

Péczei Anna:

Nukleáris energiaipar az Egyesült Államokban a fukushimai katasztrófát követően

A növekvő globális energiaigények kielégítése egyre komolyabb kihívás elé állítja a nemzetközi közösséget. A fosszilis energiák területén bekövetkezett árnövekedés és a széndioxid kibocsátást korlátozó törekvések miatt ugyanis nem sok alternatíva maradt. 2000 óta viszont úgy tűnik, hogy az államok többsége ezt az igényt elsősorban az atomenergia arányának növelésével akarja kielégíteni. Ennek következtében a jelenleg működő 432 atomreaktor mellé további 565 reaktor építését tervezik a következő 15 évben. Ezt a nukleáris reneszánszt azonban komoly csapás érte a 2011. márciusi fukushimai nukleáris balesettel.

A japán katasztrófa következtében világszerte felülvizsgálat alá vetették az atomreaktorokat, illetve szigorúbb szabályokhoz kötötték működésüket és élethosszuk meghosszabbításának kérdését. Némely állam olyan messzire ment, hogy a fukushimai események nyomán az atomenergia teljes kivezetése mellett döntött. Ez a csoport azonban erős kisebbségben maradt azokkal szemben, akik a szabályozási lépéseken túl, nem szabtak komolyabb korlátokat az atomenergia további térnyerésének. Nem volt ez másképp az Egyesült Államokban sem, mely a világ legnagyobb nukleáris iparát működteti.

A fukushimai eseménysorozat ugyan komoly vitákat keltett az országon belül, mégsem bizonyult elégnek ahhoz, hogy a német és olasz példákhoz hasonló drasztikus lépést eredményezzen. Mindez azonban nem csak strukturális okokra és az atomenergia széles körű alkalmazására vezethető vissza, hanem a társadalmi és politikai akarat hiánya is komolyan közrejátszott abban, hogy a Fehér Ház is azon államok csoportjához csatlakozzon, melyek a jövőben szigorúbb körülmények között, de ugyanúgy bővítik tovább nukleáris kapacitásaikat.

Bevezetés

Az elmúlt évtizedben Észak-Korea nukleáris kísérleti robbantásai, az iráni atomprogram kapcsán felmerült kételyek és a pakisztáni A.Q. Khan vezette illegális kereskedelmi hálózat napvilágra kerülése mind abba az irányba mutattak, hogy a nukleáris non-prolifерációs rezsim olyan problémákkal került szembe, melyeket meglévő eszközeivel már nem biztos, hogy kezelni tud.

* Péczei Anna a Budapesti Corvinus Egyetem Nemzetközi Kapcsolatok Doktori Iskolájának másodéves hallgatója. Fő érdeklődési köre az Egyesült Államok kül- és biztonságpolitikája. Disszertációjának pontos kutatási témája az Obama-adminisztráció és a nukleáris leszerelés kérdése.

A non-proliferációs rezsimit megtestesítő Atomsorompó-szerződés alap gondolata, hogy azon államok, melyek önként lemondanak a nukleáris energia katonai célú felhasználásáról, hozzáférést kapnak a civil célú technológiákhoz. Ez a rendszer kezdetben arra törekedett, hogy minél többen csatlakozzanak hozzá. Napjainkra ugyanakkor közel univerzálissá vált, ennek köszönhetően pedig jelentősen megváltozott a kihívások és prioritások jellege. Ma már az elsődleges kihívást az jelenti, hogy a rezsimit garantálni és ellenőrizni tudja a szerződésben vállalt kötelezettségek betartását. Irak, Líbia, Észak-Korea, Szíria és Irán példái ugyanis egytől egyig demonstrálták, hogy a rendszerben komoly hiányosságok vannak, és a kettős felhasználású technológiákhoz való hozzáférést egyes rezsimek titokban mégis katonai célokra fordították.

Ezzel párhuzamosan ugyanakkor a globális felmelegedés és a harmadik világ államainak gyors gazdasági növekedése olyan tendenciákat hívott életre, melyek egyre inkább áthelyezik a hangsúlyt a fosszilis energiaforrásokról a nukleáris energiára. Ennek köszönhetően, szükségszerűen növekedni fog a nukleáris anyagok kereskedelmének mértéke, illetve az államok azon igénye, hogy saját határaiton belül építsék ki a teljes fűtőanyag ciklust és fokozzák a hazai hasadó anyagok gyártását – mindezzel jelentősen megnövelve a proliferációs veszélyeket is. Látszólag tehát ebből az következik, hogy a nukleáris energia szerepének növelése éppen a korábbiakban felvázolt non-proliferációs törekvések ellenében hat, és a két folyamat teljesen kizárja egymást.

Ez az ellentét már a kezdetektől fogva az Atomsorompó-rendszer egyik alappillére, és 1970-es fennállása óta úgy tűnik, hogy a szerződés részes államai elfogadták ezt a paradoxont. Az aláíró országok ugyanis bíztak benne, hogy az úgynevezett biztosítéki rendszerrel a rezsimit garantálni tudja a kötelezettségek betartását.¹ Az utóbbi években ugyanakkor éppen ez a bizalom kérdőjeleződött meg, és a korábban említett kihágások éppen arra utaltak, hogy a biztosítéki rendszer már nem képes maradéktalanul ellátni feladatait. Mindez viszont nem szükségszerűen jelenti azt, hogy a rendszer egésze fölött járt volna el az idő. A megoldás ugyanis éppen abban rejlik, hogy a nukleáris non-prolifерáció és az atomenergia terjedésének látszólagos ellentétét a már meglévő rendszerek átalakításával és fejlesztésével kell feloldani.

¹ Ennek a biztosítéki rendszernek a keretében az atomfegyverekkel nem rendelkező részes államok vállalják, hogy bilaterális szerződéseket kötnek az Atomsorompó-szerződés verifikációjáért felelős Nemzetközi Atomenergia Ügynökséggel (NAÜ). A megállapodások értelmében a NAÜ állandó ellenőrzés alatt tartja a vele szerződő államok nukleáris tevékenységét, és ha bármilyen kihágást észlel, az ENSZ Biztonsági Tanácsa elé viszi az ügyet. A válaszlépések és az esetleges büntető szankciók kiszabása ugyanis már az ENSZ BT jogkörébe tartozik.

Gyakorlatban ez egyrészt a biztosítéki rendszer és az ellenőrzések reformját, másrészt pedig a nukleáris biztonsági rendszer erősítését jelenti.²

A 2011 márciusában történt fukushimai katasztrófa ennek a témakörnek elsősorban a nukleáris biztonsági oldalát érintette, és azon belül is az erőművi biztonságot, illetve annak szabályozási kérdéseit. Fontos azonban látni, hogy az imént felvázolt összefüggések miatt ezek a kérdések nem választhatóak el élesen egymástól. Éppen ezért a japán baleset globális következményei nem csak az atomenergia szempontjából jelentősek, hanem a nukleáris leszerelésre nézve is komoly hatásai lehetnek.

Jelen tanulmány ezt a kérdést az Egyesült Államok példáján keresztül közelíti meg. A választást egyrészt az indokolja, hogy jelenleg az Egyesült Államok működteti a világ legnagyobb nukleáris energiaiparát. Emiatt a japán katasztrófa globális hatásainak vizsgálatakor megkerülhetetlen annak bemutatása, hogy itt milyen következményei voltak az eseménynek és mindez milyen hatással lesz a nukleáris energia jövőjére. Másrészt az is fontos szempont az Egyesült Államok vizsgálatakor, hogy komoly technológiai átfedések vannak saját nukleáris létesítményei és a Fukushimában megsérült reaktorok között. Ennek tükrében pedig a 2011. márciusi eseményeket követően Washington is kénytelen volt közvetlen felülvizsgálatoknak és azonnali óvintézkedéseknek alávetni saját atomreaktorait.

Az elemzés fő fókusza tehát a fukushimai katasztrófa Egyesült Államokra gyakorolt hatása, külön figyelmet szentelve annak, hogy a japán események milyen következményekkel jártak az Egyesült Államok atomenergia-felhasználásának jövőjére, Obama elnök politikai mozgásterére és az általa előterjesztett nukleáris fejlesztési tervek megvalósítására nézve. Az eddig rendelkezésre álló információk azonban abba az irányba mutatnak, hogy az Egyesült Államok is inkább azon országok csoportjába tartozik, melyeknél az atomenergia szerepe egyelőre nem csökkenthető drasztikus mértékben. Éppen ezért ez az esettanulmány is azt erősíti, hogy a fukushimai katasztrófa globális hatásai mindenekelőtt szabályozási és nem strukturális szempontból mutatkoznak meg.

² A nukleáris biztonság kapcsán fontos különbséget tenni annak biztonságpolitikai és erőművi dimenziói között. A biztonságpolitikai oldal elsődleges fókusza a nukleáris terrorizmus veszélyének kezelése, a hasadó anyagok illetéktelen kezekbe való jutásának megakadályozásával. Ennek legfőbb eszközei a kereskedelem hatékonyabb ellenőrzése és a hasadó anyagok biztonságának fokozása. Ezzel szemben a másik oldal, azaz az erőművi biztonság elsősorban arra törekszik, hogy az erőmű környezete még súlyos balesetek esetén is biztosítva legyen.

Az atomenergia és annak globális jelentősége napjainkban

Az atomenergia jelenleg a világ energiatermelésének 5,8%-át adja, az elektromos áram termelésében pedig 13,5%-ot tesz ki.³ Ez – az ezredforduló környékén beállt – 13-14% körüli szint azonban az 1980-as évekre jellemző 17%-hoz képest egy komoly csökkenést jelentett. 2001 óta ugyanakkor egyre többen beszélnek egyfajta újjáéledésről és az úgynevezett nukleáris reneszánszról. A növekvő globális energiaigények kielégítésére ugyanis a fosszilis energiák területén bekövetkezett árnövekedés és a széndioxid kibocsátást korlátozó törekvések miatt az atomenergia maradt a legjobb alternatíva.⁴ Ennek megfelelően a jelenleg működő 432 atomreaktor mellett 63 új reaktor van épülőfélben, várhatóan további 152 reaktor lesz üzembe helyezve 8-10 éven belül, újabb 350 reaktorról pedig most is zajlanak a tárgyalások (ezek többsége várhatóan 15 éven belül szintén felépülne). Összességében tehát a jelenleg működő 432 atomreaktor mellé 565 új reaktor épülne fel a következő 15 évben.⁵

Ezt a folyamatot azonban komolyan megkérdőjelezte a 2011 márciusában, Japánban történt fukushimai katasztrófa. A földrengés és az azt követő cunami következtében majd 16000 ember halt meg és további 4000 eltűnt. A fukushimai telep 20 km-es körzetéből 80000 embert kellett evakuálni. Az 1986-os csernobili nukleáris baleset óta nem mértek ilyen szintű radioaktív kibocsátást.⁶

A baleset hatására világszerte felülvizsgálat alá vetették az atomreaktorokat, az úgynevezett stressz tesztek keretében az atomerőművek célzott biztonsági felülvizsgálatát végezték el. Emellett a jelenleg épülő és engedélyezés alatt álló reaktorok tekintetében is egyfajta megtorpanást észlelhettünk, a fokozott biztonsági szempontok integrálása miatt.⁷ Ami pedig az egyes országok nukleáris energiaiparát illeti, fontos látni, hogy a nukleáris reneszánszt vezető három állam (Kína: 27, Oroszország: 11, India: 6 – együttesen az összes épülő reaktor kétharmada) nem sokkal a katasztrófát követően jelentette be, hogy nem áll le az építkezésekkel, és az eredeti tervek szerint halad tovább nukleáris fejlesztéseivel.

³ Key World Energy Statistics. *International Energy Agency*. 2011. október. http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2011/key_world_energy_stats.pdf, internetről letöltve: 2011. november 2.

⁴ The Nuclear Renaissance. *World Nuclear Association*. 2011. augusztus. <http://www.world-nuclear.org/info/inf104.html>, internetről letöltve: 2011. november 6.

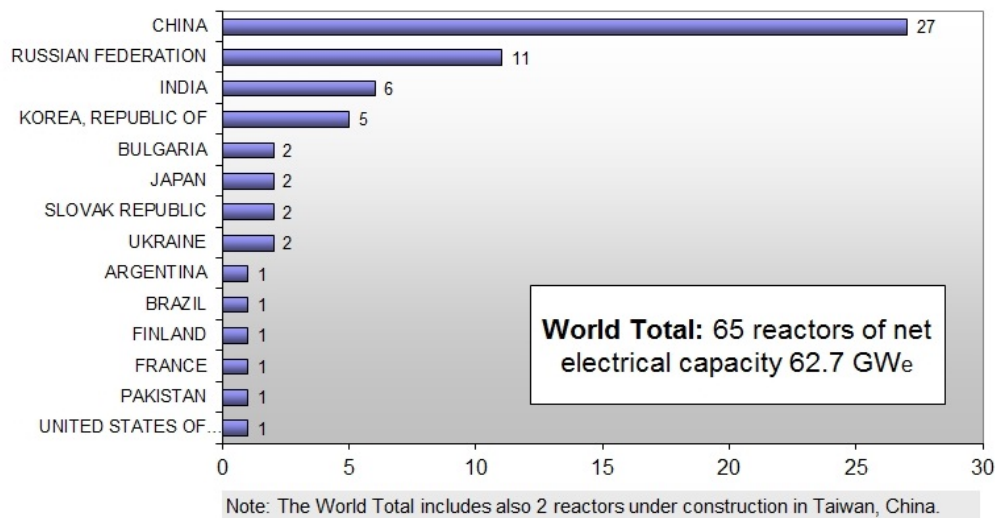
⁵ World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements. *World Nuclear Association*. 2011. december 1. <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>, internetről letöltve: 2011. december 6.

⁶ IAEA Nations Adopt Atomic Operations Reforms. *Global Security Newswire*. 2011. szeptember 23. http://gsn.nti.org/gsn/nw_20110923_4681.php, internetről letöltve: 2011. november 7.

⁷ Aszódi Attila - Boros Ildikó - Yamaji Bogdán: Az atomenergia jelene és jövője. BME Nukleáris Technikai Intézet. 2011. október 21.

http://www.reak.bme.hu/fileadmin/user_upload/felhasznalok/aszodi/letoltes/Japan/Aszodi_Szegedi_20111021.pdf, internetről letöltve: 2011. november 7.

Number of Reactors under Construction Worldwide



1.ábra: Épülőfélben lévő atomreaktorok

Forrás: <http://www.iaea.org/cgi-bin/db.page.pl/pris.opercap.htm>

A skála egyik végén tehát a fejlesztési és építési tervekkel töretlenül továbbmenő országok helyezkednek el, a másik végén pedig azon államok, melyek az atomenergia arányának drasztikus csökkentése vagy akár teljes kivezetése mellett döntöttek. Közöttük kiemelendő Németország, Olaszország és Svájc, melyek mindegyike elkötelezte magát az atomenergia teljes kivezetése mellett. Olaszországban népszavazásra bocsátották a kérdést és a szavazók 92%-a az atomenergia ellenében tette le voksát. Ezzel párhuzamosan Németországban, 2011 májusában Angela Merkel bejelentette, hogy 2022-ig fokozatosan leállítják az ország mind a 17 atomreaktorát.⁸

Az atomenergia szerepe az Egyesült Államokban

Napjainkban az Egyesült Államok működteti a világ legnagyobb nukleáris energiaiparát, mind a reaktorok számát, mind pedig a teljes kapacitást illetően. Jelenleg 104 atomreaktor működik az állam területén, többségük az ország keleti felén összpontosul. Az összes beépített kapacitás 101 gigawatt, ami 60%-kal több mint az Egyesült Államokat követő

⁸ A márciusi eseményeket követően három hónapon belül a hét legöregebb atomerőművi blokk (+ Krümmel atomerőmű) végleg le is állt, ezzel ideiglenes áramimportra kényszerítve a korábbi áramexportőr Németországot. Steven Mufson: Germany to close all of its nuclear plants by 2022. *The Washington Post*. 2011. május 30. http://www.washingtonpost.com/business/economy/germany-to-close-all-of-its-nuclear-plants-by-2022/2011/05/30/AG0op1EH_story.html, internetről letöltve: 2011. november 8.

Franciaország kapacitása (63 gigawatt). A hazai elektromos áram termelésében azonban komoly eltérést mutat a nukleáris ipar aránya: míg Franciaországban mindez 76,2%, addig az Egyesült Államokban mindössze 19,9%.⁹

A 104 atomreaktorból 69 nyomottvízes reaktor (*PWR – Pressurized Water Reactor*), 35 pedig forralóvízes reaktor (*BWR – Boiling Water Reactor*). Mindennek elsősorban azért van jelentősége, mert a japán katasztrófában megsérült fukushimai erőműblokkok is a forralóvízes reaktorok csoportjába tartoznak, és ugyanazt a General Electric gyártmányú konténment egységet¹⁰ használják, mint az Egyesült Államok forralóvízes reaktorai.¹¹

Ez a 104 reaktor 2009-ben elérte a beépített összkapacitás 90%-os kihasználási szintjét, ezzel nem túl sok tartalék kapacitást hagyva a struktúrában. Ennek ellenére jelenleg mindössze egy atomreaktor van épülőfélben, mely várhatóan 2012-ben meg is kezdi működését. A World Nuclear Association intézet adatai szerint ugyanakkor hét új reaktor esetében a jóváhagyások, finanszírozási kérdések és egyéb adminisztratív ügyek már eljutottak olyan fázisba, hogy ezek akár 8-10 éven belül üzemképesek lehetnek, ráadásul további 27 reaktor-tervezetet soroltak a 15 éven belül „várhatóan felépül” kategóriába.¹²

Annak ellenére, hogy mindez messze elmarad a kínai, de még az orosz adatoktól is, fontos látni, hogy kiegészül egy komoly élettartam meghosszabbítási programmal. Az Egyesült Államok Nukleáris Biztonsági Hatósága (*NRC - Nuclear Regulatory Commission*) ugyanis 2011 szeptemberében 71 atomreaktor működési licenzét hosszabbította meg, ezzel kitolva azok élettartamát az eredeti 40 évről összesen 60 évre. A nukleáris ipart szabályozó intézet emellett azt is jelezte, hogy 2013-ig további kérelmeket vár, és becslései szerint az atomerőművek 90%-a meg fogja kapni a 60 éves élettartamra vonatkozó jóváhagyást – a jelenleg is működő legöregebb reaktor 1969-ben kezdte meg működését, míg a legújabb 1996-ban.¹³

⁹ Mindez alapvetően azzal magyarázható, hogy ebben a tekintetben az Egyesült Államokban még mindig igen magas a fosszilis energiaforrások aránya. A szén továbbra is 45% körül mozog, míg a földgáz 23%-on. Emellett a kőolaj aránya nagyjából 1%, a megújuló energiaforrásoké pedig 11%.

Key World Energy Statistics: i. m.

¹⁰ Ez a rendszer atomerőművek esetében azt a funkciót látja el, hogy megakadályozza a radioaktív anyagok ellenőrizetlen körülmények közepette történő légkörbe jutását.

¹¹ Tom Zeller: Experts Had Long Criticized Potential Weakness in Design of Stricken Reactor. *The New York Times*. 2011. március 16. http://www.nytimes.com/2011/03/16/world/asia/16contain.html?_r=1, internetről letöltve: 2011. november 7.

¹² World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements: i. m.

¹³ Nuclear Power in the USA. *World Nuclear Association*. 2011. december. <http://www.world-nuclear.org/info/inf41.html>, internetről letöltve: 2011. december 7.

Az Egyesült Államok nukleáris energiaiparának egy másik sajátossága, hogy a nemzetközi trendekkel ellentétben itt magánvállalatok működtetik az erőműveket,¹⁴ jelenleg összesen harminc vállalat kezében összpontosulnak a létesítmények. Ráadásul az 1957-es Price-Anderson Act értelmében a nukleáris létesítményeket működtető vállalatok együttesen egy mindössze 12 milliárd dolláros alapot kötelesek fenntartani a nukleáris balesetek „kezelésére” és a kártérítések kifizetésére. Ez rendkívül alacsony összeg, figyelembe véve, hogy a csernobili baleset költségeit 600 milliárd dollárra, Fukushimaét pedig legalább 250 milliárd dollárra becslik.¹⁵

Végül pedig fontos tényező az is, hogy az Egyesült Államok lakossága az európai országok többségével szemben inkább a nukleáris energiát támogató társadalmak körébe tartozik. Két rövid periódustól eltekintve az atomenergia támogatottsága az 1980-as évek óta végig 50% fölött volt, 2010-ben pedig elérte a rekordnagyságú 74%-ot. Ennek tükrében nem meglepő, hogy egy 2011. szeptemberi közvélemény-kutatás adatai szerint ez a támogatottság a katasztrófa ellenére is csak 62%-ig zuhant vissza, és az ellenzők aránya is csak 35%-ig emelkedett – ami messze elmarad az olaszoknál mért 92%-os ellentábortól.¹⁶

Obama elnök fejlesztési tervei: 36 milliárd dollár, 20 új reaktor

Az Egyesült Államok nukleáris energiatermelésének szintjében 2007-ben beállt stagnáláshoz képest,¹⁷ Barack Obama elnök energiastratégiájának egyik sarokköve lett az atomenergia támogatása. A 2012-es költségvetési évre az eredeti keret mellett további 36 milliárd dollárt kért a Képviselőháztól, a nukleáris energiaszektor modernizációjára – amely magában foglalná 20 új atomreaktor építésének a megkezdését.¹⁸ Érvelése szerint a hagyományos erőforrásokkal ellentétben az atomenergia nem károsítja az ózonréteget, ezért az atomenergia arányának növelése az ország energiaiparában, egyben a globális klímaváltozásra

¹⁴ Sharon Squassoni: Nuclear Power: Between Faith and Fear. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 2011. augusztus 25. <http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources>, internetről letöltve: 2011. november 10.

¹⁵ Mark Cooper: Nuclear liability: The market-based, post-Fukushima case for ending Price-Anderson. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 2011. október 5. <http://thebulletin.org/web-edition/features/nuclear-liability-the-market-based-post-fukushima-case-ending-price-anderson>, internetről letöltve: 2011. november 10.

¹⁶ Latest Trends in U.S. Public Opinion About Nuclear Energy, Sept. 2011. *Nuclear Energy Institute*. 2011. szeptember 24. <http://www.nei.org/resourcesandstats/documentlibrary/reliableandaffordableenergy/reports/latest-trends-in-us-public-opinion-about-nuclear-energy-sept-2011>, internetről letöltve: 2011. november 13.

¹⁷ Nuclear Generation in the U.S.. *Energy Information Administration*. 2009. http://www.eia.gov/energy_in_brief/images/charts/nuclear_generation-large.jpg, internetről letöltve: 2011. november 18.

¹⁸ Andrew Restuccia: Obama budget request calls for major investments in nuclear energy. *The Hill*. 2011. február 14. <http://thehill.com/blogs/e2-wire/e2-wire/143861-obama-budget-request-calls-for-major-investments-in-nuclear-energy>, internetről letöltve: 2011. november 20.

adott egyik fontos válaszlépése lenne az új adminisztrációnak. Ráadásul mindez csökkentené a jórészt importált kőolajszeletor jelentőségét is, mely az „Arab Tavasz” eseményei miatt csak még kiszámíthatatlanabb és még drágább lett.

Politikai szempontból az is az elnök tervei mellett szól, hogy habár belpolitikai szinten éles viták vannak az Egyesült Államok energiastruktúrájáról, az atomenergia mögött a Kongresszusban gyakorlatilag egyedülálló kétpárti konszenzus sorakozott fel. Mindezt ráadásul a széndioxid kibocsátás csökkentése miatt a környezetvédők többsége is támogatta – legalábbis ezidáig.¹⁹ Kérdés azonban, hogy a fukushimai események milyen változásokhoz vezetnek majd az Egyesült Államok nukleáris energiaiparában és ez milyen következményekkel jár a fejlesztési tervekre és a belpolitikai viszonyokra nézve.

A fukushimai katasztrófa technológiai következményei

A fukushimai atomerőmű hat reaktorblokkja és az Egyesült Államok forralóvizes reaktorai között fontos technológiai kapcsolatot jelent, hogy többségük a General Electric cégcsoportnak ugyanazon Mark-típusú konténment egységét használja. Ez az egység magába foglalja az atomerőmű reaktorát és az ahhoz közvetlenül csatlakozó rendszereket, az utolsó védvonalat képezve a radioaktív anyagok kiszabadulásával szemben. A cunamit követően a fukushimai reaktorok energiaellátása meghibásodott, és a független dízelgenerátorok is üzemképtelenné váltak, ezzel problémássá téve a reaktorok hűtését.²⁰

A fukushimai erőműben az első öt blokk Mark I-típusú konténment egységet használt, míg a hatodik már az újabb generációs Mark II-t. Az Egyesült Államok 35 forralóvizes reaktorából 23 még mindig a Mark I-et és a fennmaradó 12 vagy Mark II-t vagy Mark III-at használ. A japán katasztrófát követően tehát komoly aggodalmak merültek fel ezen reaktorok biztonságát illetően. Azt ugyanakkor fontos hangsúlyozni, hogy a Richter-skála szerinti 9-es erősségű földrengést átvészelte a rendszer, és a reaktorok sikeresen leálltak – annak ellenére, hogy eredetileg maximum 7-es erősségű földrengés ellen tervezték őket. A meghibásodások sorozatáért tehát elsősorban a cunami által okozott károk felelősek. Az Egyesült Államokban

¹⁹ John M. Broder: U.S. Nuclear Industry Faces New Uncertainty. *The New York Times*. 2011. március 14. <http://www.nytimes.com/2011/03/14/science/earth/14politics.html>, internetről letöltve: 2011. november 22.

²⁰ Egyes Mark I tartályokban pedig a tervezett érték kétszeresére nőtt a nyomás, melynek csökkentéséhez gázkibocsátásra volt szükség, ahol is – többek között – radioaktív jódot és cézium jutott a légkörbe. Ráadásul hűtés hiányában az üzemanyag-kazetták megolvadtak és a keletkező hidrogén robbanáshoz vezetett az egyes és hármas reaktorblokkokban a reaktorcsarnokban, a kettes reaktorblokkban pedig a reaktorépületen belül. Ennek következtében pedig olyan szerkezeti károsodások léptek fel, melyek nem tudták meggátolni a hasadási termékek légkörbe és tengervízbe való jutását, Aszódi Attila - Boros Ildikó - Yamaji Bogdán: i. m.

ugyanakkor ilyen körülmények nem fenyegetnek, hiszen egyetlen atomerőmű sincs közvetlenül a tengerparton, és a törésvonalak menti aktivitás is jóval csekélyebb, mint Japánban.²¹

A katasztrófa másik fontos technológiai következménye az atomreaktorok üzemanyaggyártásának témakörében mutatkozott meg. A fukushimai hármasként ismert blokkban bekövetkező robbanás ugyanis újra kiélezte az Egyesült Államokban is napirenden lévő MOX-üzemanyag kérdését. A MOX-üzemanyag (*mixed oxide*) urándioxid és plutónium keverékéből származik, és számos tekintetben eltér a hagyományos fűtőelemektől, emiatt pedig évtizedek óta hatalmas viták övezik alkalmazásának kérdését.

Egészen a fukushimai eseményekig Obama elnök alapvetően támogatólag lépett fel az ország MOX-programja mellett. A japán katasztrófa következtében azonban számottevően megnőtt a Fehér Házra nehezedő nyomás, a MOX-program felfüggesztésére vonatkozóan. A MOX-üzemanyag fejlesztése már a hidegháború idején megindult, de Jimmy Carter idején leállították, a megnőtt proliferációs veszélyekre hivatkozva.²² Ezt követően Bill Clinton elnöksége alatt élvezett megint erős támogatást, az ifjabb Bush azonban teljesen leállította a programot. Obama elnök viszont ismételten napirendre tűzte, és Dél-Karolinában új lendületet kapott az Egyesült Államok első MOX-fűtőanyagú reaktorjának építése.²³

A fukushimai hármasként ismert reaktorblokk katasztrófája azonban némiképp megerősítette az ellenérveket. Az ellenzők tábora ugyani gyakran hangoztatja, hogy a plutónium sokkal instabilabb, mint a hagyományos urán fűtőanyag, nehezebb ellenőrzés alatt tartani reaktori körülmények között, nagyobb sugárzás-veszéllyel jár, ha kikerül a reaktorból és nagyobb proliferációs veszélyt is hordoz magában.²⁴ Ezzel szemben támogatói – és elsősorban az Obama-adminisztráció – éppen amiatt érvelnek szükségessége mellett, mert a programnak köszönhetően újra lehetne hasznosítani a nukleáris leszerelés következtében felszabaduló több tonnányi fegyver-minőségű plutónium-készletet, illetve meg lehetne „szabadulni” a civil célú

²¹ Fact Sheet on Seismic Issues for Nuclear Power Plants. *U.S. Nuclear Regulatory Commission*. 2011. <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/fs-seismic-issues.html>, internetről letöltve: 2011. november 25.

²² A MOX-üzemanyag elterjedésével alapvetően azért növekednek a proliferációs veszélyek, mert ezt könnyebb és kevésbé veszélyes eltulajdonítani, hiszen nem tartalmaz olyan erősen radioaktív elemeket, mint a hagyományos kiégett fűtőelemek. Ráadásul a nukleáris fegyverek gyártására is alkalmas plutónium sokkal könnyebben kinyerhető a MOX-üzemanyagból. Ennek köszönhetően az üzemanyag gyártása, szállítása és tárolása sokkal fokozottabban is van téve a nukleáris terrorizmus veszélyének.

²³ Jo Becker - William J. Broad: New Doubts About Turning Plutonium Into a Fuel. *The New York Times*. 2011. április 11. http://www.nytimes.com/2011/04/11/us/11mox.html?_r=1&nl=todaysheadlines&emc=th2, internetről letöltve: 2011. november 27.

²⁴ Nuclear Threat: U.S. Implications of the Japanese Nuclear Reactor Crisis. *Coal Geology*. 2011. március 14. <http://coalgeology.com/nuclear-threat-u-s-implications-of-the-japanese-nuclear-reactor-crisis/15857/>, internetről letöltve: 2011. november 28.

programok nyomán, reaktori körülmények között keletkező plutónium-készletektől is. Ráadásul ezt az eljárást már jelentős mértékben alkalmazzák a franciák és a britek, továbbá korlátozott keretek között Oroszország, Japán és India is használja.²⁵ Kérdés azonban, hogy a japán katasztrófa nyomán az egyébként sem csekély MOX-ellenes lobbival, elég támogatást tud-e gyűjteni a program újbóli felfüggesztéséhez.

Nukleáris Biztonsági Hatóság (NRC): vizsgálatok és jelentések

A Nukleáris Biztonsági Hatóságot 1974-ben hozták létre az Egyesült Államokban, azzal a céllal, hogy a az ország atomerőműveinek működését, illetve az atomenergia békés célú felhasználásához kötődő eljárásokat szabályozza. A japán katasztrófát követően az NRC volt felelős azért, hogy az Egyesült Államok atomerőműveit is célzott biztonsági felülvizsgálat alá vegyék. Az intézet továbbá felállított egy szakértői akciócsoportot (*Japan Task Force*), melynek az volt a feladata, hogy Japánba utazva közvetlenül segítse az ottaniak munkáját, továbbá jelentést készítsen a helyszínen tapasztaltakról, különös figyelmet fordítva arra, hogy az Egyesült Államok vonatkozásában a katasztrófa milyen tanulságokkal szolgált.²⁶

Ez az akciócsoport öt programterületen tett javaslatokat:

- az NRC működési mechanizmusának tisztázása,
- hatékonyabb védelem: az atomerőművek élethosszának megnövelésére beadott licenz-kérelmek felülvizsgálata, és azok jóváhagyása kizárólag a megfelelő biztonsági óvintézkedések ellenében – különös figyelmet szentelve a földrengés és szökőár védelemnek, illetve a szeizmikus mozgások következtében keletkező tüzekre és áradásokra való hatékonyabb felkészülésnek,
- potenciális veszélyforrások csökkentése: a forralóvízes reaktorokban a hűtésért felelős mechanizmusok megerősítése és a konténment egységekben való fokozottabb hidrogén-kontroll,
- baleseti készülség erősítése: a nukleáris létesítmények által kidolgozott baleseti forgatókönyvek felülvizsgálata, a helyszíni biztonsági személyzet hatékonyabb felkészítése illetve a döntéshozatali mechanizmusok áttekintése,

²⁵ Becker - Broad: i. m.

²⁶ Post Fukushima: NRC Responses. *U.S. Nuclear Regulatory Commission*. 2011. február 6.

<http://www.nrc.gov/about-nrc/organization/commission/comm-george-apostolakis/apostolakis-06-02-2011-hef.pdf>, internetről letöltve: 2011. november 26.

- az NRC programok hatékonyságának javítása: az NRC felülvizsgálatok és licenszkérelmek elbírálásakor használt szempontrendszerek átalakítása és szigorítása.

A jelentés továbbá érintette még a pihentető medencék szerkezetének megerősítését illetve a társadalom oktatását, az alapvető nukleáris ismeretek tekintetében.²⁷

A szükséges reformok ellenére az NRC már kezdettől amellet érvelt, hogy az Egyesült Államok atomerőművei rendszeren fel vannak készítve az ilyen extrém körülményekre (részben a 2001. szeptember 11-ei terrortámadásokat követő biztonsági intézkedéseknek köszönhetően). Éppen ezért a japán katasztrófa nem fog indokot szolgáltatni a nukleáris energiaipar alaptalan korlátozására. Tulajdonképpen erről tanúskodik a már említett 2011. szeptemberi döntés is, melynek értelmében 71 reaktor működési engedélyét hosszabbították meg.

Az atomenergia mellett és ellen szóló legfőbb érvek

A fukushimai katasztrófa nem csak technológiai szempontból jelentett kihívást az Egyesült Államok nukleáris ipara számára, hanem újra felerősítette az atomenergia körüli vitákat is, ezzel kikezdve a politikai színtéren meglévő kétpárti konszenzust. Az atomenergia mellett érvelők általában hat érv köré fűzik kampányukat:

- 1) az atomenergia környezetbarát, alacsony széndioxid-kibocsátása miatt,
- 2) a proliferációs veszély kezelhető,
- 3) rendkívül kevés urán is elég hatalmas energia előállításához,
- 4) a megújuló energiaforrásokkal szemben az atomenergia termelése folytonos és állandó,
- 5) az atomenergia arányának növelése csökkenti az Egyesült Államok olajfüggőségét,
- 6) az atomenergia még mindig a legolcsóbb energiaforrás.

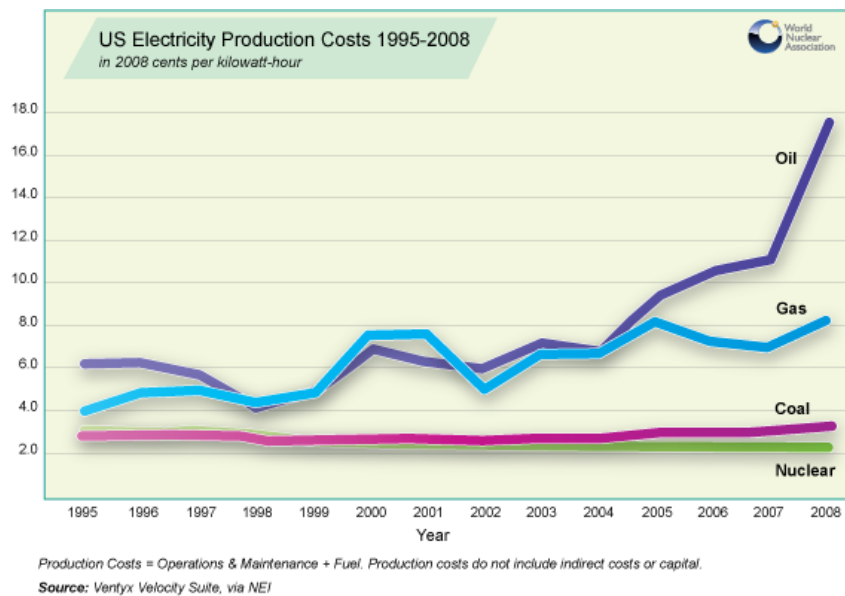
Ami a környezetvédelmi megfontolásokat illeti, szakértői jelentések szerint, ha az Egyesült Államok az atomenergia helyett a hagyományos fosszilis energiákra támaszkodna, évente 650 millió tonna széndioxid többletet engedne a légkörbe, ami majdnem egyenlő az ország összes autója által kibocsátott mennyiséggel.²⁸ Ráadásul azokkal szemben, akik az esetleges nukleáris balesetek környezeti hatásai miatt aggódnak, érdemes kiemelni, hogy a többi energiaforrás is magában hordozza a komoly környezeti károk veszélyét. Az elmúlt évben

²⁷ Recommendations for Enhancing Reactor Safety in the 21st Century. *U.S. Nuclear Regulatory Commission*. 2011. július 12. <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML1118/ML111861807.pdf>, internetről letöltve: 2011. november 24.

²⁸ Tony Pietrangelo: Low-carbon, low-cost electricity. 24/7. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 2011. július 28. <http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources>, internetről letöltve: 2011. november 30.

ugyanis Fukushima mellett két másik energiaszektor is komoly katasztrófákat élt meg: 2010. április elején Nyugat-Virginiában hatalmas bányarobbanás következett be, míg április végén a Deepwater Horizon olajfúró-torony katasztrófája okozott óriási környezeti károkat a Mexikói-öbölben.²⁹ Az atomenergia lobbistái továbbá azt is előszeretettel hangsúlyozzák, hogy a nukleáris balesetek környezeti következményeit a legkönnyebb és legolcsóbb mérni. Éppen ezért ezekre az eseményekre lehet a leggyorsabban és leghatékonyabban reagálni – ennek köszönhető például, hogy a fukushimai baleset nem járt közvetlen sugárszennyezés miatt bekövetkező halálessel.³⁰

Gazdasági szempontból először is fontos érv az atomenergia mellett, hogy ez volt az egyetlen erőforrás, mely az elmúlt tíz évben nagyjából tartani tudta az árát és mindvégig a legalacsonyabb költségen biztosította az elektromos áramot. Másodszor, szintén a gazdaságosság kategóriájába tartozik, hogy négy km²-nyi területen 1800 megawatt elektromos teljesítményt lehet előállítani, ami szélerőművek esetében például több mint 400 km² alapterületet igényelne. Harmadszor pedig a nukleáris ipar jelenleg 120000 embernek ad munkát az Egyesült Államokban, ami figyelembe véve a 9% körül mozgó munkanélküliségi rátát szintén nem elhanyagolható.³¹



2.ábra: Az elektromos áram költségének változása szektoronként (Egyesült Államok)

Forrás: <http://world-nuclear.org/info/inf02.html>

²⁹ John M. Broder: i. m.

³⁰ Charles Forsberg: Mutually assured energy independence. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 2011. április 28. <http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources>, internetről letöltve: 2011. november 30.

³¹ Tony Pietrangelo: i. m.

Sokat hangoztatott ellenérv az atomenergiával szemben, hogy a nukleáris technológia békés célú felhasználásának terjedésével megnőnek a proliferációs veszélyek. Ezt ugyanakkor fokozott nemzetközi együttműködéssel, és a már régóta napirenden lévő nemzetközi fűtőanyag-bank létrehozásával továbbra is kordában lehetne tartani. Annak tükrében pedig, hogy az elmúlt évtizedben számos háborút vívtak a legnagyobb kőolaj- és földgáz-lelőhelyek feletti befolyás megszerzéséért, az atomenergia arányának növelése és az államok energiafüggőségének csökkentése, elősegíthetné egy tartósabb béke megteremtését a nemzetközi rendszerben.³²

Mindemellett fontos azt is hangsúlyozni, hogy egy folyamatosan fejlődő rendszerről van szó. Egyetlen másik energiaszektor sem mutatott fel ilyen mértékű fejlődést az elmúlt évtizedekben. Az atomenergia ugyanakkor egyre hatékonyabban és egyre szigorúbb biztonsági előírások között működik, állandó és megbízható energiaellátást biztosítva. Egy drasztikus energiafordulat azonban komoly kockázatokkal járna: veszélybe kerülne a stabil energiaellátás, időszakosan megnőne az ország kiszolgáltatottsága és az energiaárak színvonala, ez pedig akár az egész gazdaságot veszélybe sodorhatja.³³

Az atomenergia ellen lobbizók azonban éppen az imént tárgyalt környezeti, gazdasági és politikai érveket támadják. A széndioxid-kibocsátás kapcsán például nem vitatják, hogy az atomenergia termelése jár a legkevesebb kibocsátással (természetesen a megújulók után), arra ugyanakkor felhívják a figyelmet, hogy ezek a statisztikák tévesen már csak a végső reaktori fázist tartalmazzák. A korrekt adatok ugyanis megkívnák, hogy számításba vegyék a teljes fűtőanyag-ciklust, beleértve az uránbányászatot, feldolgozást, dúsítást, újrahasznosítást, tárolást és szállítást is. Márpedig ezek a folyamatok számottevően megemelik a kibocsátott széndioxid mennyiségét, és az előállítás végső költségeit is.³⁴

A másik fő támadási felületet a biztonság és az esetleges balesetek kérdése jelenti. Az Egyesült Államok jelenleg is működő reaktorainak többsége az 1980-as évekig épült első- és második generációs modellek,³⁵ melyek lassan elérik az eredetileg tervezett 40 éves

³² Charles Forsberg: i. m.

³³ Steven Mufson: i. m.

³⁴ Kristin Shrader-Frechette: Cheaper, safer alternatives than nuclear fission. *Bulletin of the Atomic Scientists*. 2011. augusztus 19. <http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources>, internetről letöltve: 2011. november 30.

³⁵ Az atomreaktoroknál alapvetően négy reaktorgenerációt különítünk el. Az első generációba tartoznak az 1970-es évek előtt épült természetes uránnal működő reaktorok. A második generációba tartoznak az 1970-es évektől kifejlesztett könnyűvízes reaktortípusok. A harmadik generáció a napjainkban üzembe lépő reaktorokat takarja, melyek biztonsági és gazdaságossági szempontok szerint optimalizált reaktortípusok. Míg a negyedik generáció jelenleg is fejlesztés alatt van, ezen reaktorok elsődleges célja a fenntartható energiaforrás biztosítása és a hidrogéntermelés. Aszódi Attila: 1., 2., 3., 4. generációs atomerőművek. *BME Nukleáris Technikai Intézet*. 2009. február 12.

élettartamot. Mivel jelenleg nincs beépítve az ország energiastruktúrájába az a többlet kapacitás, amivel ezt a hirtelen kieső nagy mennyiséget pótolni lehetne, az NRC akár nagyobb kockázatot is vállalva, meghosszabbítja ezek élethosszát.³⁶ Mindez viszont növelheti a nukleáris balesetek esélyét.

Nukleáris balesetek esetén viszont nem csak az aktuális generációk egészsége a tét, hanem egyes források szerint a sugárszennyezésnek kitett személyek esetén még a következő generációkban is megfigyelhető a megnövekedett arányú gyermekhalandóság és a daganatos megbetegedések előfordulása.³⁷ Az esetleges balesetek kompenzálására fenntartott anyagi keret ugyanakkor nevetségesen kevés, ezzel a kormányra és a társadalomra hárítva az anyagi felelősséget, az üzemeltető vállalatok helyett.

A proliferációs veszély tekintetében pedig nem csak azzal érdemes számolni, hogy egyre több állam jut a fegyverek előállításához is szükséges technológiai tudáshoz, hanem azt is érdemes számításba venni, hogy egy esetleges támadásnak maga az atomerőmű lehet a célpontja. Szeptember 11-e óta ugyanis tudjuk, hogy egy civil repülőgép is funkcionálhat fegyverként, ha azt megfelelő célpontba irányítják – márpedig egy atomerőműbe vezetett repülőgép akár a csernobili katasztrófához hasonló pusztítást is végezhet. Habár az erőművek többségét eredetileg úgy tervezték, hogy ellenálljanak kisebb gépek becsapódásának, napjainkban ez már nem feltétlen elegendő védelem. Éppen ezért szükség van egyéb óvintézkedésekre is, mint például a reaktorok köré vont repülés-tilalmi zónák felállítására.

Mindezen veszélyek tükrében az atomenergia ellenzői a megújuló energiaforrások mellett törnek lándzsát, elsősorban arra hivatkozva, hogy ezekben sokkal több potenciál van, mint bármely másik energiaforrásban. Az Egyesült Államok szerencsés adottságainak köszönhetően, becslések szerint csak a szélenergiában összesen kilencszer annyi kapacitás van, mint a jelenleg működő atomreaktorokban. Ezek ráadásul kiiktatnák a proliferációs veszélyeket, a hulladéktárolás egyre nagyobb problémáját és a hosszú távú élettani kockázatokat is. Ráadásul a víz-, szél- és napenergiát kombinálva egy olyan egymást kiegészítő komponensekből álló rendszert lehetne felállítani, melyben a tároló kapacitások kiépítésével garantálható lenne az állandó energiaszolgáltatás. Ennek megvalósítása pedig lényegesen

http://www.reak.bme.hu/fileadmin/user_upload/felhasznalok/aszodi/letoltes_eloadoasok/Aszodi_ETESenior_Bp_2009_0212_.pdf, internetről letöltve: 2011. november 7.

³⁶ Jia Lynn Yang - Steven Mufson: Japan quake puts spotlight on aging U.S. nuclear reactors, cost of building new ones. *The Washington Post*. 2011. március 16. http://www.washingtonpost.com/business/economy/japan-quake-puts-spotlight-on-aging-us-nuclear-reactors-cost-of-building-new-ones/2011/03/16/ABFOiWh_story.html, internetről letöltve: 2011. november 25.

³⁷ Kristin Shrader-Frechette: i. m.

olcsóbb és gyorsabb lenne, mint az új atomerőművek építése, és az élettartam lejárta miatt sem kellene aggódni a jövőben.³⁸

A nukleáris fejlesztési tervek jövője és a belpolitikai színtér

Habár bizonyos szempontból mindkét tábornak megvan a maga igaza, úgy tűnik, hogy a nukleáris energiát támogatók továbbra is megőrizhetik előnyüket. Mindez elsősorban annak köszönhető, hogy a megbomlott politikai konszenzus mégsem vezetett pártok mentén szétváló érdekcsoportok kialakulásához. A katasztrófa ellenére Obama elnök többször deklarálta, hogy nem szándékozik feladni nukleáris fejlesztési céljait. Ebben pedig komoly támogatást jelent, hogy a Szenátusban függetlenként regisztrált Joe Lieberman – a Szenátus vezető hangja energiaügyi kérdésekben – szintén a Fehér Ház oldalán áll. Ráadásul a szenátusi republikánus kisebbség vezetője, Mitch McConnell is óvatosságra intett, és felhívta a figyelmet arra, hogy a japán eseményeket nem szabad túlreagálni és az atomenergia ellen fordítani.

A legélesebb kritikák érdekes módon éppen az elnök saját táborából jöttek. Edward Markey demokrata képviselő terjesztett elő egy olyan tervezetet, mely némiképp korlátokat szabna az elnök terveinek. Igaz ugyan, hogy ez a javaslat sem megy el az atomenergia teljes kivezetésének követeléséig, mindössze a szeizmikusan aktív területekre adott licenszek felfüggesztésére és szigorúbb biztonsági és védelmi szabályok bevezetésére szólít fel – különösen azon létesítmények esetében, melyek a japán forralóvízes reaktorokhoz hasonló konténment egységet használnak.³⁹

Konklúzió

Összességében tehát a fukushimai katasztrófa az Egyesült Államok esetében is felújította az atomenergia körüli vitákat, a német és olasz példákhoz hasonló drasztikus fordulatra azonban ebben az esetben nem számíthatunk – mindez pedig elsősorban strukturális okokra illetve a szükséges politikai és társadalmi akarat hiányára vezethető vissza.

Strukturális szempontból a rendkívül fejlett és kiterjedt nukleáris ipar lehetetlenné teszi egy rövid távú és drasztikus energiafordulat megvalósítását anélkül, hogy az ne járna

³⁸ Arjun Makhijani: Why nuclear energy is not the answer. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 2011. szeptember 8. <http://www.thebulletin.org/web-edition/roundtables/nuclear-energy-different-other-energy-sources>, internetről letöltve: 2011. december 2.

³⁹ John M. Broder: i. m.

komoly gazdasági következményekkel (az Egyesült Államok energiafüggőségének megnövekedésével, az energiaárak hirtelen megugrásával és növekvő munkanélküliséggel). A jelenlegi gazdasági problémák tükrében pedig úgy tűnik, hogy a Fehér Ház nem hajlandó bevállalni ezt a kockázatot.

Ráadásul a zöldek kivételével egyelőre a két párt sem szakadt szét a nukleáris kérdés mentén. A Republikánus és Demokrata Párt legbefolyásosabb kongresszusi tagjai fel sem vetették az atomenergia teljes kivezetését, terveik elsősorban szabályozási szempontból akartak bizonyos korlátokat szabni az elnök mozgásterének. Mindez ráadásul kiegészül azzal, hogy a legfrissebb felmérések szerint az ország lakossága sem kész még teljesen lemondani a nukleáris opcióról.

Éppen ezért az Egyesült Államok nukleáris energiaiparának jövőjét illetően az várható, hogy a biztonsági felülvizsgálatokat követően, szabályozási szempontból még szigorúbb követelményeket szabnak majd az atomerőművek működtetésére vonatkozóan. Ez ugyanakkor sem az elnök fejlesztési terveiben, sem a jövőbeli licenzek és építkezések előmenetelében nem hoz majd drasztikus fordulatot.

Kitekintve a nemzetközi szintésre elmondható, hogy a nukleáris reneszánszt vezető Kína, Oroszország és India is ezen az úton megy tovább – ennek köszönhetően pedig a nukleáris energia globális szerepe minden bizonnyal tovább fog növekedni a jövőben. Ezzel szemben a drasztikus váltás mellett döntők komoly kisebbségben maradtak – a teljes kivezetés mellett kevesebb, mint 10 állam döntött, az atomenergia arányának komolyabb csökkentése mellett pedig mindössze újabb 10-15 állam. Mindezek tükrében, Fukushima globális szempontból sem jelentett igazi fordulóponthoz a nukleáris energiaiparban – inkább csak egy időszakos megtorpanásról van szó, melynek következményei nemzetközi szinten elsősorban szabályozási szempontból érezhetőek.

Habár ez a szigorúbb szabályozás közvetlenül csak a nukleáris biztonság erőművi oldalát érinti, mégis megvan benne a lehetőség arra, hogy olyan folyamatokat indítson el, melyek következtében a többi területen is elmozdulás történik. A bevezetőben taglalt összefüggéseknek köszönhetően ugyanis ha mindez elősegíti az egész nukleáris biztonsági rezsim erősítését, ennek akár még a nukleáris non-prolifерáció területére is pozitív hatása lehet. Amint ugyanis a kínai, orosz és indiai példák is mutatják, a nukleáris reneszánsznak, és ezzel együtt a kettős felhasználású technológiák terjedésének gyakorlatilag lehetetlen korlátokat szabni. Ha viszont mindezt elfogadjuk, akkor a folyamatok ellenőrzésére és a

nukleáris leszerelés előmozdítására az egyetlen opció valóban az Atomsorompó verifikációs rendszerének erősítése és a nukleáris biztonsági rezsim hatékonyságának fokozása marad.