- 3) a kockázatok kiértékelése és képességelemzés.**

A veszélyek és kockázatok azonosítása

Ez a fejezet a kockázatértékelés első fázisát mutatja be: meghatározva a teljes elemzési folyamat kontextusát, a munka célját. Bemutatja az értékelés során számításba vett társadalmi értékeket, az elemzési folyamat főbb állomásait, valamint a kockázati területek és forgatókönyvek meghatározását.

A folyamat első lépése azon veszélyek és kockázatok azonosítása, amelyek negatív hatást gyakorolhatnak meghatározott társadalmi értékekre. Ezek azonosítása egyrészt az érintett ágazatokkal foglalkozó szervezetek és intézmények által adott információk, másrészt a meglévő kockázatértékelések és veszélyelemzések, audit jelentések és más vonatkozó dokumentumok felülvizsgálata alapján történt.

A kockázatok azonosítása szakértői egyeztetések keretében történt, amely során a megadott szempontok alapján becslést tudtak készíteni a kockázatok súlyosságáról. Ebben a szakaszban történt a kockázati forgatókönyvek további elemzés céljából történő kiválasztása.

⁴ Forgatókönyvek, kockázatok és képességek értékelése a holland nemzeti biztonságpolitikai és védelmi stratégiában; 2009. október

⁵ Nemzeti kockázati profil; Folyamat és módszer; Polgári Védelmi és Tervezési Főigazgatóság; Norvégia; 2010. június; ISBN: 978-82-7768-231-0

A forgatókönyvek értékelését módosított előzetes veszélyelemzési (EVE) eljárás keretében végezték el.

Társadalmi értékek definíciója

Biztonsági, illetve nemzetbiztonsági kérdésről abban az esetben beszélünk, ha Magyarország alapvető érdekeit olyan veszély fenyegeti, amely potenciálisan társadalmi zavarokhoz vezethet.

Magyarországot alapvetően három veszélyhelyzeti eseménysor fenyegetheti:

- 1) azok az események és veszélyek, amelyek az emberek életét és egészségét fenyegetik,
- 2) a második típusba a hazai környezetet vagy gazdaságát súlyos kár veszélyével fenyegető események vagy helyzetek tartoznak,
- 3) a harmadik típust, a Magyarország biztonságát súlyos kár veszélyével fenyegető külső támadás, vagy terrorcselekmények formájában megjelenő politikai/társadalmi hatások alkotják.

A fentiek alapján nemzeti kockázatértékelési szempontból az alábbi alapvető érdekekről beszélhetünk:

- a) Emberi (életveszély és egészségkárosodás),
- b) Gazdasági /Környezeti,
- c) Politikai /Társadalmi.

Előzetes veszélyelemzés (EVE)

Az előzetes veszélyelemzés elsődleges célja azon tényezők (folyamatok, eseménysorok, hibatényezők) azonosítása, amelyek veszélyeztető események vagy helyzetek kialakulását idézhetik elő. Az elemzés a kockázatok szűrésével kezdődik, amelynek célja, hogy a legjelentősebb kockázatokot azonosítani lehessen, illetve, hogy a kevésbé jelentős vagy kisebb kockázatokot a további elemzésből ki lehessen zárni. Ezáltal biztosítható, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat a legfontosabb kockázatok elemzésére lehessen koncentrálni. A szűrés során ügyelni kell arra, hogy kevésbé gyakori, de súlyos következményekkel járó események ne kerülhessenek ki a támogatandó kockázatok közül.

A módosított előzetes veszélyelemzési eljárás (EVE) struktúrája

A nemzeti kockázatértékelés a különböző területeket érintő kockázatok felmérésére vonatkozó, egyedi szempontok és feltételek szerint módosított előzetes veszélyelemzési eljárás keretében készül.

Az eljárás lefolytatása két űrlap segítségével történik:

- 1) a forgatókönyv értékelésre vonatkozó módosított EVE elnevezésű első lap tartalmazza a veszélyek és kockázatok meghatározásához (második szakasz) használt eljárást. Előkészíti továbbá a harmadik szakaszban elvégzendő kockázatelemzést.
- 2) a többszempontú elemzés elnevezésű második lap tartalmazza az egyes forgatókönyvek nyolc kritérium szerinti hatásértékének eredményét.

Az eljárás második szakaszában kerül sor az alapvető társadalmi értékeket fenyegető potenciális veszélyek és kockázatok azonosítására. A munka megkezdésekor több intézmény és hatóság képviselőiből álló munkacsoportok létrehozására került sor. Ezek a szakértők megfelelő ismeretanyag birtokában voltak az adott forgatókönyvvvel vagy forgatókönyvekkel kapcsolatos lehetséges képességekről. Valamennyi ágazat áttekintő jelentést készített a saját területét érintő kockázatokról és sebezhető területekről.

A legfontosabb információforrások:

- a) A minisztériumok,
- b) más központi államigazgatási szervek,
- c) a rendelkezésre álló kockázat-, veszély- és sebezhetőség-elemzések – országos és regionális szinten,
- d) egyéb releváns szakértői információk.

A kockázatok fő kategóriái

A kockázatok három fő kategóriába sorolhatók:

- 1) természeti események,
- 2) súlyos balesetek,
- 3) szándékosan előidézett események.

Az azonosítás során az volt a cél, hogy az adott fő kategóriába tartozó kockázati területek és kockázati forgatókönyvek a lehető legnagyobb mértékben leképezzék azokat az eseménysorokat, amelyek hatással lehetnek az alapvető társadalmi értékekre és érdekekre.

Kockázati területek

Összesen tizenkettő kockázati terület, és ezekhez kapcsolódóan 30 fő forgatókönyv meghatározására és értékelésére került sor. A tizenkét kockázati terület nem az összes alacsony valószínűségű/súlyos következményekkel járó eseményt vagy balesetet, hanem az érintett szervek és közintézmények által végzett elemzések alapján meghatározott kockázati területeket és eseményeket/baleseteket foglalja magában. Az egyes kockázati területeket a munkacsoportok választották ki konszenzusos alapon a magyarországi körülmények figyelembevételével.

A meghatározott kockázati területek leírását az adott terület szakértő tagjai készítették el. A kockázati terület leírásának elkészítésekor a következő szempontokat kellett figyelembe venni:

1. ábra - A kockázati terület leírásának fő szempontjai

a.	Bevezetés / Történelmi háttér
b.	A kockázati terület tudományos háttere
i.	Elérhető országos adatok
ii.	Az adatállományok statisztikai leírása
iii.	Értékeléskor alkalmazott módszerek
iv.	Bizonytalansági tényező
c.	Megelőzés / Felkészültség

A kockázati forgatókönyvek

A váratlan események és balesetek további elemzésre történő kiválasztásakor az elsődleges szempont az, hogy a vizsgált események mindegyike egy vagy több társadalmi értékre hatást gyakoroljon. Másrészt, nincs olyan társadalmi érték, amelyet legalább egy forgatókönyv nem érint.

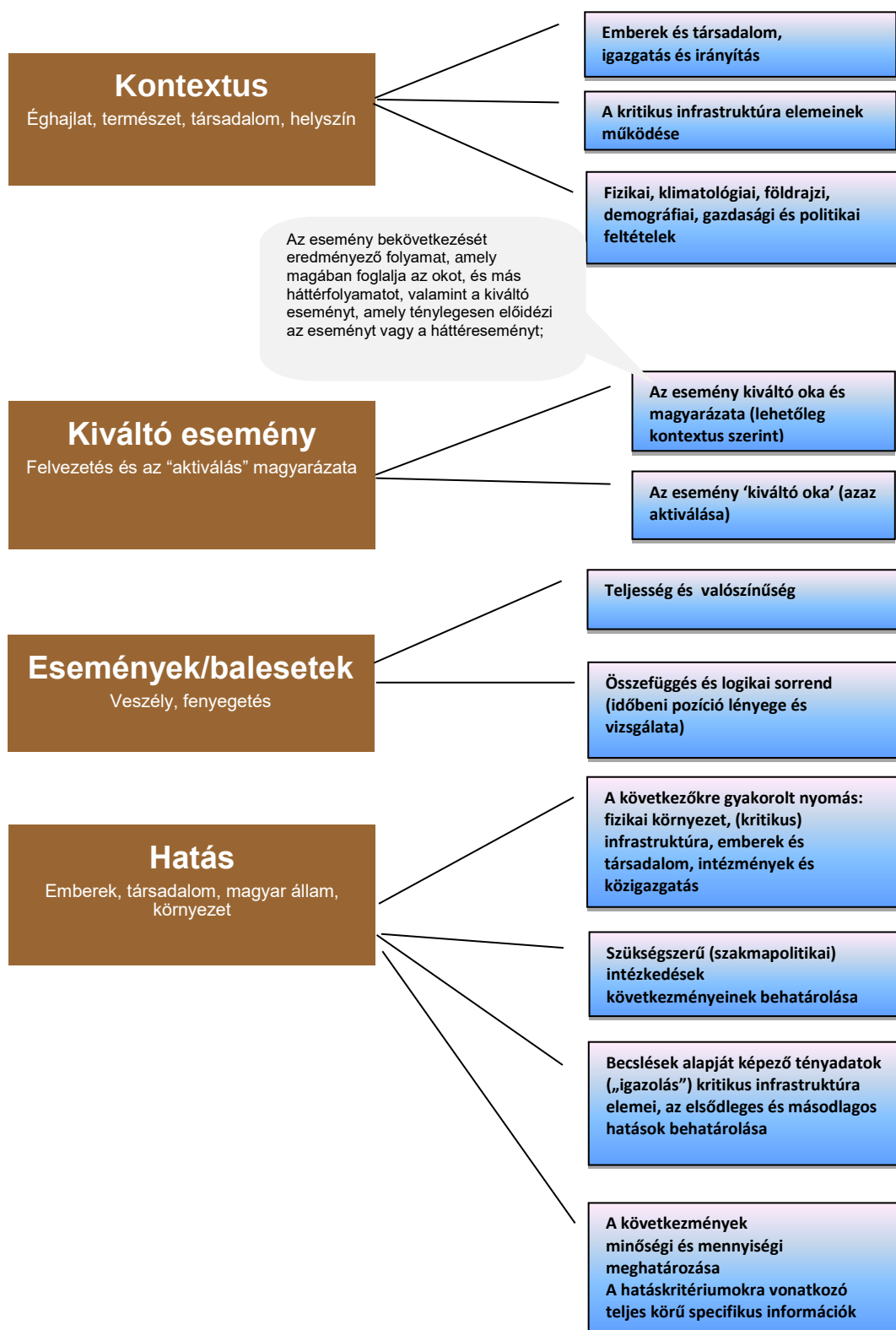
A kockázati forgatókönyv valamely váratlan eseménynek és balesetnek egy részletesen kidolgozott egyedi leírása, egy jövőbeni állapot és az ezt eredményező cselekmények és/vagy események sorának leírása. A forgatókönyvek elkészítésére vonatkozóan az általános elv, hogy azok a legrosszabb esetre vonatkozó realisztikus forgatókönyvek legyenek; más szóval, nagyon súlyos következményeket leíró, de megalapozott forgatókönyvet vázoljanak fel. A forgatókönyv ezért a valószínű, de egyben az elképzelhető legsúlyosabb esetet mutatja be. A forgatókönyv leírása tényszerű információkat tartalmaz a következők szerint:

2. ábra - A forgatókönyv-írás fő szempontjai

1.	Kontextus /eseti összefüggések
2.	Az események, esetek lefolyása/kialakulása
3.	Következmények (hatások) potenciális területe
4.	Potenciális “dominó-effektus” ismertetése a többszörös kockázatok kezelésének támogatására (a forgatókönyv-lista azon elemeinek azonosítása, amelyeket a dominó-effektus kiválthat)

Az alábbi ábra részletesebb leírást tartalmaz a forgatókönyvek szerkezetéről:

3. ábra - A forgatókönyv-írás fő szempontjai



A forgatókönyv a rendelkezésre álló adatok mennyisége szerint az alábbiakat tartalmazza:

- a) történeti és levéltári feljegyzések vizsgálata a lehetséges következmény, veszélyeztető hatás dimenziójának meghatározásához, amelyek esetében a mennyiségi meghatározás lehetséges;
- b) a rendelkezésre álló statisztikai és idősoros adatok vizsgálata az előfordulási gyakoriság megállapításához.

Adatforrások/referencia anyagok (empirikus adatok, modell-számítások, szakértői becslések, valamely tudományos konszenzusos megállapításai), és az ezekkel kapcsolatos bizonytalansági tényező vizsgálata.

Időkeret meghatározása és annak indokolása.

Az éghajlatváltozás hatásainak elemzése az adott forgatókönyvvel összefüggésben:

- a) az adott területen a tendenciák, eseti összefüggések megállapítására használt adatforrások, elemzések, modellek,
- b) az előírt 5 és 25 éves időszakra vonatkozó előrejelzések.

A forgatókönyv kellően specifikus leírást tartalmaz ahhoz, hogy következtetni lehessen az adott forgatókönyv esetében szükséges képességek és erőforrások (eszközök és módszerek) meghatározására.

A forgatókönyv kiválasztásának folyamata során a forgatókönyveket két időszakra kell elkészíteni:

- 1) az elkövetkező három-öt évre,
- 2) és hosszabb távon, 20 és 25 év közötti időszakra vonatkozóan.

A hosszú távú időszakra vonatkozó forgatókönyv a készítés időpontjában rendelkezésre álló ismeretek és előre jelezhető trendek alapján készül.

Az éghajlatváltozás hosszú távú hatásainak figyelembe vétele érdekében egy speciális, az éghajlatváltozás aspektusaira vonatkozó táblázat készült. Az összehasonlító táblázat tartalmazza az éghajlatváltozás lehetséges hatásait, illetve az érintett ágazatokat és szereplőket [7⁶; 8⁷; 11⁸].

⁶ Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó uniós stratégia; Brüsszel, 2013. április 16.; 2013.4.16. COM(2013) 216 végleges; A Bizottság közleménye az Európai Parlament, a Tanács, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság és a Régiók Bizottsága számára.

⁷ Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó uniós stratégia; Brüsszel, 2013. június 18.; A Tanács következtetései; 8556/13 ENV 304 SAN 128 AGRI 2245 FORETS 14 ENER 130 TRANS 167; ECOFIN 271 - COM(2013) 216 végleges; A Bizottság közleménye az Európai Parlament, a Tanács, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság és a Régiók Bizottsága számára.

⁸ Technical guidance on integrating climate change adaptation in programmes and investments of Cohesion Policy; Bizottsági szolgálati munkadokumentum, amely a következő dokumentumot kíséri; A Bizottság közleménye az Európai Parlament, a Tanács, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság és a Régiók Bizottsága számára; Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó uniós stratégia; Brüsszel, 16.4.2013; SWD(2013) 135 végleges.

A módosított EVE használatakor alkalmazott eljárás

A módosított EVE használata esetében az azonosítási eljárás a további részletes elemzés tárgyát képező forgatókönyvek kiválasztásán alapul. Ennek segítségével egyszerűen beazonosítható, hogy az adott esemény melyik fő kategóriát érinti. A kiválasztás során következő lépésében a kockázati terület meghatározására kerül sor. Ezt követi a forgatókönyvek meghatározása, majd végül a rész-forgatókönyvek meghatározása. Amennyiben az adott forgatókönyv nem bontható további alcsoportokra, az alforgatókönyv-oszlop fejléce nem tartalmaz információt. Ez megkönnyíti a forgatókönyvek és alforgatókönyvek pontos definiálását.

Az EVE táblázat címsorának alábbi részlete mutatja, hogy a forgatókönyvek további elemzésre történő azonosítása indokolt.

Fő kategória	Kockázati terület	Forgatókönyv	Alforgatókönyv	Megjegyzések
--------------	-------------------	--------------	----------------	--------------

Az elemzés következő lépésében több, a forgatókönyvekkel összefüggő körülményt kell megvizsgálni. A címsor mezők alábbi részlete tartalmazza ezeket a forgatókönyvhöz kapcsolódó körülményeket:

5 éven belül valószínűsíthető	20-25 éven belül valószínűsíthető	A forgatókönyvet éghajlatváltozási hatások előidézhetik és/vagy felerősíthetik	A forgatókönyv kritikus infrastrukturákat érint
----------------------------------	--------------------------------------	---	--

Az azonosított (veszélyhelyzeti és fenyegető) esemény-/baleseti forgatókönyveket két csoportra lehet osztani:

- 1) egyrészt azokra az eseményekre/balesetekre, amelyek reális bekövetkezése már az adott időpontban bizonyos valószínűséggel bír, például súlyosabb balesetek, áradások, vagy járványok,
- 2) másrészt olyan eseményekre, amelyek bekövetkezése más fejleményektől is függ, és amelyek vizsgált veszélyeztető hatása csak hosszabb távon realizálódik, mint például az öregedő népesség vagy az éghajlatváltozás hatásán alapuló forgatókönyvek.

Az EVE táblázat két következő mezője azokat az eseményeket és forgatókönyveket tartalmazza, amelyek kiválthatják az azonosított forgatókönyvek megvalósulását.

Kiváltó esemény	Kiváltó forgatókönyv
-----------------	----------------------

Az EVE táblázat következő mezője a forgatókönyvek által érintett társadalmi értékeket tartalmazza. Ebben öt fő társadalmi érték található:

A forgatókönyvben érintett társadalmi értékek				
Élet/egészség	Természet/ környezet	Pénzügy/gazdaság	Társadalmi stabilitás	Kormányzóképeség és területi igazgatás
Megközelítőleg 30 halálos áldozat vagy súlyos sérült	Környezeti hatás: közvetlen költségek megközelítőleg 1 milliárd HUF	Gazdasági hatás: közvetlen költségek megközelítőleg 10 milliárd HUF / esemény vagy 50 milliárd HUF / év	A társadalom jelentős részét érinti	Politikai következmények Ha az esemény széles körű lakossági elégedetlenséget vált ki, vagy ha az ország vezetését veszélyezteteti fenyegetés

Az EVE űrlap utolsó előtti rovata azt mutatja, hogy szükséges-e **katasztrófaveszély és/vagy veszélyhelyzet** kihirdetése vagy sem az azonosított forgatókönyvek vonatkozásában. Egy forgatókönyvet abban az esetben kell további elemzésnek alávetni, ha az adott forgatókönyv országos léptékű veszélyeztető hatással jár, például veszélyhelyzet kihirdetésére van szükség és legalább egy társadalmi szempontot érint (élet/egészség, természet/környezet, pénzügyek/gazdaság, társadalmi stabilitás, kormányzóképeség vagy területi igazgatás). Ebben az összefüggésben a **katasztrófaveszély és/vagy veszélyhelyzet kihirdetése** azt jelenti, hogy az esemény bekövetkezésekor feltételezhető kár megelőzése, elhárítása vagy a következmények felszámolása meghaladja az erre rendelt szervezetek előírt együttműködési rendben történő védekezési lehetőségeit, és különleges intézkedések bevezetését, valamint az önkormányzatok és az állami szervek folyamatos és szigorúan összehangolt együttműködését, illetve nemzetközi segítséget igényel.

Szükséges katasztrófaveszély és/vagy veszélyhelyzet kihirdetése	További elemzés indokolt
---	--------------------------

A kockázatelemzés

A fejezet a kockázatelemzés egyes elemeiről ad áttekintő képet. A hatáselemzéssel kapcsolatban a vizsgálati szempontok, a kockázati mátrixok és az aggregációs módszer kerül bemutatásra. A valószínűség-vizsgálat a különféle események előfordulási valószínűségének elemzési módjait, valamint a bizonytalansági tényező meghatározását taglalja. Végezetül az éghajlatváltozás hatásait, a többszemponútú elemzés módszerét és a kockázati diagramot tárgyalja a fejezet.

A módosított előzetes veszélyelemzési sablon használata esetén, a többszemponútú elemzés (vagy másképp multikritérium-elemzés) elnevezésű táblázat szolgál a kockázatok elemzésének végrehajtására. Ez a táblázat tartalmazza az egyes forgatókönyvek nyolc kritérium szerinti hatáselemzésének eredményét.

Az azonosított társadalmi értékek alkalmazása

A nemzeti kockázati diagram azokat a nem várt eseményekkel/balesetekkel kapcsolatos kockázatokat tartalmazza, amelyekkel Magyarországnak számolnia kell. A meghatározás szerint a nem várt események/balesetek negatív következményekkel járnak az alapvető társadalmi értékek tekintetében. A bemutatott elemzés során az elérhető beszámolókból, jelentésekben, és más országokban elvégzett hasonló elemzésekben [1; 2; 3; 4⁹; 5¹⁰;] követett megközelítési módszer került alkalmazásra.

Hatáselemzés

Veszélyeztető hatásokra vonatkozó kritériumok definíciója; értékelő mátrixok

A veszélyeztető hatások vizsgálata öt fő kritérium szerint történik, melyek a meghatározott öt alapvető társadalmi értékhez kapcsolódnak:

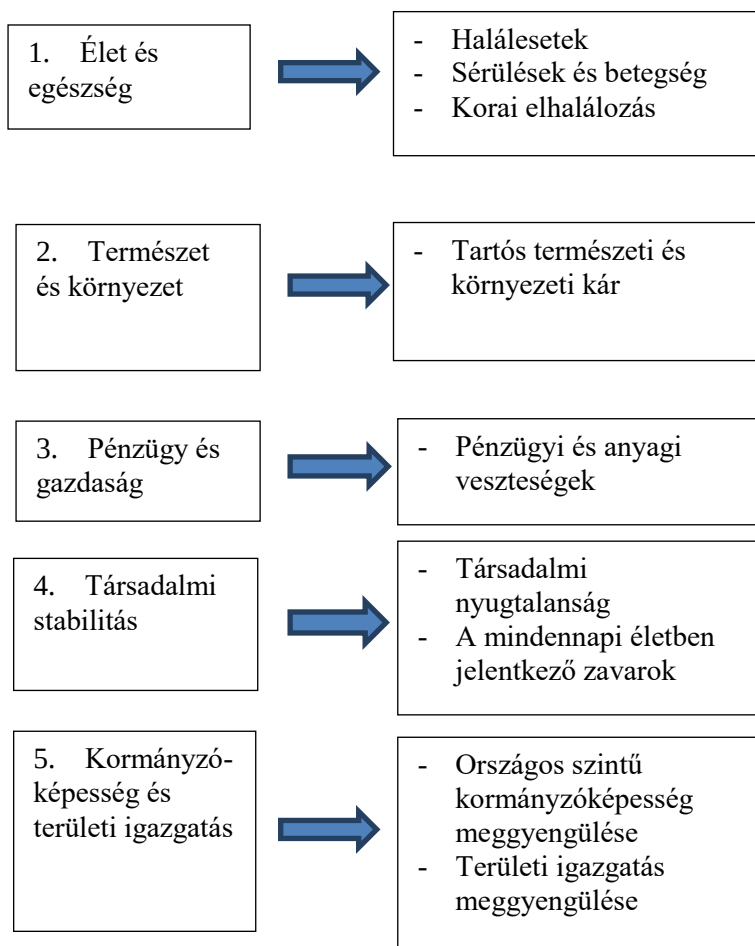
- 1) életvédelem és egészség,
- 2) természet és környezet,
- 3) pénzügy és gazdaság,
- 4) társadalmi stabilitás,
- 5) kormányzóképeség és területi igazgatás.

A következő lépésben minden egyes alapvető társadalmi értékre vonatkozóan meg kell határozni a lehetséges veszélyeztető hatások kritériumait, az alábbiak szerint:

⁹ A veszélyhelyzetek kockázatainak országos jegyzéke; 2012. évi kiadás; Miniszterelnöki hivatal; Egyesült Királyság

¹⁰ Svéd nemzeti kockázatelemzés 2012; Svéd Polgári Védelmi Ügynökség (MSB); ISBN: 978-91-7383-339-4

4. ábra – Az egyes társadalmi értékekhez kapcsolódó lehetséges hatáskritériumok



Az elemzés során, a potenciális veszélyhelyzetet kiváltó eseményeket és a hatások mérésére szolgáló mutatókat a veszélyeztető hatásokra vonatkozóan megállapított kritériumokhoz kell hozzárendelni.

1. táblázat - Potenciális fenyegetettséget kiváltó események és a hatások mérésére szolgáló mutatók

Hatáskritériumok	Potenciális fenyegető események	Hatások mérésére szolgáló mutatók
Haláleset	vegyi baleset, gátszakadás, földcsuszamlás, földrengés, terrorcselekmény, járvány, atomerőmű-baleset, súlyos viharok, hőszegély összefüggő morbiditás és mortalitás, hideghullámok, erdőtüzek, veszélyes árukat vagy veszélyes anyagokat érintő közlekedési balesetek, toxikus anyagok, utcai zavargások, bányaozlás, földrengés, nukleárisbaleset, hóvihar, felhőszakadás okozta villámárvizek stb.	halálesetek száma, ideje (azonnali: 1 éven belül; korai halálozás: 2-20 éven belül)
Sérülések és betegség	vegyi baleset, nagyobb utcai zavargások, bányaozlás, földrengés, nukleárisbaleset, hóvihar okozta sérülések, veszélyes árukat vagy veszélyes anyagokat érintő közlekedési balesetek, járványok, súlyos viharok, erdőtüzek stb.	krónikus betegségben szenvedő vagy súlyosan megsérült emberek száma, lappangási idő (1 éven belül; 2-20 éven belül)
Tartós természeti és környezeti kár	(öko)toxikus anyagok, vegyi baleset, nukleárisbaleset, folyók és tavak elszennyeződése, éghajlatváltozás, gátakat érintő nagyobb balesetek, földrengés, erdőtüzek, csapadékhiány és felhőszakadás okozta talajerózió, erdős és művelésre alkalmas területek csökkenése gyakori vagy intenzív aszályok következtében, folyami és természetes vizeket és felszín alatti vízbázisokat érintő olajszennyezés, zágytározókat érintő balesetek, veszélyes anyagok tárolására használt műtárgyakat (pl. veszélyeshulladék-tárolók) érintő balesetek. stb.	érintett terület, okozott kár időtartama
Pénzügyi és anyagi veszteségek	jelentős menekültáradat, tömeges betegszabadságolással járó járvány, a pénzügyi piac összeomlása, gátszakadás, földcsuszamlások, földrengés, nukleárisbaleset, vegyi baleset, áradás és súlyos viharok okozta károk költsége, aszályok okozta mezőgazdasági károk, erdős területek gazdasági értékének csökkenése, nyári időszakban megnövekedett energiaigény hóhullámok, stb. miatt	költségek, vagyoni kár, egészségkárosodás, pénzügyi veszteség, baleseti és javítási költség, teljes gazdasági kár
Társadalmi zavargás	az emberek félelem és/vagy harag által kiváltott magatartásbeli reakciói; zavargások és vandalizmus, tüntetés; irracionális pénzügyi tranzakciók (tömeges készpénzfelvétel); elköltözés/lakóhelyváltás; közterületek (munkahely, óvoda, iskola) és közlekedés elkerülése stb.	magatartásbeli reakcióban érintett emberek száma és a jelenség időtartama
Zavarok a mindennapi életben	alapvető szolgáltatások akadózása vagy hiánya: közlekedés, szállítás, élelmiszer, víz, tüzelőanyag/üzemanyag, villamos energia, pénzügy és gazdaság, kritikus infrastruktúra. Másodlagos szolgáltatások akadózása vagy hiánya: távközlés, oktatás, egészségügyi ellátáshoz való hozzáférés.	érintett emberek száma, időtartam

Országos szintű kormányzó-képesség gyengülése	a demokratikus rendszer megsértése, kibertámadás (állami intézmények, pénzügyi intézmények), terrorcselekmény, stb.	közigazgatás működését érintő kár, politikai irányítás működését érintő kár, országos pénzügyi rendszer működését érintő kár, közrendet és közbiztonságot érintő kár, szabadságjogokat és egyéb jogokat (vallási, szólásszabadság, szavazati jog) érintő kár stb.
Területi igazgatás gyengülése	baleset, az ország (teljes vagy részleges) megközelíthetatlensége; tényleges veszteség: külső hatalom támadása, nemzetközi szerződések vagy jog megsértése, amely magába foglalja szuverenitással és végrehajtással kapcsolatos problémákat; működési kár: épületek, lakások, infrastruktúra, mezőgazdasági terület stb. pusztulása	érintett földrajzi terület, a károkozás időtartama

Többszemponútú elemzés

A mutatókhoz kidolgozott forgatókönyvek értékelésének célja a nyolc hatáskritérium gyakorlatba ültetése. A mutatókhoz tartozó prognosztizált értékeket (és lehetőség szerint az alsó és felső küszöbértékeket) mátrixok alapján A, B, C, D vagy E besorolási kategóriába számítják át a nyolc kritérium mindegyikére. Ezek a sorrendi skálán elhelyezkedő értékek alkotják a többszemponútú elemzések alapját.

Mind a nyolc kritérium esetében a veszélyeztető hatáshoz mérhető értéket rendelnek az öt kategória segítségével: A – B – C – D – E.

A besorolás a következőképpen történik:

2. táblázat – Hatáskritériumok osztályozása

A	Csekély mértékű következmények
B	Jelentős következmények
C	Súlyos következmények
D	Nagyon súlyos következmények
E	Katasztrofális következmények

A módosított előzetes veszélyelemzéshez használt sablon többszemponútú elemzés elnevezésű lapja tartalmazza az egyes forgatókönyvek nyolc kritérium szerinti hatásértékének eredményét. A többszemponútú elemzést bemutató táblázat első két oszlopa tartalmazza a forgatókönyveket és alforgatókönyveket, az azt követő oszlopok pedig a hozzárendelt

hatások/következmények besorolási szintjét (A, B, C, D, E) a nyolc kritérium szerint. "Nem" jelzi, ha valamelyik kritérium egy adott esetben nem alkalmazandó.

Értékelő mátrixok

A többszemponútú elemzés során alkalmazott hatásértékek meghatározásához a nyolc kritériumhoz értékelő mátrixok kerültek kidolgozásra az alábbi minták szerint. Az összes kockázati forgatókönyv kiértékelésre kerül az azonosított hatáskritériumok szempontjából.

A halálesetekre és sérülésekre vonatkozó mátrixok a magyar gyakorlatban alkalmazott numerikus értéket veszik figyelembe [9¹¹; 10¹²]. A táblázatsorozatban bemutatott mátrixok nagy része alapvetően a nemzetközi gyakorlatban használt intervallum-értékeket és pontozási módszereket alkalmazza.

¹¹ 219/2011. (X. 20.) kormányrendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről; Magyarország.

¹² Az Európai Parlament és a Tanács 2012. július 4-i 2012/18/EU rendelete a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EGK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről.

3/A-3/H. táblázat – Az elemzés során alkalmazott nyolc értékelő mátrix sablon

3/A. táblázat

1. HALÁLESET					
<i>halálesetek száma</i> <i>Idő</i>	<10	10-100	100-500	500-1000	1000<
Azonnali haláleset értéke	A	B	C	D	E
Időelőtti halál 2-20 év múlva	A	A	B	C	D

3/B. táblázat

2. SÉRÜLÉS ÉS BETEGSÉG					
<i>sérülések száma</i>	<5	6-19	20-99	100-1000	1000<
Érték	A	B	C	D	E

3/C. táblázat

3. TARTÓS TERMÉSZETI ÉS KÖRNYEZETI KÁROSODÁS				
<i>Relatív Terület</i> <i>Szakpolitikai kategória</i>	< 3 %	3-10 %	10 % <	
Nemzeti parkok, Natura 2000 területek	C	D	E	
10 évnél hosszabb ideig tartó károsodás	D	E	E	
<i>Terület [km²]</i> <i>Szakpolitikai kategória</i>	< 30	30-300	300-3000	3000<
Környezetvédelem általában	A	B	C	D
10 évnél hosszabb ideig tartó károsodás	B	C	D	E

3/D. táblázat

4. PÉNZÜGYI ÉS ANYAGI VESZTESÉGEK					
320 HUF/EUR					
veszteség [EUR]-ban	< 50 millió	50-500 millió	500 millió - 5 milliárd	5 milliárd - 50 milliárd	50 milliárd >
TELJES gazdasági kár	A	B	C	D	E
Veszteségek összege					
Vagyoni kár					
Egészségügyi károk költsége					
Pénzügyi veszteség					
A káresemény elhárításának költsége					
Egyebek					
Számításban alkalmazandó értékek					
				RÉSZLEGES VESZTESÉG KÖLTSÉGE	TELJES VESZTESÉG FAJLAGOS KÖLTSÉGE
Vagyoni kár [EUR]	Otthonok				
	lakóegység			350	4 700
	Infrastruktúra				
	híd, viadukt			1 167	550 000
	vasút/közút			1 273	600 000
	ipartelepek "általában"			3 500	1 650 000
	középületek (kormányhivatalok, kórházak, iskolák, színházak, stb.)			3 500	1 650 000
Egészségkárosodás [EUR]	tartós munkaképtelenség/súlyos sebesülés			100 000	100 000
	halál			10 000	10 000
	súlyos sérülés			1 000	1 000
Pénzügyi veszteség [EUR]	gazdasági tevékenység megszakadása a vagyoni kár következtében				
A káresemény elhárításának költsége [EUR]	szolgáltatások, élelmiszerellátás extra költségei			7	7
	kitelepítés, szállítás			34	34
	szállás biztosítása			14	14
Egyebek [EUR]	a forgatókönyvvel kapcsolatban felmerülő egyéb közvetlen költségek				

3/E. táblázat

5. TÁRSADALMI ZAVAROK				
<i>időtartam</i> \ <i>emberek száma</i>	< 10 000	< 100 000	< 1 000 000	1 000 000 <
1 - 2 nap	A	A	B	C
3 - 7 nap	A	B	C	D
1 hét – 1 hónap	B	C	D	E
1 hónapnál hosszabb ideig elhúzódó	C	D	E	E
Vizsgálendő viselkedésbeli reakciók:				
Közterületek, közösségi közlekedés elkerülése				
Elköltözés, lakóhely megváltoztatása				
Szokatlan mértékű beszerzések/vásárlások				
Irracionális pénzügyi tranzakciók				
Szervezetek, hatóságok, személyek elleni tüntetések				
Zavargások, garázdaság				

3/F. táblázat

6. ZAVAROK A MINDENNAPI ÉLETBEN				
emberek száma időtartam	< 10 000	< 100 000	< 1 000 000	1 000 000 <
1 - 2 nap	A	A	B	C
3 - 7 nap	A	B	C	D
1 hét – 1 hónap	B	C	D	E
1 hónapnál hosszabb ideig elhúzódó	C	D	E	E
		"átl." és "legmagasabb" átl.		
Alapvető szolgáltatások	érték hozzárendelve a fenti mátrixban			legmagasabb érték
Eszközök				
Élelmiszer és víz				
Tüzelőanyag és üzemanyag				
Villamos energia				
Pénzügy				
Egyéb szolgáltatások	érték hozzárendelve a fenti mátrixban			átl. Érték
Kommunikáció				
Oktatás				
Egészségügyi ellátás				

Környezetvédelem		
Evakuálás		

3/G. táblázat

7. KORMÁNYZÓKÉPESSÉG MEGGYENGÜLÉSE			
<i>mutatók száma</i> <i>időtartam</i>	1	2	3, 4
Nap	A	B	C
hét	B	C	D
hónap	C	D	E
1 év vagy hosszabb	D	E	E
értékelés során figyelembe veendő mutatók:			
Országos igazgatás működőképességének meggyengülése			
Az országos politikai képviselők feladatának ellátásához szükséges képesség meggyengülése			
Az országos pénzügyi rendszer működésének meggyengülése			
A közrend és közbiztonság meggyengülése			

3/H. táblázat

8. TERÜLETI IGAZGATÁS MEGGYENGÜLÉSE				
<i>Terület [km²]</i> <i>időtartam</i>	30 - 300 (város)	300 - 3000 (megye)	3000 - 30 000 (megye)	30 000 < (régió)
2 - 6 nap	A	A	B	C
1 – 4 hét	A	B	C	D
1 – 6 hónap	B	C	D	E
6 hónapnál hosszabb ideig elhúzódó	C	D	E	E

Aggregált hatásérték kiszámítása: többszemponútú elemzés

Az úgynevezett többszemponútú vagy multikritérium-elemzés alapvetően két lépésből áll: (1) a forgatókönyvek hatásértékének meghatározása az egyes kritériumok szerint a kockázati mátrixok segítségével és (2) az értékek aggregálása valamilyen összegző módszerrel.

Ennek a lépésnek a célja a kockázati forgatókönyvek hatásértékének kiszámítása. A mutatók prognosztizált vagy becsült értékét egy sorrendi skálán elhelyezkedő A, B, C, D vagy E értékre váltják át (sorrendi címkék) a fent bemutatott értékelő mátrixok segítségével.

Az egyes forgatókönyveket mindegyik kritérium szempontjából értékelni kell. "Nem" felirat jelöli, ha egy kritérium az adott forgatókönyv esetében nem alkalmazandó. Ezek a sorrendi skálán elhelyezkedő értékek alkotják a többszemponútú elemzések alapját. A táblázatban található egyes mezők tartalmazzák a "Nem", A, B, C, D, vagy E értékeket.

4. táblázat – Az azonosított forgatókönyvek (Sn) érték-alapadatai (A, B, C, D, E érték) a nyolc kritérium szerint. A hatáselemzés során alkalmazandó sablon

	Haláleset	Sérülés és betegség	Természeti és környezeti károk	Pénzügyi és anyagi veszteség	Társadalmi zavargás	A mindennapi élet megzavarása	A kormányzó-képesség meggyengülése	A Területi igazgatás meggyengülése
Forg.	Krit. 1.	Krit. 2.	Krit. 3.	Krit. 4.	Krit. 5.	Krit. 6.	Krit. 7.	Krit. 8.
S1								
S2								
S3								
....								
Sn								

A súlyozott átlag-értékelési módszer

A kockázatértékelés kétféle súlyozást, vagyis két főbb megközelítést alkalmaz, a kockázatok jelentőségének megítélése és a kritériumok súlya szerint. A kritériumok egyforma súlyozása azt jelenti, hogy a forgatókönyv valamennyi következménye egyenlő jelentőséggel bír, nincsenek kiemelendő szempontok. Az egyenlő súlyozás alapján kialakított profil azt jelenti, hogy az azonos kockázati szintű hatással járó (A-tól E-ig) következmény valamennyi kritérium szempontjából azonos jelentőséggel bír. Ez alapján mindegyik kritériumhoz egyenlő $1/8=0,125$ súlyozási értéket kell hozzárendelni.

Más megközelítés szerint az elemzők véleménye, értékelése alapján bizonyos súlyozási értéket rendelnek hozzá a kritériumokhoz. A súlyozási értékek összege 1 kell, hogy legyen, ezen belül azonban az értékek tetszés szerint, de az elemzők álláspontjának megfelelő módon szétoszthatók. A nem egyenlő súlyozásos módszerrel információt lehet szerezni arról, hogy a preferenciák miképpen tudják megváltoztatni a kockázat összképét, vagyis vizsgálni lehet az érzékenységet. A nem egyenlő súlyozásos (hagyományosnak tekinthető) módszerrel kialakított profil egyfajta tradicionális álláspontot képvisel, amely elvárja a társadalomtól, hogy óvja az épített és természeti környezetet, és amely megközelítésben az immateriális értékek számítanak fontosnak. A halálesetekben, sérülésekben, krónikus betegségben, hosszú távú környezeti és természeti károkból, a mindennapi élet megzavarásában és az állam alkotmányos működésének akadályozásában megmutatkozó következmények minősülnek nagyon súlyosnak. Ezt a megközelítést tükrözi, hogy ezek a kritériumok nagyobb súllyal esnek latba. A jelen esetben a nem egyenlő súlyozásos megközelítés kerül alkalmazásra az alap kockázati diagram kialakításánál.

A súlyozott átlag szerinti értékelési módszerben az A, B, C, D, és E sorrendi értékek először numerikus értékekre kerülnek átváltásra értékfüggvények segítségével.

A jelen dokumentumban bemutatott elemzés ehhez 10-es számrendszeren alapuló exponenciális értékfüggvényeket alkalmaz. E függvényen az A, B, C, D, és E szintek 10

hatványaiként aránylanak egymáshoz, és az E értéke $10^4=10000$, de normaként $E=1$ értéket vesznek alapul: $No = 0/10^4=0$; $A = 10^0/10^4 = 0,0001$; $B = 10^1/10^4 = 0,001$, stb.

5. táblázat - A szintek mennyiségi értékei (q_i)

Címkék	Exponenciális értékfüggvény 10-es számrendszerben
No	0.0000 (= 0/10000)
A	0.0001 (= 1/10000)
B	0.0010 (= 10/10000)
C	0.0100 (= 100/10000)
D	0.1000 (= 1000/10000)
E	0.1000 (= 1000/10000)

A kritériumokként meghatározott kvantitatív numerikus értékek (q_i) ezt követően felszorzásra kerülnek a megfelelő kritérium relatív súlyával (w_i), majd az eredményeket átlagolják. Ez adja az adott forgatókönyv (S_n) súlyozott átlagát (WS).

$$WS(S_n) = \sum_{i=1}^8 q_{ni} \cdot w_i$$

A súlyozott átlagok végeredménye 0 (legalacsonyabb érték) és 1 (legmagasabb érték) közé esik. A végső besorolási érték jelenti az egyes forgatókönyvek összehatásának súlyossági szintjét. A végső besorolási érték értelmezése: minél magasabb az érték, annál jelentősebb a forgatókönyv nyolc kritérium szerinti összehatása.

A kockázati forgatókönyvek hatásainak súlyozott átlagát tartalmazó értékek (WS [S_n]) a későbbiekben bemutatásra kerülő kockázati diagram logaritmikus függőleges tengelyén (Y-tengely) helyezkednek el.

A kritikus infrastruktúrára gyakorolt hatások figyelembe vétele

A megfelelő hatásértékelés és a hatás tényleges jelentőségének megállapítása érdekében fontos megvizsgálni az alapvető infrastruktúra esetleges károsodását és annak mértékét (időtartam, emberek száma). Ez különösen a gazdasági kár/költség arány és a mindennapi életre gyakorolt zavaró hatás meghatározása szempontjából releváns tényező.

A fejezetben azok az infrastruktúra ágazatok szerepelnek, amelyek egy forgatókönyv esetén veszélybe kerülhetnek [13¹³, 14¹⁴, 15¹⁵]. A táblázat ellenőrző listaként szolgál a „pénzügyi és anyagi veszteségek”, illetve a „zavarok a mindennapi életben” kritérium értékeléséhez. A fejezet bemutatja továbbá az ágazatok és hatásértékek közötti kapcsolatot. A „mindennapi életben megjelenő zavarok” mátrix alapvető és egyéb szolgáltatásainak hatásai nyolc

¹³ 65/2013. (III. 8.) Kormányrendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról

¹⁴ 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.

¹⁵ A Tanács 2008. december 8-i 2008/114/EK irányelve az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről

ágazathoz kapcsolódnak. Az iparra vonatkozó értéket a pénzügyi és anyagi veszteségek hatásértéke határozza meg, amennyiben ipari területek érintettek az adott forgatókönyvben. A jogrend és közigazgatás ágazat a „meggyengült kormányzóképeség” mátrix pontértékével áll összefüggésben.

Az értékelés során csak prognosztizált értékek kerülnek vizsgálatra.

6. táblázat – A kritikus infrastruktúra ágazatai Magyarországon és a három értékmátrixon alapuló kritériumok (leírás szerint)

Kritikus infrastruktúra ágazatok	Kritériumok
Energia	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "tűzelőanyag és üzemanyag" és "villamos energia" magasabb értéke
Közlekedés	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "közlekedés" értékelése
Agrárgazdaság	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "élelmiszer és víz" értékelése
Egészségügy	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "egészségügyi ellátáshoz való hozzáférés" értékelése
Pénzügy	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "pénzügy" értékelése
Társadalombiztosítás	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "egészségügyi ellátáshoz való hozzáférés" értékelése
Infokommunikációs technológiák	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "telekommunikáció" értékelése
Víz	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "élelmiszer és víz" értékelése
Jogrend – Kormányzat	"Meggyengült kormányzóképeség" értékmátrix - a mátrix értékelése
Közbiztonság – Védelem	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "kitelepítés" értékelése
Honvédelem	"Mindennapi életben megjelenő zavarok" értékmátrix - "kitelepítés" értékelése

Valószínűségek elemzése

Általános feltevések

A forgatókönyvek bekövetkezési valószínűségének meghatározása a következő alapfeltevésekből indul ki.

- A bekövetkezési valószínűség meghatározása öt kategória (A-E kategóriák) alapján történik. A kategóriák felosztása a hatás meghatározásához választott alapelvekhez igazodik. Az első, valószínűséget meghatározó kategória (A) olyan esemény-forgatókönyvet jelöl, amelynek bekövetkezése nagyon valószínűtlennek tekinthető, míg az utolsó kategóriába (E) olyan forgatókönyv tartozik, amelynek bekövetkezése nagyon valószínűnek minősül. A kategóriák között egyenlő arányközöket kell meghatározni. Ezt mind a valószínűségi kategóriákon belül, mind a hatás kategóriákon belül, külön-külön és együttesen is be kell tartani. Mennyiségi becslések során a

kategóriák közötti intervallum 10-es együttthatónak számít mind a valószínűség, mind a hatás tekintetében. Ez azt eredményezi, hogy a valószínűségre és a hatásra vonatkozó teljes kimeneteli esemény-mező megegyezik.

- b) Ha a valószínűség meghatározásában itt bemutatott elemzés hiányos, kisebb vagy nagyobb mértékben adatokra/információkra kell támaszkodni. Ez azt jelenti, hogy az esemény típusától függően az alábbiak közül egy vagy több információforrást szükséges igénybe venni:
 - történeti események, esettanulmányok;
 - statisztikák, adott esetben valószínűségi modell-számításokkal együtt;
 - hibákra vonatkozó adatok - hálózatelemzésekkel/döntéshozatali ábrákkal együtt;
 - szakértői becslések.
- c) Minden forgatókönyv esetében három valószínűségi értéket szükséges meghatározni:
 - az esemény bekövetkezési valószínűségének prognosztizált középértékét (K);
 - az esemény bekövetkezési valószínűségének alsó küszöbértékét (A);
 - az esemény bekövetkezési valószínűségének felső küszöbértékét (F).
- d) A bekövetkezési valószínűség az adott forgatókönyv öt éven belül történő bekövetkezésének valószínűségét fejezi ki.
- e) Az első négy valószínűségi kategória (A, B, C, D) esetében további három alkategóriát lehet kialakítani (alacsony - közepes - magas), hogy ezáltal szélesebb és folytonosabb kimeneteli mező jöjjön létre.
- f) A kockázati forgatókönyv bekövetkezési valószínűségét elsődlegesen a kiváltó esemény határozza meg. Fontos ezért, hogy a forgatókönyv megfelelő leírást tartalmazzon a kiváltó okról, különbséget téve veszélyhelyzeti forgatókönyv (nem ártó szándékú vagy nem szándékos) és a fenyegetettségi forgatókönyv (ártó szándékú, szándékos) között.
- g) A nemzeti léptékkal mérve biztonsági és nemzetbiztonsági fenyegetést jelentő katasztrófáknak általában alacsony a bekövetkezési valószínűsége, vagy olyan fenyegetésről van szó, amellyen az ország még nem találkozott a korábbiak folyamán. Ilyen események meghatározásához átfogó és egységes indoklásra van szükség, amely a potenciális veszélyhelyzet/fenyegetettség kontextusáról is átfogó leírást tartalmaz.

Valószínűségi kategóriák

Különböző megítélés alá esik a veszélyhelyzeti és a fenyegetettségi forgatókönyvek valószínűségének meghatározása. A különbségtétel oka, hogy a fenyegetettségi

forgatókönyveket alapvetően szándékos emberi cselekedetek idézik elő, amely tényezőt komolyabban kell figyelembe venni.

7. táblázat - Veszélyhelyzetekre vonatkozó valószínűségi kategóriák

Kategória	% ötévenkénti időszakra vetítve	Minőségi leírás
A	< 0,1	nagyon valószínűtlen
B	0,1 – 1	valószínűtlen
C	1 – 10	lehetséges
D	10 - 100	valószínű
E	100	nagyon valószínű

8. táblázat - Fenyegetettségre vonatkozó valószínűségi kategóriák

Kategória	A fenyegető kategóriák jellemzése
A	az eseményre utaló konkrét jel nincs és bekövetkezése nem valószínűsíthető
B	az eseményre utaló konkrét jel nincs, bekövetkezése túlzóan valószínűsíthető
C	az eseményre utaló konkrét jel nincs, de bekövetkezése valószínűsíthető
D	az esemény bekövetkezése nagyon valószínűsíthető
E	az esemény bekövetkezésére utaló konkrét jel

A kategóriába való besorolást két tényező határozza meg:

- 1) A forgatókönyvek leginkább a valószínűségi skála alsó részén helyezkednek el. Az alacsony bekövetkezési valószínűségű események további megkülönböztetéséhez egy logaritmikus skálát kell használni. A kategóriák közötti abszolút intervallum mindig 10-es együtthatóval növekszik.
- 2) A kategóriák közötti eltérés (10-es faktorszám alapján) egyben a becsült valószínűség megbízhatósági fokát is mutatja, ami kiigazítja a valószínűség becslésének pontatlanságát. Megbízható statisztikai adatok csak néhány forgatókönyv esetén állnak rendelkezésre. A sok esetben hiányos adatokat szakértői véleményekkel, becslésekkel együtt kell használni. A valószínűség kvalitatív kategóriák szerinti meghatározása esetén, a kiválasztott kategória elvben az adott kategória közepét fogja jelölni.

Valószínűségi kategória meghatározása

Információforrások

Tekintettel arra, hogy az elemzés középpontjában az elképzelhető legrosszabb kimenetelű események állnak, a forgatókönyvek nagy része esetében nem állnak rendelkezésre esetleírások. Mindemellett, különösen a fenyegetettségi forgatókönyvek esetében, a terrorcselekmények karakterisztikáját nem lehet múltbéli tapasztalatokra építve megállapítani. Ennek eredményeképpen az egyes forgatókönyvek bekövetkezési valószínűségének meghatározásához relevanciájuk vagy elérhetőségük szerint lehet különböző információforrásokat igénybe venni:

- a) történeti események, esetleírások;
- b) valószínűségi modell- és terv-számítások;
- c) hibákra vonatkozó elemi adatok - hálózatelemzésekkel/döntéshozatali ábrákkal együtt;
- d) szakértői becslések.

A legjobb esetben, egy kockázati forgatókönyv bekövetkezési valószínűségének meghatározása során – például súlyos balesetek esetén – lehetőség nyílik a rendelkezésre álló esetleírások közvetlen felhasználására, és ezáltal az eredmény kiigazítására a megváltozott (társadalmi vagy környezeti) feltételekről készített szakértői becslés alapján.

A nagyon súlyos balesetek (például egy nukleáris erőműnél bekövetkezett katasztrófa) bekövetkezési valószínűségének meghatározása elemi eseményekkel (szivattyú meghibásodása, stb.) kapcsolatos hiba-gyakoriság felmérése, valamint döntéshozatali ábra áttanulmányozása alapján történik. Súlyos természeti katasztrófák esetén a bekövetkezési valószínűség felmérése a természeti jelenségek (szélerősség, vízszint, stb.) gyakoriság szerinti eloszlása alapján történik a természeti jelenségekkel szembeni ellenálló képesség-elemzések tükrében (épületek állószilárdsága, védőgátak magassága, stb.). Különösen a fenyegetettségi forgatókönyvek esetében, a meghatározás legnagyobb részt a forgatókönyvekről, társadalmi tendenciákról és fenyegetettség-elemzésekről szóló szakértői vélemények és becslések alapján történik.

Szándékos vagy nem szándékos cselekmények

A forgatókönyvek esetében meg kell határozni, hogy a kockázati forgatókönyv szándékos cselekményen alapul-e vagy sem. Szándékos cselekmény esetén fenyegetettségi forgatókönyvről beszélünk. Amennyiben nincs szándékos cselekményre utaló jel, az eset veszélyhelyzeti forgatókönyvnek tekintendő.

A fenyegetettségi forgatókönyv bekövetkezési valószínűsége

A fenyegetettségi forgatókönyv bekövetkezési valószínűségének meghatározásakor gyakran használt kifejezés a megalapozottság. A bekövetkezési valószínűség meghatározásához ebben az esetben is a fent említett kvalitatív besorolás alkalmazandó. A kategorizálás a rendelkezésre álló ismeretek és az illetékes szervezetektől és/vagy egyéb szervektől kapott adatok alapján történik.

A fenyegetettségi forgatókönyv feltételezi, hogy a prognosztizált terrorfenyegetés bekövetkezik. Ezért a bekövetkezési valószínűséget elsődlegesen két tényező határozza meg:

- a) annak valószínűsége, hogy egy adott fenyegetés tényleges támadáshoz vezet; ezt az aspektust a fenyegetés típusa, illetve a terrorcsoportok képességei és szándékai határozzák meg;
- b) annak valószínűsége, hogy a támadás sikeres lesz; ezt az aspektust elsősorban a várható célpontok sebezhetősége határozza meg.

A fenyegetettségi forgatókönyv leírásában ténylegesen meg kell határozni a fenyegetés jellegét és hatását. Példa: egy metróállomás elleni támadás (jelleg), tucatnyi halálos áldozattal és több száz sebesülttel (hatás). A fenyegetések bekövetkezési valószínűségét alátámasztó érvelés gyakorlatilag teljesen megegyezik a veszélyhelyzetek bekövetkezési valószínűségére vonatkozó érveléssel. A különbség, hogy a fenyegetés jellege és a hatás teljes mértékben függő események (a terrorista célja a tervezett hatás elérése), míg a veszélyhelyzeti esemény esetében általában többféle hatás is valószínűsíthető.

A potenciális fenyegetés bekövetkezési valószínűségének meghatározásához figyelembe kell venni a kontextust, amelyben az adott fenyegetettségi forgatókönyv felmerül. A kontextus igen összetett is lehet, és nem feltétlenül csak társadalmi tényezőkkel, országon belüli ügyekkel áll összefüggésben, hanem nemzetközi fejleményekkel is.

Egy adott fenyegetettségi forgatókönyv bekövetkezési valószínűsége alapján az ötfokozatú (A, B, C, D, E) valószínűségi skála megfelelő kategóriába sorolódik.

A kategória a fenyegetettségi forgatókönyvben érintett potenciális célpont(ok) sebezhetőségének elemzését követően, az eredmény tükrében megváltoztatható. A sebezhetőség mértéke szerint három kategória kerül megállapításra:

9. táblázat – Sebezhetőség meghatározása

Pontérték	Sebezhetőség leírása
Alacsony	Nagyfokú ellenálló képesség a fenyegetéssel szemben. Szakmapolitikai stratégia átfogó igazgatási intézkedéscsomagba történő átültetése megtörtént, amely egyben a megfelelőséget is biztosítja.
Átlagos	Megfelelő ellenálló képesség a fenyegetéssel szemben, azonban az intézkedések és/vagy megfelelőség tekintetében néhány gyenge pont mutatkozik.
Magas	A fenyegetéssel szembeni ellenálló képesség szintje nem elégséges vagy teljes egészében hiányzik. Nincs szakmapolitikai stratégia, vagy azt nem megfelelő intézkedésekbe ültették át.

Ha a sebezhetőség magas besorolású, a valószínűségi kategória is egy szinttel magasabb besorolást kap (pl. C besorolásból D besorolás). Ha a sebezhetőség alacsony besorolású, a kategória is egy szinttel alacsonyabb lesz (pl. C-ből B). Átlagos sebezhetőség esetén az érték nem változik.

Az alábbi leírás részletesebben ismerteti a sebezhetőség értékének forgatókönyvtípus vagy fenyegetett célpont szerinti meghatározását.

A sebezhetőség értékének meghatározásához a fenyegetettségi forgatókönyvekre az alábbi kategóriák szerinti felosztás alkalmazandó:

1) Külső fenyegetés:

- a) helyszínek;
- b) épületek;
- c) információ- és kommunikációtechnológiai (továbbiakban: IKT) rendszerek;
- d) személyek.

2) Belső fenyegetés (behatolás)

A sebezhetőségi értékre vonatkozó alábbi táblázat tartalmazza azokat a tényezőket, amelyek segítségével meghatározható a kategóriák szerinti sebezhetőség szintje.

10. táblázat – A sebezhetőség értékének megállapítása

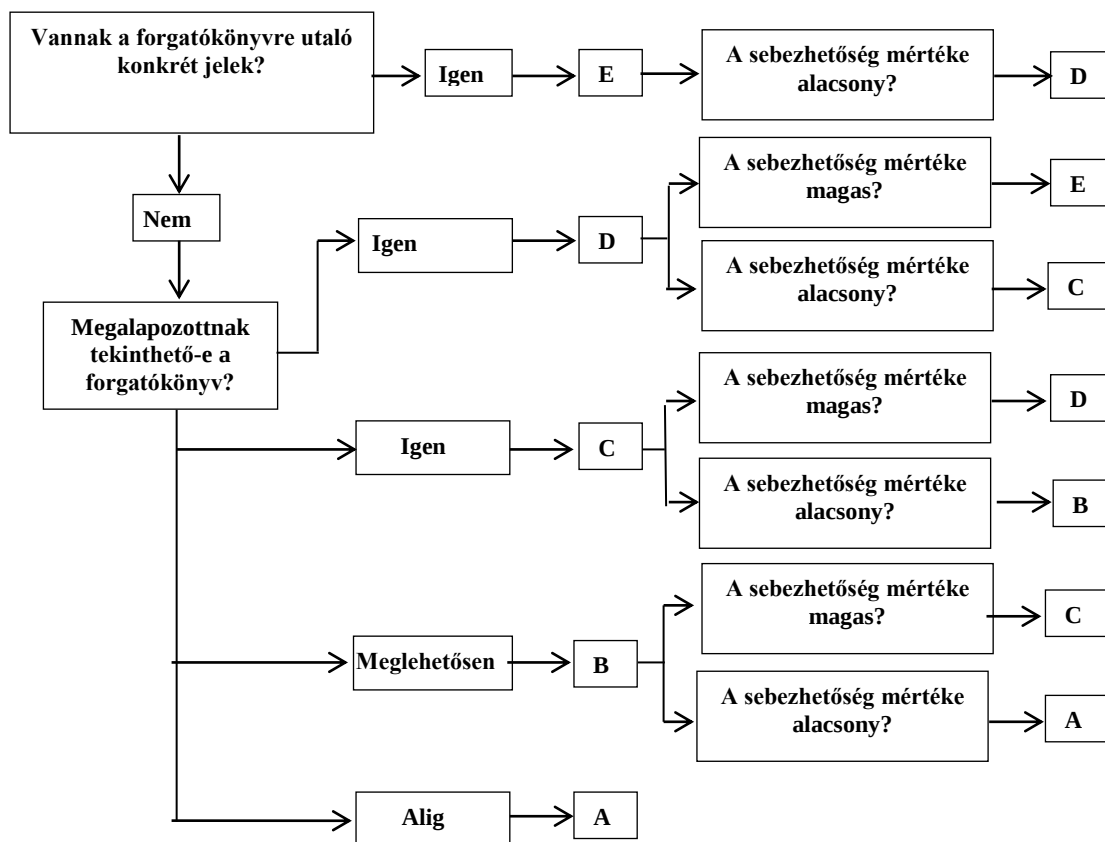
		A sebezhetőség mértéke: NAGY	A sebezhetőség mértéke: KICSI
Külső fenyegetés	Helyszínek	Több, ellenőrizetlen belépési pont; Hiányos elkerítés; Közutak a helyszín közelében; Nincsenek biztonsági kamerák	Teljesen körbekerített helyszín; Korlátozott számú belépési pont; Beléptető rendszer és nyilvántartás; Biztonsági kamerák vagy egyéb behatolás-érzékelő felügyeleti rendszer
	Épületek	Több belépési pont; Nem megfelelő beléptető rendszer és nyilvántartás; Nincs behatolás-érzékelő felügyeleti rendszer; Több használó	Körbekerített épület, egy őrzött belépési pont; Azonosító és regisztrációs rendszer (személyzet, látogatók, szerződéses partnerek); Az épületbe történő behatolást megakadályozó műszaki/elektronikai berendezések; Területi felosztás/zónák
	Közlekedési eszközök	Nincs biztonsági szolgálat; Nincs speciális járművezetői képzés; Úthasználatra, parkolásra, balesetekre, stb. vonatkozó	Feltörés elleni védelem, indításgátlók; GPS; Biztonsági képzés járművezetők számára;

		eljárások hiánya	Úthasználatra, útvonalak változására, balesetekre, parkolásra, stb. vonatkozó eljárások; Őrzött parkoló használata
	IKT rendszerek	Információs szabályzat hiánya; Nagyszámú internet hozzáférés a rendszerekhez; Vírusvédelem, tűzfalak, jelszavak tekintetében szabályzat és megfelelés nem teljes körű vagy teljesen hiányzik; Katasztrófavédelmi terv hiánya; Megfelelő biztonsági rendszer hiánya; Képzetlen személyzet és alkalmazottak	Papíralapú és kommunikációs információs szabályzat; Ellenőrzött, biztonságos hozzáférés a rendszerekhez; Vírusvédelem, tűzfal, jelszóvédelmi szabályzat; Katasztrófavédelmi terv megléte és alkalmazása; Aktív kötelezettségvállalás a biztonsági információk megosztására
	Személyek	Nincs biztonsági szolgálat	24 órás biztonsági szolgálat; Otthoni kamerás megfigyelő rendszer, betörésvédelem; Útvonalak, szállás, stb. tervezés
Illetéktelen behatolás		Átvilágítás, háttérellenőrzés hiánya; Nagyszámú szerződő partner, ideiglenes alkalmazottak; Elégtelen személyzeti szabályzat, nem megfelelő munkahelyi atmoszféra; Bizalmas információk tekintetében az ellenőrzési/kezelési eljárások teljes hiánya	Személyzet és ideiglenes foglalkoztatottak, harmadik fél alkalmazottainak átvilágítása; Szerződő partnerek, ideiglenes alkalmazottak felvételére vonatkozó szigorú szabályok; Nytott kommunikáció, megfelelő személyzeti szabályzat; A személyzet megfelelő ébersége minden gyanús eseménnyel szemben

Bizonytalanság meghatározása

Feltételezhető, hogy a bekövetkezési valószínűség tekintetében a bizonytalansági tényezőt a fenyegetés bekövetkezésének valószínűsége, és nem a becsült sebezhetőség határozza meg. Ez azt jelenti, hogy a fenyegetettségi forgatókönyv valószínűségének megállapításához meg kell vizsgálni az alsó küszöbértékként (A), felső küszöbértékként (F) és prognosztizált középértékként (K) használt kategóriákat. A vizsgálat végződhet azzal az eredménnyel is, hogy a három valószínűségi küszöbérték ugyanabba a kategóriába kerül.

5. ábra - Valószínűség meghatározásának folyamata (szándékos esemény esetében)



Veszélyhelyzeti forgatókönyv bekövetkezési valószínűsége

A veszélyhelyzeti forgatókönyvek valószínűség-meghatározásának folyamatát a jelen fejezet mutatja be az alábbi szempontok szerint:

- első lépésben a kvantitatív adatok rendelkezésre állását kell felmérni: esemény-adatok, meghibásodással kapcsolatos adatok, valószínűségi tervadatok, statisztikai adatok az éghajlati viszonyokról; ha az adatok rendelkezésre állnak, a valószínűséget azok alapján kell meghatározni;
- amennyiben szükséges, az alapértelmezett valószínűséget ki kell igazítani a leírt ok vagy feltétel szűkítése/szélesítése szerint (1. számú korrekciós tényező);
- Amennyiben szükséges, a valószínűséget ki kell igazítani a leírt hatás mértéke szerint (2. számú korrekciós tényező);
- amennyiben szükséges, a valószínűséget ki kell igazítani a megváltozott feltételekkel kapcsolatos tendenciák szerint (3. számú korrekciós tényező);
- amennyiben a kockázatkezelési képesség szintjének változása miatt történik kiigazítás, abban az esetben a sebezhetőségi besorolásban is változás áll be (4. számú korrekciós tényező).

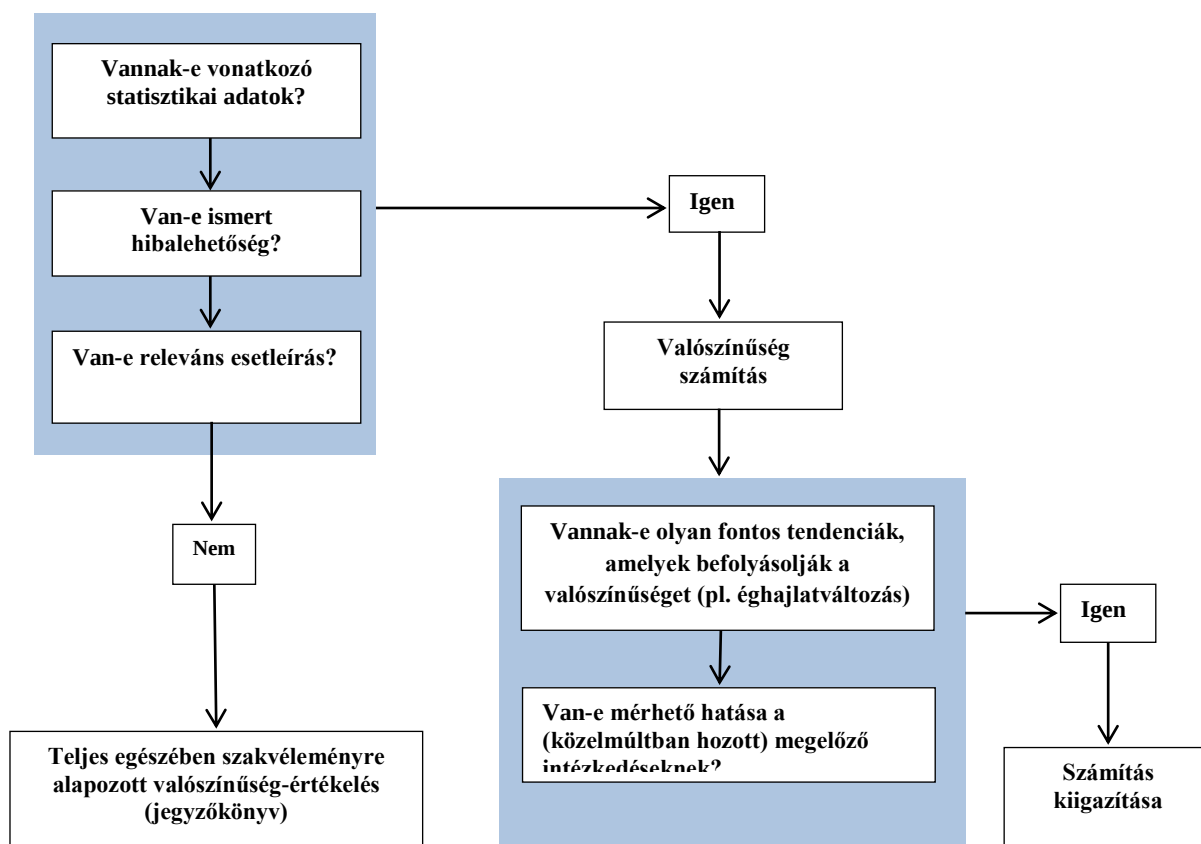
A veszélyhelyzeti forgatókönyv bekövetkezési valószínűségének meghatározása minden esetben legalább két elemet tartalmaz:

- 1) annak valószínűségét, hogy az adott vészhelyzeti esemény ténylegesen megtörténik;
- 2) annak valószínűségét, hogy az adott veszélyeztető esemény előidézi a leírt hatást.

Ahhoz, hogy mindkét valószínűséget meg lehessen határozni, figyelembe kell venni a veszélyeztető esemény bekövetkeztének kontextusát. A kontextus általában valamilyen műszaki és irányítási aspektussal kapcsolatos, közigazgatási szabályokkal és az azoknak való megfeleléssel, környezeti tényezőkkel, stb. áll összefüggésben.

A valószínűség prognosztizált középértékként jelenik meg (K). Az alsó és felső küszöbértéket az egyes alap-valószínűségek bizonytalansága és a meghatározott korrekciós tényezők értékelésével kell meghatározni. A legnagyobb bizonytalanságú lehetőséget vagy tényezőt, vagyis a prognosztizált értéktől felfelé vagy lefelé való legnagyobb eltérést kell a mérésnél alapul venni a valószínűség alsó küszöbértékének (A) és felső küszöbértékének (F) meghatározásához.

6. ábra – Veszélyek bekövetkezési valószínűségének meghatározása



Az éghajlatváltozás hatásainak figyelembe vétele

Míg a forgatókönyvek esetében a hatások és valószínűségek meghatározása során használhatók az elmúlt évekre vonatkozó statisztikai adatok és tapasztalatok, az éghajlatváltozásra vonatkozó forgatókönyvek esetében az előrejelzésekre, modellekre kell hagyatkozni a hatásértékelés elvégzéséhez. Az adott forgatókönyv által érintett veszélyeztetett elemek **receptorként** kerültek elnevezésre a jelen dokumentumban.

Az előzetes hatáselemzés (EVE) űrlapján azonosításra kerül az éghajlatváltozás által érintett forgatókönyvek köre. Az azonosítás szakaszában, két rovat figyelembe vétele szükséges az éghajlatváltozással kapcsolatos forgatókönyvek azonosítására, a következő fejléccel:

- 1) 20-25 éven belül valószínűsíthető és;
- 2) a forgatókönyvet az éghajlatváltozás hatásai előidézhetik és/vagy felerősíthetik.

Azokat a forgatókönyveket, amelyeket az éghajlatváltozás hatásai előidézhetnek és/vagy felerősíthetnek, a forgatókönyv hatásértékelésénél külön kell kezelni. Ezek a forgatókönyvek "C" jelzéssel vannak ellátva.

Az alábbi, az éghajlatváltozás lehetséges hatásait bemutató táblázat az érintett ágazatok és a receptorok közötti kapcsolat azonosítása és strukturálása érdekében került kidolgozásra. Ez a

mátrix képezi a későbbiekben bemutatott elemzés kiindulópontját. Főbb lépések az éghajlatváltozás hatásainak elemzése során:

- 1) Azonosításra kerülnek azok a forgatókönyvek, amelyekben az éghajlatváltozás következményei megjelenhetnek. Az így azonosított forgatókönyveket ezt követően felül kell vizsgálni olyan módon, hogy azokban az éghajlatváltozás hatásait vizsgálni lehessen.
- 2) Az elemzési fázisban a táblázat első oszlopának egyes rovataiba kell beírni a "C" jelzéssel ellátott forgatókönyveket. További forgatókönyvek is beilleszthetők indokolt esetben. (lásd később).
- 3) A táblázat fejléceibe a nyolc hatáskritérium kerül be (lásd később). Az éghajlatváltozás hatásainak kiértékelése az adott forgatókönyvvel összefüggésben
 - a. az adott forgatókönyvre alkalmazandó nyolc kritérium szerinti hatások elemzését, valamint
 - b. a releváns hatásokban érintett receptorok azonosítását jelenti.
- 4) Végezetül az elemzés kitér az adott forgatókönyvben érintett receptorok értékelésének módjára és az érintett receptorok számának összesítésére. Amennyiben az érintett receptorok száma nagyobb, mint 5, a hatásértéket a "C" jelzéssel el nem látott forgatókönyv-változathoz képest eggyel magasabb kategóriába kell sorolni.

9. táblázat - Az éghajlatváltozás lehetséges hatásai, valamint az érintett ágazatok és receptorok

	Haláleset	Sérülés és betegség	Természeti és környezeti károk	Pénzügyi és anyagi veszteség	Társadalmi zavargás	A mindennapi élet megzavarása	A kormányzó-képesség meggyengülése	A Területi igazgatás meggyengülése		
	Krit. 1.	Krit . 2.	Krit . 3.	Krit . 4.	Krit . 5.	Krit . 6.	Krit . 7.	Krit . 8.		
	Krit.1.; Krit.2.; Krit.4.; Krit. 6.; Krit.7.	Krit. 1.; Krit. 2.; Krit. 3.; Krit. 4.; Krit. 5.; Krit. 6.; Krit. 8.	Krit.3.; Krit.4.; Krit.5.; Krit.6.; Krit.7.; Krit.8.	Krit. 1.; Krit. 2.; Krit. 3.; Krit. 4.; Krit. 5.; Krit. 6.;	Krit.3.; Krit.4.; Krit.5.; Krit.6.; Krit.7.; Krit8.	Krit.3.; Krit.4.; Krit.5.; Krit.6.; Krit.7.; Krit8.	Krit. 3.; Krit. 4.; Krit. 5.; Krit. 6.; Krit. 8.	Krit. 3.; Krit. 4.; Krit. 5.; Krit. 6.; Krit. 8.	Krit. 3.; Krit. 4.; Krit. 5.; Krit. 6.; Krit.7.; Krit. 8.	Krit. 3.; Krit. 4.; Krit. 5.; Krit. 6.; Krit. 6.; Krit. 8.
ÉRINTETT SZEKTOROK ÉS RECEPTOROK	egészségügy (népesség - egészségügy)	turizmus, hegyi turizmus	épületek (népesség – épületek)	közlekedés	energia-ellátás	vízi infrastruktúra	ökoszisztéma (élővilág)	természeti erőforrások (víz, föld, biomassa, levegő)	ipar (nukleáris és radiológiai létesítmények, veszélyes üzemek)	mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, halászat
FORGATÓKÖNYV (Éghajlatváltozás lehetséges hatásai)										
Súlyos viharok (romboló erejű szélvihar; hóvihar)										
Szélsőséges hőmérsékleti viszonyok (hőhullám; hideghullám)										
Aszály (kevés csapadék)										
Erdőtűz										
Árhullám										
Árvíz										
Belvíz										
Rossz geológiai viszonyokból eredő egyéb hatások (gátszakadás); földcsuszamlás										
Fertőző betegségek (ismételt) megjelenése										
Invazív allergén vagy mérgező növények										
Nagy mennyiségben kiszabaduló gyúlékony és robbanásveszélyes anyag										
Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag										
Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag okozta környezeti kár										
Súlyos közlekedési balesetek; vasút										
Súlyos közlekedési balesetek; hajózás										
Migráció										

Forrás: Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó uniós stratégia; Brüsszel, 2013. április 16.

Forrás: Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásra vonatkozó uniós stratégia; Brüsszel, 2013. április 16.

Az egymásra ható, többes kockázatok kezelése

A jelentésben kialakított kockázatértékelési módszer alkalmas a többszörös kockázatok kezelésére. A többszörös kockázatok kezelésére kiterjedő megközelítés a kockázat mindkét alkotóelemét, a kiváltó és az előidézett forgatókönyvek hatását és a valószínűségét is figyelembe veszi. Az uniós iránymutatás [6] a lehetséges kiváltó események közötti kölcsönhatás kezelését ajánlja abban az esetben, ha az események:

- a) egyidejűleg vagy röviddel egymás után következnek be akár azért, mert egymástól függő eseményekről van szó, vagy, mert ugyanaz a kiváltó esemény vagy veszély idézte elő őket, vagy;
- b) ugyanazokat a kockázati elemeket (sérülékeny/veszélynek kitett elemeket) fenyegetik kronológiai összefüggés nélkül.

A többszörös kockázatok kezelése tehát több veszély és kockázat kölcsönös függőségét veszi figyelembe. Az egyidejű veszélyhelyzeteket kiegészítő, továbbgyűrűző, dominó-hatást elindító, vagy lépcsőzetes eseménysorozatnak is nevezik. Példaként megemlíthető a heves esőzések következményeként jelentkező áradás által előidézett földcsuszamlás, vagy az ipari baleset által előidézett környezetszennyezés. Bármilyen esemény vagy veszély számos további veszélyhelyzetet válthat ki, amelyek mindegyikét külön-külön is vizsgálni lehet.

Az előidézett események valószínűsége megegyezik az említett eseményeket megelőző kiváltó esemény bekövetkezési valószínűségével. A következmények értékelésekor az egyidejű vagy röviddel egymás után bekövetkező hatások összességének kumulatív hatását kell vizsgálni.

A módosított előzetes veszélyelemzési (EVE) űrlap kiinduló pontként szolgált a többszörös kockázatokra kiterjedő forgatókönyvek feltérképezésére. Az előzetes veszélyelemzési űrlapon azonosításra kerülnek a többszörös kockázatokra kiterjedő forgatókönyvek. Az űrlapon végzett azonosításra két rovat szolgál: **Kiváltó esemény** és **Kiváltó forgatókönyv**. A többes kockázatokra kiterjedő forgatókönyv bekövetkezési gyakorisága a kiváltó események és/vagy a kiváltó forgatókönyvek összegzése alapján kerül meghatározásra. A jelen dokumentumban csak a közvetlen kiváltó események kezelésére kerül sor. A meghatározás során meg kell ítélni a valószínűség értékének nagyságrendjét, vagyis, hogy a kiváltó ok mennyiben képes a forgatókönyvet előidézni. Az alkalmazott valószínűségi érték **0.1** amely minden esetben általános értéknek tekintendő. A fentiekből következik, hogy a többes kockázatok elemző forgatókönyv előfordulási gyakorisága a kiváltó esemény vagy forgatókönyv bekövetkezési gyakoriságának 0.1-szerese.

A kockázatelemzés eredményének megjelenítése kockázati diagram segítségével

A kockázati diagram

A kockázatelemzés eredményének bemutatásához három diagram készül:

- 1) alap - a forgatókönyveket jelölő pontokat tartalmazza, hagyományos súlyozással mind a nyolc kritérium esetében;
- 2) bizonytalansági - bemutatja a hatásokra és a valószínűségekre vonatkozó bizonytalansági küszöbérték-pontokat;
- 3) érzékenységi - a forgatókönyveket jelölő pontokat tartalmazza, egyenlő súlyozással mind a nyolc kritérium esetében.

Az értékek grafikus módon jelennek meg mindegyik logaritmikus struktúrájú kockázati diagramon. Az egyes kockázati forgatókönyveket egy-egy pont jelöli a diagramon, amelynek koordinátája adja meg a kockázat szintjét. A hatás a függőleges (Y) tengelyen jelenik meg. A tengely legmagasabb értéke a minden kategóriában E (katasztrofális) értéket elérő forgatókönyvnek felel meg. A valószínűség a vízszintes (X) tengelyen jelenik meg. A legmagasabb érték a nagyon valószínűnek értékelt valószínűséghez tartozó értéknek felel meg (a kiszámított valószínűség 100% az elkövetkező öt évben, vagy konkrét utalás az esemény a következő 5 év során történő bekövetkeztére).

Az aggregált hatásérték (0 és 1 közötti szám) a szintek mennyiségi értékeit bemutató táblázat segítségével váltható át a megfelelő kategóriára. A 0,1 és 1,000 közötti érték E-kategóriának, a 0,01 és 0,1 közötti érték D-kategóriának, a 0,001 és 0,01 közötti érték C-kategóriának, a 0,0001 és 0,001 közötti érték B-kategóriának felel meg.

10. táblázat - A kockázati diagram felépítése

E					
D					
C					
B					
A					
	nagyon valószínűtlen	valószínűtlen	lehetséges	valószínű	nagyon valószínű

A kockázati diagram értelmezése

A kockázati diagramról leolvasható legfontosabb információk a következők:

1. Kockázat, mint a hatás és a valószínűség függvénye

A kockázatok klasszikus fogalom-meghatározása szerint, a kockázat a hatás és a valószínűség szorzatának eredménye (ahol mindkét tényező egyforma jelentőséggel bír). A forgatókönyvek egymáshoz viszonyított rangsorát a világosabból sötétebb színbe való átmenet jeleníti meg vizuálisan. Ebben az esetben ez nem jelenti azt, hogy a hatás és valószínűség tekintetében magas kockázati besorolású forgatókönyvek prioritást élveznének.

2. Közigazgatási rendszer működésképtelenné válásának kockázati szintje

A kiválasztott forgatókönyvek kizárólag olyan forgatókönyvek, amelyek nemzetbiztonsági fenyegetést jelentenek. További alcsoportot lehet létrehozni azon katasztrófakockázatokból, amelyek a közigazgatási rendszer működésképtelenné válásával fenyegető magas kockázattal járnak, mint például egy súlyos árvíz vagy nukleáris baleset. Ezt a forgatókönyv-típust (nagyon) alacsony bekövetkezési valószínűség és súlyos következmény jellemzi, és a közigazgatási rendszer működésképtelenné válásának kockázatát veti fel.

3. A kockázat csökkentésének lehetősége

E tekintetben a kérdés az, hogy melyik forgatókönyv jár relatíve könnyen megvalósítható haszonnal: például olyan képességek fejlesztése révén, amely ténylegesen csökkentené a kockázat mértékét. Ezek jellemzően magas bekövetkezési valószínűségű kockázatokat jelentenek. A kockázat mellett azonban az is fontos szerepet játszik ebben az esetben, hogy a képességek fejlesztésével lehetőség nyílik a kockázati profil javítására.

Bizonytalanság-elemzés és érzékenység-elemzés

Ha a hatásértékek alsó és felső küszöbértékei nagymértékben eltérnek a prognosztizált középtértékektől, célszerű az alsó és felső határértékeket grafikus módon megjeleníteni. A forgatókönyv címkéjénél található vízszintes vonal azt jelzi, hogy a bekövetkezési valószínűség meghatározásában bizonytalanság mutatkozik. A forgatókönyv címkéjénél található függőleges vonal azt jelzi, hogy a hatások meghatározásában bizonytalanság mutatkozik. Minél vastagabb a vonal, annál nagyobb a bizonytalansági faktor, de még a vonallal vízszintesen lefedett tartományon belül marad.

Az alapelemzés a kritériumokat nem egyenlő relatív súlyozással kezeli (ún. hagyományos súlyozás). A számítás során egyenlő súlyozási profilt is alkalmaznak az értékek közötti bizonyos diverzitás figyelembe vétele érdekében. A kockázati diagramok összehasonlítása bepillantást enged a némileg különböző módszerek működésére, vagyis, hogy mennyire érzékeny az eredmény a súlyozásra.

A kockázatok kiértékelése, képességelemzés

A fejezet összefoglalja, hogy miképpen kell a kockázatértékelési projekt eredményeit a készség javítására, továbbfejlesztésére felhasználni. A fejezet áttekintést ad az értékelési folyamat szervezési háttéréről és fő szakaszairól, és meghatározza a képességelemzés főbb szempontjait.

A képességelemzés a kockázatok kezelésének képességét vizsgálja a kockázatértékelés utolsó lépéseként. Célja a kockázatelemzés során azonosított kockázatok megértése a jövőbeni intézkedésekre vonatkozó döntések meghozatala érdekében. Az alapvető kérdések megfogalmazása és döntések meghozatala során az alábbi szempontokra kell koncentrálni:

- a) egy adott kockázat kezelésének szükségessége;
- b) prioritások meghatározása a kockázatok kezelésében;
- c) intézkedések megtétele.

A képességelemzés azt vizsgálja, hogy milyen lehetőségek állnak rendelkezésre további képességek fejlesztésére egy adott forgatókönyv hatásának enyhítése, vagy bekövetkezési valószínűségének csökkentése érdekében. Ez a fázis gyakorlatilag teljes egészében a stratégiai tervezésről szól: melyek a kockázatsökkentési képességek gyenge pontjai, és mit lehet tenni ennek javítása érdekében? A kockázati tényezők hatékonyabb kiiktatása érdekében lehet, hogy pótlólagos képességekre lesz szükség. Ez lehet valamilyen kompetencia vagy ismeret, lehet egy tárgy, mint például egy mérőműszer, vagy szakemberek, vagy a veszélyhelyzetek kialakulásának megelőzését célzó jogszabály.

A fenyegetettség vagy veszélyhelyzet vizsgálata és a kockázatértékelés azon kérdés felvetését jelenti, hogy milyen képességeket, erőforrásokat kell továbbfejleszteni, illetve bővíteni a kockázatok csökkentése, vagy a kockázatok hatásaival szembeni hatékonyabb fellépés érdekében. E képességek explicit módon a kockázat két ismert dimenziójára vonatkoznak: a kiváltott hatás enyhítésére és a bekövetkezési valószínűség csökkentésére. A képességelemzés célja azon opciók megértésének megteremtése, amelyek segítségével csökkenthetők a kockázatok.

A képességelemzés elkészítése és szervezése

I. Első lépésben munkacsoportokat kell létrehozni olyan szakértők részvételével, akik az adott forgatókönyv(ek) tekintetében megfelelő ismeretekkel rendelkeznek a lehetséges képességekről és erőforrásokról.

II. A képességelemzés eredményes végrehajtását biztosító eljáráshoz szükséges szervezési feladatok meghatározása.

Legfontosabb területek:

1. Megfelelő ütemterv kiválasztása az elemzés elvégzéséhez.
2. Az eredmények maximalizálását biztosító munkamódszer kiválasztása.

3. Egyeztetni kell, hogy a csoportnak konszenzusra kell-e jutnia egy adott kérdés tekintetében, vagy kisebbségi álláspontokat is ki lehet fejteni. Utóbbi eset az eljárás folytonossága érdekében preferált, figyelemmel az esetleges érdekütközésekre.

Az elemzési folyamat szakaszai

I. Meg kell vizsgálni, hogy mely területeket szükséges esetleg megerősíteni (leltár készítése), és össze kell állítani a potenciálisan fejlesztendő területek első jegyzékét.

A legfontosabb szempontok:

1. A potenciálisan fejleszthető képességek jegyzékének elkészítése:
 - i. A szakértőknek fel kell mérniük a képességeket. A forгатókönyv alapján meg kell vizsgálni, melyek azok a képességek, amelyeket fejleszteni, erősíteni lehet.
 - ii. Fel kell használni a kockázatértékelés eredményeit. Meg kell vizsgálni, hogy a nyolc hatáskritérium közül mely esetben nagyon súlyos (D) vagy katasztrofális (E) besorolásúak a forгатókönyvek, és meg kell vizsgálni, hogy miért ilyen magas az érték. Fel kell mérni, hogy melyek azok a képességek, amelyek fejlesztésével az említett hatások értéke jelentős mértékben csökkenthető lenne.
 - iii. Meg kell ismételni a 1. ii. pontban leírtakat magas valószínűségi értékek mellett is. Ez esetben a magas értékek felhívják a figyelmet az elégtelen képességekre. Fel kell mérni, hogy melyek azok a képességek, amelyekkel az említett kritériumok értéke jelentős mértékben csökkenthető lenne.
2. Ugyancsak különbséget kell tenni azon képességek között, amelyek specifikusan egy forгатókönyv adott eseménytípusára vonatkoznak, illetve amelyek általános érvénnyel bírnak többféle eseménytípus esetén is.

II. A fejlesztendő képességek közül ötöt kell kiválasztani és rangsorolni.

Ebben a fázisban az alábbiak a legfontosabb szempontok:

1. Szigorúan legfeljebb öt olyan képesség kiválasztása, amely tekintetében valóban fejlesztésre van szükség:
 - i. Meg kell vizsgálni, hogy elégtelen-e az adott képesség. A szakértőknek fel kell mérniük, hogy milyen képességekre van szükség, majd ezután meg kell vizsgálniuk, hogy milyen képességek és erőforrások állnak rendelkezésre. Részletes, mennyiségi meghatározásra ebben a fázisban még nincs szükség.
 - ii. Meg kell vizsgálni, hogy a költségekhez képest mely képességek fejlesztése jár jelentős haszonnal (költség/haszon-elemzés). Indokolt megvizsgálni, hogy a képesség fejlesztése eredményez-e a forгатókönyv tekintetében jelentős elmozdulást a kockázati diagramon. Ennek elvégzéséhez egyes pontszámok módosítása és a diagramon való újraszámítása szükséges.
2. A megerősítendő, fejlesztendő képesség illetékességi körének azonosítása (kormányzat, minisztérium, országos hatáskörű szerv, önkormányzat).
3. Fel kell mérni, hogy vannak-e olyan képességek, amelyek megerősítése és fejlesztése politikai szempontból sürgősséggel bír.

III. A megerősítendő képességek sorrendjének összegzése és indoklása az alábbiak szerint:

1. Mely képességek és miért kerültek fel a potenciálisan fejlesztendő képességek jegyzékére (forgatókönyv-elemzés, hatáskritérium-elemzés, feladat-elemzés).
2. Az öt legfontosabb képesség feltüntetése. Milyen érvek alapján kerültek kiválasztásra ezek a képességek (a célzott és a tényleges helyzet közötti különbség, tartós javulás, költség/haszon)? Az említett öt képesség kiválasztása kapcsán merültek-e fel kétséges/vitás pontok?
3. Végezetül, ajánlásokat kell megfogalmazni a fejlesztendő képességekről. Az azonosított képességek átfogó értékelése szempontjából fontos jelezni, hogy:
 - i. mely forgatókönyv(ek) képezi(k) az alapját a kiválasztott képességnek, és mi a forgatókönyv(ek) szerepe (hatás és valószínűség szempontjából);
 - ii. szakpolitikai szempontból sürgős-e a képesség fejlesztése;
 - iii. milyen (hatékony) javulás várható a veszélyeztető hatás enyhítése vagy a bekövetkezési valószínűség csökkentése szempontjából;
 - iv. milyen erőfeszítésekre van szükség finanszírozás, ütemezés, munkaerő szempontjából.

A képességelemzés eredményének felhasználása

Az értékelő munkacsoport készíti el a részletes képességelemzést. Az elemzésben a figyelmet azokra az egyedi képességekre kell összpontosítani, amelyek szükségesek egy adott típusú kockázat csökkentéséhez. Jelezni kell továbbá azokat a képességeket, amelyek fejlesztése több kockázati típus esetében is indokolt. Az egyes forgatókönyvekre vonatkozóan potenciálisan fejleszthető képességek listáinak összeállítása segíthet megtalálni azokat az általános képességeket, amelyek több fajta kockázat csökkentésére is hatékonyan felhasználhatók.

Kockázati forgatókönyvek jegyzéke

Az azonosítási fázisban a korábbi, összesen 30 fontosabb forgatókönyv, további kockázat azonosításával, az ónos esővel egészült ki. Az elemzés következő szakaszában a fő kockázati forgatókönyveket további specifikus alforgatókönyvekre bontották a szakértők. Végül, összesen 74 olyan alforgatókönyv került kiválasztásra, amelynek hatását és valószínűségét a munkacsoport felülvizsgálta.

10. Táblázat– Kockázati forgatókönyvek jegyzéke

Forgatókönyvek	Alforgatókönyvek
1. SZÉLSŐSÉGES IDŐJÁRÁS	1.1 Súlyos viharok
	1. Romboló hatású szélvihar
	2. Felhőszakadás
	3. Hóvihar
	4. Éghajlatváltozás által befolyásolt romboló hatású szélvihar C;
	5. Éghajlatváltozás által befolyásolt felhőszakadás C;
	6. Éghajlatváltozás által befolyásolt hóvihar C;
	1.2.Szélsőséges hőmérséklet
	1. Hőhullám
	2. Hideghullám
	3. Éghajlatváltozás által befolyásolt hőhullám C;
	4. Éghajlatváltozás által befolyásolt hideghullám C;
2. VIZEK KÁRTÉTELEI	1.3. Aszály
	1. Aszály
	2. Éghajlatváltozás által befolyásolt aszály C
	1.4. Erdőtűz
	1. Erdőtűz
	2. Éghajlatváltozás által befolyásolt erdőtűz C
	1.5. Ónos eső (Újonnan azonosított kockázat)
	1. Ónos eső
	2. Éghajlatváltozás által befolyásolt ónos eső C
	2.1. Villámárvíz
	1. 100 éves villámárvíz
	2. Éghajlatváltozás által befolyásolt 100 éves villámárvíz C;
	2.2. Áradás
	1. 100 éves visszatérési periódus (Duna)
	2. Éghajlatváltozás által befolyásolt 100 éves visszatérési periódus (Duna) C;
	3. 100 éves visszatérési periódus (Tisza)
	4. Éghajlatváltozás által befolyásolt 100 éves visszatérési periódus (Tisza) C;
	5. 500 éves visszatérési periódus (Duna)
	6. Éghajlatváltozás által befolyásolt 500 éves visszatérési periódus (Duna) C;
	7. 500 éves visszatérési periódus (Tisza)
	8. Éghajlatváltozás által befolyásolt 500 éves visszatérési periódus (Tisza) C;
	2.3. Belvíz
	1. 20 éves visszatérési periódus

		2. Éghajlatváltozás által befolyásolt 20 éves visszatérési periódus C;
3. FÖLDTANI KOCKÁZATOK	3.1. Földrengés	1. Erősség: 2,5-4
		2. Erősség: 4-5
		3. Erősség: 5-6
		4. Erősség: 6 feletti
	3.2. Felszínmozgásos jelenségek	1. Magas partfal beomlása
		2. Nagyméretű lejtős tömegmozgás
		3. Közepes méretű lejtős tömegmozgás
		4. Éghajlatváltozás által befolyásolt magas partfal beomlása C;
		5. Éghajlatváltozás által befolyásolt nagyméretű lejtős tömegmozgás C;
		6. Éghajlatváltozás által befolyásolt Közepes méretű lejtős tömegmozgás C;
	3.3. Üregbeszakadás	1. Súlyos következményekkel járó üregbeszakadás
		2. Súlyos következmények nélküli üregbeszakadás
		3. Éghajlatváltozás által befolyásolt súlyos következményekkel járó üregbeszakadás C;
		4. Éghajlatváltozás által befolyásolt súlyos következmények nélküli üregbeszakadás C;
	3.4. Kedvezőtlen földtani körülmények egyéb hatásai	1. Zagytarozók gátszakadása
		2. Zagytarozók gátszakadása C;
4. JÁRVÁNYOK	4.1. Fertőző betegség (újbóli) megjelenése	1. Fertőző betegség (újbóli) megjelenése
		2. Éghajlatváltozás által befolyásolt fertőző betegség (újbóli) megjelenése C
	4.2. Influenza-világjárvány	1. Influenza-világjárvány
	4.3. Állat- és növényegészség	1. Állat- és növényegészség
		1. Allergén
		2. Mérgező
		3. Éghajlatváltozás által befolyásolt allergén C;
5. ŰRIDŐJÁRÁS	5.1. Mágneses viharok	1. Erősség: Gyenge - Közepes
		2. Erősség: Erős
	5.2. Napkitöréssel összefüggő röntgensugárzás	1. A Föld légkörét elérő röntgensugárzás
	5.3. A Földet érő kozmikus sugárzásból származó nagyon nagy energiájú töltött részecskék	1. A Földet elérő kozmikus sugarakból származó nagyon magas elektromos töltésű részecskék
	5.4. A Föld légkörét elérő szoláris eredetű, nagyon nagy energiájú töltött részecskék	1. Szoláris eredetű, nagyon magas elektromos töltésű részecskekitörés, amely eléri a Föld légkörét
	5.5. Szoláris rádiókitörések	1. Szoláris eredetű természetes rádiókitörés (például Nap-korona anyag kilövellések esetén)
6. VESZÉLYES ANYAGOK	6.1. Nagy mennyiségben kiszabaduló gyúlékony és robbanásveszélyes anyag	1. Nagy mennyiségben kiszabaduló gyúlékony és robbanásveszélyes anyag
		2. Éghajlatváltozás által befolyásolt nagy mennyiségben kiszabaduló gyúlékony és robbanásveszélyes anyag, C

	6.2. Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag	1. Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag
		2. Éghajlatváltozás által befolyásolt nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag, C
	6.3. Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag okozta környezetkárosodás	1. Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag okozta környezetkárosodás
		2. Éghajlatváltozás által befolyásolt nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag okozta környezetkárosodás, C
7.KÖZLEKE- DÉSI BALESET	7.1. Súlyos közlekedési balesetek (hajó, közút, vasút és légi közlekedés)	1. Súlyos közúti balesetek
		2. Súlyos vasúti balesetek
		3. Súlyos vízi közlekedési balesetek vagy súlyos hajózási balesetek
		4. Súlyos légi közlekedési balesetek
		5. Éghajlatváltozás által befolyásolt súlyos vasúti balesetek C;
		6. Éghajlatváltozás által befolyásolt súlyos vízi közlekedési balesetek vagy súlyos hajózási balesetek C;
8.NUKLEÁRIS- BALESET	8.1. Nukleárisbaleset	1. Nukleárisbaleset
9.TERROR- IZMUS	9.1. Terrorcselekmény (vegyi, biológiai, radioaktív, nukleáris, robbantás,)	1. Terrorcselekmény (vegyi, biológiai, radioaktív, nukleáris, robbantás,)
10.KIBERTÁMA DÁS	10.1. Kibertámadás	1. Kibertámadás
11.BIZTONSÁG- POLITIKAI VÁLSÁG	11.1. Biztonságpolitikai válság	Közvetetten került kiértékelésre
	11.2. Migráció	1. Migráció
		2. Éghajlatváltozás által befolyásolt migráció, C
12. ENERGIA- ELLÁTÁSI VÁLSÁG	12.1. Energiaellátási válság	Közvetetten került kiértékelésre

11. Táblázat – Az azonosított forgatókönyvek input érték adatai („Nem”, A, B, C, D, E érték) a nyolc kritérium szerint

Forgatókönyv	Alforgatókönyv	A forgatókönyvben érintett társadalmi értékek								Súlyozott átlag
		Haláleset	Sérülés és betegség	Természet és környezet tartós károsodása	Pénzügyi és anyagi veszteségek	Társadalmi zavargás	Mindennapi életben jelentkező zavarok	Meggyengült nemzeti kormányzóképeség	Meggyengült területi igazgatás	
1.1 Súlyos viharok	1. Romboló hatású szélvihar	A	A	E	A	B	C	Nem	Nem	E
1.1 Súlyos viharok	3. Hóvihar	A	A	E	A	C	C	Nem	Nem	E
1.1 Súlyos viharok	4. C; Romboló hatású szélvihar	A	A	E	B	C	B	Nem	Nem	E
1.1 Súlyos viharok	6. C; Hóvihar	A	A	E	B	D	D	Nem	Nem	E
1.2.Szélsőséges hőmérséklet	1. Hőhullám	E	E	E	B	E	C	Nem	Nem	E
1.2.Szélsőséges hőmérséklet	2. Hideghullám	B	D	E	A	E	D	Nem	Nem	E
1.2.Szélsőséges hőmérséklet	3. C; Hőhullám	E	E	E	C	E	D	Nem	Nem	E
1.2.Szélsőséges hőmérséklet	4. C; Hideghullám	B	D	E	B	E	D	Nem	Nem	E
1.3 Aszály	1.	Nem	Nem	E	B	Nem	B	Nem	Nem	E
1.3 Aszály	2. C	Nem	A	E	B	Nem	B	Nem	Nem	E
1.4. Erdőtűz	1.	Nem	Nem	D	A	Nem	A	Nem	Nem	D
1.4. Erdőtűz	2. C	Nem	Nem	E	A	Nem	B	Nem	Nem	E
1.5. Ónos eső	1.	A	B	B	B	Nem	C	Nem	Nem	C
1.5. Ónos eső	2. C	A	B	B	B	Nem	C	Nem	Nem	C
2.1. Árvíz	1. 100 év	A	D	Nem	A	Nem	A	Nem	Nem	D
2.1. Árvíz	2. C; 100 év	A	D	Nem	B	Nem	B	Nem	Nem	D
2.2. Áradás	1. 100 éves visszatérési periódus (Duna)	A	D	Nem	B	B	D	Nem	Nem	D
2.2. Áradás	2. C; 100 éves visszatérési periódus (Duna)	A	D	Nem	C	C	E	Nem	Nem	E
2.2. Áradás	3. 100 éves visszatérési periódus (Tisza)	A	D	Nem	C	B	E	Nem	Nem	E
2.2. Áradás	4. C; 100 éves visszatérési periódus (Tisza)	A	D	Nem	D	C	E	Nem	Nem	E

Forgatókönyv	Alforgatókönyv	A forgatókönyvben érintett társadalmi értékek								Súlyozott átlag
		Haláleset	Sérülés és betegség	Természet és környezet tartós károsodása	Pénzügyi és anyagi veszteségek	Társadalmi zavargás	Mindennapi életben jelentkező zavarok	Meggyengült nemzeti kormányzóképeség	Meggyengült területi igazgatás	
2.2. Áradás	5. 500 éves visszatérési periódus (Duna)	B	E	C	C	D	E	Nem	Nem	E
2.2. Áradás	6. C; 500 éves visszatérési periódus (Duna)	B	E	D	D	E	E	Nem	Nem	E
2.2. Áradás	7. 500 éves visszatérési periódus (Tisza)	B	E	D	C	D	E	Nem	Nem	E
2.2. Áradás	8. C; 500 éves visszatérési periódus (Tisza)	B	E	E	D	E	E	Nem	Nem	E
2.3. Belvíz	1. 20 éves visszatérési periódus	A	D	Nem	B	C	D	Nem	Nem	D
2.3. Belvíz	2. C; 20 éves visszatérési periódus	A	D	Nem	B	C	D	Nem	Nem	D
3.1. Földrengés	3. Erősség: 5-6	A	B	Nem	A	B	B	Nem	Nem	B
3.1. Földrengés	4. Erősség: 6 feletti	B	D	Nem	B	D	B	Nem	Nem	D
3.2. Felszínmozgásos jelenségek	1. Magas partfal beomlása	A	C	C	A	Nem	C	Nem	Nem	C
3.2. Felszínmozgásos jelenségek	4. C; Magas partfal beomlása	A	C	C	B	Nem	C	Nem	Nem	C
3.3. Üregbeszakadás	1. Súlyos következményekkel járó üregbeszakadás	A	A	Nem	A	Nem	C	Nem	Nem	C
3.3. Üregbeszakadás	3. C; Súlyos következményekkel járó üregbeszakadás	A	A	Nem	B	Nem	C	Nem	Nem	C
3.4. Kedvezőtlen földtani körülmények egyéb hatásai	1. Zagytározók gátszakadása	A	C	C	A	Nem	B	Nem	Nem	C
3.4. Kedvezőtlen földtani körülmények egyéb hatásai	2. C; Zagytározók gátszakadása	A	C	C	B	Nem	B	Nem	Nem	C
4.1. Fertőző betegség (újbbóli) megjelenése	1.	B	E	Nem	A	Nem	B	Nem	Nem	E
4.1. Fertőző betegség (újbbóli) megjelenése	2. C	B	E	Nem	A	Nem	B	Nem	Nem	E

Forgatókönyv	Alforgatókönyv	A forgatókönyvben érintett társadalmi értékek								Súlyozott átlag
		Haláleset	Sérülés és betegség	Természet és környezet tartós károsodása	Pénzügyi és anyagi veszteségek	Társadalmi zavargás	Mindennapi életben jelentkező zavarok	Meggyengült nemzeti kormányzóképeség	Meggyengült területi igazgatás	
4.2. Influenza-világjárvány	1.	E	E	Nem	C	E	E	Nem	Nem	E
4.3. Állat- és növényegészség	1.	Nem	Nem	E	C	E	C	Nem	Nem	E
4.4. Invazív allergén vagy mérgező növények	1. Allergén	A	E	E	B	Nem	Nem	Nem	Nem	E
4.4. Invazív allergén vagy mérgező növények	2. Mérgező	B	D	E	A	Nem	Nem	Nem	Nem	E
4.4. Invazív allergén vagy mérgező növények	3. C; Allergén	A	E	E	A	Nem	Nem	Nem	Nem	E
5.1. Mágneses viharok	2. Erősség: Erős	A	A	Nem	C	E	E	D	D	E
5.4 Szoláris sugárviharok vagy szoláris elektromos részecskékkel kapcsolatos események	1. Szoláris eredetű, nagyon magas elektromos töltésű részecskekitörés, amely eléri a Föld légkörét	Nem	Nem	Nem	A	A	C	C	C	C
5.5. Szoláris rádiókitörések	1. Szoláris eredetű természetes rádiókitörés (például Nap-korona anyag kilövellések esetén)	Nem	Nem	Nem	A	Nem	Nem	C	C	C
6.1 Nagy mennyiségben kiszabaduló gyúlékony és robbanásveszélyes anyag	1.	B	B	A	B	Nem	Nem	Nem	Nem	B
6.1. Nagy mennyiségben kiszabaduló gyúlékony és robbanásveszélyes anyag	2. C	B	B	A	B	Nem	Nem	Nem	Nem	B
6.2. Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag	1.	C	D	A	A	Nem	Nem	Nem	Nem	D
6.2. Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag	2. C	C	D	A	A	Nem	Nem	Nem	Nem	D
6.3. Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag okozta környezetkárosodás	1.	A	B	C	A	Nem	Nem	Nem	Nem	C
6.3. Nagy mennyiségben kiszabaduló mérgező anyag okozta környezetkárosodás	2. C	A	B	D	B	Nem	Nem	Nem	Nem	D

12. táblázat – A súlyozott átlag kiszámítása és eredménye

Hat.Kr. Forg.	Halále.	Sérülés és betegség	Term. és körny. tartós károsodása	Pü-i és anyagi vesz.	Társ-i zavarg.	Mind. napi életben j-ő zavarok	Gyengült korm. képesség	Gyengült ter. igazgatás	Súlyozott átlag számszerűsített értéke	Súlyozott átlag
1.1.1.	0,0001	0,0001	1	0,0001	0,001	0,01	0	0	0,151556	E
1,1/3.	0,0001	0,0001	1	0,0001	0,01	0,01	0	0	0,152636	E
1,1/4.	0,0001	0,0001	1	0,001	0,01	0,001	0	0	0,151439	E
1,1/6.	0,0001	0,0001	1	0,001	0,1	0,1	0	0	0,176099	E
1,2/1.	1	1	1	0,001	1	0,01	0	0	0,56147	E
1,2/2.	0,001	0,1	1	0,0001	1	0,1	0	0	0,298157	E
1,2/3.	1	1	1	0,01	1	0,1	0	0	0,5747	E
1,2/4.	0,001	0,1	1	0,001	1	0,1	0	0	0,29822	E
1,3/1.	0	0	1	0,001	0	0,001	0	0	0,15021	E
1,3/2.	0	0,0001	1	0,001	0	0,001	0	0	0,150224	E
1,4/1.	0	0	0,1	0,0001	0	0,0001	0	0	0,015021	D
1,4,2.	0	0	1	0,0001	0	0,001	0	0	0,150147	E
1,5/1.	0,0001	0,001	0,001	0,001	0	0,01	0	0	0,00191	C
1,5/2.	0,0001	0,001	0,001	0,001	0	0,01	0	0	0,00191	C
2,1,1.	0,0001	0,1	0	0,0001	0	0,0001	0	0	0,014036	D
2,1,2.	0,0001	0,1	0	0,001	0	0,001	0	0	0,014225	D
2,2,1.	0,0001	0,1	0	0,001	0,001	0,1	0	0	0,028205	D
2,2,2.	0,0001	0,1	0	0,01	0,01	1	0	0	0,155915	E
2,2/3.	0,0001	0,1	0	0,01	0,001	1	0	0	0,154835	E
2,2/4.	0,0001	0,1	0	0,1	0,01	1	0	0	0,162215	E
2,2/5.	0,001	1	0,01	0,01	0,1	1	0	0	0,29435	E
2,2/6.	0,001	1	0,1	0,1	1	1	0	0	0,42215	E
2,2/7.	0,001	1	0,1	0,01	0,1	1	0	0	0,30785	E
2,2/8.	0,001	1	1	0,1	1	1	0	0	0,55715	E
2,3/1.	0,0001	0,1	0	0,001	0,01	0,1	0	0	0,029285	D
2,3,2.	0,0001	0,1	0	0,001	0,01	0,1	0	0	0,029285	D
3,1,3.	0,0001	0,001	0	0,0001	0,001	0,001	0	0	0,000422	B
3,1,4.	0,001	0,1	0	0,001	0,1	0,001	0	0	0,02636	D
3,2,1.	0,0001	0,01	0,01	0,0001	0	0,01	0	0	0,004322	C
3,2,4.	0,0001	0,01	0,01	0,001	0	0,01	0	0	0,004385	C
3,3,1.	0,0001	0,0001	0	0,0001	0	0,01	0	0	0,001436	C
3,3,3.	0,0001	0,0001	0	0,001	0	0,01	0	0	0,001499	C
3,4,1.	0,0001	0,01	0,01	0,0001	0	0,001	0	0	0,003062	C
3,4,2.	0,0001	0,01	0,01	0,001	0	0,001	0	0	0,003125	C
4,1,1.	0,001	1	0	0,0001	0	0,001	0	0	0,140297	E
4,1/2.	0,001	1	0	0,0001	0	0,001	0	0	0,140297	E
4,2/1.	1	1	0	0,01	1	1	0	0	0,5507	E
4,3/1.	0	0	1	0,01	1	0,01	0	0	0,2721	E

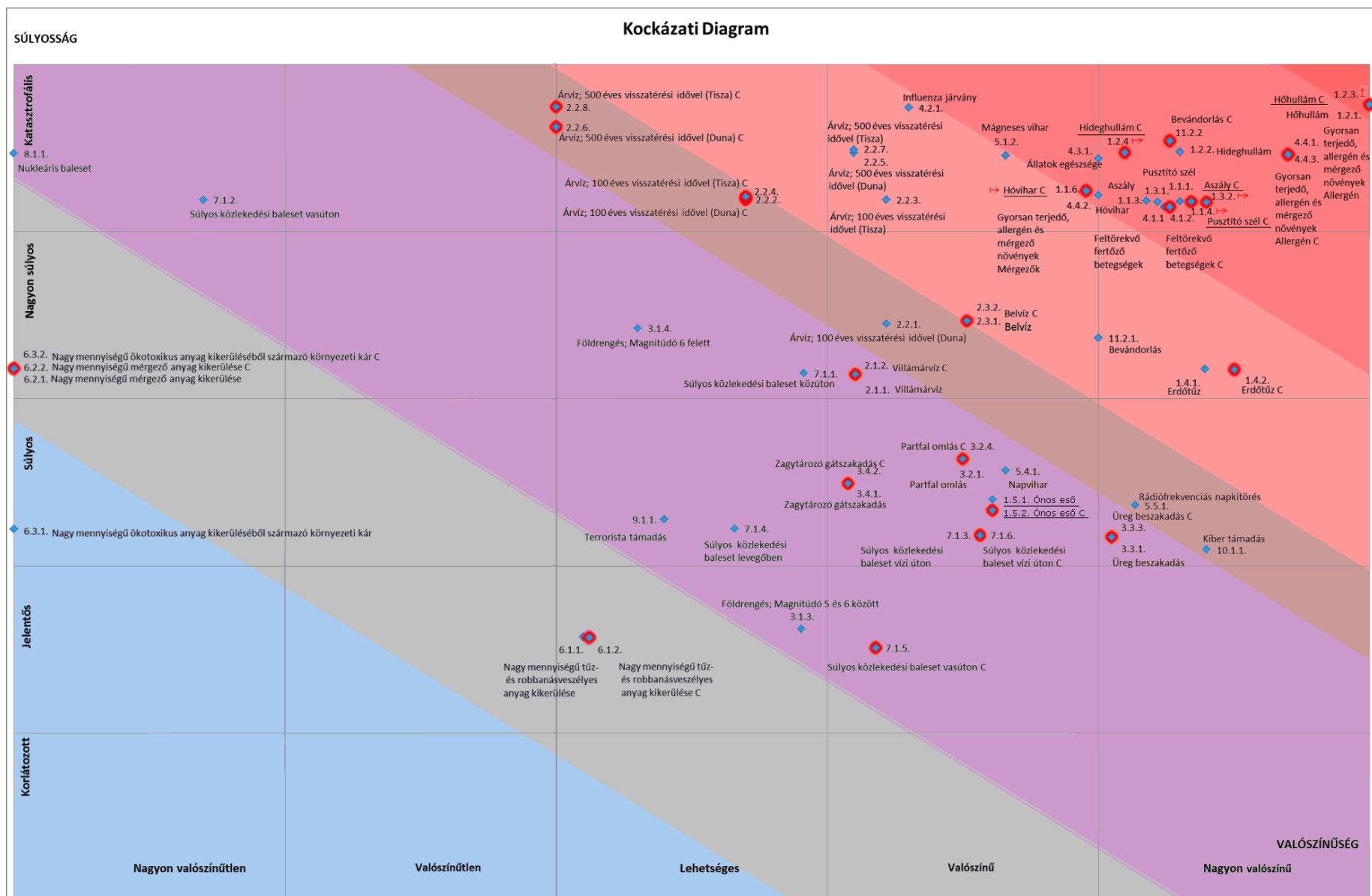
Hat.Kr Forg.	Halále.	Sérülés és betegség	Term. és körny. tartós károsodása	Pü-i és anyagi vesz.	Társ-i zavarg.	Mind. napi életben j-ő zavarok	Gyengült korm. képesség	Gyengült ter. igazgatás	Súlyozott átlag számszerűsített értéke	Súlyozott átlag
4,4/1.	0,0001	1	1	0,001	0	0	0	0	0,290085	E
4,4/2.	0,001	0,1	1	0,0001	0	0	0	0	0,164157	E
4,4/3.	0,0001	1	1	0,0001	0	0	0	0	0,290022	E
5,1/2.	0,0001	0,0001	0	0,01	1	1	0,1	0,1	0,283729	E
5,4/1.	0	0	0	0,0001	0,0001	0,01	0,01	0,01	0,003719	C
5,5,1.	0	0	0	0,0001	0	0	0,01	0,01	0,002307	C
6,1,1.	0,001	0,001	0,0001	0,001	0	0	0	0	0,000375	B
6,1,2.	0,001	0,001	0,0001	0,001	0	0	0	0	0,000375	B
6,2,1.	0,01	0,1	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0,015522	D
6,2,2.	0,01	0,1	0,0001	0,0001	0	0	0	0	0,015522	D
6,3,1.	0,0001	0,001	0,01	0,0001	0	0	0	0	0,001662	C
6,3,2.	0,0001	0,001	0,1	0,001	0	0	0	0	0,015225	D
7,1,1.	0,0001	0,1	0,001	0,0001	0	0,0001	0	0	0,014186	D
7,1,2.	0,1	1	0,0001	0,001	0	0,0001	0	0	0,155099	E
7,1/3.	0,0001	0,0001	0,01	0,0001	0	0	0	0	0,001536	C
7,1,4.	0,01	0,001	0,0001	0,0001	0	0,0001	0	0	0,001676	C
7,1,5.	0,001	0,001	0,0001	0,0001	0	0,0001	0	0	0,000326	B
7,1,6.	0,0001	0,0001	0,01	0,0001	0	0	0	0	0,001536	C
8,1,1.	0,001	0,01	1	0,01	0,01	1	0	0	0,29345	E
9,1/1.	0,01	0,001	0	0,0001	0,001	0,0001	0,001	0,0001	0,001903	C
10,1,1.	0	0	0	0,0001	0,001	0,0001	0,01	0,0001	0,001253	C
11,2,1.	0	0	0	0	0,001	0,0001	0,1	0,1	0,023134	D
11,2,2.	0	0	0	0,0001	1	0,001	1	1	0,350147	E

A kockázati diagram és az eredmények értelmezése

Az eredmények bemutatása és elemzése érdekében a kockázati diagram a forgatókönyveket jelölő pontokat, mind a nyolc kritérium esetében a meghatározott "hagyományos" súlyozás szerint tartalmazza. A kockázati pontértékek kiszámítása az aggregált hatásértékek és a valószínűségi értékek prognosztizált értékei alapján történt.

Az értékek grafikus módon jelennek meg mindegyik logaritmikus (lg-lg) struktúrájú kockázati diagramon. Az egyes forgatókönyveket a diagramon egy-egy pont jelöli, a végső aggregált hatásérték (súlyozott átlag) és a valószínűség koordinátaival. A veszélyeztető hatás a függőleges tengelyen jelenik meg. A tengely legmagasabb értéke a minden kategóriában E (katasztrofális) értéket elérő forgatókönyvet jelöli (100%). A diagramon szereplő pontok a legmagasabb értékhez képest százalékos arányuk alapján jelennek meg. A valószínűség a vízszintes tengelyen jelenik meg. A legmagasabb érték a nagyon valószínűnek értékelt valószínűséghez tartozó értéket jelöli (valószínűség az elkövetkező öt évben, vagy konkrét utalás az esemény következő 5 év során történő bekövetkeztére).

Az aggregált hatásértékek (0 és 1 közötti szám) segítségével átválthatóak a megfelelő kategóriára. A 0,1 és 1,000 közötti érték E-kategóriának, a 0,01 és 0,1 közötti érték D-kategóriának, a 0,001 és 0,01 közötti érték C-kategóriának, a 0,0001 és 0,001 közötti érték B-kategóriának felel meg.



A 2019. évtől prognosztizált változások ismertetése

Az éghajlatváltozás hatása a szélsőséges időjárási eseményekre

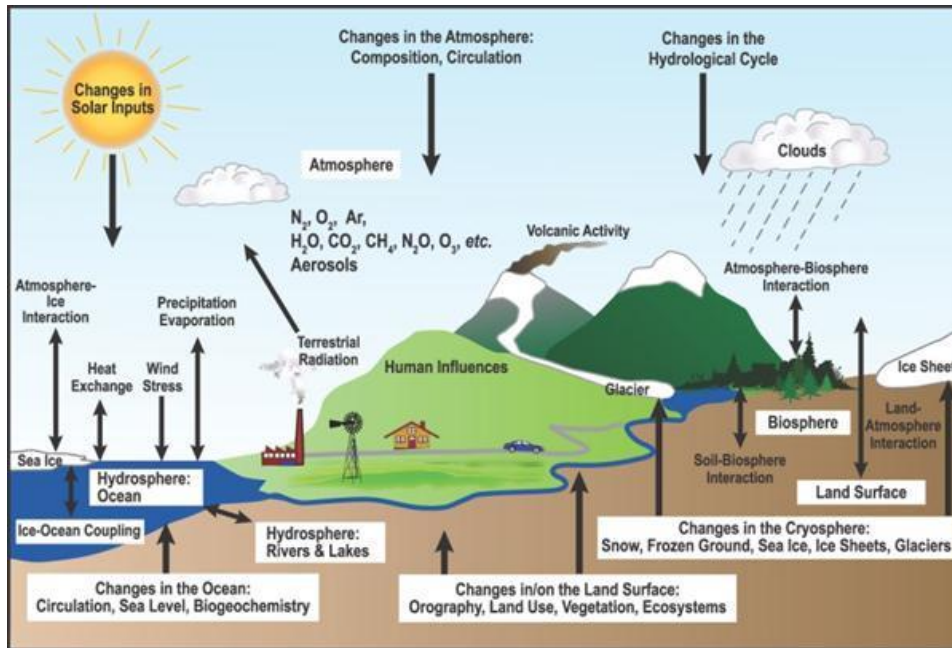
A kockázati terület tudományos háttere

A múlt és jelen éghajlata jó minőségű, homogenizált meteorológiai mérésekkel vizsgálható, melyek azonban nem nyújtanak információt a jövő állapotáról. Ennek becslése egyedül a számszerű modellek alkalmazásával lehetséges. A globális általános cirkulációs modellek (GCM-ek) jól használhatók az éghajlatváltozás planetáris jellemzőinek vizsgálatára, komplexitásuk azonban nem teszi lehetővé azt, hogy egyedüli alkalmazásukkal az éghajlatváltozás regionális vonatkozásairól pontos információhoz jussunk (hiszen térbeli felbontásuk többnyire még ma sem haladja meg a 100 km-t). A részletek feltárására ezért leiskálázással élünk, aminek segítségével egy az érdeklődésünkre számot tartó területen finomíthatjuk a nagyskalájú globális információkat. A globális eredmények finomítására két módszer ismeretes: (i) a statisztikai leiskálázás során az éghajlat múltja vonatkozó globális és regionális jellemzői között statisztikai kapcsolatot állítunk fel, majd ezt a relációt alkalmazzuk a globális modellek által szolgáltatott jövőbeli eredményekre; (ii) a dinamikus módszerek esetén a leiskálázást a globális modellekhez hasonló számszerű modellekkel végezzük egy szűkebb tartományon és finomabb felbontáson. Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál a Kárpát-medencében várható éghajlatváltozás leírására regionális éghajlati modelleket (RCM-eket) alkalmazunk.

Rendelkezésre álló hazai és nemzetközi adatok

A legújabb globális éghajlati modellek képesek az éghajlati rendszer elemeinek (léggör, felszíni és felszín alatti vizek, hó- és jégtakaró, szárazföld, élővilág; 7. ábra) fizikai folyamatait, valamint a közöttük lévő nem-lineáris kölcsönhatásokat megfelelően jellemezni. Mivel ezek a modellek a földi rendszert teljes egészében tekintik, megfelelő eszközként szolgálnak az éghajlat valamely feltételezett kényszerre adott válaszána vizsgálatára. Ma már nem kérdés, hogy az emberi tevékenység jelentős szerepet játszik a globális éghajlatváltozás alakításában, azonban az emberiség jövőbeli változása nagyfokú bizonytalansággal terhelt. Ezért a jövő gazdasági-társadalmi fejlődési pályájának leírására több forgatókönyv létezik, amelyek számszerűsítik az üvegházhatású gázok és aeroszol részecskék koncentrációváltozását. A globális éghajlati modellkísérletekben ezek a forgatókönyvek írják le a külső kényszer megváltozását, melynek jelentős bizonytalansága révén az eredményeket nem előrejelzéseknek, hanem projekcióknak nevezzük. A globális modellek térbeli felbontása nem elég finom ahhoz, hogy az éghajlatváltozás regionális vonatkozásairól részletes információt nyújtsanak. Erre a célra regionális klímamodelleket használunk, amelyek a Föld mindössze egy kisebb részét fedik le, s számukra a tartományon kívül zajló nagyskalájú folyamatokat a globális klímamodellek írják le határfeltételek formájában. Az időjárás-előrejelző modellekkel szemben a klímamodellektől nem várjuk el, hogy a jövőbeli időjárási események térbeli és időbeli jellemzőit pontosan megadják; helyette az éghajlat és az éghajlatváltozás átlagos térbeli és időbeli jellemzőinek leírása a cél.

7. ábra. Az éghajlati rendszer és legfontosabb kölcsönhatásai (IPCC AR4, 2007)



Az éghajlati projekciók bizonytalanságai

A globális és regionális modellszimulációk bizonytalanságot tartalmaznak, melyek elsősorban az alábbi tényezőkre vezethetők vissza:

1. Belső változékonyság. Az éghajlati rendszer sajátossága a külső kényszer nélkül fellépő természetes, belső változékonyság (például szárazabb és csapadékosabb évek váltakozása).
2. Forgatókönyvek bizonytalansága. Az éghajlatot befolyásoló külső kényszerek egyik legbizonytalanabb eleme az emberi tevékenység, hiszen ennek jövőbeli alakulásáról nincs egyértelmű jövőképünk. Ezért ezt a bizonytalanságot különböző (optimista, pesszimista vagy átlagos) hipotetikus forgatókönyvekkel vesszük figyelembe úgy, hogy a globális éghajlati modellszimulációkat az üvegházhatású gázok és aeroszol részecskék eltérő koncentrációváltozásával végezzük el.
3. Modellek bizonytalansága. Habár minden éghajlati modell az éghajlati rendszer viselkedését hivatott szimulálni, mégis a fizikai folyamatok leírása némileg különböző módon történik az egyes modellekben. A legnagyobb eltérés az ún. parametrizációs módszerek között van, melyekkel a modellek térbeli felbontásánál kisebb karakterisztikus skálájú folyamatokat (pl. a felhő- és csapadékképződést) írjuk le. Ez a globális eredményekben eltéréshez vezet, ami a regionális leiskálázás során tovább nőhet.

A fenti bizonytalanságok révén a jövőbeli éghajlatváltozás vizsgálatokor nem támaszkodhatunk egyetlen klímamodell eredményére. Helyette a bizonytalanságok az ún. ensemble technika segítségével számszerűsíthetők. Éghajlati skálán a multimodell, vagy multi-szenárió módszert alkalmazzuk, ami azt jelenti, hogy több – különböző modellekkel és forgatókönyvekkel elvégzett – szimuláció eredményét együttesen tekintjük. Ideális esetben az ensemble a bizonytalanságok teljes spektrumát lefedi, és ha feltételezzük, hogy minden szimuláció az éghajlatváltozás egy egyformán lehetséges realizációja, akkor a változások egyes irányainak bekövetkezési valószínűségéről kaphatunk információt. Azonban több okból

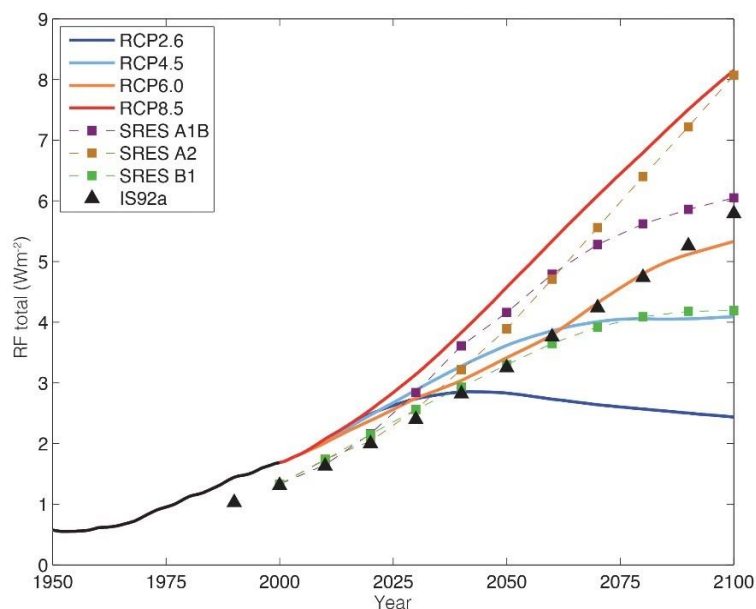
kifolyólag is a rendelkezésre álló szimulációk nem fedik le a bizonytalanságok teljes spektrumát (pl. a modellegyüttesekben több GCM és RCM alul- illetve felülreprezentált).

Rendelkezésre álló globális és regionális klímamodellprojekciók

Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületét (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change) 1988-ban hozták létre azzal a céllal, hogy az emberi tevékenység okozta éghajlatváltozás tudományos alapjait és a klímaváltozás hatásait elemezze, továbbá hogy ezeket az eredményeket jelentéseiben összefoglalja. Megalapítása óta a testület öt helyzetértékelő jelentést adott ki több száz, majd később több ezer tudományos szakértő bevonásával a tudományos alapok, a környezeti hatások, a mitigációs és adaptációs stratégiák részletes elemzésével. A legutolsó teljes jelentést (AR5, 5. Helyzetértékelő Jelentés) 2013-ben adták közre (Stocker et al., 2013), míg a hatodik jelentés (AR6) teljes kiadása 2022-ben esedékes.

Az 5. Helyzetértékelő Jelentés szerint teljes egyetértés van az éghajlati rendszer melegedésében, s kimondja: a globális felmelegedésért 95%-ban az emberi tevékenység felelős. A korábbi 4. Jelentésben megfogalmazotthoz képest a bizonyosság mértéke 5%-kal nőtt (Salomon et al., 2007). Az AR5-ben használt globális klímaprojekciókat az ún. RCP (Representative Concentration Pathways; Meinshausen et al., 2011) kibocsátási forgatókönyvekkel hajtották meg (8. ábra). Ez a forgatókönyvcsalád a korábban széles körben használt SRES (Nakicenovic and Swart, 2000) forgatókönyveket váltotta fel.

8. ábra. A jövőbeli sugárzási kényszer alakulása (Wm^{-2} -ben) az SRES (Nakicenovic and Swart, 2000), valamint az RCP (Meinshausen et al., 2011) forgatókönyvek szerint.

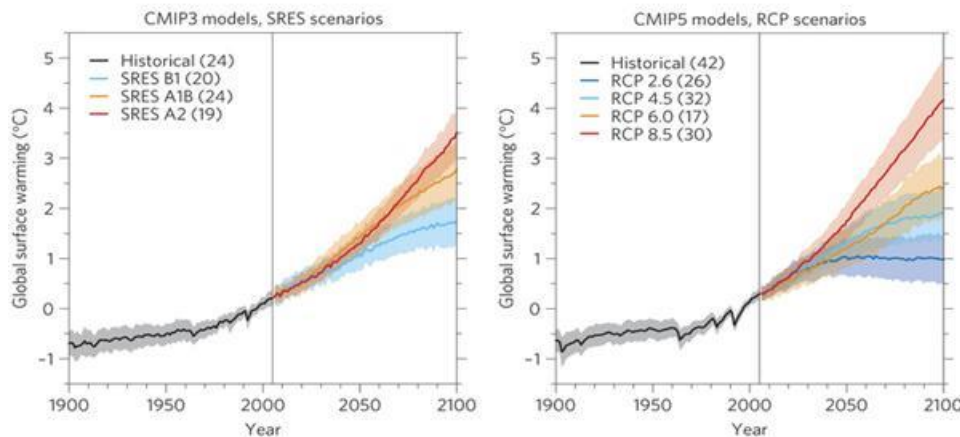


A WCRP (World Climate Research Programme) 1995-ben alapította meg a CMIP (Coupled Model Intercomparison Project) projektet annak érdekében, hogy egységes irányelveket fogalmazzon meg a modellkísérletek elvégzésére, melyek eredményei ezáltal összehasonlíthatóvá válnak. A CMIP 3. és 4. fázisában múlt, jelen és jövőre vonatkozó szimulációkat készítettek, amelyek az IPCC jelentéseinek is tudományos alapot adtak.

A CMIP3 projekt (Coupled Model Intercomparison Project phase 3; Meehl et al., 2007) keretében a SRES kibocsátási forgatókönyvek figyelembevételével készítettek globális modellszimulációkat. A korábban példátlan klímamodell-szimulációk elkészítése és összegyűjtése 2005 és 2006 között valósult meg. A modellek átlagos horizontális felbontása 200 km volt.

A CMIP5 projekt (Taylor et al., 2012) egyik fő célkitűzése volt, hogy a részletesebb és összetettebb modellek alkalmazásával a CMIP3 projektben feltárt hiányosságokat orvosolják: pl. az éghajlati rendszer biogeokémiai és a fizikai kölcsönhatásait jobban megértsek. Ezért a legmodernebb légkör-óceán általános cirkulációs modelleket használták az RCP forgatókönyvekkel meghajtva. A modellszimulációkat $0,5^\circ$ és 4° közötti horizontális felbontáson készítették el, mellyel nagyjából megduplázták a CMIP3 projekt eredményeinek térbeli részletességét. Az IPCC AR5 első munkacsoportjának 2013. szeptemberben elfogadott jelentése már a CMIP5 modelledményeken alapul. Érdekes azonban megfigyelni, hogy mivel az RCP forgatókönyvek nagyobb szórással bírnak, mint a SRES forgatókönyvek, ezért a CMIP5 modellek eredményei is nagyobb szórást mutatnak, mint a CMIP3 modellek eredményei. A projekciók alapján a globális hőmérsékletemelkedés 2100-ra feltehetően meg fogja haladni a $1,5^\circ\text{C}$ -ot 1850–1900-hoz képest (több, mint 66% valószínűséggel) mindegyik forgatókönyv szerint, kivéve az ultra-optimista RCP2.6-ot. Emellett, a meleg hőmérsékleti szélsőségek és a hőhullámok gyakoribbá válása is egyértelmű a szárazföld legnagyobb hányada felett.

9. ábra: A SRES forgatókönyvek figyelembevételével készített CMIP3 (balra) és az RCP-forgatókönyvek figyelembevételével készített CMIP5 (jobbra) globális modellszimulációk által jelzett globális átlaghőmérséklet változás az 1986–2005 időszakhoz viszonyítva (Knutti és Sedlacek, 2012).



Az azonos forgatókönyvvel készített modellszimulációk eredményeit azonos színű sáv tartalmazza, ezeken belül a modellszimulációk átlagát vastag vonal jelöli; a felhasznált modellek száma a zárójelben szerepel.

Az adaptációhoz elengedhetetlen, hogy a várható változásokról részletes információkkal rendelkezünk, és hogy a projekciók bizonytalanságait számszerűsítsuk. Ezeket az igényeket kielégítendő számos regionális klímamodellezéssel foglalkozó projekt és együttműködés valósult meg az utóbbi húsz évben, melyek közül a legkiemelkedőbbek az európai uniós PRUDENCE és ENSEMBLES projektek, illetve a WCRP (World Climate Research Programme) által támogatott CORDEX kezdeményezés. Mindhárom együttműködés nagyon hasonló célokat tartott szem előtt:

- finomfelbontású regionális klímamodellszimulációkon alapuló adatbázis létrehozása;
- a projekciókban rejlő bizonytalanságok és bizonyosságok feltérképezése;
- a modellezők és a felhasználók közötti kommunikáció elősegítése, valamint az eredmények széles körű megismertetése.

A 2001 és 2005 között futó PRUDENCE projektben (Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects; Christensen, 2005) négy globális éghajlati modellel végeztek szimulációkat, melyeket kilenc különböző regionális klímamoddellel és egy változó felbontású globális légköri modellel skáláztak le Európa területére. Az antropogén kényszereket elsősorban az SRES A2 (pesszimista) kibocsátási forgatókönyv szerint vették figyelembe, emellett kisebb számban készültek B2 (optimista) szcenáriókat alkalmazó szimulációk is. A modellek horizontális rácsfelbontása általában 50, kisebb számban 25 km volt. A szimulációkat mindössze a 2071–2100 és a referenciaként szolgáló 1961–1990 időszakokra végezték el. A projekt eredményei bekerültek az IPCC negyedik jelentésébe.

Az ENSEMBLES (2004–2009; van der Linden et al., 2009) esetében nem csak a regionális leskalázások, de a meghajtó szimulációk is a projekt keretén belül készültek el. Habár a legtöbb regionális futtatás lefedte az egész XXI. századot, az ENSEMBLES alapvetően a 2021–2050 időszakra koncentrált. Így a modellkísérletekhez az SRES A1B (átlagos) emissziós forgatókönyvet választották antropogén kényszernek, mivel a szcenárió-választásból adódó bizonytalanság szerepe ilyen időtávon csekély a modellszimulációkat terhelő bizonytalansághoz képest. A projekten belül hat intézet futtatott globális modelleket, míg tizenöt készített regionális leskalázásokat, amiből végül összesen 25 GCM-RCM kombináció jött létre. A közös integrálási tartomány lefedte egész Európát, és a rácsfelbontás a legtöbb esetben 25 km volt.

A CORDEX (COordinated Regional climate Downscaling Experiment; Giorgi et al., 2009) egy 2009-ben kezdődő, jelenleg is folyamatban lévő kezdeményezés, melyben nem csak Európa, hanem a többi földrész is közreműködik. Az előre definiált kontinensméretű tartományok fölött zömmel 50 km-es felbontáson készülnek a szimulációk a XXI. század végéig, de elsősorban Európa esetén (a Euro-CORDEX együttműködés keretében) finomabb, 12 km-es felbontáson is futtatnak. Kisebbszámban más tartományokon (pl. Mediterrán térség, Észak-Amerika) is elérhetőek részletesebb, 25 km-es felbontású szimulációk. A kezdeményezés egyik fő újdonsága, hogy az új RCP forgatókönyveket használja, mivel a CMIP5 globális eredményeit skálázza le. A Euro-CORDEX-ben elsősorban az (átlagos) RCP4.5 és a (pesszimista) RCP8.5 szcenáriókat veszik figyelembe, de (optimista) RCP2.6-tal is készülnek kísérletek. Habár a CORDEX az IPCC 5. Helyzetértékelő Jelentésének szolgáltatott volna tudományos eredményeket, a Jelentés Európára vonatkozó megfogalmazásai mégis az ENSEMBLES projekten alapultak, mivel a Euro-CORDEX-ben csak néhány regionális modellszimuláció készült el határidőre.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat klímamodellezési tevékenysége

Az Országos Meteorológiai Szolgálat klímadinamikai tevékenységének beindítása 2004-ben kezdődött két regionális éghajlati modell hazai adaptálásával:

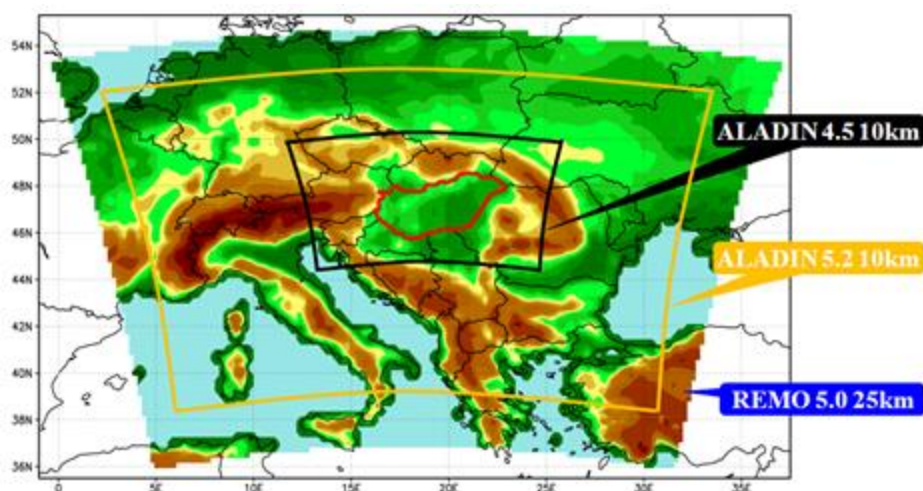
- A toulouse-i Météo France által nemzetközi együttműködésben kifejlesztett ALADIN-Climate, valamint;
- A hamburgi Max Planck Intézet által fejlesztett REMO regionális klímamodell.

A CLAVIER (www.clavier-eu.org) és a CECILIA (www.cecilia-eu.org) nemzetközi projektek keretében 2006 és 2009 között a Kárpát-medence területére 10 és 25 km-es horizontális felbontáson végeztünk éghajlatváltozási szimulációkat az 1961–2100 időszakra az SRES A1B közepes kibocsátási forgatókönyvet alkalmazva (Csima and Horányi, 2008; Szépszó and Horányi, 2008).

13. táblázat: Az Országos Meteorológiai Szolgálatnál adaptált regionális klímamodellekkel végzett éghajlatváltozási szimulációk.

	ALADIN-Climate 4.5	REMO 5.0	ALADIN-Climate 5.2
Időszak	1958–2100	1951–2100	1950–2100
Rácsfelbontás	10 km	25 km	10 km
Vertikális szintek száma	31	20	31
Meghajtó globális modell	ARPEGE-Climat	ECHAM5/MPI-OM	ARPEGE-Climat
Forgatókönyv	SRES A1B	SRES A1B	RCP8.5

10. ábra: Integrálási tartományok: a 25 km-es felbontású REMO (teljes taromány) és a 10 km-es felbontású ALADIN-Climate 5.2 (sárga keret) és ALADIN-Climate 4.5 (Fekete keret) modellek által lefedett területek



Az elmúlt években, a Euro-CORDEX együttműködésben az ALADIN-Climate modellel 50 km-es felbontáson Európa területére a 21. századra készítettünk modellkísérleteket az RCP8.5 kibocsátási forgatókönyvvel. Ezt a szimulációt az RCMTÉR projektben Közép- és Dél-Európára 10 km-es felbontáson tovább finomítottuk (Illy et al., 2015, Csorvási et al., 2016). Modelljeinkkel jelenleg újabb 10 km-es kísérletek elvégzése van folyamatban. Saját eredményeinken kívül figyelembe vesszük a 12 tagú Euro-CORDEX modell-együttest is annak érdekében, hogy a Kárpát-medence felett várható éghajlatváltozás bizonytalanságairól részletesebb képet kapjunk.

Romboló hatású szélvihar C

A regionális klímaprojekciók leírása

Az éghajlatváltozás következtében módosulhat a viharos szél előfordulási gyakorisága. A jövőbeli éghajlatváltozást az OMSZ-ban adaptált két regionális éghajlati modell 2021–2050-re vonatkozó eredményei alapján mutatjuk be: (i) a Météo France-ban nemzetközi együttműködés keretében kifejlesztett ALADIN-Climate, (ii) valamint a hamburgi Max Planck Intézetben fejlesztett REMO modell alapján. Ezekkel a modellekkel 10 és 25 km-es felbontáson, valamint a jövőbeli emberi tevékenységet egy közepes (SRES A1B) és egy pesszimista (RCP8.5) forgatókönyv szerint figyelembe véve összesen három modellszimuláció áll rendelkezésünkre az 1961–2100 időszakra a Kárpát-medence területére. A jövőre vonatkozó projekciós eredményeket változások formájában vizsgáljuk, azaz a szimulált jövőbeli és múltbeli időszak átlagainak különbségét tekintjük, referenciaként az 1971–2000 időszakot véve. Annak érdekében, hogy a modelleredményekben rejlő bizonytalanságokat megjelenítsük a változások alsó és felső határát mutatjuk be.

Várható változások

Mivel egyik klímamodell nem tartalmaz információt a széllelkésről, a viharos szeles időjárási eseményeket a napi maximális szélsősebesség 90. percentiliseként definiáljuk (ami jóval alacsonyabb a széllelkésnél). A modellekben ennek éves átlagos értéke 6,4 m/s és 6,7 m/s (23–24 km/h) 1971–2000-ben minden magyarországi rácspontot tekintve (14. táblázat). A 2021–2050-es időszakban két modellszimuláció szerint növekedni fog azon napok száma, amikor a napi maximális szélsősebesség meghaladja ezt az értéket. A növekedés mértéke több, mint 15% is lehet, azonban egy szimuláció szerint kisebb csökkenés is előfordulhat. A növekedéssel és csökkenéssel jellemzett területek eloszlása az egyes modelleredményekben bizonytalan, azonban a keleti régióban a viharos szeles napok gyakoribb előfordulását két modellszimuláció is jelzi.

14. táblázat. A modellezett napi maximális szélsősebesség 90. percentilisének éves átlagos értéke 1971–2000-ben, valamint ezt az értéket meghaladó napok számának relatív változása 2021–2050-ben Magyarországon az OMSZ három regionális modellszimulációja alapján.

1971–2000	2021–2050
6,4–6,7 m/s	(–2,7%) – (+16,4%)

Hóvihar C

A regionális klímaprojekciók leírása

Hófúvásos napok leggyakrabban télen fordulnak elő, amikor a hőmérséklet egész nap 0 °C alatt marad, miközben a szél meglehetősen erős, eközben gyakran még havazik is. A hófúvás miatt járhatatlan útszakaszok életveszélyes helyzeteket teremthetnek. A jövőbeli éghajlatváltozást az OMSZ-ban adaptált két regionális éghajlati modell 2021–2050-re vonatkozó eredményei alapján mutatjuk be: (i) a Météo France-ban nemzetközi együttműködés keretében kifejlesztett ALADIN-Climate, (ii) valamint a hamburgi Max Planck Intézetben fejlesztett REMO modell alapján. Ezekkel a modellekkel 10 és 25 km-es felbontáson, valamint a jövőbeli emberi tevékenységet egy közepes (SRES A1B) és egy pesszimista (RCP8.5) forgatókönyv szerint figyelembe véve összesen három modellszimuláció áll rendelkezésünkre az 1961–2100 időszakra a Kárpát-medence területére. A jövőre vonatkozó projekciós eredményeket változások formájában vizsgáljuk, azaz a szimulált jövőbeli és múltbeli időszak átlagainak különbségét tekintjük, referenciaként az 1971–2000 időszakot véve. Annak érdekében, hogy a modelleredményekben rejlő bizonytalanságokat megjelenítsük a változások alsó és felső határát mutatjuk be.

Várható változások

A hófúvásos napok számát a következő feltételek együttes teljesülésének alapján határoztuk meg: a napi maximum-hőmérséklet kevesebb, mint 0 °C, legalább 1 mm csapadék hullik hó formájában, valamint az átlagos szélsebesség meghaladja a 7 m/s-t (25 km/h). A hófúvásos napok évtizedes átlagos száma az 1971-2000 időszakban 1.6 és 2.8 között volt Magyarország területén (15. táblázat). A 2021-2050 időszak során a háromból kettő szimuláció csökkenést jelez előre, de ennek mértéke országos átlagban mindösszesen 1 nap/évtized. Ugyanakkor Magyarország északnyugati megyéiben számottevőbb negatív tendencia vetíthető előre (4-6 nap / évtized), miközben egy modellszimuláció alapján a keleti megyékben 2 nap / évtized növekedés lehetséges.

15. táblázat. A hófúvásos napok évtizedes száma (a szélsebesség meghaladja a 25 km/h-t, legalább 1 mm hó hull és a napi maximum-hőmérséklet 0 fok alatt van) az 1971-2000 időszakra, valamint az átlagérték várható változása a 2021-2050 időszakra. Az adatok forrása az Országos Meteorológiai Szolgálatnál lefuttatott három regionális klímamodell szimuláció.

	1971–2000	2021–2050
Hófúvás	1.6 – 2.8 nap/évtized	(–45%) – (+12%)

Hőhullámok C

A regionális klímaprojekciók leírása

Az éghajlatváltozás következtében módosulhat a hőhullámok gyakorisága is. A jövőbeli éghajlatváltozást az OMSZ-ban adaptált két regionális éghajlati modell 2021–2050-re vonatkozó eredményei alapján mutatjuk be: (i) a Météo France-ban nemzetközi együttműködés keretében kifejlesztett ALADIN-Climate, (ii) valamint a hamburgi Max Planck Intézetben fejlesztett REMO. Ezekkel a modellekkel 10 és 25 km-es felbontáson, valamint a jövőbeli emberi tevékenységet egy közepes (SRES A1B) és egy pesszimista (RCP8.5) forgatókönyv szerint figyelembe véve összesen három modellszimuláció áll rendelkezésünkre az 1961–2100 időszakra a Kárpát-medence területére. A jövőre vonatkozó projekciós eredményeket változások formájában vizsgáljuk, azaz a szimulált jövőbeli és múltbeli időszak átlagainak különbségét tekintjük, referenciaként az 1971–2000 időszakot véve. Annak érdekében, hogy a modelleredményekben rejlő bizonytalanságokat megjelenítsük, a három szimuláció szerint tekintett változások alsó és felső határát mutatjuk be.

Várható változások

Az éves átlaghőmérséklet megfigyelt referenciaidőszakbeli értéke (10,3 °C) a jövőben 1,2 – 1,7 fokkal változik a regionális klíma-modell-szimulációk szerint (16. táblázat). A melegedés várhatóan nyáron és télen lesz a legintenzívebb és elérheti a 2 fokot is. A modellek jelentős növekedést jeleznek azokban a napokban, amikor a napi átlaghőmérséklet 25 fok feletti (azaz a hőségriasztás küszöbében), azonban nem értenek egyet a növekedés mértékében (17. táblázat): a megfigyelt múltbeli átlagosan évi 5 napból a jövőben 8,5–15 ilyen nap várható. Ha a tartós hőhullámokat tekintjük (azaz a korábban alkalmazott hőségriasztás harmadik fokozatát, amikor legalább 3 napon át az átlaghőmérséklet 27 °C feletti), a modellek a mért 3 nap/dekád helyett a 21. század közepére jelentősebb növekedést jeleznek (7–21 nap/dekád). A két index változásában hasonló térbeli elhelyezkedést láthatunk: az ország déli-délkeleti vidékein várható a legintenzívebb növekedés, míg az északi (hegyvidéki) területeken a kisebb.

16. táblázat: Országos éves és évszakos átlaghőmérséklet [°C] 1971–2000-ben mért értékei, valamint 2021–2050-ben az OMSZ három regionális modellszimulációja alapján.

	Éves	Tavaszi	Nyár	Ősz	Tél
1971–2000	10,3	10,7	19,8	10,5	0,3
2021–2050	11,5 – 12	11,6 – 12	21,1 – 22,1	11,7 – 12,1	1,3 – 2,4

17. táblázat: A hőhullámos napok ($T_{\text{átlag}} > 25$ °C) éves és a tartós hőhullámos napok (legalább 3 napig $T_{\text{átlag}} > 27$ °C) dekádos átlagos hossza Magyarországon, 1971–2000-ben mérések, valamint 2021–2050-ben az OMSZ három regionális modellszimulációja alapján.

	1971–2000	2021–2050
Hőhullámos napok (nap/év)	5	8,5 – 15
Tartós hőhullámos napok (nap/dekád)	3	7 – 21

Hideghullámok C

A regionális klímaprojekciók leírása

Az éghajlatváltozás következtében módosul a hideghullámok előfordulása is. A jövőbeli éghajlatváltozást az OMSZ-ban adaptált két regionális éghajlati modell 2021–2050-re vonatkozó eredményei alapján mutatjuk be: (i) a Météo France-ban nemzetközi együttműködés keretében kifejlesztett ALADIN-Climate, (ii) valamint a hamburgi Max Planck Intézetben fejlesztett REMO. Ezekkel a modellekkel 10 és 25 km-es felbontáson, valamint a jövőbeli emberi tevékenységet egy közepes (SRES A1B) és egy pesszimista (RCP8.5) forgatókönyv szerint figyelembe véve összesen három modellszimuláció áll rendelkezésünkre az 1961–2100 időszakra a Kárpát-medence területére. A jövőre vonatkozó projekciós eredményeket változások formájában vizsgáljuk, azaz a szimulált jövőbeli és múltbeli időszak átlagainak különbségét tekintjük, referenciaként az 1971–2000 időszakot véve. Annak érdekében, hogy a modelleredményekben rejlő bizonytalanságokat megjelenítsük, a három szimuláció szerint tekintett változások alsó és felső határát mutatjuk be.

Várható változások

A fagyos napok (a minimumhőmérséklet 0 fok alatti) számának egyértelmű csökkenését jelzik a vizsgált klímamodellek az ország felett (18. táblázat): a megfigyelt múltbeli országos átlagos évi 94 nap értékről a közeli jövőbeli időszekekre 14–18 napos csökkenést jeleznek, amely 15–20%-os csökkenésnek felel meg. A modellek szerint az ország északi felén várható a kisebb növekedés (ahol a múltban egyébként több fagyos nap fordult elő), míg a Balaton körül a legnagyobb mértékű. Az extrém hideg napok esetében (amikor a minimumhőmérséklet $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti) relatíve jelentősebb változást várnak a modellszimulációk, és évi 3–6 napra csökkenhet az országos átlagos számuk a jövőben. Abban nincs egyetértés a modellek között, hogy mely területen várhatók a nagyobb változások, azonban kijelenthetjük, hogy 2050-re még nem teljesen tűnnek el az ilyen extrém hőmérsékletű napok.

18. táblázat: A fagyos napok ($T_{\text{minimum}} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) és az extrém hideg napok ($T_{\text{minimum}} < -10\text{ }^{\circ}\text{C}$) éves átlagos hossza [nap/év] Magyarországon, 1971–2000-ben mérések, valamint 2021–2050-ben az OMSZ három regionális modellszimulációja alapján.

	1971–2000	2021–2050
Fagyos napok	94	76–80
Extrém hideg napok	9	3–6

Mind az OMSZ, mind a Katasztrófavédelem és az egészségügy készen kell, hogy álljon az ilyen helyzetek kezelésére, hiszen közös cél a balesetek, sérülések, fagyások elkerülése. Az, hogy a klímaváltozás okozta hideg napok csökkenése pontosan milyen hatással lehet az egészségügyre, további vizsgálatokat igényel.

Aszály C

A regionális klímaprojekciók leírása

Az aszály Magyarország természetes klímájának a velejárója, de az aszályos időszakok hossza és intenzitása megnövekedhet a klímaváltozás hatására. A jövőbeli éghajlatváltozást az OMSZ-ban adaptált két regionális éghajlati modell 2021–2050-re vonatkozó eredményei alapján mutatjuk be: (i) a Météo France-ban nemzetközi együttműködés keretében kifejlesztett ALADIN-Climate, (ii) valamint a hamburgi Max Planck Intézetben fejlesztett REMO modell alapján. Ezekkel a modellekkel 10 és 25 km-es felbontáson, valamint a jövőbeli emberi tevékenységet egy közepes (SRES A1B) és egy pesszimista (RCP8.5) forgatókönyv szerint figyelembe véve összesen három modellszimuláció áll rendelkezésünkre az 1961–2100 időszakra a Kárpát-medence területére. A jövőre vonatkozó projekciós eredményeket változások formájában vizsgáljuk, azaz a szimulált jövőbeli és múltbeli időszak átlagainak különbségét tekintjük, referenciaként az 1971–2000 időszakot véve. Annak érdekében, hogy a modelleredményekben rejlő bizonytalanságokat megjelenítsük a változások alsó és felső határát mutatjuk be.

Várható változások

Az aszályos időszakok jellemzésére a csapadékmentes időszakok hosszát használjuk. Csapadékmentesnek tekintjük azon napokat, amikor az adott rácpontban a napi csapadék értéke kevesebb mint 1 mm. A csapadékmentes időszakok éves maximális hossza az 1971–2000 időszak mérései alapján átlagosan 30 nap, a leghosszabb ilyen időszakok jellemzően ősszel fordulnak elő. A jövőben az őszi aszályok időtartamának csökkenése valószínű, ugyanakkor tavasszal és télen három modellszámításból kettő szerint növekedés várható. Különösen télen, amikor a csapadékmentes időszakok maximális hossza akár 7 nappal is növekedhet (19. táblázat). Nyáron ugyanakkor nem várható változás egészen az évszázad közepéig.

19. táblázat. A száraz időszakok éves és évszakos maximális hossza Magyarországon (a napi csapadék kevesebb, mint 1 mm). Az adatok az 1971–2000 időszak méréseiből, valamint az Országos Meteorológiai Szolgálatnál futtatott, 2021–2050 időszakra vonatkozó három regionális klímamodell szimulációjából származnak. A háttér árnyékolásával jeleztük, amikor a háromból legalább két szimuláció azonos irányú változást jelez (zöld: csökkenés, narancs: növekedés).

	1971–2000	2021–2050
Éves	30	29 – 33
Tavaszi	19	18 – 21
Nyári	15	15
Ősz	22	20 – 22
Tél	21	19 – 28

Az aszály komplex jelenség. A csapadék hiányán túl a hőmérsékleti viszonyok is meghatározzák az aszály súlyosságát. Még ha a nyári aszályos időszakainak átlagos hossza nem növekszik a jövőben, a nyári átlaghőmérsékletének szignifikáns emelkedése (1.3–2.3 °C) súlyosbíthatja a nyári aszályokat. Az átlaghőmérséklet emelkedése a hőségnapok számának és intenzitásának növekedését, ezen keresztül pedig az aszály súlyosságát fokozhatja: a jövőben

kétszer, sőt háromszor annyi hőségnap valószínű éves átlagban, mint amennyi a korábbi megfigyelési adatok szerint előfordult.

Erdőtűz C

Az aszály kockázat növekedése, valamint a felmelegedés magával hozza az erdő és vegetációs tüzek kockázatának emelkedését is, nem csupán a bekövetkezési valószínűség hanem az általa keltett hatás tekintetében. Ennek megfelelően a munkacsoport javaslata szerint a hatáskategóriák a 2014. évihez képest az alábbiak szerint módosultak:

„Természet és környezet tartós károsodása kategória” „E” értékre.

„Mindennapi életben jelentkező zavarok kategóriát” „B” értékre.

Ónos eső

Leírás

Kizárólag téli időszakban, fagypont körüli hőmérséklet esetén előforduló jelenség. Kialakulásának feltétele, hogy a talaj közelében kevéssel fagypont alatt legyen a hőmérséklet, míg a magasabb légrétegekben (jellemzően 500-800 m felett) egy vastag, pozitív hőmérsékletű légréteg húzódjon. Ilyen feltételek leggyakrabban az érkező melegfrontok mentén állnak fent. A lehulló hópelyhek a fagypont feletti légrétegben megolvadnak, majd a talaj közelében ismét túlhűlnek, de csak akkor fagynak meg újra, ha a felszínnek vagy a tereptárgyaknak ütköznek. Egy csapadékszónán belül az ónos eső általában csak átmenetileg van jelen, de egyes esetekben tartósan fennállhat.

Kontextus

Az elmúlt 30 év során országos átlagban évi 1-4 alkalommal fordult elő ónos eső. Ugyanakkor egy adott mérőállomásra vonatkoztatva ennél tágabb határok között alakul az előfordulás. Például Budapesten 1999-ben 11 alkalommal észleltek ónos csapadékot. Ritka az olyan év, amikor egy adott pontban nem fordul elő ónos eső. Az ónos esőként hulló csapadék mennyisége általában nem haladja meg a 10 mm-t. Ugyanakkor az 1981-től kezdődő időszakot vizsgálva egyre több olyan esetet találni, amikor 10, esetenként 20 mm-nél is több hull.

Példák

2013. március 14-15-én a havazás és hófúvás mellett az északkeleti megyékben jelentős mennyiségű ónos csapadék hullott, amelynek következtében Szabolcs-Szatmár-Bereg, Borsod-Abaúj-Zemplén, valamint Hajdú-Bihar megyékben 180.000 ember maradt áramellátás nélkül. A tartós áramkimaradás miatt 22 településen átmenetileg megszűnt a vízszolgáltatás.

2014. december 1-én a főváros környékén, a Börzsönyben és a Bükkben emberemlékezet óta nem látott mennyiségű ónos eső hullott. Az ónos csapadék mennyisége helyenként az 50 mm-t is meghaladta. A Gödöllői-dombság területén több magasfeszültségű távoszlop kidőlt, a Dunazug-hegységben pedig hatalmas károk keletkeztek a faállományban.

2016. január 6-7-én elsősorban Bács-Kiskun-megye területén mintegy 10-25 mm ónos eső esett. Ez esetben is elsősorban az áramellátásban keletkeztek zavarok.

Következmények

Élet/Egészség

A csúszóssá váló úttek, járdák miatt fokozott balesetveszély, amely megmutatkozik mind a közúti balesetek, mint az egyéb balesetek számának szignifikáns növekedésében.

Természet/Környezet

Téli időszakban előforduló jelenség lévén csak a fásszárú növényállomány érintett. Jelentős jégfelhalmozódás esetén már a vastagabb faágak is letörhetnek. A szabálytalanul letörő ágak torzítják a lombkoronát és nehezítik az erdő regenerálódását.

Pénzügyek/Gazdaság

Jelentős károk keletkezhetnek a természeti környezetben, az erdőgazdaságokban. Szintén tetemes károkat okozhat a légvezetékek leszakadása, a tartóoszlopok kidőlése, amelynek következtében tartós áramkimaradás léphet fel az érintett régiókban. Az áramellátás megszűnése esetén más szolgáltatásokban is zavarok, kimaradások keletkezhetnek (pl. vízellátás)

Társadalmi stabilitás

A hosszan tartó áramkimaradás zavarokat kelt a mindennapi életben. Az alapvető szolgáltatások kieshetnek, akadozhatnak.

Kormányzóképeség/Területi igazgatás

Nem befolyásolja, mindazonáltal a helyzet kezelése érdekében szükség lehet a kormány jelentős mértékű anyagi és technikai segítségnyújtására.

Trigger szcenárió: nem releváns

Ónos eső C

A regionális klímaprojekciók leírása

Az ónos eső a téli hónapokban fordul el, amikor a folyékony halmazállapotú esőcseppek fagyott felszínre vagy tereptárgyakra hullanak. Az ónos csapadék tipikusan melegfrontokhoz kapcsolódik. A jövőbeli éghajlatváltozást az OMSZ-ban adaptált két regionális éghajlati modell 2021–2050-re vonatkozó eredményei alapján mutatjuk be: (i) a Météo France-ban nemzetközi együttműködés keretében kifejlesztett ALADIN-Climate, (ii) valamint a hamburgi Max Planck Intézetben fejlesztett REMO modell alapján. Ezekkel a modellekkel 10 és 25 km-es felbontáson, valamint a jövőbeli emberi tevékenységet egy közepes (SRES A1B) és egy pesszimista (RCP8.5) forgatókönyv szerint figyelembe véve összesen három modellszimuláció áll rendelkezésünkre az 1961–2100 időszakra a Kárpát-medence területére. A jövőre vonatkozó projekciós eredményeket változások formájában vizsgáljuk, azaz a szimulált jövőbeli és múltbeli időszak átlagainak különbségét tekintjük, referenciaként az 1971–2000 időszakot véve. Annak érdekében, hogy a modelleredményekben rejlő bizonytalanságokat megjelenítsük a változások alsó és felső határát mutatjuk be.

Várható változások

Az ónos esős napokat számát a következő feltételek egyidejű teljesülése felhasználásával határoztuk meg: a maximum-hőmérséklet kevesebb, mint 0 fok volt, ezzel egyidejűleg 1 mm-t

meghaladó folyékony halmazállapotú csapadék hullott. Az 1971-2000 időszakra vonatkozó ónos esős napok száma a Magyarország területére eső valamennyi rácspont adatai alapján 0.1 és 6.2 nap között alakult (20. táblázat). A 2021-2050 időszak során két modell-szimuláció az ónos esős napok számának csökkenését mutatja, mindazonáltal a harmadik szimuláció alapján kismértékű növekedés is elképzelhető. A jelentős - mintegy 50%-os - csökkenés ellenére évtizedenként mindösszesen kevesebb, mint 5 nappal csökkenhet az ónos esős napok száma. A változás esélye nem azonos az ország minden pontján: mindazonáltal a déli megyékben és a hegyvidéki régiókban nagyobb.

20. táblázat. Az ónos esős napok éves száma (a maximum-hőmérséklet kevesebb, mint 0 °C, valamint a folyékony halmazállapotú csapadék mennyisége meghaladja az 1 mm-t) az 1971-2000 időszakra, és az átlagos változás várható mértéke a 2021-2050 időszakra. Az adatok forrása az Országos Meteorológiai Szolgálatnál lefuttatott három regionális klímamodell szimuláció.

	1971–2000	2021–2050
Ónos eső	0.1 – 6.2 days	(–58%) – (+16%)

Az alkalmazott modellezés az ónos eső esetében mutatta meg a legnagyobb bizonytalanságot, ugyanakkor a katasztrófakockázat-kezelés alapelve, hogy mindig a legrosszabb szcenárióra készüljünk, ezért ebben az esetben a 16%-os növekedést javasolt figyelembe venni.

Az eredmények alapján a következő főbb konklúziók vonhatók le:

- 1) *Az áradással kapcsolatos forgatókönyvek* (a Duna és a Tisza áradásával kapcsolatos forgatókönyvek csoportja) *a többi forgatókönyvhöz képest domináns szerepet töltenek be kockázatok tekintetében.*
- 2) *Az egész ország területére kiterjedő forgatókönyvek magasabb kockázati régióba esnek, mint a korlátozott területre vonatkozó forgatókönyvek.* Emiatt például a földrengés kockázata a hőhullám vagy mágneses viharok kockázata alatt jelenik meg. Az ilyen természetű mágneses viharok, az ipari területek nagy számának bezárásával, és a gazdasági tevékenység szünetelésével együtt jár, következményeit tekintve az egész népességre kihatnak; ez indokolja a fenti helyzetet. Ilyen esetben, az állami infrastruktúrában jelentkező zavarok, továbbá a kommunikáció gyengülése miatt, a rendfenntartó funkciók és a területi igazgatás is gyengül.
- 3) A súlyos vasúti közlekedési baleset forgatókönyv súlyosságának nagyon magas értékét "halálos" és "sérüléssel" veszélyeztető hatások magas értéke jellemzi, mivel a városi rendező pályaudvarok környezete sűrűn lakott terület.
- 4) *Fontos megjegyezni, hogy a legsúlyosabb következményekkel járó (magas veszélyeztető hatású) forgatókönyvek nem azonosak a legjelentősebb kockázatokkal járó forgatókönyvekkel.*
- 5) *Fontos szempont továbbá, hogy a katasztrófakockázat-értékelés eredménye kizárólag kiindulási alapot szolgáltat a jelentős kockázatok kezelését célzó intézkedések meghatározásakor.* Az eltérő típusú kockázatok különböző természetű és forrásigényű beruházások és intézkedések végrehajtását igénylik. Egyes ágazatok eljárásrendjének és alaptevékenységének célorientált módosítása elegendő ahhoz, hogy egy kockázat szintje csökkenthető legyen, míg más ágazat esetében rendkívül forrásintenzív és

részletes tervezést igénylő fejlesztések megtételére van szükség hasonló mértékű kockázatcsökkentés eléréséhez.

- 6) A jelentős kockázatú forgatókönyveket a következő fejezet ismerteti. A kezelésük szempontjából a legtöbb erőforrást igénylő, a többihez viszonyítva a legsúlyosabb következményekkel járó kockázati területek az alábbiak:

- 1) *Szélsőséges időjárás,*
- 2) *vizek kártétele,*
- 3) *influenza-világjárvány,*
- 4) *migráció,*
- 5) *nukleárisbaleset,*
- 6) *invazív allergén vagy mérgező növények,*
- 7) *mágneses viharok,*
- 8) *állat- és növényegészség.*

Jelentős kockázatú forgatókönyvek Magyarországon

A szakértők véleménye szerint, bekövetkezési valószínűségük és veszélyeztető hatásuk alapján az alábbiak minősülnek magas prioritású kockázatoknak.

- a) *Szélsőséges időjárás,*
- b) *invazív allergén vagy mérgező növények,*
- c) *éghajlatváltozáshoz fűződő migráció,*
- d) *aszály,*
- e) *súlyos viharok.*

(A fentiek főként éghajlatváltozással kapcsolatos forgatókönyvek.)

Áradás, influenza-világjárvány, mágneses viharok, erdőtüz

A fentiek közül az áradással és az influenza-világjárvánnyal kapcsolatos forgatókönyvek érdemlik a legnagyobb figyelmet.

Az áradással kapcsolatos forgatókönyvek és az influenza-világjárvány a többi forgatókönyvhöz képest jelentősebb hatást gyakorol a kritikus infrastruktúrákra.

Áradás

A folyók Magyarország területére a szomszédos országokhoz tartozó hegyi vízgyűjtő területekről érkeznek, és legnagyobbbrészt a Nagyalföldön folynak keresztül. Ez azt jelenti, hogy a magaslati – felső folyású vízgyűjtő – területekről a magyar alföldre érkező folyók sebessége nagymértékben lelassul, és egyes folyók vízszintemelkedése ezeken a területeken akkumulálódik.

A földrajzi viszonyokból adódóan, mintegy 21.200 km² az ország területének 23%-a, a folyók standard vízszintjénél alacsonyabban fekszik. Ez a körülmény önmagában is Európában egyedülálló árvízvédelmi problémát jelent. Ezt az árvízvédelmi szempontból rendkívül kedvezőtlen földrajzi adottságot tovább súlyosbítja Magyarország éghajlata, amelyet elsősorban három tényező befolyásol: az Atlanti-óceáni, a kontinentális és a mediterrán hatások, attól függően változva, hogy éppen melyik atmoszferikus mozgás kerül előtérbe. Mindkét fent említett tengeri légáramlat igen intenzív, nagy területekre kiterjedő esőzéseket idézhet elő a Duna-medence bármely részében, az év bármely időszakában, amely heves és tartós vízszintemelkedést okozhat a Duna-folyó vízrendszerében.

Hó formájában jelentős mértékű téli csapadék hullhat a folyók vízgyűjtő területeire. A tavaszi, kora nyári hóolvadás, különösen gyors felmelegedés esetén, esőzéssel kiegészülve, ugyancsak heves árhullámokat okozhat. A tavaszi hóolvadásból eredő árhullám a Duna és a Tisza vidékének jellemző és gyakori jelensége.

Influenza-világjárvány

Háromféle influenzavírus létezik: A, B és C. Az emberi A és B influenzavírus általában október és május közötti időszakban okoz szezonális járványokat a hőmérsékleti zónában, mivel az A és B (a B vírus esetén az antigén csúszás nem tekinthető tudományosan elfogadottnak) vírus genetikailag lassan (pontmutáció) vagy gyorsan (rekombináció,

átrendeződés) változik meg, és az antigéneket tekintve új vírusként jelenik meg az emberi populáció számára. Vadvízi madarak a természetes hordozói az összes ismert A-típusú influenzavírusnak, amelyet tünetek nélkül hordoznak. Az A-típusú influenzavírusok megfertőzhetnek embereket, madarakat, sertéseket, lovakat és más állatokat is.

Az A-típusú influenzavírus a leginkább mutálódni képes influenzavírus. **Influenza-világjárvány** akkor alakulhat ki, amikor egy **új nem emberi influenzavírus képessé válik gyorsan és tartós módon emberről emberre terjedni** és így **világméretű járványt előidézni**, mivel az emberek nem védettek ezen vírusok ellen. Azokat az influenzavírusokat, amelyek világméretű járványokat okozhatnak "potenciális pandémiás influenzavírusként" tartják számon.

Szabálytalan időközönként olyan A-típusú influenzavírus jelenik meg, amely különbözik a jelenleg ismert emberi, szezonális influenzavírusoktól, és nem csak megfertőzi az embereket, hanem egyeseknél betegséget okozhat, és ami a legfontosabb, képessé válik könnyen emberről emberre terjedni. A vírusnak elég újszerűnek kell lennie ahhoz, hogy a szezonális A-típusú vírusokon felülkerekedjen, és ezen újszerűsége okán az emberek csak kismértékben védettek ellene, kivéve az idős embereket, akik korábban már találkozhattak hasonló vírussal. Ez az új vírus azután gyorsan terjed emberről emberre szerte a világon. Mivel az emberek nem védettek ellene, a vírus súlyos megbetegedéseket és haláleseteket idézhet elő. Mivel idővel az emberek védettsége nő, és a pandémiás vírus megváltozik, a pandémiás törzs a szezonális A-típusú influenzavírusok keverékének részévé válik (és ezen belül egyre dominánsabb lehet), és talán megváltoztatja a szezonális influenza-járvány némely jellemzőjét.

Szélsőséges időjárás (szélsőséges hőmérséklet, súlyos viharok, aszály)

A társadalom az éghajlatváltozás hatásait elsősorban szélsőséges időjárási és éghajlati jelenségeken, például hóhullámokon és aszályokon, heves esőzéseken, az ezzel együtt járó árvizeken és rendkívül erős szélviharokon keresztül érzékeli. Az éghajlatváltozás várhatóan jelentős változásokat eredményez a Kárpát-medence régiójában, amely az ökoszisztémát és az emberi életvitelt is érinteni fogja. A regionális éghajlati viszonyokban érezhető közelmúltbéli tendenciák vizsgálata létfontosságú ahhoz, hogy a következményekkel meg tudjunk birkózni. A szélsőséges időjárás következményeiről és a szélsőséges időjárási hatásokból, illetve az emberek és a természeti rendszerek ezekkel szembeni kitettségéből és érzékenységéből eredő potenciális katasztrófákról szól az IPCC (éghajlatváltozással foglalkozó nemzetközi munkacsoport) által készített különleges jelentés a szélsőséges időjárási jelenségek és katasztrófák éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás előmozdítása céljából történő kezeléséről (SREX, 2011).

Az éghajlatváltozás (hőmérséklet emelkedése, a csapadék mennyiségének változása, a jég és a hó csökkenése) globális, Európát is érintő jelenség; a megfigyelt változások némelyikéről az elmúlt években készültek feljegyzések. Az ipari forradalom előtti időszakhoz (a XIX. sz. vége) képest egész Európában emelkedett az átlaghőmérséklet és gyakoribbá váltak az egyre hosszabb ideig elhúzódó hóhullámok (EEA, 2012). Az IPCC negyedik értékelési jelentése (IPCC, 2007) megállapította a szélsőséges időjárási jelenségek közelmúltban megfigyelt tendenciáinak jellegzetességeit a XX. sz. végétől, néhány esetben jellemzően az 1960-as évektől kezdődően. Az időjárás tekintetében végzett kutatások alapján az egyes szélsőséges jelenségeket inkább az éghajlatváltozásnak, és nem a természet változékonyságának lehet tulajdonítani. Egyre több tudományos publikáció zárul azzal a megállapítással, hogy a 2003-

as európai hőhullámhoz hasonló esemény bekövetkezési valószínűsége valószínűleg lényegesen magasabb lett a globális felmelegedés következtében.

A magyarországi időjárási tendenciákat az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) 1901 óta, homogenizált adatok alapján, éves rendszerességgel vizsgálja. Az éves átlaghőmérsékletek a XX. sz. elejétől kezdődően a globális felmelegedéshez igazodni látszanak (Szalai et al., 2005). Minden évszakban jelentős hőmérsékletemelkedés mutatható ki. A nyári évszakban a legerősebb a felmelegedés, és ősszel méri a legkisebb mértékű felmelegedést. A 90-es évek óta a felmelegedés egyre gyorsuló tendenciát mutat. Az elmúlt 30 évben a nyári felmelegedés közel 2°C. A hosszú távú csapadékmennyiségi adatok csökkenő tendenciát mutatnak, de nyáron rövidebb ideig tartó növekvő tendenciákat is mértek. Az évszakonkénti csapadékmennyiség legnagyobb mértékű csökkenését tavasszal mérték.

Hőhullámok gyakran idéznek elő aszályt. Hosszú távon az aszályos időszakok általánosságban olyan eseményekkel állnak összefüggésben, amikor a szibériai és azori anticiklonok egyesülnek egy hosszabb időszakra. Az elmúlt években, 2011-ben és 2012 első felében, rendkívül száraz időszaknak voltunk tanúi. A – majdnem két éven át húzódó – aszályos időszak súlyos károkat okozott a mezőgazdaságban.

Télen az erős viharok **hóviharokat** okozhatnak, amelyeket egyidejű hótakaró és/vagy hóesés jellemez. Erősebb hóviharok kiterjedt hóátfúvásokat okozhatnak az utakon, és a megjegesedett nedves hóréteg problémákat, akár károkat is okozhat az elektromos vezetékekben. Erős széllelkések hóvihar idején tovább súlyosbítják a veszélyt. A legutóbbi hóvihar a dunántúli régióban alakult ki 2013. március 14-én.

Súlyos hóviharok pusztító erejű szélviharral (akár 90 km/h feletti szélereősség) és erős jégesővel (2 cm-nél nagyobb átmérőjű jégdarabok) alakulhatnak ki elsősorban a Kárpát-medencében. Hozzávetőlegesen 3-5 naponta (évente változóan) súlyos zivataroknak kedvező időjárási viszonyok alakulnak ki. Nagyon ritkán (hozzávetőlegesen 3-5 évente) rendkívül súlyos, hosszan tartó, sorozatos zivatarok Magyarország nagy területén okozhatnak rendkívüli károkat. Erős ciklonok alatt a szélereősség meghaladhatja akár a 100 km/h sebességet, és az ilyen szélsőséges értékek időtartama az elmúlt évtizedben egyre hosszabbá vált. Az elmúlt évtizedben átlagosan kétevente alakultak ki súlyos viharok, míg korábban négyévente egy ilyen jelenség fordult elő.