

Sibalin Iván,<sup>1</sup> Kátai-Urbán Maxim,<sup>2</sup> Cimer Zsolt<sup>3</sup>

## Az energiaipari-biztonság és a környezeti fenntarthatóság egyes összefüggéseinek értékelése, 2. rész

### Assessment of Certain Interrelations between Industrial Safety in the Energy Sector and Environmental Sustainability, Part 2

#### Absztrakt

*A veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemek biztonságos működését célzó iparbiztonsági szempontok hatékony érvényesülése a fenntartható fejlődési stratégia sikerének alapvető feltétele. Jelen kutatás fő célja az energiaipari-biztonság és a környezeti dimenzió közötti összefüggések feltárása. A cikksorozat második része a két terület kapcsolódási pontjait a katasztrófavédelem hármas feladatrendszerét alapul véve gyakorlati perspektívából értékeli, a közelmúltban bekövetkezett, jelentős szennyezéssel járó energiaipari balesetek és üzemzavarok során kibocsátott káros anyagok mértékének, a helyreállítás eredményességének, valamint az energetikai rendszerek környezeti kitettségének főként külföldi példáin keresztül.*

*Kulcsszavak: iparbiztonság, energiaágazat, környezeti fenntarthatóság, baleset, veszélyhelyzeti kibocsátás*

<sup>1</sup> Óraadó, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katasztrófavédelmi Intézet, e-mail: [sibalin4@gmail.com](mailto:sibalin4@gmail.com)

<sup>2</sup> Osztályvezető, Semmelweis Egyetem Biztonságtechnikai Igazgatóság Biztonságszervezési Osztály, e-mail: [katai.urban.maxim@semmelweis.hu](mailto:katai.urban.maxim@semmelweis.hu)

<sup>3</sup> Dékán, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar, e-mail: [cimer.zsolt@uni-nke.hu](mailto:cimer.zsolt@uni-nke.hu)

## Abstract

*Ensuring the safe operation of hazardous facilities through the effective implementation of industrial safety measures is a fundamental prerequisite for achieving sustainable development. The primary objective of the present study is to explore the interrelations between the industrial safety in the energy sector and the environmental dimension. The second part of this article series evaluates the points of connection between the two fields from a practical perspective, based on the threefold task system of disaster management. The analysis is conducted through examples of recent energy sector accidents and malfunctions that involved significant environmental contamination, focusing on the quantity of harmful substances released, the effectiveness of recovery efforts, and the environmental vulnerability of energy systems.*

*Keywords: industrial safety, energy sector, environmental sustainability, accident, emergency release*

## Bevezetés

A fenntartható fejlődés olyan átfogó stratégiai jövőképet feltételez, amelynek megvalósításához multidiszciplináris megközelítés szükséges. A cikksorozat első része értékelte az iparbiztonság e folyamatban betöltött jelentőségét, valamint megvizsgálta, hogy az annak részszakterületét képező energiaipari-biztonság milyen helyet foglal el a környezeti fenntarthatóságról szóló stratégiai gondolkodásban. A kutatás eredménye értelmében – elméleti és gyakorlati érvekkel alátámasztva – megállapítható, hogy az iparbiztonság a fenntarthatóság környezeti dimenziójában stratégiai jelentőségű szakterületnek minősül. Ugyanakkor az energiaipari-biztonság kérdése korlátozottan jelenik meg a releváns fenntarthatósági diskurzusban, annak ellenére, hogy az energiaágazat katasztrófái rendszerszintű, azaz stratégiai keretek között értelmezhető – egyebek mellett környezeti – hatásokat képesek generálni.

Az alábbi áttekintés az energiaipari-biztonság környezeti fenntarthatóságban betöltött szerepét az iparbiztonság stratégiai jelentőségét megalapozó gyakorlati érvek mentén értékeli. Ez utóbbiak a szakterületnek a környezeti problémák kialakulásának megelőzését, az ipari rendszerek és rendszerelemek meglévő környezeti viszonytagságokkal szembeni védelmét, valamint a már bekövetkezett veszélyhelyzeti szennyezések felszámolását célzó rendeltetését tükrözik. Az értékelés alapját a közelmúltban megvalósult, kiterjedt szennyezéssel járó energiaipari balesetek és üzemzavarok során kibocsátott káros anyagok mértékének, a helyreállítás eredményességének, valamint az energetikai rendszerek környezeti kitettségének példái képezik.

## Környezeti problémák megelőzése – a veszélyhelyzeti gáz kibocsátás kockázata

Köztudomású tény, hogy a fenntartható fejlődés egyik sarokköve az energiatermelés és -fogyasztás minél környezetkímélőbb mennyiségének, minőségének és módjának biztosítása. Ennek részeként főként a – viszonylag könnyen számszerűsíthető – normálüzemi üvegházhatású gáz kibocsátás csökkentésére helyeződik a hangsúly. Azonban az energetikai rendszerek veszélyhelyzeti kibocsátása során a káros anyagok mellett szintén jelentős mennyiségű üvegházhatású gáz kerül a környezetbe. A robbanásokkal, tüzesetekkel járó gáz kibocsátások, valamint kútfejek, csőszelvények és csővezetékek szivárgásai vagy tartályhajók olajszivárgása során például jelentős mértékű szénhidrogén távozik a légkörbe.<sup>4</sup> A kockázat jól szemléltethető a kaliforniai Aliso Canyon földgáztároló létesítmény 2015-ben előállt gázszivárgásával, amely során összesen mintegy 80 000 háztartás éves felhasználását meghaladó mennyiségű földgáz szivárgott el,<sup>5</sup> és a katasztrófa közel 600 000 autó éves kibocsátásával egyenlő mértékű hőcsapdhatást generált.<sup>6</sup> Jelzésértékű, hogy egy, a haváriát követően készült elemzés körülbelül 2700 Aliso-típusú létesítményt számolt az Egyesült Államokban.<sup>7</sup> Nem sokkal később, 2018 februárjában egy Ohio állambeli földgázkútnál történt robbanás eredményeként mindössze 20 nap alatt hozzávetőleg 60 kt metán szabadult fel. Ez a mennyiség olyan jelentős európai országok éves metán kibocsátását is meghaladja, mint Franciaország, Spanyolország vagy Norvégia.<sup>8</sup> 2019-ben Louisiana államban a kőolaj- és gázipari üzemeltetői oldalon mintegy 770 millió m<sup>3</sup> elpazarolt földgáz 81%-a kisebb szivárgások miatt veszett kárba.<sup>9</sup> 2020-ban az indiai Asszámban fekvő Baghjan olajmezőn robbanással és hat hónapig tartó tüzessel is járó gáz- és olajszivárgás komoly károkat idézett elő a régió élővilágában.<sup>10</sup> 2023 júniusában pedig a kazahsztáni Karaturun mezőben vette kezdetét egy 205 napon át tartó olajkútszivárgás, amely során nagyjából 130 kt metán került a környezetbe.<sup>11</sup>

Az elmúlt években, évtizedekben Magyarországon is voltak jelentősebb szénhidrogénipari balesetek. 1985-ben Füzesgyarmaton a Szeghalom 107-es számú fúrási helyen a kitörésgátló leszerelése és megemelése következtében a kútból éghető gáz- és kőolajtermék, valamint paraffin lövellt ki. 1998-ban a nagylengyeli kőolajmező karbantartás során meghibásodott 282/A jelzésű kútjából kiáramló – kén-hidrogén-tartalmú – szén-dioxid terjedése miatt szükségessé vált a környék lezárása, és az alacsonyabb területeken fekvő veszélyeztetett községek lakóinak kitelepitése. 2000-ben a Pusztaszőlős Psz-34. számú kút tört ki a homokszűrő szerelvény cseréje közben. A távozó gáz rövid idő alatt belobbant, a kitörést pedig csak majd három hónappal később sikerült elfojtani.<sup>12</sup> 2010-ben Csepelen tartálytisztítási, anyagma-

<sup>4</sup> IUC UNEP 2000.

<sup>5</sup> MICHANOWICZ 2018.

<sup>6</sup> WARRICK 2016.

<sup>7</sup> MICHANOWICZ 2018.

<sup>8</sup> KANN-ALMASY 2019.

<sup>9</sup> Synapse Energy Economics – Environmental Defense Fund – Taxpayers for Common Sense [é. n.].

<sup>10</sup> GOGOI-CHETIA-BARUAH 2022.

<sup>11</sup> GUANTER et al. 2024.

<sup>12</sup> TÓTH – SIPOSNÉ KECSKEMÉTHY – ENDRÓDI 2020.

radék-eltávolítási művelet alatt történt tartályrobbanás, a tüzet azonban viszonylag gyorsan sikerült eloltani. 2012-ben és 2018-ban a Zalai Finomító területén bituméntároló tartályok gyulladtak ki: az első tüzeset alapvetően technológiai mulasztásra volt visszavezethető, a második incidens oka pedig tartálytúltöltés volt.<sup>13</sup>

Eltekintve az olyan ritkán előforduló, de extrém pusztító hatású eseményektől, mint az atomerőmű-katasztrófák, a – lényegesebb gyakoribb – szénhidrogénipari balesetek felsorolt példái is jól mutatják, hogy az energetikai rendszerek veszélyhelyzeti működése globális és lokális szinten egyaránt jelentős környezetterheléssel jár, ezért azok megelőzése, illetve kockázatuk csökkentése a fenntarthatóság szempontjából is kulcsfontosságú.

## Az éghajlatváltozással összefüggésben kialakult időjárási viszonyok kockázatai

Az éghajlatváltozást kísérő szélsőséges időjárási viszonyok üzembiztonsági és ellátásbiztonsági szempontból is veszélyeztethetik az energiaipari létesítmények működését. Korunk tipikus környezeti problémái közé tartoznak a növekvő globális átlaghőmérséklet viszontagságai, valamint a villámárvizek romboló hatása.

A magas hőmérséklet kapcsán általánosságban megállapítható, hogy arra a vilámos állomások egyes berendezései meglehetősen érzékenyek,<sup>14</sup> az energiaellátó hálózat túlmelegedhet,<sup>15</sup> és hosszan tartó kánikula esetén a kiszáradt talajban lévő villanypóznák is veszítenek stabilitásukból.<sup>16</sup> Ezen túlmenően a végső hőnyelő (levegő és természetes vizek) hőmérsékletének növekedése csökkentheti az erőművek, a tartós hőséget kísérő gyenge szélmozgás a szélerőművek, a túlhevülés pedig a naperőművek teljesítőképességét,<sup>17</sup> mindeközben az aszály a bioenergia rendelkezésére állását is veszélyeztetheti.<sup>18</sup>

A közelmúltból azonban több konkrét példa is felhozható olyan esetekre, amikor lényegében a globális felmelegedés következményeként került sor incidensre vagy katasztrófaközelire helyzetre az energiaágazatban. 2020-ban az orosz sarkvidék Norilsk városa közelében lévő hőerőmű üzemanyagtartályának sérülése következtében mintegy 21 000 m<sup>3</sup> (17 500 t) dízelolaj okozott jelentős szennyezést az Ambarnaja és Daldykan folyókban, illetve azok környezetében. Az üzemeltető cég tájékoztatása szerint a katasztrófa az olvadó permafrosztra volt visszavezethető.<sup>19</sup> Ugyancsak a felmelegedéssel mutatnak összefüggést a hasonló energetikai baleseteket előidézőni képes erdő- és vegetációtüzek. 2016 májusában a kanadai Fort McMurray település környékén alakult ki erdőtűz, amely az erős szél hatására néhány nap alatt már körülbelül 590 000 ha-ra terjedt ki. A rendkívüli pusztítással járó tüzesemény egyebek mellett

<sup>13</sup> TÓTH – SIPOSNÉ KECSKEMÉTHY – ENDRÓDI 2021.

<sup>14</sup> PRUDHVI GUDDANTI et al. 2016.

<sup>15</sup> JESSEN 2025.

<sup>16</sup> GEORGE 2024.

<sup>17</sup> ASZÓDI 2018.

<sup>18</sup> HOOVER et al. 2020.

<sup>19</sup> RAJENDRAN et al. 2021.

veszélybe sodorta a térség több villamosenergia-vezetékét és átviteli alállomását is,<sup>20</sup> továbbá olajtermelő létesítményeinek működését akadályozta.<sup>21</sup> 14 napon keresztül átlagosan napi 1,2 millió hordó olaj veszett el, számottevő gazdasági hátrányt okozva Alberta tartományban.<sup>22</sup> Bő két évvel később Görögországban, a 102 emberéletet követelő mati erdőtűz-katasztrófa során keletkeztek súlyos károk – a telekommunikációs és a vízellátó rendszerek mellett – az elektromos hálózatban is.<sup>23</sup> Olyan esetre is találhatók példa, amikor a vegetációtűzek egy már nem működő rendszerhez közel kerülve okoztak katasztrófa-közel helyzetet: 2020 áprilisának elején az ukrainai Csernobiltól nem messze fekvő erdőség gyulladt ki.<sup>24</sup> A néhai atomerőművet megközelítő tűz oltását a száraz idő nehezítette,<sup>25</sup> a lángok azonban nem érintették sem a szarkofágot, sem az atomerőmű betonszarkofágja fölé húzott acélszerkezetet.<sup>26</sup> A csernobili zónában égő tüzet végül 10 nap alatt sikerült eloltani.<sup>27</sup> Nemzetközi sajtónyilvánosságot kapott a Törökország földközi- és égei-tengeri partjainál 2021 nyarán bekövetkezett incidens is, amely során a hőség, a szárazság és az erős szél miatt hevesen terjedő bozótűzek egy széntüzelésű hőerőmű közvetlen közelébe jutottak. A kialakult helyzet miatt szükségessé vált a robbanásveszélyes vegyi anyagok eltávolítása az erőműből, de a több ezer tonna szénkészlet a térség kiürítését is indokoltá tette. A létesítmény felé terjedő lángokat augusztus elejére sikerült megfékezni.<sup>28</sup> Az energiamix zöldítésével párhuzamosan a megújuló energiát termelő rendszerek és berendezések is egyre inkább ki vannak téve az erdőtűzkockázatnak. 2020 szeptemberében a rendkívül pusztító kaliforniai Creek erdőtűz miatt evakuálni kellett az 1000 MW-os Big Creek vízerőműprojekt alkalmazottjait is. Az extrém magas hőmérséklet hatására megnövekedett légkondicionáló-használat egyébként is jelentősen leterhelte a villamosenergia-rendszert, és közbiztonsági intézkedésként áramszünetet kellett elrendelni azokon a területeken, ahol a száraz időjárás és az erős szél miatt nagy volt a tűzveszély.<sup>29</sup> A 2020-as nyári erdőtűzek által előidézett légszennyezések következtében a Kaliforniai Független Rendszerirányító (CAISO) hálózatának területén a napenergia termelése az egygyel korábbi év ugyanazon két hetével összevetve 13,4%-kal volt alacsonyabb, annak ellenére, hogy az államban 659 MW közmű nagyságrendű kapacitásbővülés valósult meg. Az erdőtűzek füstjét alkotó finom szálló porrészecskék (PM<sub>2,5</sub>) ugyanis korlátozzák a napelem paneleket érő napsugárzást, így a tűzek súlyossága már az áramellátás fenntartását érintően is aggályokat vet fel.<sup>30</sup>

A hőhullámok, aszályok és erdőtűzek mellett a villámárvizek szintén olyan környezeti problémaként értékelhetők, amelyeknek gyakorisága és intenzitása az éghajlatváltozás következményeként várhatóan megnő,<sup>31</sup> és amelyek az energetikai rendszerelemek

<sup>20</sup> MONDROW 2020.

<sup>21</sup> BESSET–COMTE 2016.

<sup>22</sup> The University of British Columbia [é. n.].

<sup>23</sup> EFTHIMIOU–PSOMIADIS–PANAGOS 2020.

<sup>24</sup> OAH 2020a.

<sup>25</sup> OAH 2020b.

<sup>26</sup> OAH 2020c.

<sup>27</sup> REEVELL 2020.

<sup>28</sup> Euronews–AP 2021.

<sup>29</sup> HEALY–TAYLOR–PENN 2020.

<sup>30</sup> KISS 2020.

<sup>31</sup> ITM 2018: 174.

épségét is veszélyeztethetik. Az árvíz sodrása, nyomása, valamint az általa kiváltott esetleges geodinamikai folyamatok ugyanis károsíthatják az infrastruktúra-elemeket és -hálózatokat, és a víz a korrodálódás kockázatát is fokozza. Ennélfogva indokolt áttekinteni a hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadékok által előidézett energiaipari haváriaesemények egyes közelmúltbeli példáit is.

2013-ban Colorado államban egy szeptemberi esőzéssorozat utakat, hidakat és egyéb kritikus infrastruktúrát – köztük energetikai rendszerelemeket – megrongáló özönvízszerű áradásokat idézett elő.<sup>32</sup> A Longmont Power & Communications áramszolgáltató vállalat elektromos infrastruktúrájának szignifikáns része megkárosodott, így mintegy 1300 ügyfél maradt körülbelül négy napig áramellátás nélkül.<sup>33</sup> A szénhidrogénipari rendszerelemek is jelentős mértékben sérültek. Több száz olaj- és gázkutat kellett leállítani, és az árvíz által elsodort, törött vezetékek és tárolótartályok fokozták a szennyezés kockázatát. Milliken városban a megrongált tárolótartályokból hozzávetőleg 20 m<sup>3</sup> nyersolaj került a South Platte folyóba.<sup>34</sup> 2017 augusztusában egy Houston melletti vegyi üzemben nagy mennyiségű lokális csapadékra visszavezethető áramkimaradás miatt került sor két robbanásra. A baleset következtében bőr- és szemirritáló füst szennyezte a környezetet, ezért a lakosságot a gyár 2,5 km-es sugarú körében ki kellett telepíteni.<sup>35</sup> 2018 januárjában a kaliforniai Montecitóban pedig hatalmas földgázvezeték-robbanást eredményeztek a heves esőzések törmelékáradásai, több épület kigyulladását okozva.<sup>36</sup>

A viharokkal nemritkán együtt járó villámcsapásoknak jellemzően kitett rendszer-elemek közé tartoznak – fizikai elhelyezkedésük és szerkezeti kialakításuk miatt – az átviteli és elosztóvezetékek alkatrészei,<sup>37</sup> a fotovoltaiikus panelek<sup>38</sup> és a szélerőművek. E környezeti jelenség azonban bizonyos esetekben komoly balesetek és kiterjedt üzemzavarok konkrét okaként azonosítható. 2019 augusztusában Angliában és Walesben egy villámcsapás és két nagy áramfejlesztő hirtelen meghibásodása miatt közel egymillió ember maradt áram nélkül.<sup>39</sup> 2024-ben, szintén a nyár utolsó hónapjában, Örményország atomerőművét érte villámkár, ami miatt a létesítmény üzemelése biztonsági okokból ideiglenesen leállt, így Jereván több kerületében és néhány más régióban is szünetelt az áramellátás.<sup>40</sup> Nem sokkal később a vitenámi Cai Lây állomást ért közvetlen villámcsapás következtében alakult ki tűzzel járó súlyos baleset, áramkimaradást okozva több ezer környékbeli háztartásban.<sup>41</sup> Magyarországon a szénhidrogénipari tartálytűzek és tartályrobbanások egy részét ugyancsak villámcsapás idézte elő, amelyekre példaként az 1974-es, 1982-es és 1985-ös százhalombattai káresemények hozhatók fel.<sup>42</sup>

<sup>32</sup> FEMA 2023.

<sup>33</sup> Esri 2014.

<sup>34</sup> Colorado Department of Natural Resources, Division of Water Resources, Dam Safety Branch [é. n.].

<sup>35</sup> HOFFMANN–SZLÁVIK–CIMER 2019: 112–130.

<sup>36</sup> HERRICK 2018.

<sup>37</sup> GÜNTHER 2023.

<sup>38</sup> Napelem Rendszer [é. n.].

<sup>39</sup> WESTBROOK 2019.

<sup>40</sup> Reuters 2024.

<sup>41</sup> Thy An Engineering Company 2024.

<sup>42</sup> TÓTH – SIPOSNÉ KECSKEMÉTHY – ENDRÓDI 2021.

A sokszor súlyos következményekkel járó incidensek tanulságai kellőképpen alátámasztják azt a megállapítást, hogy az energetikai rendszerek az éghajlatváltozással szemben különösen kitett infrastruktúrák, amelyek meghibásodása nemritkán további jelentős környezetterheléssel jár. Így a rendszerelemekre gyakorolt károsító hatások azonosítása, valamint a környezeti viszonytagságokhoz való alkalmazkodás<sup>43</sup> az energiaágazat esetében kruciális feladat.

1. táblázat: Korunk tipikus környezeti problémái által okozott energiaipari haváriaesemények helyszíne és időpontja

| Környezeti problémák            |                                                                                                                           |                                                                         |                                                                                                                      |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Felmelegedés, magas hőmérséklet |                                                                                                                           | Viharok                                                                 |                                                                                                                      |
| Olvadó permafroszt              | Erdőtűz                                                                                                                   | Villámárvizek                                                           | Villámcsapások                                                                                                       |
| Norilsk (RUS) – 2020            | Fort McMurray (CA) – 2016<br>Mati (GRE) – 2018<br>Csernobil (UA) – 2020<br>Creek (USA) – 2020<br>Égei partok (TUR) – 2021 | Colorado (USA) – 2013<br>Houston (USA) – 2017<br>Montecito (USA) – 2018 | Százhalombatta (HU) – 1974, 1982, 1985<br>Anglia, Wales (GBR) – 2019<br>Jereván (ARM) – 2024<br>Cai Lây (VIE) – 2024 |

Forrás: Sibalin Iván szerkesztése

## Energiaipari balesetek környezeti hatásai

A fenti példák megfelelően szemléltetik az energiaipari balesetek által előidézhető környezetterhelések lehetséges volumenét, valamint esetenként azok ellátásbiztonsági kihatásait. A kibocsátott káros anyagokra vonatkozó adatok nagyságrendjét figyelembevéve megállapítható, hogy az ilyen haváriaesemények következményeként felborult környezeti egyensúly helyreállítása a környezeti fenntarthatóság jövőképeének lényeges eleme. Az energetikai rendszerek veszélyhelyzeti működése által bekövetkezett szennyezések csökkentésének, illetve minél nagyobb mértékű felszámolásának egyik legközvetlenebb módja a kármentesítés. A 219/2004-es kormányrendelet értelmében a kármentesítés

„olyan helyreállítási intézkedés, amely a felszín alatti víz és földtani közeg károsodásának enyhítésére, az eredeti állapot vagy ahhoz közeli állapot helyreállítására, valamint a felszín alatti víz által nyújtott szolgáltatás helyreállítására vagy azzal egyenértékű szolgáltatás biztosítására irányul, így különösen az a műszaki, gazdasági és igazgatási tevékenység, amely a veszélyeztetett, szennyezett, károsodott felszín alatti víz, illetőleg földtani közeg megismerése, illetőleg a szennyezettség, károsodás és a kockázat mértékének csökkentése, megszüntetése, továbbá monitorozása érdekében szükséges”.<sup>44</sup>

<sup>43</sup> ÉRCES–VASS–AMBRUSZ 2023.

<sup>44</sup> 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről, 3. § 18.

A 220/2004-es kormányrendelet kiterjeszti a definíciót a felszíni vizekre is.<sup>45</sup>

Az energetikai infrastruktúra üzemzavarainak, baleseteinek leginkább kiszolgáltatott környezeti elemek közé tartoznak a vizek, a talaj, illetve a földtani közeg. Ennek látványos megnyilvánulása a kitörések alkalmával a közeli mezőkre szóródó olajos föld, a területre kifolyó olaj, az elsüllyedt berendezések,<sup>46</sup> vagy éppen a folyóba, tengerbe, illetve egyéb természetes vízbe kerülő szénhidrogén-szennyezés. A széntüzelésű erőművek szintén komoly kockázatot jelentenek a talaj és a vizek épségére.<sup>47</sup> Hazánkban az ország vízrajzi helyzeténél fogva fokozott kockázattal jár a környezet-szennyező anyagok élővizekbe jutása: a veszély adott esetben több száz kilométer távolságban is jelentkezhet.<sup>48</sup>

A szénhidrogénipari káreseményeket követő, 50%-hoz közelítő, illetve esetenként azt jelentősen meghaladó arányú károsanyag-eltávolítás (illetve -kezelés) példái között említhető a Tennessee állambeli Kingston fosszilis erőmű 2008-as hamuzagy-katasztrófája, a 2010-es Deepwater Horizon olajkatasztrófa, Brazília északkeleti partjának 2019/2020-as olajszennyezése, valamint a Colonial Pipeline 2020/2021-es benzinszivárgása.

A kingstoni incidens során az erőmű lerakóján történt gátszakadás, amelyen keresztül hamuzagy ömlött ki 4 millió m<sup>3</sup>-t meghaladó mennyiségben, beszennyezve a közeli folyókat, lakóépületeket és mezőgazdasági termőterületeket.<sup>49</sup> A helyreállítási munkák első fázisa során megközelítőleg 2,7 millió m<sup>3</sup>, majd a második fázis keretében hozzávetőleg 1,7 millió m<sup>3</sup> hamut távolítottak el.<sup>50</sup> Ennek összege mennyiségét tekintve lefedi a kiáramlott anyag mértékét, azonban teljes eltávolításról nem beszélhetünk, hiszen a begyűjtött hamu minden bizonnyal tartalmazott más, a természetes közegben eleve meglévő anyagot, üledéket. Az Amerikai Környezetvédelmi Ügynökség online felületén elérhető becslést adat szerint 380 000 m<sup>3</sup> hamuzagy maradhatott vissza.<sup>51</sup> Következésképpen a teljes kibocsátás nagyjából 90%-át sikerült begyűjteni. A Deepwater Horizon fúrótorony robbanását az Egyesült Államok legnagyobb tengeri olajszennyezéseként tartják számon. Az egykor a Louisiana állam partjainak közelében üzemelő mélytengeri olajfúró platform a szövetségi kormány tisztviselőinek becslése szerint 84 nap alatt több mint 4,9 millió hordó nyersolajat bocsátott az óceánba. Ennek mintegy 17%-át sikerült visszanyerni, 5%-át a helyszínen elégetni, 3%-át lefölni, 16%-át pedig diszpergálni. Így emberi beavatkozással a szennyezés nagyjából 41%-át lehetett valamilyen módon kezelni. Az olajnak körülbelül 37%-a természetes folyamatok révén diszpergálódott, feloldódott vagy elpárolgott.<sup>52</sup> Nehezen meghatározható eredményesség jellemezte a brazilai eseményeket, tekintettel arra, hogy csak tág intervallumok – körülbelül 5000 és 12 000 m<sup>3</sup> – között becsülhető meg az óceánba került olaj teljes mennyisége, és ez volt a trópusi óceánokban megfigyelt legnagyobb területi kiterjedésű (2890 km hosszan elterülő) olajszennyezés.

<sup>45</sup> 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól, 3. § 41.

<sup>46</sup> TÓTH – SIPOSNÉ KECSKEMÉTHY – ENDRÓDI 2021.

<sup>47</sup> JONES et al. 2016: 46.

<sup>48</sup> HOFFMANN et al. 2015.

<sup>49</sup> KOVACSICS 2024: 52–62.

<sup>50</sup> U.S. Environmental Protection Agency 2017a: 3–5.

<sup>51</sup> U.S. Environmental Protection Agency 2017b.

<sup>52</sup> RAMSEUR 2010.

Mindazonáltal a partokon összegyűjtött mintegy 5380 t olaj csaknem 100%-át eltávolították.<sup>53</sup> Nagyságrendjéről emlékeztet a Colonial Pipeline észak-karolinai katasztrófája is, amely az Egyesült Államok történetének legnagyobb szárazföldi üzemanyag-szivárgásának helyszíne. Becslések szerint a meghibásodott vezetékből hozzávetőleg 47 600 hordó benzin szivárgott ki a szabadba két-három hét leforgása alatt,<sup>54</sup> amelynek mintegy 85%-át sikerült visszanyerni a 2022-es év végéig,<sup>55</sup> 2024-es hírek pedig a remediációs munkálatok folytatásáról számolnak be.<sup>56</sup>

A bemutatott energiaipari balesetek tanulságaként fogalmazható meg, hogy az energetikai rendszerek veszélyhelyzeti működése során keletkezett szennyezések felszámolása körülményes feladat, amelynek hatékonysága számos tényezőtől függ. A katasztrófák súlyosságára és gyakoriságára tekintettel ezért konstatálható, hogy a kármentesítés technológiájának további fejlesztése a környezeti fenntarthatóság megvalósításának szükségszerű eleme.

2. táblázat: A vizsgált balesetek során kibocsátott és kezelt szennyező anyagok volumene

| Évszám  | Esemény             | A kibocsátott szennyező anyag mennyisége | A kezelt szennyező anyag becsült arányszáma |
|---------|---------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 2008    | Kingston            | > 4 millió m <sup>3</sup> hamuzag        | 90%                                         |
| 2010    | Deepwater Horizon   | > 4,9 millió hordó nyersolaj             | 41%                                         |
| 2019/20 | Északkelet-Brazília | ~ 5380 t nyersolaj (partokon)            | közel 100%                                  |
| 2020/21 | Colonial Pipeline   | ~ 47 600 hordó benzin                    | 2022 végéig 85%                             |

Forrás: Sibalin Iván szerkesztése

## Összegzés

Napjaink technológiai és egyéb globális szintű kihívásai közepette konstans és hosszú távú aggályként vannak jelen bolygónk életében a természeti környezettel kapcsolatos kockázatok, amelyek kezelése egyre sürgetőbb és sokrétű beavatkozást igényel. A fenntartható fejlődés (környezeti dimenzió) tekintetében az iparbiztonság is stratégiai jelentőségű szakterületként értelmezhető, ugyanis annak elhanyagolása, illetve a releváns stratégiai tervezésből való kiiktatása minden bizonnyal megfiúsítaná vagy jelentősen megnehezítené a környezeti fenntarthatóság jövőképeének megvalósítását. Az iparbiztonság ebbéli funkciója elméleti és gyakorlati érvekkel is alátámasztható. Az előbbiek közé sorolható a fenntarthatósági és ipari biztonsági szempontok egyidejű megléte a hatályos stratégiai keretrendszerben, az iparbiztonság absztrakt ökológiai válságkezelési szerepe, valamint a szakterület multidiszciplináris jellege. Az utóbbiak közé tartozik az iparbiztonságnak a környezeti problémák megelőzésében, a már meglévő környezeti problémákkal szembeni védekezésben, valamint a környezeti egyensúly helyreállításában betöltött rendeltetése.

<sup>53</sup> SOARES et al. 2022.

<sup>54</sup> DUNCAN 2022.

<sup>55</sup> CHEMTOB 2023.

<sup>56</sup> DELLINGER 2024.

Az iparbiztonság részét képező energiaipari-biztonság és a környezeti fenntarthatóság egyes összefüggései a gyakorlati érvek mentén szemléletes módon értékelhetők. A cikkben bemutatott szénhidrogénipari incidensek által okozott légszennyezés volumene intő jel lehet arra nézve, hogy az energetikai rendszerek veszélyhelyzeti működése során is hatalmas mennyiségű üvegházhatású gáz áramlik a légkörbe, ezért az ilyen balesetek és üzemzavarok által előidézhető környezeti problémák megelőzése alapvető fenntarthatósági kritérium.

Az éghajlatváltozást kísérő tipikus környezeti problémák között említhető a globális felmelegedés, valamint a villámárvizek növekvő intenzitása és gyakorisága. Az energiaágazat mindkét jelenség által erősen érintett, üzembiztonsági és ellátásbiztonsági szempontból egyaránt. Számos – jelentős károsanyag-kibocsátással járó – hazai és külföldi eset tanúsítja, hogy a megváltozott meteorológiai feltételek súlyos balesetek forrásai lehetnek, ezért az energetikai rendszereknek és rendszerelemeknek a meglévő környezeti problémáktól való megóvása, vagy másképp szólva az azokhoz való alkalmazkodása ugyancsak lényeges feltétele a környezeti fenntarthatóságnak.

A haváriajellegű eseményekből eredő környezetterhelés felszámolásának egyik legközvetlenebb módja a kármentesítés. Az energetikai incidensek következményeinek elhárítása sokszor összetett és körülményes feladat, sikerét számos olyan tényező befolyásolhatja, amelyre a helyreállítási munkát végző szakembereknek nincsen ráhatása. Ezzel együtt a cikkben példaként felhozott, súlyos szennyezéssel járó szénhidrogénipari események vonatkozásában a környezetbe került káros anyag mennyiségének kezelése néhány esetben kifejezett eredményességgel zárult. Ezt szem előtt tartva a kármentesítés technológiájának fejlesztése a környezeti fenntarthatóság szempontjából kiváltképp fontos, különös tekintettel az energiaágazatban előállt balesetek gyakoriságára és azok pusztító, sokszor maradandó környezetkárosodást okozó hatására.

A jelen cikkkel kapcsolatos kutatómunka 2025. szeptember 30-án zárult.

## Felhasznált irodalom

- ASZÓDI Attila (2018): A nyári hőhullám hatása a villamosenergia-termelésre. *Láncreakció – Aszodi Attila információs blogja*. 2018. augusztus 22. Online: [https://aszodiattila.blog.hu/2018/08/22/a\\_nyari\\_hohullam\\_hatasa\\_a\\_villamosenergia-termelesre](https://aszodiattila.blog.hu/2018/08/22/a_nyari_hohullam_hatasa_a_villamosenergia-termelesre)
- BESSET, Julien – COMTE, Michel (2016): Canadian Oil Hub Works to Restore Power, Eyes Resuming Full Oil Output. *AFP*, 2016. május 11. Online: <https://sg.news.yahoo.com/canadas-fire-ravaged-fort-mcmurray-works-restore-utilities-171504156.html>
- CHEMTOB, Danielle (2023): Millions of Gallons of Gasoline Spilled From a Pipeline in the Charlotte Area, and It's Still Being Cleaned Up. *Axios*, 2023. március 21. Online: [www.axios.com/local/charlotte/2023/03/21/millions-of-gallons-of-gasoline-spilled-from-a-pipeline-in-the-charlotte-area-and-its-still-being-cleaned-up-323376](https://www.axios.com/local/charlotte/2023/03/21/millions-of-gallons-of-gasoline-spilled-from-a-pipeline-in-the-charlotte-area-and-its-still-being-cleaned-up-323376)
- Colorado Department of Natural Resources, Division of Water Resources, Dam Safety Branch [é. n.]: *After Action Report – Colorado Flooding 2013*. Online: <https://>

- [damsafety.org/sites/default/files/files/AAR%20DWR%20DSB%20Flooding%202013.pdf](https://damsafety.org/sites/default/files/files/AAR%20DWR%20DSB%20Flooding%202013.pdf)
- DELLINGER, Derek (2024): Work Still Needs to Be Done 4 Years After Historic Huntersville Fuel Spill. *Queen City News*, 2024. augusztus 13. Online: [www.qcnews.com/news/colonial-pipeline/work-still-needs-to-be-done-four-years-after-huntersville-fuel-spill/](https://www.qcnews.com/news/colonial-pipeline/work-still-needs-to-be-done-four-years-after-huntersville-fuel-spill/)
- DUNCAN, Charles (2022): N.C. Nature Preserve, Site of the Worst Onshore Fuel Spill in the U.S., Still Closed 2 Years Later. *Spectrum News*, 2022. augusztus 4. Online: <https://spectrumlocalnews.com/nc/charlotte/environment/2022/08/04/n-c-nature-preserve-site-of-the-worst-onshore-fuel-spill-in-the-u-s-still-closed-2-years-later>
- EFTHIMIOU, Nikolaos – PSOMIADIS, Emmanouil – PANAGOS, Panos (2020): Fire Severity and Soil Erosion Susceptibility Mapping Using Multi-Temporal Earth Observation Data: The Case of Mati Fatal Wildfire in Eastern Attica, Greece. *Catena*, 187. Online: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104320>
- Esri (2014): Managing Recovery Efforts with Mobile GIS after Colorado Floods. *Esri ArcNews*, 2014. ősz. Online: [www.esri.com/about/newsroom/arcnews/managing-recovery-efforts-with-mobile-gis-after-colorado-floods](https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/managing-recovery-efforts-with-mobile-gis-after-colorado-floods)
- Euronews – AP (2021): Sikerült megfékezni a széntüzelésű hőerőmű felé terjedő erdőtűzet Törökországban. *Euronews*, 2021. augusztus 5. Online: <https://hu.euronews.com/2021/08/05/sikerult-megfekezni-a-szentuzelesu-hoeromu-fele-terjedo-erdotuzet-torokorszagban>
- ÉRCES Gergő – VASS Gyula – AMBRUSZ József (2023): Épületek károsító hatásokkal szembeni rezilienciájának jellemzői. *Polgári Védelmi Szemle*, 15(különszám), 117–130. Online: [https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/%C3%96sz-szerakott%20PV%20Szemle%20cikkek\\_02\\_24\\_Szerkesztett.pdf#page=117](https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/%C3%96sz-szerakott%20PV%20Szemle%20cikkek_02_24_Szerkesztett.pdf#page=117)
- FEMA (2023): 2013 Colorado Floods. *A Decade of Recovery and Building Resilience*. U.S. Department of Homeland Security, 1–21. Online: [www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema\\_r8-2013-colorado-floods-decade-recovery-building-resilience.pdf](https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_r8-2013-colorado-floods-decade-recovery-building-resilience.pdf)
- GEORGE, Richard (2024): The Impact of Global Warming on the Durability of Utility Poles. *Factor This*, 2024. április 15. Online: [www.renewableenergyworld.com/energy-business/the-impact-of-global-warming-on-the-durability-of-utility-poles/](https://www.renewableenergyworld.com/energy-business/the-impact-of-global-warming-on-the-durability-of-utility-poles/)
- GOGOI, Swapnali – BARUAH, Bubu – CHETIA, Annekha (2022): Baghjan Fire: a Case Study of the '2020 Assam Gas and Oil Leak' at Baghjan Oil Field, Tinsukia, Assam. *5th World Congress on Disaster Management: Volume II*. London: Routledge, 483–497. Online: <https://doi.org/10.4324/9781003341932-51>
- GUANTER, Luis et al. (2024): Multisatellite Data Depicts a Record-Breaking Methane Leak from a Well Blowout. *Environmental Science & Technology Letters*, 11(8), 825–830. Online: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.4c00399>
- GÜNTHER, Reinhard (2023): Illuminating the Dark Side – Lightning's Assault on Power Grids. *CLOUGLOBAL News*, 2023. július 18. Online: <https://clouglobal.com/illuminating-the-dark-side-lightnings-assault-on-power-networks/>

- HEALY, Jack – TAYLOR, Kate – PENN, Ivan (2020): California Wildfires: Extreme Heat Turns State Into a Furnace. *The New York Times*, 2020. szeptember 7. Online: [www.nytimes.com/2020/09/07/us/ca-wildfires-heatwave.html](http://www.nytimes.com/2020/09/07/us/ca-wildfires-heatwave.html)
- HERRICK, Kelly Mahan (2018): The Year in Review 2018. *Montecito Journal*, 2018. december 27. Online: [www.montecitojournal.net/2018/12/27/the-year-in-review-2018/](http://www.montecitojournal.net/2018/12/27/the-year-in-review-2018/)
- HOFFMANN Imre et al. (2015): Iparbiztonsági kockázatok Magyarországon. *Védelem Online: Tűz- és katasztrófavédelmi szakkönyvtár*, 22(1). Online: [www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/546-iparbiztonsagi-kockazatok-magyarorszag.pdf](http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/546-iparbiztonsagi-kockazatok-magyarorszag.pdf)
- HOFFMANN Imre – SZLÁVIK Lajos – CIMER Zsolt (2019): Árvíz által okozott katasztrófák iparbiztonsági vetületei. *Védelem Tudomány*, 4(különszám), 112–130. Online: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13306/10739>
- HOOVER, Amber et al. (2020): Drought Impacts on Bioenergy Supply System Risk and Biomass Composition. In ONDRASEK, Gabrijel (szerk.): *Drought – Detection and Solutions*. Intechopen. Online: <https://doi.org/10.5772/intechopen.85295>
- ITM (2018): A 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. 23/2018. (X. 31.) OGY határozat melléklete. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2018-23-30-41>
- IUC UNEP (2000): *Climate Change Information Sheet 22. How Human Activities Produce Greenhouse Gases*. Online: <https://unfccc.int/cop3/fccc/climate/fact22.htm>
- JESSEN, Jasmin (2025): How do Heatwaves Affect Power Grids? *Energy Digital*, 2025. június 30. Online: <https://energydigital.com/news/climate-change-how-heat-waves-are-affecting-power-grids>
- JONES, Dave et al. (2016): *Europe's Dark Cloud – How Coal-burning Countries are Making Their Neighbours Sick*. Brussels: CAN Europe – HEAL – WWF European Policy Office – Sandbag. Online: [https://wwf.hu/wp-content/uploads/2023/05/1467799428\\_Dark\\_cloud\\_report.pdf](https://wwf.hu/wp-content/uploads/2023/05/1467799428_Dark_cloud_report.pdf)
- KANN, Drew – ALMASY, Steve (2019): A Natural Gas Blowout in Ohio Released More Methane Than Many Countries Do in an Entire Year. *CNN*, 2019. december 18. Online: <https://edition.cnn.com/2019/12/17/us/ohio-exxon-mobil-methane-leak-satellite-climate-change>
- Kiss Ernő (2020): A kaliforniai erdőtüzek lehúzták a napelemek múlt havi termelését. *Magyar Napelem Napkollektor Szövetség*, 2020. október 1. Online: [www.mnnsz.hu/a-kaliforniai-erdotuzek-lehuztak-a-napelemek-mult-havi-termeleset/](http://www.mnnsz.hu/a-kaliforniai-erdotuzek-lehuztak-a-napelemek-mult-havi-termeleset/)
- KOVACSICS István (2024): Szénerőművek környezetbarát hamukezelése – az MVM megoldás. *Energiaforrás*, 60(1), 52–62. Online: [https://mvm.hu/-/media/MVMHu/Documents/Media/Mediatartalmak/Energiaforras/MVM-Energiaforras\\_2024\\_1\\_web\\_jav.pdf](https://mvm.hu/-/media/MVMHu/Documents/Media/Mediatartalmak/Energiaforras/MVM-Energiaforras_2024_1_web_jav.pdf)
- MICHANOWICZ, Drew (2018): Op-Ed: The Aliso Canyon Gas Leak Was a Disaster. There Are 10,000 More Storage Wells Out There Just Like It. *Los Angeles Times*, 2018. május 14. Online: [www.latimes.com/opinion/op-ed/la-oe-michanowicz-aliso-canyon-gas-leak-20180514-story.html](http://www.latimes.com/opinion/op-ed/la-oe-michanowicz-aliso-canyon-gas-leak-20180514-story.html)
- MONDROW, Ian A. (2020): The Fort McMurray Wildfire Cases: Life After Stores Block. *Gowling WLG*, 2020. szeptember 30. Online: <https://gowlingwlg.com/en/insights-resources/articles/2020/the-fort-mcmurray-wildfire-cases>

- Napelem Rendszer [é. n.]: *Féltsük az időjárástól a napelemeket?* Online: <https://napelemrendszer.info/feltsuk-az-idojarastol-a-napelemeket.html>
- OAH (2020a): Magyarországon nem emelkedett a háttérsugárzás a Csernobil melletti erdőtüz miatt. *OAH Hírek*, 2020. április 6. Online: <https://nyomtatvany.oah.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?OpenAgent&article=news&uid=32A2D-6D8A302266FC125854200476102>
- OAH (2020b): Elhúzódnak az oltási munkálatok Csernobilban. *OAH Hírek*, 2020. április 30. Online: [www.haea.hu/web/v3/OAHportal.nsf/web?OpenAgent&article=news&uid=98932EF9014FF799C125855A003DF601](http://www.haea.hu/web/v3/OAHportal.nsf/web?OpenAgent&article=news&uid=98932EF9014FF799C125855A003DF601)
- OAH (2020c): Reagálás a közösségi médiában megjelenő álhírekre, félrevezető, aggodalmat keltő információkra. *OAH Hírek*, 2020. április 9. Online: [www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?OpenAgent&article=news&uid=96A32D-026F10AAB0C1258545006A6FA0](http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?OpenAgent&article=news&uid=96A32D-026F10AAB0C1258545006A6FA0)
- PRUDHVI GUDDANTI, Kishan et al. (2016): A Comprehensive Review: Impacts of Extreme Temperatures due to Climate Change on Power Grid Infrastructure and Operation. *IEEE Access*, 4, 1–40. Online: <https://arxiv.org/pdf/2410.08425v2>
- RAJENDRAN, Sankaran et al. (2021): Monitoring Oil Spill in Norilsk, Russia Using Satellite Data. *Nature Scientific Report*, 11, 3817. Online: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83260-7>
- RAMSEUR, Jonathan L. (2010): *Deepwater Horizon Oil Spill: The Fate of the Oil*. (Summary). Congressional Research Service. Online: [www.congress.gov/crs\\_external\\_products/R/PDF/R41531/R41531.10.pdf](http://www.congress.gov/crs_external_products/R/PDF/R41531/R41531.10.pdf)
- REEVELL, Patrick (2020): Ukraine Says Wildfires Close to Chernobyl Are Extinguished After Rain Falls. *ABC News*, 2020. április 14. Online: <https://abcnews.go.com/International/ukraine-wildfires-close-chernobyl-extinguished-rain-falls/story?id=70138987>
- Reuters (2024): Armenia's Nuclear Power Plant to Resume Work After Lightning Strike. *Reuters*, 2024. augusztus 31. Online: [www.reuters.com/world/europe/armenia-says-lightning-strike-shuts-down-nuclear-power-station-interfax-reports-2024-08-31/](http://www.reuters.com/world/europe/armenia-says-lightning-strike-shuts-down-nuclear-power-station-interfax-reports-2024-08-31/)
- SOARES, Marcelo Oliveira et al. (2022): The Most Extensive Oil Spill Registered in Tropical Oceans (Brazil): The Balance Sheet of a Disaster. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 19869–19877. Online: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-18710-4>
- Synapse Energy Economics – Environmental Defense Fund – Taxpayers for Common Sense [é. n.]: *Methane Waste and Pollution in Louisiana*. Online: [www.edf.org/sites/default/files/2023-09/LA%20methane%20waste%20%20pollution%20analysis%202023-04.pdf](http://www.edf.org/sites/default/files/2023-09/LA%20methane%20waste%20%20pollution%20analysis%202023-04.pdf)
- The University of British Columbia [é. n.]: *Fort McMurray and the Fires of Climate Change*. Online: <https://cases.open.ubc.ca/fort-mcmurray-and-the-fires-of-climate-change/>
- Thy An Engineering Company (2024): Lightning Strike Causes Fire at Cai Lay Substation: Risks and Lessons Learned. *TAEC Lightning News*, 2024. szeptember 2. Online: <https://thyan.vn/en/lightning-strike-causes-fire-at-cai-lay-substation-risks-and-lessons-learned>

- TÓTH András – SIPOSNÉ KECSKEMÉTHY Klára – ENDRŐDI István (2020): A magyar szénhidrogéniparban előfordult katasztrófák, azok tanulságai és a megelőzés módozatai 1. rész. *Hadmérnök*, 15(4), 119–140. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2020.4.9>
- TÓTH András – SIPOSNÉ KECSKEMÉTHY Klára – ENDRŐDI István (2021): A magyar szénhidrogéniparban előfordult katasztrófák, azok tanulságai és a megelőzés módozatai 2. rész. *Hadmérnök*, 16(1), 129–144. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2021.1.8>
- U.S. Environmental Protection Agency (2017a): *TVA Kingston Site Case Study – Revitalization of the Wetlands, Embayments and Emory River*. Online: [www.epa.gov/sites/default/files/2018-02/documents/tva\\_kingston\\_site\\_case\\_study\\_2017.pdf](http://www.epa.gov/sites/default/files/2018-02/documents/tva_kingston_site_case_study_2017.pdf)
- U.S. Environmental Protection Agency (2017b): *Watts Bar Reservoir Ecosystem Adjacent to TVA Kingston Facility Returns to Baseline Conditions*. Online: [https://19january2017snapshot.epa.gov/newsreleases/watts-bar-reservoir-ecosystem-adjacent-tva-kingston-facility-returns-baseline\\_.html](https://19january2017snapshot.epa.gov/newsreleases/watts-bar-reservoir-ecosystem-adjacent-tva-kingston-facility-returns-baseline_.html)
- WARRICK, Joby (2016): California Gas Leak Was the Worst Man-Made Greenhouse-Gas Disaster in U.S. Study Says. *The Washington Post*, 2016. február 25. Online: [www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/02/25/california-gas-leak-was-the-worst-man-made-greenhouse-gas-disaster-in-u-s-history-study-says/](http://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/02/25/california-gas-leak-was-the-worst-man-made-greenhouse-gas-disaster-in-u-s-history-study-says/)
- WESTBROOK, Ian (2019): Lightning Strike 'Partly to Blame' for Power Cut. *BBC*, 2019. augusztus 20. Online: [www.bbc.com/news/business-49402296](http://www.bbc.com/news/business-49402296)

### *Jogi források*

- 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2004-219-20-22>
- 220/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2004-220-20-22>