



ENERGIACLUB

SZAKPOLITIKAI INTÉZET
MÓDSZERTANI KÖZPONT



**AZ ATOMENERGIA
MŰKÖDÉSI
ANOMÁLIÁI**

AZ ATOMENERGIA MŰKÖDÉSI ANOMÁLIÁI

Közreműködő szerzők:

Dr. Munkácsy Béla

Tanár, okleveles környezetmenedzser, PhD. Az ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszékének adjunktusa, az Energiaklub tanácsadója, az *International Network for Sustainable Energy* vezetőségének tagja. Energiatervezéssel kapcsolatos tanulmányait az Oslói Egyetemen végezte, az atomenergiával foglalkozó kurzusokat a BME-n tanult.

Egres Dorottya

Okleveles kommunikáció- és médiaszakértő. A BME GTK Filozófia és Tudománytörténet Tanszékének egyetemi tanársegédje, az Energiaklub projektvezetője. Kutatási területe és doktori értekezésének témája az atomenergia magyarországi diskurzusának vizsgálata. Tagja a *European Network for Argumentation and Public Policy Analysis* európai kutatóhálózatának.

Szakmai lektor:

Méhes Martina

Az Energiaklub ügyvezető és szakmai igazgatója. Okleveles környezetgazdálkodási agrármérnök megújuló energetika műszaki szakirányon. Nukleáris energia tanulmányait a Szent István Egyetem műszaki tanszékén folytatta.

Az ábrákat készítették: Petschner Anna, Munkácsy Béla.

ISBN 978-615-5052-13-2

A tanulmány az Energiaklub Szakpolitikai Intézet és Módszertani Központ honlapján is megtalálható, onnan letölthető: www.energiaklub.hu



ENERGIACLUB 2021. március 11.



Minden jog fenntartva.

Az adatok közzlésére a „*Nevezd meg! - Ne add el! - Ne változtasd!*” licence érvényes.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	6
2. Statisztikai adatok - az atomenergia helyzetéről röviden	9
3. Az atomenergia a balesetek tükrében	11
4. Atomenergia = 100% importfüggőség és totális kiszolgáltatottság.....	14
5. Rossz energetikai hatékonyság.....	15
6. Az atomerőművi villamosenergia-termelés elavultsága	22
7. Az atomenergia költségei és pénzügyi kockázatai	28
8. Az atomenergia, mint az atomfegyverkezés előszobája	37
9. Titkosítás és a viták ellehetetlenítése	40
10. Végszó.....	44
Irodalomjegyzék.....	47

ÁBRAJEGYZÉK

1. **ábra:** Új villamos erőművi kapacitások rendszerbe lépése az európai OECD országokban 1960 és 2014 közötti időszakban éves bontásban.
2. **ábra:** Atomerőművi kapacitások üzembe helyezése és bezárása 1954 és 2020 között globális léptékben.
3. **ábra:** Az energialánc veszteségei az atomerőműtől a villamos fogyasztóig.
4. **ábra:** Fűtőelem-pasztilla.
5. **ábra:** Az energiamegtérülés mutatójának (EROI) számítási logikája.
6. **ábra:** A hazai erőművi termelés források szerinti megoszlása 2020. július 23. és augusztus 13. között.
7. **ábra:** A villamosenergia-termelés költségének (LCOE) változása 2009 és 2019 között.
8. **ábra:** A villamosenergia-termelés költségének (LCOE) változása 2009 és 2019 között.

“... az atomerőművek építésével és üzemeltetésével az ember már a képességei határát kísérti, ezért jó lenne még idejében abbahagyni. De hiszen tudják ezt a szakmabeliek, a bennfentesek is... Úgy gondolom, hogy a kockázat túl nagy, és haszontalan minden egyéb kockázattal az összehasonlítás. Az atomenergia a sugárveszély miatt olyan alattomos, hogy nem szabad e tűzzel tovább játszadozni. Ez túl komoly játék... Szükségesnek tartom megemlíteni, hogy a témakörhöz nem foci-drukkerként a lelátóról szólok hozzá, szakmailag átlátom, és személyes tapasztalatokra is szert tehettem. A felelősség készítet a megszólalásra. Persze az atomlobbik, élükön az atomenergia-ügynökséggel biztosan másképp látja. Az ő egzisztenciájuk is a tét.”

Petz Ernő, a Paksi Atomerőmű igazgatója 1991-1994 között

VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

Az atomenergia a globális végső energiafogyasztás alig 2%-át fedezi, a világ országainak 84%-ában nem része az energiamixnek. Jelentősége a fejlett gazdaságokban rohamosan szorul vissza, a még működő kapacitások felszámolása történik. Kapacitásbővülés jellemzően a fejlődő térség azon országaiban figyelhető meg, ahol a rendszer nem demokratikusan működik.

Az atomenergia 70 éves útja 17 különösen súlyos balesettel szegélyezett. Az ezekre visszavehető biztonsági elvárások folyamatosan szigorodnak, ami drámai mértékű árnövekedést eredményezett az elmúlt 3 évtizedben. Ez a tény, és a konkurens megújuló energia alapú technológiák árzuhanása azt eredményezi, hogy új atomerőművek piaci alapon többé nem építhetők. A hazánkban tervezett paksi beruházás költségeit is az adófizetők fogják megfizetni, miközben nem alkothatnak népszavazás keretében véleményt a várhatóan 10 000-20 000 milliárd forint végső költséggel (vagyis minden egyes magyar állampolgárra vetítve 1-2 millió forint kiadással) járó projektről. A hatalmas költségek miatt az atomenergia a korrupció melegágya, amire szerte a világban akadnak elrettentő példák.

Az atomerőművek nem csak rossz, 33% körüli energetikai hatékonysággal működnek, de a teljes életciklust vizsgáló nemzetközi kutatások szerint a végeredmény - a bányászattal és a több százezer évre feladatokat adó hulladékkezeléssel kapcsolatos energiaigényeket figyelembe véve - az is lehet, hogy a működtetés negatív eredménnyel, vagyis energiavesztéssel jár.

Egyre több rendszerirányító számol be arról, hogy az atomerőművek (és a széntüzelés) által termelt zsinóráram működési nehézségeket okoz számukra. Ezek a szerintük „elavult” létesítmények - rugalmatlan termelésük miatt - évről évre fokozódó mértékben veszélyeztetik a fogyasztók biztonságos energiaellátását, mert nem képesek a rohamos ütemben terjedő és igen olcsón termelő szél- és napelemez rendszerek támogatására.

Az atomenergia az eddigi üzemeltetési tapasztalatok alapján tehát nem olcsó, nem biztonságos és a legkevésbé sem tiszta. A paksi atomerőmű bővítését továbbá átláthatónak sem lehet nevezni, ugyanis arról nem folyt sem megfelelő szakmai vita, sem társadalmi párbeszéd. Ellenben az utóbbi évtizedre adatigénylési perek, az adatok kiadásának

megtagadása és titkosítása volt jellemző, ezzel elvéve a lehetőséget a szélesebb körben vett tudományos közösségtől és a társadalomtól a megalapozott véleményalkotást illetően, illetve kizárva őket a döntéshozatali folyamatokból.

1. BEVEZETÉS

Magyarországon sokszor hangoztatott, ám tudományosan soha nem igazolt kormányzati állítás, hogy „*az atomenergiának nincs alternatívája*”. Ehhez képest **világviszonylatban az országok 84%-a nem működtet atomerőművet**, közülük csak néhány jelentősebb európai állam **Ausztria, Dánia, Portugália, Olaszország és Lengyelország**. Sőt, a kormányzati döntések alapján kijelenthető, hogy az atomenergia-mentes országok köre már néhány éves időtávlatban is bővülni fog. Ennek oka, hogy világosan bebizonyosodott az, hogy ez a technológia nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket, az elmúlt évtizedekben számos súlyos problémát generált, ráadásul mára reális alternatívái is megjelentek, ami gyökeres irányváltásra készíti az atomerőművet birtokló országok jó részét. Az atomerőművek leállítása terén **Olaszország** volt az első, ahol már a csernobili balesetet követően az 1987-es népszavazás döntött a bezárásokról. Az utolsó termelő egységet 1990-ben állították le. **Belgium**, ahol jelenleg 5930 MW_e-nyi atomerőmű-kapacitás biztosítja a villamos energia felét, 2003-ban ugyancsak az atomerőművek teljes leszereléséről döntött, 2025-ig bezárólag.¹ **Németország**, ahol 2000-ben még 30% körül volt az atomenergia részesedése a villamosenergia-termelésben,² 2022-re tervezi befejezni a még működő hat atomerőmű 8545 MW_e-nyi kapacitásának kivonását.³ **Spanyolországban** ugyancsak a teljes, 7121 MW_e-nyi kapacitást leszerelik 2035-ig.⁴ **Svájc** polgárai is az atommentes jövőre szavaztak, így a 35%-nyi villamos energiát biztosító flottát ott is fel kell számolni. De a többi fejlett európai gazdaság is az atomenergia leépítésének irányába mozdult. A terület eminenseként emlegetett **Franciaország** például ugyancsak az összteljesítmény jelentős csökkentését tervezi: 2035-ig 14 reaktort állítanak le, és 75-ről 50%-ra szorítják vissza az atomenergia részesedését az áramtermelésben. A hazai lehetőségek kapcsán egyebek mellett az ELTE szoftveres kutatása⁵ igazolta, hogy egy komoly szabályozási fordulat és a kapcsolódó komplex beavatkozás révén nálunk is elérhető volna akár a 100% megújulóenergia-részesedés elérése.

¹ *The Brussels Times*. 2019. "Belgium closes down its nuclear plants by 2025." 2019. október 29.

<https://www.brusselstimes.com/belgium/76210/no-clarity-on-alternatives-for-belgian-nuclear-plants/>

² EIA. 2019. "Germany announces proposal to phase out coal by 2038, further changing its generation mix." 2019. május 29.

<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39652>

³ KernD.de. d.n. "Nuclear Power Plants in Germany." <https://www.kernd.de/kernd-en/nuclear-power/npps-germany/>

⁴ *Reuters*. 2019. "Spain plans to close all nuclear plants by 2035." 2019. február 13. <https://www.reuters.com/article/us-spain-energy-idUSKCN1Q212W>

⁵ Munkácsy Béla (szerk.) 2011. "Erre van előre - Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon."

<https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/51512>

Kiadványunk célja ennek a világszerte tapasztalható jelenségnek a hátterét, okait felvázolni, az atomenergia működési anomáliáit bemutatni - mindezt a 21. századi elvárásoknak megfelelően tudományos alapon, a problémakör komplexitását figyelembe véve, a teljes életciklus bemutatására törekedve. A kihívások sokaságára és súlyosságára tekintettel a hulladékproblémák bemutatására külön kiadványt szentelünk, ami jelen dokumentummal nagyjából egy időben kerül napvilágra.

A témakör kapcsán a tisztánlátást nehezíti, hogy a független tudományos elemzések mellett - jellemzően sok éves késéssel, de - megjelennek az ellenpropaganda termékei, hogy összekuszálják a szálakat. Az atomenergia-lobbi igen bőkezűen dotálja azokat a szerzőket, akik hajlandók a nevüket adni olyan állításokhoz, amelyek a technológiát jobb színben tüntetik fel, mint amilyen valójában. A valóságtól való efféle elrugaszkodás gyakran teljesen nyilvánvaló, ám sok esetben nem könnyű a szítán átlátni, a valós összefüggéseket felismerni. Egy laikus számára az eligazodás szinte lehetetlen - éppen ezzel él vissza az atomlobbi -, hiszen a független tudományos szakirodalom nem mindig érhető el a közvélemény számára, ráadásul megértése széleskörű és mélységében is komoly háttértudást igényel. ***Kiadványunk - erre reflektálva - azt a célt szolgálja, hogy segítse az eligazodást az objektív, tudományos szakirodalomra és a tényekre, statisztikai adatokra támaszkodva.*** Nagy szükség van erre egy olyan helyzetben, amikor a „közszolgálati” tájékoztatás objektivitása megszűnt. Az atomlobbi - csak Magyarországon - sokmilliárdos összeget fordít minden évben a társadalom minél szélesebb köreinek félretájékoztatásra, a tények elferdítése vagy elhallgatása révén. Az ***Energiaklub*** munkatársai évtizedek óta dolgoznak ennek a torz helyzetnek legalább az enyhítésén, a magyar lakosság korrekt tájékoztatásának előmozdításán, illetve általában a fenntartható energiarendszerre való átállás szakmai támogatásán. Az alábbiakban - a teljesség igénye nélkül - ennek a munkának néhány fontos állomását mutatjuk be a szervezet által készített vagy készített, kifejezetten atomenergiával foglalkozó kiadványok felsorolásán keresztül:

[Reaktorta - Nukleáris erőművek és környezetünk](#) (2001)

[Atomenergia: az érem másik oldala](#) (2007)

[Az atomerőmű-beruházások korrupciós kockázatai: mire számíthatunk Paks II esetében?](#)
(2014)

[Paks II. nélkül a világ - Az Energiaklub energetikai jövőképe 2030-ra az EnergyPLAN szoftver felhasználásával \(2015\)](#)

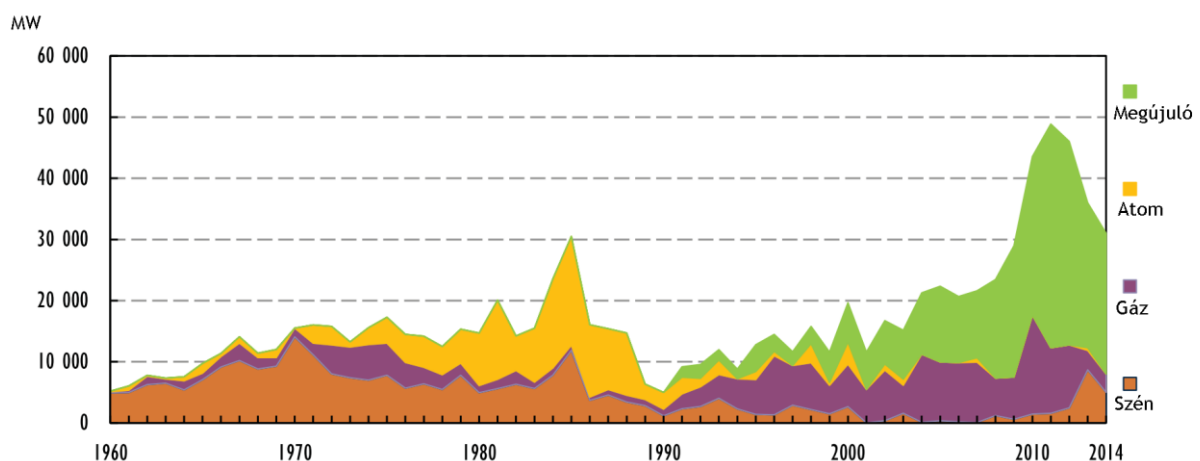
Jelen kiadvány szerzői aktív résztvevői a tudományos diskurzusnak, kifejezetten energiagazdálkodással kapcsolatos, illetve azt érintő kutatásokban vesznek részt. Az általuk (is) képviselt komplex megközelítés elengedhetetlen ahhoz, hogy az energiarendszer működtetése által az elmúlt évtizedekben felhalmozott hatalmas problémákat sikerüljön megérteni és megoldani. Szerencsére egyre több energetikus kolléga ismeri fel ennek a radikális szemléletváltásnak a fontosságát és szükségességét. Talán nincs már messze az az idő, amikor ***a magyar mérnöktársadalom egységesen áll majd ki az atomenergia ellen és a megújuló energiaforrások teljeskörű térnyerése mellett***, mint ahogyan az például Dániában, a ***Dán Mérnökök Társaságának*** köszönhetően már évtizedek óta a hétköznapi normalitása.⁶

⁶ IDA. 2006. "The Danish Society of Engineers' Energy Plan 2030." <http://www.fritnorden.dk/NF2007/Energyplan2030.pdf>

IDA. 2015. "IDA's energy vision 2050. A Smart Energy System strategy for 100% renewable Denmark." https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/222230514/Main_Report_IDAs_Energy_Vision_2050.pdf

2. STATISZTIKAI ADATOK - AZ ATOMENERGIA HELYZETÉRŐL RÖVIDEN

*Az atomenergia a globális végső energiafogyasztás ~2%-át fedezi, részesedése évről évre csökken.*⁷ Egyes szervezetek, így például a Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA), ennél magasabb értékeket is közölnek, de ilyen esetben csak azokat a fogyasztásokat veszik figyelembe, amelyek valamiféle hivatalos csatornán, jellemzően számlával, szerződéssel vagy ezekhez hasonló dokumentumokkal igazolhatóan történnek. Ezek tehát nem tartalmazzák a fejlődő térségek mintegy hárommilliárd azon lakójának energiafogyasztását, akik közvetlenül a természetből szerzik be a számukra szükséges energiaforrásokat, például tűzifát vagy szárított trágyát. De az IEA statisztikáiban az iparosodott világ fogyasztóinak széles (és egyre szélesebb) köre sem látható, például azok, akik a háztartási szintű napenergia-alkalmazások révén termelt hőt és villamos energiát anélkül fogyasztják el, hogy az bekerülne bármiféle kimutatásba.



1. ábra: Új villamos erőművi kapacitások rendszerbe lépése az európai OECD országokban 1960 és 2014 közötti időszakban éves bontásban.⁸ Az adatok világosan érzékeltetik a csernobili tragédia következményeit, ami első lépésben a földgázüzemű, majd 2005-től a megújulóenergia-alapú technológiák dominanciáját eredményezte. Az Európai Unióban 2018 óta minden évben az új kapacitásoknak több mint 90%-a már ebbe a kategóriába tartozik - miközben az atomerőmű-kapacitások terén 35 éve folyamatos a csökkenés.⁹

⁷ REN21.2020. "Renewables 2020 Global Status Report." https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf

⁸ IEA. 2016. "Re-powering Markets." <https://www.iea.org/reports/re-powering-markets>

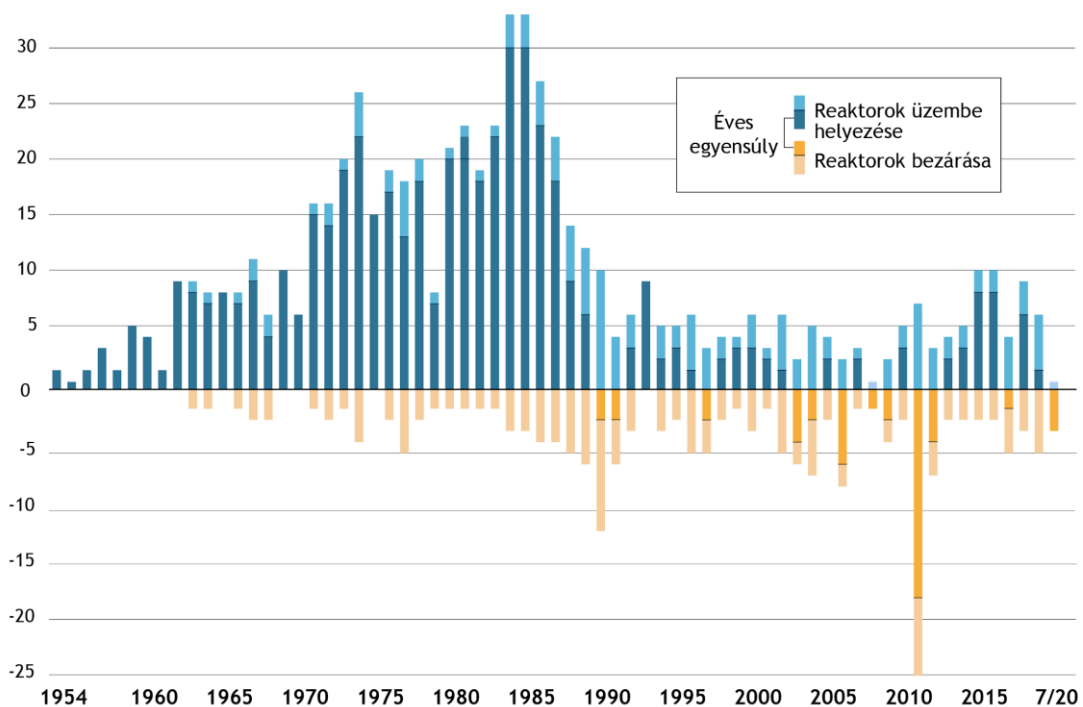
⁹ Schneider, Mycle et al. 2020. "World Nuclear Industry Status Report." <https://www.worldnuclearreport.org/>

Az első atomerőmű 1954-ben kezdte meg termelését. A technológia jól illeszkedett a 20. századi központosított energiarendszerbe, ezért igen gyorsan növekedett a beépített kapacitás szinte a világ gazdagabb országaiban. Ehhez még egy tényezőre volt szükség, nevezetesen az atomenergia valós természetének elhallgatására, az újra és újra megisméltődő súlyos balesetek, illetve következményeik eltussolására. A ma általánosan elfogadott számok azt mutatják, hogy az **1986-ban bekövetkezett csernobili tragédiát megelőzően legalább 14 olyan súlyos baleset történt, amelynek következtében radioaktív szennyeződés jutott a környezetbe kisebb vagy nagyobb mennyiségben - ezeknek a tragédiáknak a többsége halálos áldozatokat is követelt.**¹⁰ Közvetlenül vagy közvetve, de leginkább ezeknek az eseményeknek a következménye, hogy az atomenergia jelentősége világviszonylatban is visszaszorulóban van - a fejlett gazdaságokban pedig egyenesen megroppant és jelenleg teljesen elenyészni látszik.

¹⁰ *The Guardian*. 2011. "Nuclear power plant accidents: listed and ranked since 1952." 2011. március 14. <https://www.theguardian.com/news/datablog/2011/mar/14/nuclear-power-plant-accidents-list-rank>

3. AZ ATOMENERGIA A BALESETEK TÜKRÉBEN

Az atomenergia üzemanyagciklusa tehát sokkal több tragédiával van szegélyezve, mint azt gondolnánk, ami egyebek mellett arra vezethető vissza, hogy jelentős részüket évtizedeken keresztül sikerült eltitkolni. A csernobili baleset kapcsán is az addig jól bevált titkolózás volt a forgatókönyv központi eleme, ám a légkörbe kerülő szennyeződés hatalmas mennyisége és a műszeres mérések technológiájának fejlődése eredményeként ez a próbálkozás már kudarcba fulladt. A világ ekkor szembesült igazán azzal, hogy az atomenergia erőművi hasznosítása milyen kockázattal jár. A statisztikai adatok világosan mutatják ennek következményét, nevezetesen az atomerőművi kapacitás növekedésének megtorpanását, majd a 2011-ben bekövetkező fukusimai balesetet követően, ennek visszaesését.



2. ábra: Atomerőművi kapacitások üzembe helyezése és bezárása 1954 és 2020 között globális léptékben.¹¹ Az adatsor világosan érzékelteti a csernobili (1986) és a fukusimai (2011) balesetet követő radikális irányváltást, az új atomenergia-alapú villamosenergia-termelő kapacitások szignifikáns visszaesését.

¹¹ Schneider, Mycle et al. 2020. "World Nuclear Industry Status Report." <https://www.worldnuclearreport.org/>

A számos baleset közül vélhetően a csernobili tragédia emberi áldozatainak száma a legnagyobb. Az ENSZ mintegy 4000 halálesetet kapcsol közvetlenül ehhez a balesethez. Ugyanakkor a kijevi Országos Sugárgyógyászati Kutatóközpont nyilvántartása szerint csak az egykori Szovjetunió területén mintegy ötmillió lehet azoknak a személyeknek a száma, akik kisebb vagy nagy mértékű egészségkárosodást szenvedtek ennek az egyetlen atomerőművi balesetnek a következtében. Ráadásul a következményekkel az eljövendő generációknak is számolnia kell, hiszen a radioaktív szennyezésnek kitett szülők gyermekeinek körében igen magas a különféle genetikai rendellenességekre visszavezethető betegségek megjelenése.¹²

A csernobili balesetnél számított értékhez képest kétszer nagyobb mennyiségű lehetett az 1957-ben bekövetkezett Kistim-tragédia¹³ kapcsán környezetbe került radioaktív szennyezés. A robbanásos baleset halálos áldozatainak számáról nincsenek pontos adatok, de az érintett terület alacsony népsűrűségének köszönhetően vélhetőleg ez egy alacsonyabb érték, mint a csernobili baleset kapcsán publikált adat. Viszont a következményeket tetézte az az atomenergetikai gyártás- és hulladékfeldolgozási technológia, amely a környezetvédelem elemi alapvetéseit évtizedekig ignorálta. Ennek következtében a térség élővizei teljesen elszennyeződtek sugárzó hulladékokkal, máig ható súlyos egészségügyi ártalmakat (pl. nyirokmirigy-daganatokat) és gyakori idő előtti elhalálást okozva a környéken élők körében. Mivel az érintett települések szinte hermetikusan lezárt zónaként, elszigetelve vegetáltak a Szovjetunió belül, így ezekről az eseményekről, illetve általában az ottani borzalmas állapotokról csak évtizedekkel később jutott el külföldre bármiféle információ.¹⁴

Nem csak a keleti blokk országaiban fordultak elő súlyosabb atomerőművi balesetek, de lényegében az összes olyan országban, ahol ilyen létesítmények üzemelnek. A legmagasabb technológiai színvonal mellett sem zárható ki efféle tragédia.

A halálos áldozatokkal nem csak a balesetek miatt, hanem a normál üzem következtében is számolni kell. A legnagyobb egészségügyi kockázattal az uránércet bányászó munkásoknak kell szembenézniük. Az amerikai munkaegészségügyi hivatal által végzett részletes és hosszú időszakot átívelő felmérés szerint az európai származású uránbányászok körében a

¹² Gray, Richard. 2019. "The true toll of the Chernobyl disaster." *BBC*. 2019. július 26. <https://www.bbc.com/future/article/20190725-will-we-ever-know-chernobyls-true-death-toll>

¹³ A balesetre sok esetben hivatkoznak majaki tragédia néven is, ugyanis az a Majak Termelési Egyesülés elnevezésű, nukleáris fűtőanyag-termelést és újrafeldolgozást végző üzem tevékenysége során következett be.

¹⁴ Lewis, Robert. d.n. "Kyshtym disaster." *Britannica.com*. <https://www.britannica.com/event/Kyshtym-disaster>

tüdőrák hatszor, a pneumokoniózis („fekete tüdő” néven ismert krónikus tüdőbetegség) 24-szer, a tuberkulózis négyszer gyakrabban fordul elő a teljes populáció átlagához képest.¹⁵

¹⁵ Centers for Disease Control and Prevention. 2000. “Worker Health Summaries.”
<https://www.cdc.gov/niosh/pgms/worknotify/uranium.html>

4. ATOMENERGIA = 100% IMPORTFÜGGŐSÉG ÉS KISZOLGÁLTATOTTSÁG

Legelsőként a magyar kormánzatnak azt a leggyakrabban hangoztatott érvelését érdemes cáfolni, amely szerint az atomenergia segíti az energiaszuverenitást, vagyis az importfüggetlenség elérését, a kiszolgáltatottság csökkentését a villamosenergia-termelés stratégiai jelentőségű területén. Ezzel párhuzamosan időről-időre megjelenik a kormányzat által ellenőrzött „közszolgálati” sajtóban az a megújulóenergia-ellenes, erősen és tévesen generalizáló érvelés is, amely annak időjárásfüggőségére és az ebből fakadó energiaimportra hívja fel a figyelmet.

A valóság egyfelől árnyaltabb, de akár azt is állíthatjuk, hogy egészen más. Ha az energiaszektor kapcsán importról beszélünk, akkor évtizedek óta **egyetlen terület van, ahol Magyarország külföldi erőforrástól való függősége 100%-os, ez pedig az atomenergia.** Mind az atomerőművi technológiát, mind pedig a fűtőanyagot importból vagyunk kénytelenek beszerezni, ráadásul Oroszországból. Emlékeztetőül, ez ugyanaz az ország, amely napjainkban egy szomszédos szuverén ország területét katonai erővel foglalja el,¹⁶ ahol a politikai ellenzék képviselőit a titkosszolgálat gyilkosságok révén teszi el az útból,¹⁷ ahol az emberi jogok sárba tiprása intézményesített szinten folyik.¹⁸ Oroszországtól kiszolgáltatott helyzetbe kerülni a nemzetgazdaságnak ezen a stratégiai fontosságú területén, ráadásul 50-60 évre, semmilyen szempontból nem nevezhető bölcs koncepciónak.

Hazánk jelenlegi kiszolgáltatott helyzetéből a megújuló energiaforrások kínálnak kitörést, hiszen ezek hazai energiaforrások, minden ezek segítségével megtermelt kWh energia importot vált ki. A decentralizált jelleg miatt ezek a technológiák az ország legtávolabbi településein is munkahelyeket teremtenek, helyi adóbevételeket generálnak, tehát oldják a kiszolgáltatottságot, így ezek minél szélesebb körben való elterjesztése az elnéptelenedő magyar vidék túlélése szempontjából nyilvánvalóan kulcsfontosságú.

¹⁶ Council on Foreign Relations. d.n. “Conflict in Ukraine.” <https://www.cfr.org/global-conflict-tracker/conflict/conflict-ukraine>

¹⁷ Coelho, Carlos, and Kristina Foltynova. 2020. “Everything You Need To Know About Novichok.” 2020. november 23. <https://www.rferl.org/a/everything-you-need-to-know-about-novichok/30964840.html>

¹⁸ Human Rights Watch. 2020. “Russia. Events of 2019.” <https://www.hrw.org/world-report/2020/country-chapters/russia#>

5. ROSSZ ENERGETIKAI HATÉKONYSÁG

Az energiaátalakítási folyamatok során minden esetben veszteségekkel kell számolni. Ennek kisebb jelentősége van abban az esetben, ha olyan megújuló energiaforrások alkalmazásáról van szó, amelyek olyan hatalmas mennyiségben állnak rendelkezésre, mint a nap vagy a szél - bár ennek a tényezőnek a szerepe nyilván még a napelemek és a szélérőművek esetében sem elhanyagolható. Azonban a fogyatkozó erőforrások felhasználása esetében kulcskérdés az energetikai hatékonyság. Ebbe a kategóriába tartozik az atomenergia, amelynek kapcsán gyakran találkozni azzal a téves állítással, hogy egy hatékony energetikai megoldásról van szó. Ám ez a kijelentés a tudomány eszköztárával többszörösen is cáfolható. A hatékonyság ugyanis több nézőpontból is vizsgálható, mindeközben pedig lényeges kérdés, hogy a vizsgált rendszer határait hol húzzuk meg. A legegyszerűbb, ha az adott erőmű saját gépparkjának esetében nézzük meg a bemenő és kimenő oldalon az értékeket, vagyis csak rövid időléptékben, és csak a „kerítésen belül” vizsgálódunk. Az atomerőművek esetében általában csak a villamos teljesítményt adják meg (a paksi erőmű esetében ez 2000 MW), a jellemzően háromszoros hőteljesítményről csak alaposabb utánajárással találunk adatot (a paksi erőmű esetében ez 5940 MW). A nagy eltérés magyarázatát a gőzturbinák rossz hatásfokában kell keresnünk, ami miatt az atomerőművek hagyományosan értelmezett **energiahatékonysági mutatója igen alacsony, alig 33-34%**.¹⁹ Tehát a nagy környezetterhelés árán a fűtőelemekből kinyert energia legnagyobb része, mintegy kétharmada, hő formájában kerül ki az energiarendszerekből, mert a rendkívül nagy hőmennyiség miatt érdemben nem hasznosítható - ami egyben azt is jelenti, hogy hőterhelésként a természetbe jutva ökológiai problémákat okoz.

Ezzel az alacsony hatékonysággal magyarázható a Nemzeti Energia- és Klímatervben felvázolt - és a technológiai szempontból messze előttünk járó fejlett gazdaságokban már régóta nem tapasztalt - igen jelentős primerenergia-felhasználás növekedési elképzelés az elkövetkező tíz esztendőben: „A primerenergia-felhasználásban jelentős emelkedést tapasztalhatunk a 2020-as évek végén. Mind a WEM, mind a WAM²⁰ forgatókönyv esetében számottevő növekedés várható. Ez döntően a transzformációs veszteséget növelő új paksi

¹⁹ Pór Gábor. 2012. *Atomenergetikai alapismeretek*. Edutus Főiskola.
https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_61_atomenergetikai_alapismeretek/ch04.html

²⁰ WEM = a meglévő intézkedések hatásait figyelembe vevő;

WAM = a kiegészítő intézkedések hatásait figyelembe vevő

blokkok belépésének következménye... A primerenergia-felhasználás értéke az új szakpolitikai intézkedések végrehajtása esetén 2030-ban 30664 ktoe (közelítőleg 1284 PJ) lehet, ami 29,2%-kal magasabb a 2016-ban regisztrált értéknél.”²¹

Azonban egy komolyabb, valóban tudományos igényű elemzésben a rendszerhatárokat - a valósághoz igazodva - kijebb kell tolnunk, hiszen a 21. században már a teljes életciklusra vonatkozó hatékonyságot illik elemezni és figyelembe venni. Tehát a kiindulási pont nem más, mint **a felhasznált primer energiaforrás energiatartalma, ez esetben a bányákból kinyert uránércben rejlő energiatartalom.**²² Ezt figyelembe véve - egy mértékadó svéd vizsgálat szerint - **az ércben rejlő energiatartalomnak töredékét, 1,25-1,7%-át alakítják elektromos árammá** és ennek is csak egy része hasznosul,²³ hiszen az energialánc ezt követő szakaszaiban is jelentős veszteségekkel kell számolni. Az előbbi döbbenetes alacsony érték azzal van összefüggésben, hogy az atomeróműből kikerülő „kiégett” fűtőelemek még hatalmas mennyiségű energiát tartalmaznak, ám ez hasznosítatlanul kerül ki a környezetbe az energialáncból. A fűtőelemeket Pakson öt évig vízzel,²⁴ majd 50 évig levegővel hűtik,²⁵ tehát ez az energia elvész. Aztán pedig minden bizonnyal valamiféle - ám mindaddig még csak meg sem tervezett - geológiai tárolás lesz a következő állomás, ahol ismét folyamatos hőtermeléssel kell számolni. A valóságban tehát az atomenergia még a rendkívül környezetszennyező és végletesen elavultnak tekintett fosszilis energiahordozó tüzeléshez képest is rossz hatásfokú, hiszen ott legalább ez a fajta veszteség nem jelentkezik, a fűtőanyagokban rejlő energiatartalom sokkal nagyobb részben hasznosul.

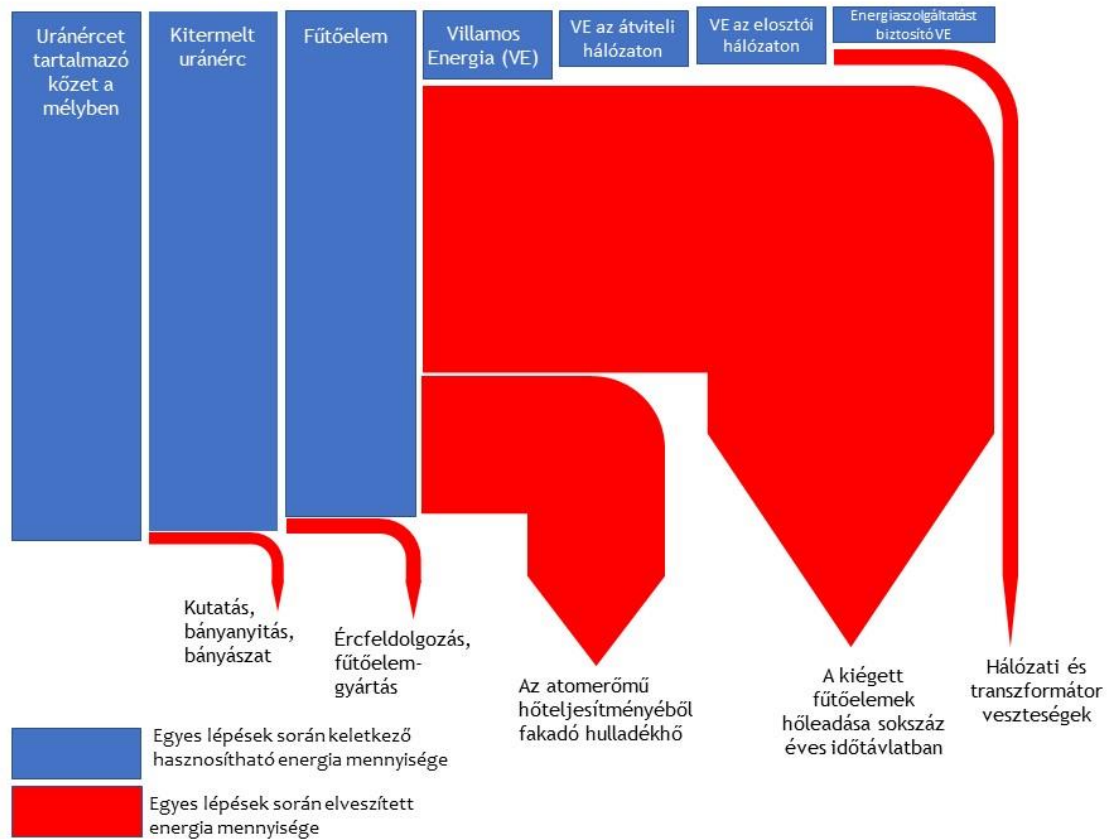
²¹ Innovációs és Technológiai Minisztérium. 2020. “Nemzeti Energia- és Klímaterv 2020.” https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/hu_final_necp_main_hu.pdf

²² Eriksson, Ola. 2017. “Nuclear Power and Resource Efficiency—A Proposal for a Revised Primary Energy Factor.” *Sustainability* 9, no. 6: 1063. <https://doi.org/10.3390/su9061063>

²³ Adapt Consulting AS. 2013. “Conversion Factors for Electricity in Energy Policy.” 2013. február 15. <https://www.energynorge.no/contentassets/e86a4dc8771845dfb03fee35c1d0f45d/2013-02-15--conversion-factors-for-electricity.pdf>

²⁴ Atomerómű. d.n. Ideiglenes tárolás. http://www.atomeromu.hu/Documents/Ideiglenes_tarolastol_a_vegleges_elhelyezesig.pdf

²⁵ Országos Atomenergia Hivatal. d.n. “Közérthető összefoglaló a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója üzemeltetési engedélyének módosításáról.” [http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B6A5660AF889CD35C1257CBE002A41ED/\\$FILE/KK%C3%81T%20RHK%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B6A5660AF889CD35C1257CBE002A41ED/$FILE/KK%C3%81T%20RHK%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3.pdf)



3. ábra: Az energialánc veszteségei az atomerőműtől a villamos fogyasztóig.²⁶ A primer energiaforrás formájában elérhető energia meghatározó része elveszik. Konkrét értékeket nem célszerű megadni, mert minden egyes erőmű esetében különböző eredmények adódnak. Jelen ábra a valóságosnál szerényebb veszteségeket ábrázol annak érdekében, hogy az energialánc végén még látható maradjon a ténylegesen felhasznált energia mennyisége. Ugyanezen okból az utolsó lépésekben jelentkező további veszteségek az ábrán már nincsenek feltüntetve, mert ezek akár igen jelentősek is lehetnek, illetve e tekintetben - a fogyasztóberendezéstől függően - igen nagy eltérések lehetségesek.

Ezzel azonban nem zárul le azoknak a szempontoknak a sora, amiket figyelembe kell venni az atomenergia hatékonyságának megítélésénél, hiszen más gondok, illetve ezekre reflektáló módszertani megközelítések is léteznek. Ha az uránércnél, mint problémánál maradunk, ki kell emelni egy jellemzőt, az igen alacsony urán-oxid-koncentrációt. Globális átlagot tekintve ez **átlagosan 0,1%** körüli, ezért a hagyományos bányászat esetében a kitermelni, megmozgatni, feldolgozni és elhelyezni szükséges **kőzet mennyisége tízezerszeres**. Elgondolkodtató az is, hogy **a kitermelt érc urán-koncentrációja évről**

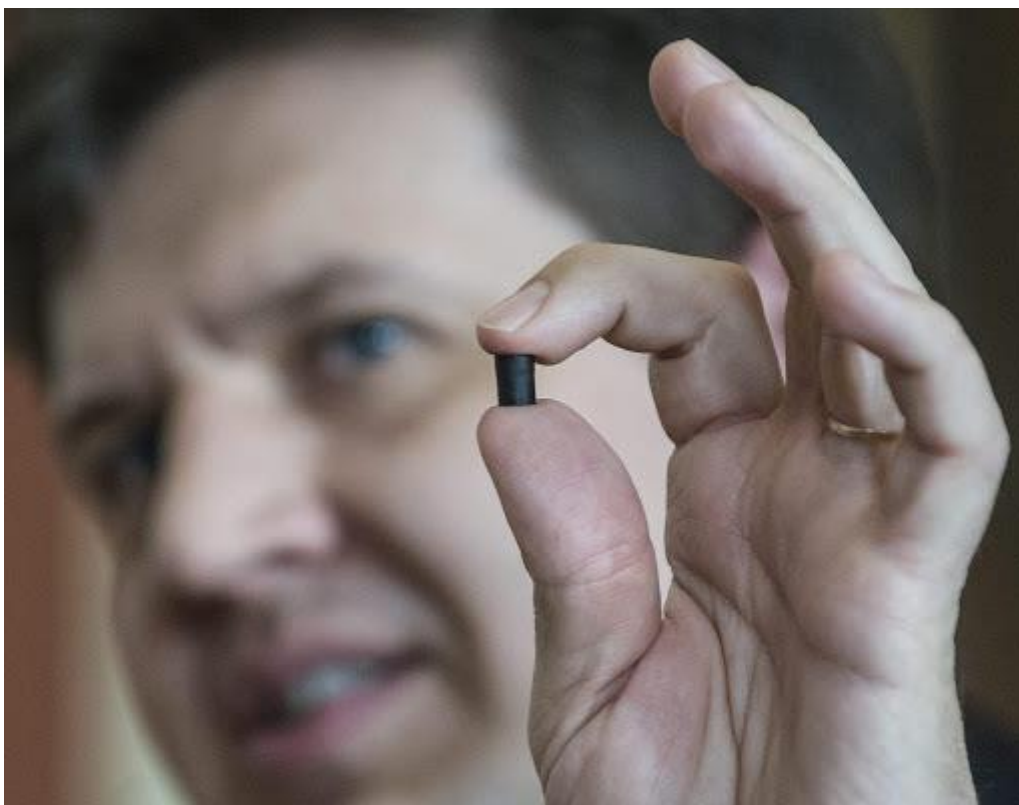
²⁶ Eriksson, Ola. 2017. "Nuclear Power and Resource Efficiency—A Proposal for a Revised Primary Energy Factor." *Sustainability* 9, no. 6: 1063. <https://doi.org/10.3390/su9061063>

*évre romlik, hiszen a bányászat nyilván mindig a jobb minőségű erőforrásokat célozza. A kitermelés tehát a készletek megfogyatkozásával egyre több erőforrást igényel és ennek ellenére egyre rosszabb minőségű uránércet eredményez.*²⁷ Ide tartozó információ, hogy a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ) az egykori kővágószőlősi bánya területén még 31 000 t uránércet tart nyilván, 0,117% urántartalommal. Azonban a kitermelés már az 1980-as évektől annyira gazdaságtalanná vált, hogy a bányaművelést 1996-ban befejezték.

Az Oxford Research Group számítása szerint 0,02% alatti urán koncentráció esetén már az élelciklus belátható szakaszában több energiát kell a folyamat működtetéséhez befektetni, mint a kinyerhető energia, vagyis energetikai értelemben a tevékenység értelmét veszíti.²⁸ Ezt a törvényszerűséget a nemzetközi szakirodalom az **energy cliff** fogalmával írja le. Ebből az is következik, hogy az egyre alacsonyabb urán-koncentrációjú kőzetestek kitermeléséből, feldolgozásából jelentős többlet-energiaigény következik, ami előbb-utóbb olyan mértékű CO₂-kibocsátást eredményez, amely egyre magasabb emissziót okoz egységnyi villamos energiára vetítve.

²⁷ Strom van Leeuwen, Jan Willem. 2006. "Secure energy: options for a safer world - Energy security and uranium reserves." <https://www.files.ethz.ch/isn/91713/06-07%20Factsheet%204.pdf>

²⁸ Strom van Leeuwen, Jan Willem. 2016. "Nuclear power in its Global Context." *Geographical Locality Studies* 4, no. 1: 726-87. https://www.stormsmith.nl/Resources/TYPESET_GLS4_Paper-1.pdf



4. ábra: Fűtőelem-pasztilla. Egy ilyen termék legyártásához a bányából 22500-szoros mennyiségű kőzetet kell felhozni, megmozgatni és feldolgozni, miközben ugyanennyi különféle veszélyes és radioaktív hulladék is keletkezik (hiszen a folyamatba belépő minden anyag előbb vagy utóbb hulladékká válik).²⁹ A kép forrása: Ujvári Sándor / MTI

A kitermelés kapcsán meg kell említeni, hogy az utóbbi évtizedekben a hagyományos bányászati tevékenységet jelentős mértékben felváltotta a felszín alatti kioldás (*in situ leaching*) technológiája. A váltás némely tekintetben előnyös, hiszen például a bányászokat érő súlyosan egészségkárosító terhelés így kiváltható, azonban ez az eljárás újfajta problémákat generál, így elsődlegesen a hatalmas vízigényt és az ebből fakadóan keletkező nehézfémekkel terhelt szennyvíz-termelődést kell kiemelni.

A fenti kitérő után a teljes életciklus energiamérlegéhez visszakanyarodva érdemes megismerkedni a Louisiana Állami Egyetem és az Oklahoma Egyetem kutatói által végzett vizsgálatok eredményeivel. 1980-as évek végén végzett munkájuk során széles körben igyekeztek különféle tényezőket figyelembe venni: nem csak az atomerőművek építésével, de az átviteli és elosztó hálózat, valamint az atomerőművek működtetéséhez szükséges

²⁹ Thomson, Jonathan. 2020. „Nuclear power is clean - if you ignore all the waste. Compare the annual waste produced by a coal-burning power plant and a nuclear generating station.” *High Country News*. 2020. január 1. <https://www.hcn.org/issues/52.1/nuclear-energy-nuclear-power-is-emissions-free-but-at-what-cost-waste>

energiatárolási infrastruktúra létrehozásának, üzemeltetésének és lebontásának erőforrásigényét és környezeti hatásait is figyelembe vették, mint ahogyan a kormányzati és gazdasági háttér munkálatokkal is számoltak. Ezek a *független* kutatási dokumentumok azt állítják, hogy *az atomenergia nettó energiahozama kedvezőtlen feltételek között elhanyagolható, de akár negatív is lehet.*³⁰ Különösen elgondolkodtató ez annak fényében, hogy a kutatók egy szempontot nem vettek kellő mértékben figyelembe (hiszen erre sehol a világon nincsen üzemeltetési tapasztalat), éspedig a hulladékok elhelyezésének millió éves időléptékét³¹ és az ezzel járó további energiaigényeket.

Az 1980-as évek elején az ökológia tudományának törvényszerűségeit igyekezett az energiagazdálkodás világába ültetni Charles Hall, a New York-i Állami Egyetem kutatója. Vizsgálatait az olajiparra jellemző összefüggések feltárásával kezdte, majd bővítette más energiaforrások és technológiák, így az atomenergia irányába is. Konceptiójának középpontjában *a teljes életciklus során kinyert és befektetett energia* áll (*Energy Return On Energy Invested - EROEI* vagy más források szerint *Energy Returns on Investment - EROI*). Logikus felvetése az, hogy egy technológia alkalmazásának elméletileg akkor van értelme, ha a kinyert energia mennyisége nagyobb, mint a befektetett energia mennyisége (1:1), ám a gyakorlatban már az sem szerencsés, ha a mutató 5:1 alá csökken³² - vagyis 1 egységnyi befektetett energiából 5 egységnyi energia nyerhető. Érdekes, hogy írásaiban nem találkozni a radioaktív hulladékok kezelésének témakörével és ennek energiaigényével, mintha ez érdemben nem szerepelne a kalkulációkban. Viszont, ha az előző bekezdésben említett Tyner és kutatótársainak az atomenergia kapcsán a rangos Energy című tudományos lapban közreadott számításait ebben a viszonyrendszerben helyezzük el, akkor ők 1:1 körüli, sőt akár az alatti értékről írnak.³³

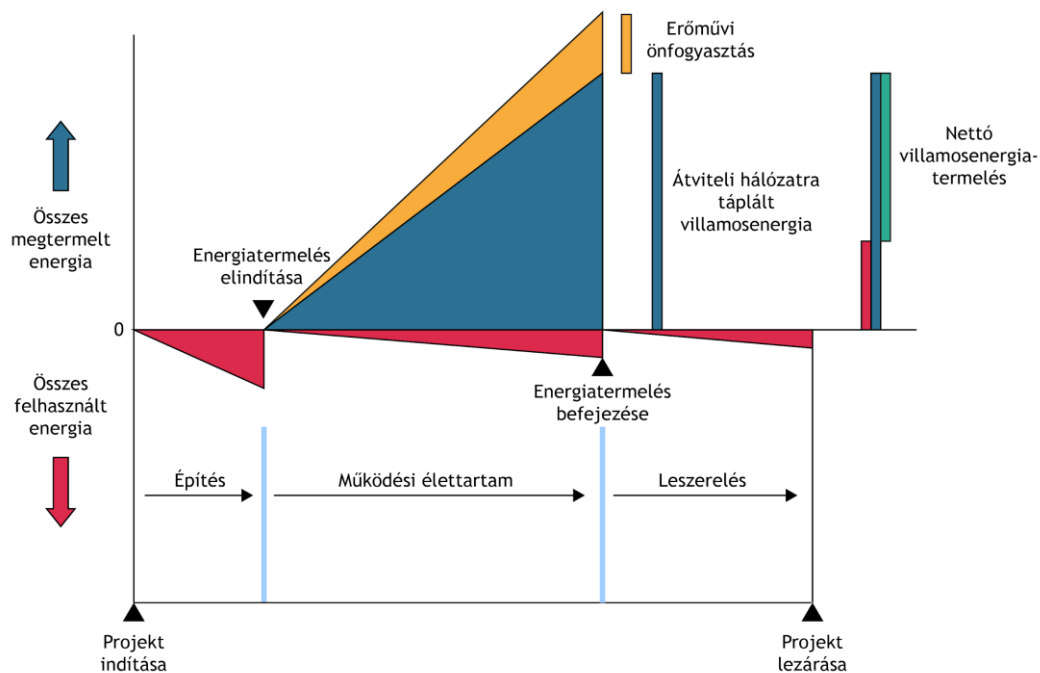
³⁰ Tyner, Gene, Robert Costanza, and Richard G. Fowler. 1988. "The net-energy yield of nuclear power." *Energy* 13, no. 1: 73-81. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(88\)90080-1](https://doi.org/10.1016/0360-5442(88)90080-1)

³¹ Kautsky, Ulrik, Peter Saetre, Sten Berglund, Ben Jaeschke, Sara Nordén, Jenny Brandefelt, Sven Keesmann, Jens-Ove Näslund, and Eva Andersson. 2016. "The impact of low and intermediate-level radioactive waste on humans and the environment over the next one hundred thousand years." *Journal of Environmental Radioactivity* 151, no. 2: 395-403. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.06.025>

³² Hall, Charles A. S., Stephen Balogh, and David J.R. Murphy. 2009. "What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have?" *Energies* 2, no. 1: 25-47. <https://doi.org/10.3390/en20100025>

³³ Tyner, Gene, Robert Costanza, and Richard G. Fowler. 1988. "The net-energy yield of nuclear power." *Energy* 13, no. 1: 73-81. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(88\)90080-1](https://doi.org/10.1016/0360-5442(88)90080-1)

A Sydney Egyetemen végzett számítás szerint az EROI körülbelül 5:1 körüli érték³⁴ - ha a hulladékok elhelyezésének évmilliók léptékű feladatait és az ezzel kapcsolatos energiaigényt figyelmen kívül hagyjuk. Lényeges azonban, hogy ez a kutatók szerint folyamatosan romlik.³⁵ Érdekes fejlemény, hogy sok évvel később a független kutatási jelentések eredményeihez képest egy nagyságrenddel jobb, 60-70:1 körüli EROI értékeket publikáltak egyes kutatók.³⁶ Gyorsan kiderül azonban, hogy ezek csak az atomenergia-szektorhoz szorosan kapcsolódó szervezetek írásaiban jelennek meg, így tárgyyszerűségük legalábbis megkérdőjelezhető.



5. ábra: Az energiamegtérülés mutatójának (EROI) számítási logikája.³⁷ A kalkuláció során figyelembe kell venni minden felhasznált és megtermelt energiát a teljes életciklusra vetítve.

³⁴ Lenzen, Manfred. 2008. "Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review." *Energy Conversion and Management* 49, no. 8: 2178-99. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.01.033>

³⁵ Strom van Leeuwen, Jan Willem. 2006. "Secure energy: options for a safer world - Energy security and uranium reserves." <https://www.files.ethz.ch/isn/91713/06-07%20Factsheet%204.pdf>

³⁶ Weißbach, D., Ruprecht, G., Huke, A., Czerski, K., Gottlieb, S., & Hussein, A. 2013. "Energy intensities, EROIs (energy returned on invested), and energy payback times of electricity generating power plants." *Energy* 52: 210-221. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.029>

³⁷ Cleveland, Cutler J., and Peter O'Connor. 2011. "Energy Return on Investment (EROI) of Oil Shale." *Sustainability* 3, no. 11: 2307-22. <https://doi.org/10.3390/su3112307>

6. AZ ATOMERŐMŰVI VILLAMOSENERGIA-TERMELÉS ELAVULTSÁGA

“The idea of large power stations for baseload is outdated.”

Steve Holliday, CEO, National Grid

A brit és új-angliai villamosenergia-rendszerirányító igazgatója, Steve Holliday egy interjúban azt a véleményét³⁸ tartja fontosnak megosztani az érdeklődőkkel, hogy a **„zsinóráramot” termelő nagy alaperőművek ma már elavultnak számítanak, mert rugalmatlanságukkal egyre nagyobb problémát okoznak az olyan 21. századi villamosenergia-rendszer számára,** amelyben a környezetkímélő időjárásfüggő termelésnek a szerepe megerősödött.

A különféle technológiák a szabályozási filozófia és a természeti adottságok függvényében más-más kihasználtsággal működnek. A 20. századi rendszerirányítás az alaperőművek esetében magas, a csúcserőművek esetében alacsony kihasználtságot követelt. Különösen jól látszik ez az atomenergia esetében, ahol általában 70-80% körüli értékek jellemzők, illetve a földgáztüzelésnél (30-40%), amit leginkább csúcsigények kielégítésére használnak. A szélerőművek és napelemes rendszerek az időjárás függvényében vesznek részt az áramtermelésben, a technológiai fejlődés eredményeként egyre hatékonyabban.

Felmerülhet a kérdés, hogy a nagyobb kapacitásfaktor magasabb minőségként, jobb mutatóként értelmezhető-e. Semmiképpen. A nagyon magas mutató sokkal inkább utal egyfajta rugalmatlanságra, ami a 21. század energiarendszerében inkább problémaként jelentkezik, hiszen az olcsó és tiszta időjárásfüggő technológiák rendszerbe integrálását akadályozza, a folyamatosan változó fogyasztói igényekhez való igazodást nehezíti. Ugyanakkor a kirívóan alacsony érték kapcsán felmerülnek a pénzügyi és energetikai megtérüléssel (lásd EROI) kapcsolatos kérdések.

³⁸ Karel Beckman. 2015. “Steve Holliday, CEO National Grid: “The idea of large power stations for baseload is outdated.” *Energypost.eu*, 2015. szeptember 11. <https://energypost.eu/interview-steve-holliday-ceo-national-grid-idea-large-power-stations-baseload-power-outdated/>

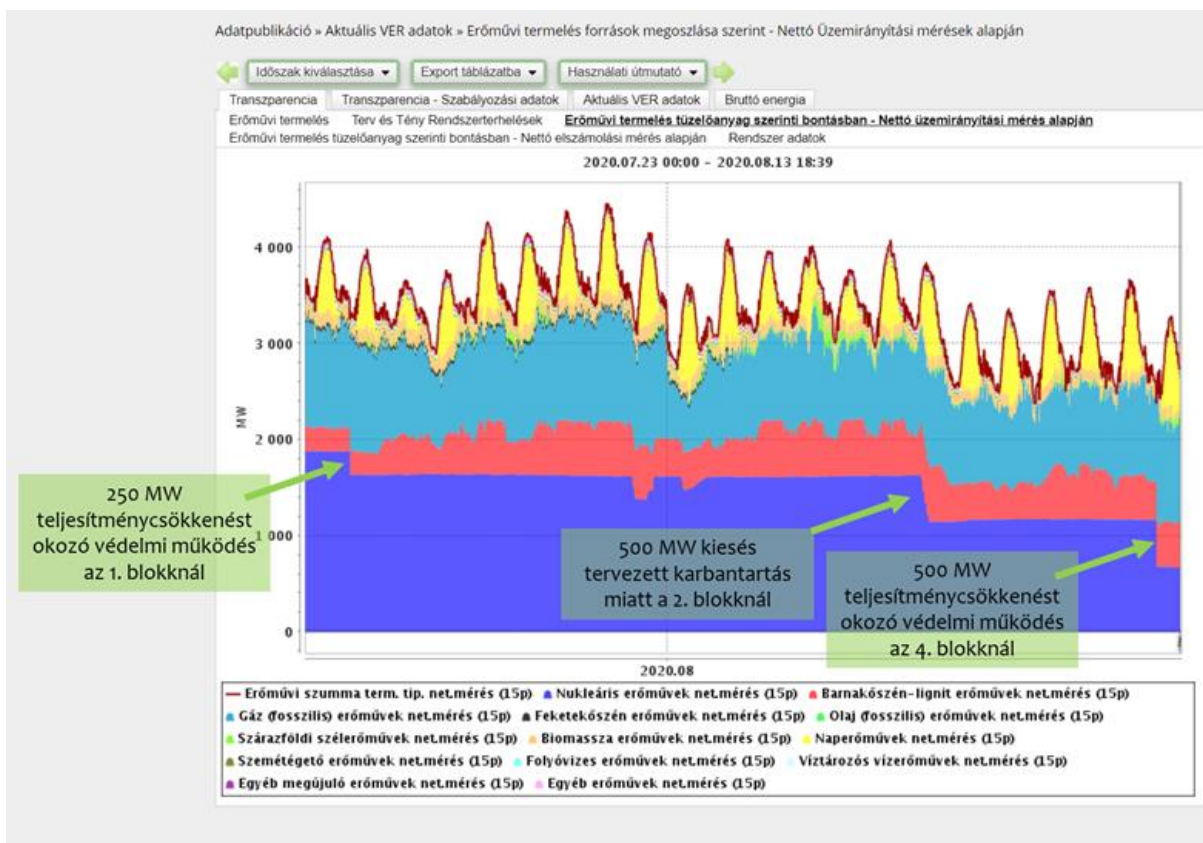
“The centralised model of power production is dying, to be replaced by local solar and wind, supplemented by batteries and intelligent management of supply and demand.”

Mark Boillot, az EDF alelnöke

A 19 atomerőművet üzemeltető francia multinacionális villamosenergia-ipari vállalat alelnöke szerint³⁹ **a centralizált energiarendszer már nem tartható fenn sokáig**. A jövő a nap- és szélenergia alapú decentralizált termelésé, ahol a rugalmasságot az akkumulátorokkal és információs-kommunikációs technológiákra építő kereslet-kínálat szabályozással biztosítják.

A centralizált energiarendszer több szempontból is problémás. Egyfelől egy-egy nagyobb termelési egység váratlan kiesése könnyen okozhat ellátási nehézséget. 2020. július és augusztusban három lépésben 1250 MW atomerőművi villamos teljesítmény esett ki a hazai termelésből, a kieső energiát importból kellett pótolni. A decentralizált termelés esetében a néhány kW, esetleg MW kapacitású egységek műszaki meghibásodása érdemben nem okoz érzékelhető változást az ellátásban. Dániában, ahol a centralizált termelés lényegében megszűnt, hiszen már legfeljebb csak közepes méretű erőművek dolgoznak, az európai kontinens legjobb minőségű szolgáltatását biztosítják az áramot fogyasztók részére.

³⁹ *electricity info. environmental news & information about the UK electricity supply industry.* 2017. EDF. 2017. február 20. <https://electricityinfo.org/news/edf-20-2-17-2/>



6. ábra: A hazai erőművi termelés források szerinti megoszlása 2020. július 23. és augusztus 13. között.⁴⁰ A nagy atomerőművi blokkok váratlan kiesése már ma is nagy nehézséget okoz a villamosenergia-rendszer irányítójának. A legnagyobb egységenkénti teljesítmény 240%-ra növelése - amint az Paks II. belépésével a jelenlegi tervek szerint megtörténik - ezt a problémát jelentősen fokozza majd.

További aggodalomra ad okot, hogy a tervezett új paksi atomerőművi blokkok már nem 500, hanem 1200 MW villamos teljesítményűek lesznek, ami **műszaki meghibásodás esetén** lényegesen nagyobb problémákat okoz majd a fogyasztók villamosenergia-ellátásában. A jelentős mértékben megnövekedő reaktorteljesítmény egy ezzel összefüggő, de másik szempontból is gond. Az Európai Villamosenergetikai Rendszeregyesülés (UCTE) előírása szerint ugyanis minden tagország villamosenergia-rendszere készenlétben álló, **gyorsindítású tartalék villamoserőművi kapacitásának a tagországban működő legnagyobb blokkjának teljesítőképességét kell elérnie vagy meghaladnia.**⁴¹ Ha a Paks II. projekt megvalósul, akkor ez a kötelező tartalék is 1200 MW-ra fog növekedni,

⁴⁰ Az ábra a MAVIR adatbázisának felhasználásával készült. <https://mavir.hu/web/mavir/eromuvi-termeles-forrasok-megoszlasa-szerint-netto-uzemiranyitasi-meresek-alapjan>

⁴¹ MVM GTER. d.n. "Gázturbinás erőművek." <http://www.gter.hu/bemutakozas/tevenyseg/gaszturbinas-eromuvek/>

tehát ekkora gyorsindítású erőművi kapacitást kell létrehozni és működtetni - aminek többletterheit nyilvánvalóan a fogyasztókra vagy az adófizetőkre fogják áthárítani.

A másik probléma a centralizált rendszerrel együtt járó jelentős **szállítási (hálózati) és átalakítási (transzformátor) veszteség**. Az előbbi mértéke éves viszonylatban hazánkban az egyik paksi atomerőművi blokk teljes éves termelésével (2017-ben átlagosan 4025 GWh) összevethető mértékű (2017-ben 4141 GWh) hálózati veszteség jelentkezett.⁴² A decentralizációval radikálisan csökkenthető ez a probléma. Például a háztartási napelemes rendszer által megtermelt villamos energia jellemzően nem tesz meg jelentős veszteségekkel hatalmas távolságokat, a legtöbb esetben az utca végéig, sőt a kertkapuig sem jut el.

Az atomenergia világszerte tapasztalható zuhanórepülése néhány országban, így elsősorban Kínában és Oroszországban, kevésbé érzékelhető. Elgondolkodtató, hogy a szakirodalom⁴³ ezekre úgy utal, mint központi irányítású, lényegében tervutasításos alapon működő országokra. Ezzel a megközelítéssel áll szemben az a jelenség, amit **energiademokráciának** nevez a szakirodalom, és amelynek lényege, hogy az energiatermelés decentralizáltan, környezetkímélő technológiákkal történik, a profitérdekek másodlagosak vagy irrelevánsak, a hálózathasználati jogok felett pedig az önkormányzati energiaszolgáltatók gyakorolnak ellenőrzést - mindeközben megvalósul a társadalmi párbeszéd és az érdekegyeztetés.⁴⁴ Ahol a gazdasági racionalitás és az adófizetők hozzájárulása lényeges tényezők, ott a csernobili baleset óta az atomerőművek építése leállt. Ugyanakkor egyre szélesebb körre terjed ki a **prosumer** státusz, vagyis rohamos nő azoknak a fogyasztóknak az aránya, akik a villamos hálózatra termelőként is kapcsolódnak. Egy tudományos elemzés⁴⁵ szerint 2030-ra csak Németországban 11 millió család kerül ebbe a szerencsés helyzetbe, ezáltal teljesen decentralizálva a villamosenergia-termelést. Ha ehhez hasonló mértékben terjedne az energiademokrácia az Európai Unió más országaiban is, az mintegy 50 millió háztartás termelőként való bekapcsolódását jelentené tíz éves időtávlatban.

⁴² MAVIR. 2017. A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2017. évi adatai. https://erranet.org/wp-content/uploads/2016/11/Hungarian_Electricity_System_2017.pdf

⁴³ Mudd, Gavin M. 2014. "The future of Yellowcake: A global assessment of uranium resources and mining." *Science of The Total Environment* 472: 590-607. <https://doi:10.1016/j.scitotenv.2013.11.070>

⁴⁴ Antal Attila: 2016. Környezeti demokrácia Magyarországon. Doktori értekezés. https://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/33755/Disszertacio_Antal%20Attila.pdf?sequence=1

⁴⁵ Flaute, Markus, Anett Großmann, Christian Lutz, and Anne Nieters. 2017. "Macroeconomic Effects of Prosumer Households in Germany." *International Journal of Energy Economics and Policy* 7, no. 1: 146-55.

A háztartások bevonása az **energiatárolás terén** is hatalmas távlatokat jelent, amit mi sem bizonyít jobban, mint az a tény, hogy a német napelemvásárlók fele egyúttal akkumulátoros tárolási kapacitást is vételez a rendszer elemeként. Ma ezek átlagos mérete egyenként 8,2 kWh. E pillanatban ~200 ezer német család rendelkezik ilyen rendszerrel, ami immár tekintélyes, ~1600 MWh tárolási kapacitást jelent.⁴⁶ Ez a német családok számára hosszú távon bevételt jelent, a társadalom számára pedig igen jelentős hozzáadott értéket képvisel.

“Nuclear energy is hierarchical and anti-democratic by its very nature. The exact opposite holds true for sources of renewable energy, like the sun and the wind. Users of energy produced by a nuclear power plant have their electricity cut off if they fail to pay their bills. This cannot happen to people using electricity generated by the solar panels installed on the roofs of their houses. Solar energy makes people independent.”

Ulrich Beck, szociológus

Ulrich Beck, a kockázattársadalom koncepcióját megalkotó szociológus szerint⁴⁷ **az atomenergia természeténél fogva hierarchikus és antidemokratikus. Ennek szöges ellentéte igaz a megújuló energiákra, úgymint a nap és a szél.** Az atomerőműből érkező áram felhasználóját bármikor lekapcsolhatják a rendszerről, ha nem fizeti be a számlát. Ez nem történhet meg azokkal, akik a házuk tetejére napelemet tesznek. A napenergia függetleníti az embereket.

A technológiai fejlesztések az életünket nemcsak a hétköznapi szintjén képesek befolyásolni, de hatással vannak a társadalom szerveződésére is. A centralizált és a decentralizált energiatermelési rendszerre nemcsak mint technológiára gondolhatunk, hanem mint szociotechnikai rendszerekbe ágyazott elemekre, amelynek részei az

⁴⁶ Colthorpe, Andy. 2020. “Germany: Growth in home and industrial sectors but large-scale battery storage slowed down in 2019.” *Energy Storage News*. 2020. december 7. <https://www.energy-storage.news/news/germany-growth-in-home-and-industrial-sectors-but-large-scale-battery-stora>

⁴⁷ Beck, Ulrich. 2011. “Germany Is Right To Opt out of Nuclear Power.” *Dissent Magazine*. 2011. július 30. https://www.dissentmagazine.org/online_articles/germany-is-right-to-opt-out-of-nuclear-power

infrastruktúra, a gyártók és a fogyasztók. Az energiatermelési módok ugyan nem determinálják a társadalmi struktúrákat, tehát nem egyértelmű és szükségszerű, hogy a centralizált és a decentralizált rendszer milyen társadalmi struktúrát hoz létre, ugyanakkor ezek kölcsönhatásban vannak egymással. Jeremy Rifkin⁴⁸ azt állítja, hogy **az energiarezsimek alakítják a civilizáció természetét** - azt, hogy az emberek hogyan szerveződnek, hogyan gyakorolják a politikai hatalmat, hogyan formálják a társas kapcsolatokat.

Laurence Raineau⁴⁹ szerint a megújuló energiák többek, mint alternatív energiaforrások: új társadalmi, gazdasági, politikai projektek. Amennyiben az ellátást csekély számú központi rendszer helyett lokálisan végzik, közelebb kerülhetünk az önellátáshoz és eltávolodhatunk a rendszertől való függéstől. A megújuló energiaforrásoknak is lehet centralizáló hatása, de ezek használatával nyílik meg igazán a lehetőség a helyi közösségek, de akár háztartások szintjén történő függetlenedésre. Ezek a projektek megadják a lehetőséget, sőt, ösztönözhetik az állampolgárokat arra, hogy helyi szinten szerveződjenek és kapcsolatokat építsenek ki saját energiaellátásuk céljából.⁵⁰

⁴⁸ Rifkin, Jeremy. 2011. *The Third Industrial Revolution: How lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. New York, NY: Palgrave Macmillan.

⁴⁹ Raineau, Laurence. 2011. "Vers une transition énergétique?" *Natures Sciences Sociétés* 19: 133-43.
<https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2011-2-page-133.htm>

⁵⁰ Yannick, Rumpala. 2018. "Alternative Forms of Energy Production and Political Reconfigurations: Exploring Alternative Energies as Potentialities of Collective Reorganization." *Bulletin of Science, Technology & Society* 37, no 2.
<https://doi.org/10.1177/0270467618766995>

7. AZ ATOMENERGIA KÖLTSÉGEI ÉS PÉNZÜGYI KOCKÁZATAI

„Az atomenergia nevetségesen drága.”

Nobuo Tanaka, a Nemzetközi Energia Ügynökség egykori elnöke

A fenti idézet Japán egyik legnevesebb, The Asahi Shimbun nevű napilapjában jelent meg 2018-ban. A cikkben a szakértő arról számol be, hogy *az atomenergia pénzügyi szempontból nem képes felvenni a versenyt a napenergiával*. Hivatkozzák az IEA volt elnökének egy előadását, amelyben *az atomerőművek létesítését és bővítését „elképesztően versenyképtelennek” titulálja*.⁵¹ Tanaka állásfoglalása azért figyelemre méltó, mert ismeretes róla, hogy a nukleáris ipar támogatójaként évekig volt elnökségi tagja a Japan Atomic Industrial Forum nevű vállalatnak.

Az atomipar hanyatlására persze nem Tanaka megjegyzése az egyetlen bizonyíték. *Az atomreaktorokat gyártó és működésüket felügyelő vállalatok világszerte hatalmas adósságokat halmoztak fel, jelentettek csődöt, vagy éppen csak kivonultak az atomiparból költséghatékonysági szempontokra hivatkozva*.

A német ipari óriás, a Siemens az 1970-80-as években jelentős szerepet töltött be az atomenergia térnyerésében. A Siemens szállította Németország összes reaktorát, de exportáltak Argentínába, Hollandiába, Svájcba és Spanyolországba is. A fukusimai atomkatasztrófát követően viszont úgy döntöttek, hogy kivonulnak az iparágból.⁵²

Az amerikai Westinghouse vállalat 2017-ben jelentett csődöt, ami a japán anyavállalat, a Toshiba nehézségei mellett jelentősen beárnyékolta a nukleáris ipar jövőképét. A Westinghouse pénzügyi problémái részben az előnytelen üzletekből adódtak, részben viszont az energetika általános tendenciáira vezethetők vissza, amelyek szerint az alternatív energiaforrások térnyerésével csökken a kereslet az egyre dráguló atomenergia

⁵¹ *Fukushima-is-still-news.com*. 2018. „Straight from the horse’s mouth.” 2018. augusztus 1. <https://www.fukushima-is-still-news.com/2018/08/straight-from-the-horse-s-mouth/>

⁵² *World Nuclear News*. 2011. Siemens quits the nuclear game. 2011. szeptember 19. <https://world-nuclear-news.org/Articles/Siemens-quits-the-nuclear-game>

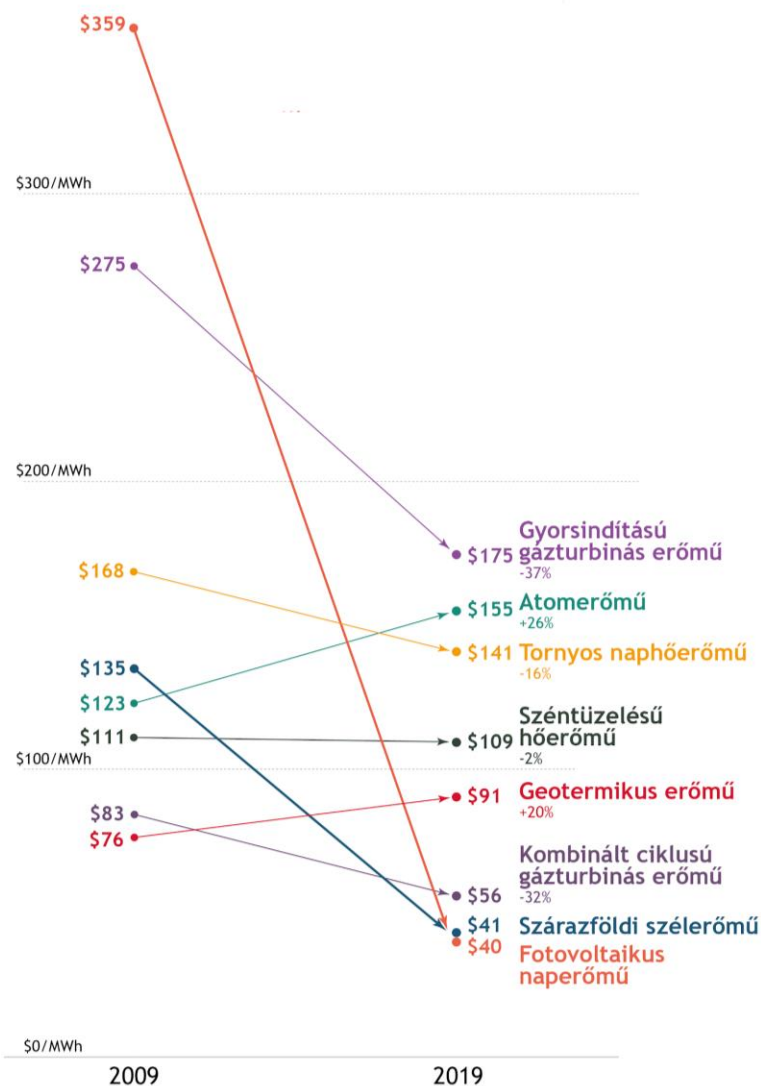
iránt. A Westinghouse elbukásával még jobban visszaesett a gyártással foglalkozó vállalatok száma. Ahogy a General Electric is csökkentette a nukleáris energiához kapcsolódó üzleteinek számát, a francia Areva hatalmas vállalati struktúraváltáson esett át. Az atomipar szereplői közötti átrendeződések a szintén jelentős befolyással bíró atomhatalomnak, Kínának kedvezhetnek, ez azonban az ország politikai berendezkedése miatt biztonságtechnikai kérdéseket vet fel.⁵³

2018-ban az amerikai Exelon alelnöke nyilatkozta, hogy a kimagasló beruházási és működtetési költségeik okán nem lát esélyt arra, hogy az Egyesült Államokban új atomreaktorok épüljenek. Továbbá azt is felvetette, hogy a jelenleg is működésben lévő blokkokat át lehetne alakítani a megújuló forrásokból származó energia tárolására, így szükség sem lenne újak építésére. A nukleáris energia így csupán egy híd lenne a karbonsemleges jövő felé vezető úton. Mindez annak tükrében különösen figyelemre méltó, hogy az Exelon jelenleg több mint 20 reaktort működtet szerte a világon.⁵⁴

⁵³ Cardwell, Diane, and Jonathan Soble. 2017. "Westinghouse Files for Bankruptcy, in Blow to Nuclear Power." *The New York Times*. 2017. március 29. <https://www.nytimes.com/2017/03/29/business/westinghouse-toshiba-nuclear-bankruptcy.html>

⁵⁴ Lardieri, Alexa. 2018. "Exelon Official: No New Nuclear Plants To Be Built in the U.S." *U.S. News*. 2018. április 16. <https://www.usnews.com/news/national-news/articles/2018-04-16/exelon-official-no-new-nuclear-plants-to-be-built-in-the-us>

Jandó Zoltán. 2018. "Túl drága, ezért nem épül több atomerőmű a világ legnagyobb atomhatalmában." *G7*. 2018. április 19. <https://g7.hu/vallalat/20180419/tul-draga-ezert-nem-epul-tobb-atomeromu-a-vilag-legnagyobb-atomhatalmaban/>

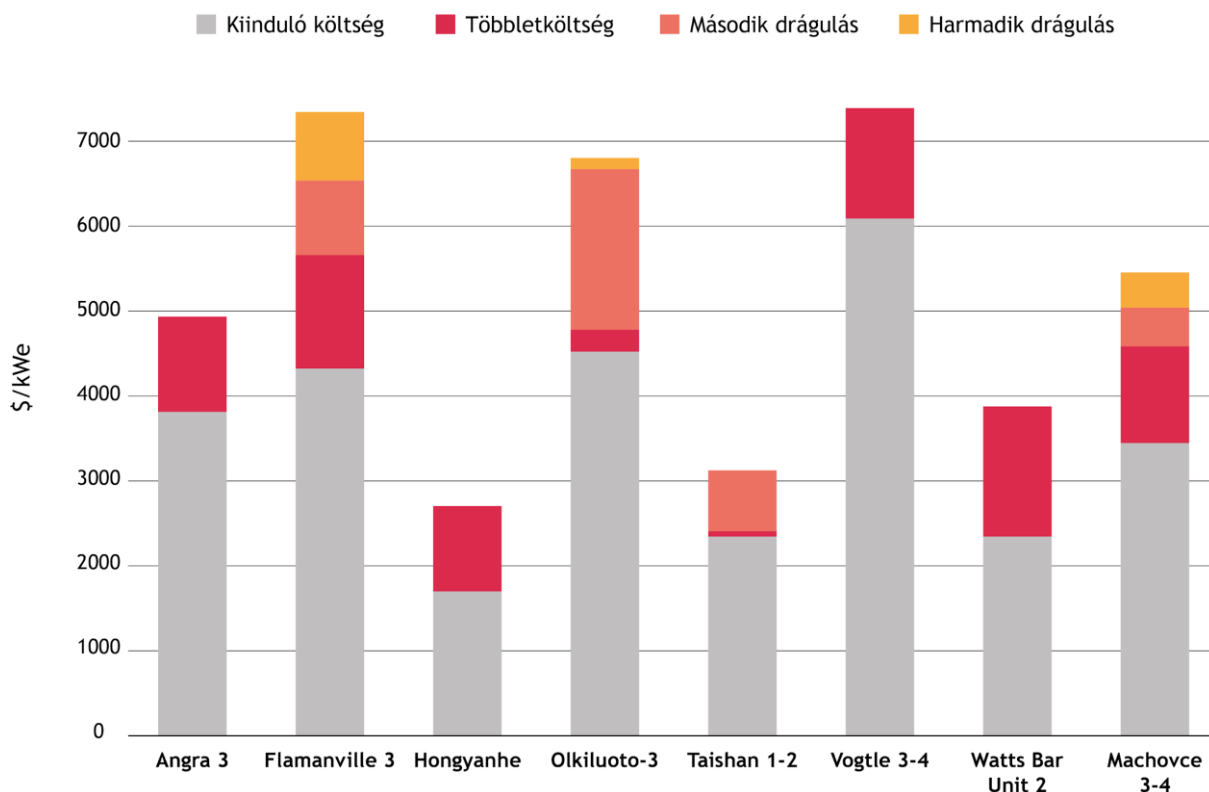


7. ábra: A villamosenergia-termelés költségének (LCOE) változása 2009 és 2019 között.⁵⁵ A legnagyobb mértékű csökkenés (89%) a napelemek és a szélturbinák (70%) esetében mutatkozik, ezek mára világviszonylatban a legolcsóbban termelő technológiákká léptek elő. Mindeközben napjainkra az atomenergia lényegében megfizethetlenné vált.

Egy atomerőmű létesítésével kapcsolatos **egyik fő kihívás a finanszírozás, amelynek elsősorú oka a kimagasló tőkeigény, amely a beruházás mechanizmusától és forrásától függetlenül minden atomerőművet érint.** A további okok között említhetjük még a hosszú futamidőt, ugyanis az atomerőművek felépítése magában sem egy rövid folyamat, de az iparágra jellemző csúszások miatt - ahogy az Paks II. esetében is történik - még nagyobb költségekkel kell kalkulálni. Ezen felül számításba kell venni a piacon

⁵⁵ Roser, Max. 2020. "Why did renewables become so cheap so fast? And what can we do to use this global opportunity for green growth?" *Our World in Data*. 2020. december 1. <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth>

elérhető **egyéb energiatermelési módok egyre erősebb versenyképességét**, melyekkel a deregulált villamosenergia-piacon az atomenergiának fel kell vennie a versenyt. A fukusimai atomkatasztrófa az atomipar egyik legjelentősebb visszaesését hozta magával, ahogyan az **egyre szigorodó biztonságtechnikai előírások** növekvő beruházási költségeket is eredményeztek.



8. ábra: Az atomerőművi beruházások növekvő költségei.⁵⁶

Az atomenergia költségeit általában tőkeköltségekre és működési költségekre bontják. A tőkeköltségek magukban foglalják a helyszín előkészítését, az engedélyeztetési eljárások költségeit, a mérnöki munkát, a gyártást, az építést és az üzembe helyezést. A működési költségek tartalmazzák az üzemanyagköltségeket (az uránbányászattól az üzemanyaggyártásig), a karbantartást, a leszerelést és a hulladéklerakást. **Az atomerőmű tőkeköltségei sokkal magasabbak, mint más energiaforrások esetében.** A kezdeti beruházási hitel visszafizetésének éves költsége pedig lényegesen magasabb, mint az éves működési költség.⁵⁷ Az új paksi blokkok esetében úgy érdemes tekinteni a költségekre,

⁵⁶ Barkatullah, Nadira, and Ali Ahmad. 2017. "Current status and emerging trends in financing nuclear power projects." *Energy Strategy Reviews* 18: 127-40. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.09.015>

⁵⁷ Iurshina, Daria, Nikita Karpov, Marie Kirkegaard, and Evgeny Semenov. "Why nuclear power plants cost so much—and what can be done about it." *Bulletin of Atomic Scientists*. 2019. június 20. <https://thebulletin.org/2019/06/why-nuclear-power-plants-cost-so-much-and-what-can-be-done-about-it/>

hogy a projekt egyetlen érdemi árbevételét a villamos energia értékesítése adja.⁵⁸ A projekt megtérüléséről szóló vitának pedig az az alapja, hogy a prognózis szerint milyen magas áron lehet majd értékesíteni a Paks II. által termelt áramot a piacon, illetve milyen kihasználtsági szinten működne az atomerőmű. A kormányzati kommunikációban folyton az „olcsó áram” mantrájával találkozunk, illetve a bűvös 90% feletti kihasználtsággal, melyre a hazai és nemzetközi szakértői elemzések és előrejelzések rendszerint rációznak.

Egy atomerőmű esetében három fázist különíthetünk el: a kivitelezési, a működési és a bezárási fázis. Ebben a három fázisban pedig különböző kockázatokkal kell számolni.

A kivitelezési fázisban fellépő kockázatok között említhetjük az építési idő elhúzódsát, az egyre szigorodó jogszabályoknak való megfelelést, a hivatali és hatósági beavatkozás következtében fellépő módosításokat, a kivitelezési rutin hiányát és a kivitelező rendelkezésre állását. Az építési idő elhúzódsát okozhatják többek között a technológiai elemek és építési anyagok beszállításánál fellépő késések, melyek szintén súlyosbítják a kiszolgáltatottságot. A működési fázisban szintén azonosíthatók a megtérülést befolyásoló tényezők. Ezek között szerepelnek az üzemeltetési és a piaci értékesítéshez kapcsolódó kockázatok, amit befolyásolnak az atomerőmű kapacitásának kihasználtsága és a villamos energia értékesítési lehetőségei. A bezárási fázis során kockázatot hordoz az erőmű leszerelése (*decommissioning*), valamint a kiegészítő fűtőelemek és egyéb radioaktív hulladékok elhelyezése. A leszereléshez szükséges összeg előteremtését, illetve a későbbi kiadások finanszírozását veszélyezteti az erőmű esetleges csődje, egy pénzügyi vagy éppen a vonatkozó kiadások alulbecslése.⁵⁹

Amennyiben az épülő atomerőmű a FOAK (*first of a kind*) besorolást kapja, az magasabb kockázatot és ennél fogva drágább finanszírozást jelent a beruházók számára. Ezek a kockázatok akkor csökkennek, amikor az adott atomerőműben alkalmazott nukleáris technológia eléri a NOAK (*nth of a kind*) besorolást, tehát már több is felépült az adott típusból. A 3+ generációs atomreaktorok esetében - amelyet Paks II.-re is terveznek - egyelőre csak FOAK jelzőről beszélhetünk.

⁵⁸ Romhányi Balázs. 2014. "A Paks II beruházás költségvetés-politikai következményei." https://energiaklub.hu/sites/default/files/a_paks_ii_beruhazas_koltsegyetes-politikai_kovetkezmenyei.pdf

⁵⁹ Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont. 2013. "Atomerőművi beruházások üzleti modelljei és várható megtérülésük." Műhelytanulmány. https://rekk.hu/downloads/projects/rekk_atom_megterules.pdf

Magyarországon a hivatalos tervezett ütemtervhez képest jelentős késedelmek tapasztalhatók. Annak ellenére, hogy a kormányzati kommunikációban⁶⁰ a létesítési engedély kérelme 2017-re volt beütemezve, ezt mindössze 2020-ban nyújtotta be a Paks II. Zrt. az - egyébként munkaerőhiánnyal küzdő - Országos Atomenergia Hivatalhoz.⁶¹ Továbbá a magyar-orosz államközi hitelszerződés értelmében a le nem hívott összeg után rendelkezésre állási díjat kell fizetni, ami szintén jelentős költségtúllépést jelent.

A nukleáris projektek kockázatait eltérő üzleti modellek segítségével próbálják kezelni. Az üzleti modell a projekt tulajdonosi szerkezetének, finanszírozási módjának, szerződéses struktúrájának és az ezzel kapcsolatos szabályozói megoldások különböző kombinációját jelenti. Egyes országokban az állami szerepvállalás is jelentősnek tekinthető. A különböző üzleti modellek minden egyes elemének több változata létezik: beszélhetünk koncentrált vagy többszereplős tulajdonosi struktúráról, a finanszírozás megvalósulhat vállalati vagy projektfinanszírozás formájában, az állami szerepvállalás lehet tartózkodó vagy aktívan támogató, a szabályozási környezet pedig lehet teljesen liberalizált, vagy erősen szabályozott piac.⁶²

Hagyományosan a politikai döntéshozók közpénzek felhasználásával tervezték finanszírozni az atomerőművek létesítését. Egy közelmúltbeli tendencia azonban azt mutatja, hogy a kormányok világszerte egyre inkább magánbefektetésekben keresik a megoldást, új finanszírozási megközelítések felé nyitva, különböző kockázati és tulajdonosi struktúrákkal. Ennek célja, hogy mérsékeljék a létesítéssel járó hatalmas és többretű pénzügyi kockázatokat és veszélyeket.⁶³

⁶⁰ Aszódi Attila. 2015. "A paksi beruházás aktuális helyzete." Előadás. Fenntartható Fejlődés Bizottság, 2015. május 13., Budapest. <https://www.parlament.hu/documents/129646/229814/Asz%C3%B3di+el%C5%91ad%C3%A1s/d7f414be-df0a-46d0-b4fa-6a259529fd24>

⁶¹ *portfolio.hu*. 2021. "Nincs elég ember Paks II engedélyezéséhez, nem versenyképes a bérezés." 2021. január 21. <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20210121/nincs-eleg-ember-paks-ii-engedelyezesehez-nem-versenykepes-a-berezes-466256>

⁶² Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont. 2013. "Atomerőművi beruházások üzleti modelljei és várható megtérülésük." Műhelytanulmány. https://rekk.hu/downloads/projects/rekk_atom_megterules.pdf

⁶³ Barkatullah, Nadira, and Ali Ahmad. 2017. "Current status and emerging trends in financing nuclear power projects." *Energy Strategy Reviews*, 18: 127-40. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.09.015>

A politikai döntéshozók egyre inkább arra törekszenek, hogy a magánszektor társfinanszírozza az új infrastrukturális beruházásokat, ideértve a nagyméretű tőkeigényes eszközöket, például az atomerőműveket. De vajon miért?

Elsősorban a kormányok elismerik (vagy el kéne ismerniük), hogy olyan kiemelt fontosságú szociális ágazati programokat szükséges előnyben részesíteni, mint az egészségügy és az oktatás. Így az állami források nem elegendőek a tőkeigényes atomerőművi beruházásokra. Másodsorban a kormányok elismerik (vagy el kéne ismerniük), hogy a projekt kedvezményezettjeinek is fizetniük kell, nemcsak az adófizetőknek. Harmadsorban a kormányok elismerik (vagy el kéne ismerniük), hogy a magánszektor a piaci kereslet alapján képes előidézni az innováció, a tervezés, az építkezés és az üzemeltetés hatékonyságának és szaktudásának nagyobb ösztönzését. Ez pedig arra az elvre vezethető vissza, hogy a „legjobb ár-érték arány” a magánszektorban érvényesül.⁶⁴

Felsmann Balázs, a Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont kutató főmunkatársa Paks II. kapcsán azt nyilatkozta, hogy ***„a kockázatokat elsődlegesen nem az erőmű viseli, hanem az adófizetők”.***⁶⁵ Ennek oka, hogy a paksi bővítés kivitelezését teljes mértékben a magyar állam finanszírozza. A projekt megtérülése részben attól függ, hogy a Paks II. által termelt energia milyen áron értékesíthető. Amennyiben a szabadpiaci ár tartósan Paks II. termelési költsége alatt marad, a keletkező veszteséget az erőműnek, az MVM-nek vagy a kormánzatnak kell vállalnia. Mivel azonban az Erőmű és az MVM egyaránt állami tulajdonban van, a projekthez a hitelt pedig maga az állam veszi fel, ezért a végső kockázatviselő teljes mértékben maga az adófizető állampolgár.

Az államközi hitelmegállapodás keretében Oroszország 10 milliárd euró keretösszegű állami hitelt biztosít Magyarországnak a Paksi Atomerőmű bővítésének finanszírozásához. A hitel kizárólagosan a két új reaktorblokk tervezésére, megépítésére és üzembe helyezésére fordítható. A hitelmegállapodás magában foglalja, hogy Magyarország a munkák, a szolgáltatások és az eszközbeszerzések teljesítésére kötött szerződés (EPC-szerződés) értéke 80%-ának finanszírozására használja fel a hitelt, míg az EPC-szerződés végösszegének 20%-át Magyarország fedezi. A kormány évekig hangoztatta, hogy a projekt nem tartalmaz állami támogatást, az Európai Bizottság ítéletét - miszerint a projekt igenis

⁶⁴ Barkatullah, Nadira, and Ali Ahmad. 2017. "Current status and emerging trends in financing nuclear power projects." *Energy Strategy Reviews* 18: 127-40. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.09.015>

⁶⁵ *Atombusiness*. 2017. "A paksi bővítés kérdéseiről vitáztak a beruházás ellenzői és támogatói." 2017. november 16. <http://atombusiness.hu/hirek/a-paksi-bovites-kerdeseirol-vitaztak-a-beruhazas-ellenzo-i-es-tamogatoi>

tartalmaz állami támogatást - mégsem támadták meg, inkább a kedvező hitelkonstrukcióval érveltek. Az energiagazdálkodással foglalkozó szakértők viszont egyaránt bírálták az üzleti modellt, pontosabban az állami támogatást, valamint a hitelszerződés kedvezőtlen feltételeit. A törlesztési időszak 21 év, amelyből az első hét évben 25, a második hét évben 35, a harmadik hét évben 40 százalékát kell egyenletes ütemben kifizetni az eredetileg felvett teljes összegnek. A kamatláb a beruházás üzembe helyezéséig, de legkésőbb 2026-ig 3,95%, majd hétéves ciklusokban 4,5%, 4,8% és 4,95%. Továbbá a hitel törlesztését az erőmű termelésbe állásakor, de legkésőbb 2026-ban el kell kezdeni, ami a projektben keletkezett csúszák miatt komoly pénzügyi terhet jelenthet Magyarország számára.⁶⁶

Végezetül a finanszírozási konstrukció szempontjából sem hagyható figyelmen kívül a különböző technológiák társadalmi támogatottsága, ugyanis a kevésbé vitatottak esetében másként tekintenek a közpénzből történő finanszírozásukra. Sok esetben az is megfigyelhető, hogy az egyre szerényebb társadalmi elfogadottságot korrupcióval kompenzálja az érdekelt lobbicsoport. Az atomenergia esetében sincsen ez másképp.

“Gross corruption is evident in nuclear technology exporting countries such as Russia, China, and the United States, and in a number of nuclear technology importing countries... Widespread corruption of the nuclear industry has profound social and political consequences resulting from the corrosion of public trust in companies, governments, and energy systems themselves.”

Richard Tanter, a Melbourne Egyetem professzora

Richard Tanter, Nobel-békedíjas professzor írásában leszögezi,⁶⁷ hogy a kiterjedt korrupció jól kitapintható a nukleáris technológiát exportáló országokban, de számos importáló országban is. Az atomipar már régóta nem képes tisztességes eszközökkel helytállni az energiaszektorban folyó versenyben, ezért évtizedek óta illegális megoldásokat alkalmaz. A széleskörű korrupciónak azonban súlyos társadalmi és politikai következményei vannak. A

⁶⁶ Romhányi Balázs. 2014. “A Paks II beruházás költségvetés-politikai következményei.” https://energiaklub.hu/sites/default/files/a_paks_ii_beruhazas_koltsegyetes-politikai_kovetkezmenyei.pdf

⁶⁷ Tanter, Richard. 2013. „After Fukushima: A Survey of Corruption in the Global Nuclear Power Industry.” *Asian Perspective* 37, no. 4: 475-500. <http://www.jstor.org/stable/42704842>

tanulmány szerint a fukusimai tragédia egyik oka is a hatóság és az iparági szereplők közötti összefonódás volt.

De a 2020-as esztendő is fekete betűkkel kerül be az atomenergia történetébe, köszönhetően az Amerikai Egyesült Államokban feltárt, mindeddig példátlan méretű korrupciós botránynak. A hatalmas pénzüsszegek sorsáról szóló vesztegetési ügy magas rangú republikánus politikusok érintettségét igazolta, akik kenőpénz fejében atomerőművek engedélyezési eljárásaiban igyekeztek törvénytelen eszközökkel egyengetni a vesztésre álló projektek sorsát. Az ügy olyan komoly ellenérzést váltott ki a társadalomban, ami - elemzők szerint - a demokrata párt győzelméhez vezetett az érintett Ohio államban.

Ahogy az Energiaklub által megjelentetett egyik kiadvány ezt feltárja, a Paks II. beruházás is magas korrupciós kockázatot rejt. ***A budapesti Korrupciókutató Központ elemzése szerint a projekt nagyberuházás jellege átláthatatlan viszonyrendszereket teremt, ami a résztvevők számára magasabb visszaélési lehetőségeket jelent.*** Mindezt tetézi - illetve a korrupció megjelenésére való utalásként is értelmezhető - a projekt szinte minden lényegi elemének titkosítása. Hazai tapasztalatok szerint a korrupcióval megvalósuló beruházások bekerülési összegének 13-16%-ára tehető a megvesztegetési díj aránya. ***Ez a paksi projekt esetében több százmilliárd forintos adófizetői veszteséget jelentene.***⁶⁸

⁶⁸ Fazekas Mihály, Főző Zsolt, Tóth István János. 2014. „Az atomerőmű-beruházások korrupciós kockázatai: Mire számíthatunk Paks II esetében?” https://energiaklub.hu/files/study/korrupcios_kockazatok_paksii.pdf

8. AZ ATOMENERGIA, MINT AZ ATOMFEGYVERKEZÉS ELŐSZOBÁJA

“Every dollar spent on nuclear is one less dollar spent on clean, renewable energy and one more dollar spent on making the world a comparatively dirtier and a more dangerous place because nuclear power and nuclear weapons go hand in hand.”

Mark Z. Jacobson, a Stanford Egyetem professzora

A Stanford Egyetem Atmoszféra és Energia Programjának igazgatója arra hívja fel a figyelmet,⁶⁹ hogy az atomenergia támogatása helyett a megújuló energiaforrások alkalmazását kellene dotálni, mert ebből nem csak környezeti előnyök fakadnának, de az atomháború fenyegető réme is eloszlatható volna.

Az atomenergia az atomfegyverkezés és a mindent megsemmisítő atomháború előszobája, hiszen az atomfegyverek gyártásának előfeltétele. Az emberiség a dokumentált források alapján ***eddig 15 alkalommal sodródott atomháború közvetlen közelébe.***⁷⁰ De az atomerőművek más módon is összekapcsolódnak a katonai konfliktusokkal. Maga ***az erőmű és az ehhez kapcsolódó infrastruktúra katonai konfliktusok során válhat célponttá,*** aminek ugyancsak beláthatatlan következményei lehetnek. Az elmúlt három évtizedben legalább nyolc alkalommal történt ilyen jellegű légicsapás vagy más katonai támadás, elsősorban a Közel-Keleten.⁷¹ A mögöttes logika nyilvánvaló, hiszen egy sikeres offenzívának számos hozadéka lehet: egyfelől az atomfegyverek gyártásának akadályozása; másfelől - egy centralizált energiarendszerben - a stratégiai fontosságú villamosenergia-ellátás megbénítása; harmadrészt pedig súlyos következményekkel járó radioaktív szennyezés generálása az ellenfél országának területén. A fentiek megakadályozása érdekében az atomerőművel rendelkező országok

⁶⁹ Jacobson, Mark Z. 2010. “Nuclear power is too risky.” *CNN*. 2010. február 22. <https://edition.cnn.com/2010/OPINION/02/22/jacobson.nuclear.power.con/index.html>

⁷⁰ Tertrais, Bruno. 2017. “On The Brink”—Really? Revisiting Nuclear Close Calls Since 1945.” *The Washington Quarterly* 40, no. 2: 51-66. <https://doi.org/10.1080/0163660x.2017.1328922>

⁷¹ Sovacool, Benjamin K. 2011. *Contesting the Future of Nuclear Power: A Critical Global Assessment of Atomic Energy*. World Scientific Publishing Company. <https://doi.org/10.1142/7895>

jelentős erőfeszítéseket tesznek az atomerőművi létesítmények védelme érdekében, ami az adófizetők nézőpontjából ismét azt a kérdést veti fel, hogy vajon miért van szükség ilyen kockázatokkal járó erőművekre, ha a szükséges villamos energia megtermelhető más módon is.

Mindennek hazánk esetében az ad aktualitást, hogy a kormányzat a közeljövőben föld-levegő rakétákat szándékozik vásárolni, amelyeket például a paksi atomerőmű mellé telepítve, annak védelmét biztosítanák.⁷² A katonai légiflotta fenntartásának szükségszerűsége nem kis részben ugyancsak a paksi erőmű sebezhetőségével indokolható.⁷³

A katonai támadás lehetősége mellett a **terrorizmus** egyre növekvő problémája is arra világít rá, hogy a centralizált energiarendszer, illetve ennek egyik potenciális központi eleme, az atomerőmű, egyre kevésbé felel meg a biztonságpolitikai elvárásoknak. Nem véletlen, hogy az atomerőműveket működtető országok kormányai hatalmas összegeket kénytelenek költeni az ezzel kapcsolatos védelmi feladatokra⁷⁴ - a számlát természetesen ezúttal is az adófizetőkkel megfizettetve.

A 2001. évi amerikai terrortámadás kapcsán derült fény arra, hogy a paksi atomerőmű tervezésénél még nem számoltak nagyméretű repülőgépek becsapódásának lehetőségével és veszélyével.⁷⁵ Pedig a terrortámadások - történjenek fegyveres eszközökkel vagy a legalább annyira veszélyes kibertámadások formájában - egyre gyakrabban fordulnak elő. Ráadásul a támadások eszköztára folyamatosan bővül, az elmúlt évtizedben leginkább azzal, hogy a **drónok** alkalmazása széles körben lehetővé vált. 2014 őszén több mint 30 alkalommal repültek drónok francia nukleáris létesítmények fölé anélkül, hogy az irányítójukat azonosították volna. Az Amerikai Egyesült Államokban 2015 és 2019 között 57 alkalommal történt hasonló behatolás,⁷⁶ és 2020 végén további incidensekről adtak hírt.⁷⁷

⁷² [hirado.hu](https://hirado.hu/belfold/belpolitika/cikk/2019/05/06/a-legkorszerubb-eszkozok-alkotjak-az-uj-legvedelmi-rendszert). 2019. „A legkorszerűbb eszközök alkotják az új légvédelmi rendszert.” 2019. május 6. <https://hirado.hu/belfold/belpolitika/cikk/2019/05/06/a-legkorszerubb-eszkozok-alkotjak-az-uj-legvedelmi-rendszert>

⁷³ Horváth Csaba László. 2018. „A paksi atomerőműhöz riasztották a honvédség vadászgépeit.” 24.hu. 2018. július 20. <https://24.hu/belfold/2018/07/20/a-paksi-atomeromuhoz-riasztottak-a-honvedseg-vadaszgepeit/>

⁷⁴ Parliamentary Office of Science and Technology. 2004. „Assessing the risk of terrorist attacks on nuclear facilities.” <https://www.parliament.uk/globalassets/documents/post/postpr222.pdf>

⁷⁵ index.hu. 2001. „Megerősítették Paks védelmét.” 2001. október 10. <https://index.hu/kulfold/pakseros/>

⁷⁶ [liteye.com](https://liteye.com/dozens-more-mystery-drone-incursions-over-u-s-nuclear-power-plants-revealed/). 2020. „Dozens More Mystery Drone Incursions Over U.S. Nuclear Power Plants Revealed.” 2020. szeptember 8. <https://liteye.com/dozens-more-mystery-drone-incursions-over-u-s-nuclear-power-plants-revealed/>

⁷⁷ Hambling, David. 2020. „‘Drone Swarm’ Invaded Palo Verde Nuclear Power Plant Last September – Twice.” [forbes.com](https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2020/07/30/drone-swarm-invaded-palo-verde-nuclear-power-plant/?sh=6b071f8b43de). 2020. július 30. <https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2020/07/30/drone-swarm-invaded-palo-verde-nuclear-power-plant/?sh=6b071f8b43de>

Ezekben az esetekben nem csupán maguk a drónok adnak okot aggodalomra, hanem sokkal inkább az, hogy a biztonságért felelős hatóságok nem tudtak magyarázatot adni ezekre az esetekre, vagy megakadályozni a berepüléseket.

Ugyanakkor mégsem ez a leginkább aggasztó jelenség. ***Egy tízéves időszakra vetítve az ezres nagyságrendben bekövetkező támadások legnagyobb része a radioaktív anyagok megszerzésére irányult***, aminek következményeit és veszélyességét egy ezekkel elkövetett terrorakció esetében még felmérni is igen nehéz.⁷⁸

⁷⁸ Bunn, Matthew. 2010. „Securing the Bomb 2010.” https://media.nti.org/pdfs/Securing_The_Bomb_2010.pdf

9. TITKOSÍTÁS ÉS A VITÁK ELLEHETETLENÍTÉSE

„Tény, hogy a rendkívüli horderejű szerződés megkötése meglepetésként érte nemcsak a „magyar embereket”, hanem a magyar energiaipart, sőt a kormányt is. Az is tény, hogy nemcsak az előkészítés folyt titkokban, de minden adatot, amely a döntés felelős megítéléséhez szükséges lenne, tíz évre titkosítottak.”

Sólyom László, Magyarország egykori köztársasági elnöke

Az atomenergia alkalmazását mindig is heves viták kísérték - legyen szó politikai, szakmai vagy társadalmi vitákról. A paksi bővítés esetében azonban a vitákat valamelyest ellehetetlenítette az adatok titkosítása, ahogyan arra Sólyom László is rámutat a fenti idézetben.⁷⁹ A viták részben arra vezethetők vissza, hogy ezeknek a vitáknak egyszerre tárgya a nukleáris technológia mint energiatermelési mód és egy-egy konkrét atomerőművi beruházás. Tehát az eltérő álláspontok ütközése nem kizárólag a szakmai berkekben zajlik, hanem a nyilvánosság előtt, annak bevonásával.

Téves elképzelés a bővítés ügyét kizárólag műszaki döntésként felfogni. Az atomenergia alkalmazásának ugyanis egyértelműen vannak többek között környezetvédelmi, gazdasági, politikai és társadalmi vonzatai is. A nukleáris energia alkalmazása az energiamixben nem segít minket hozzá egy fenntarthatóbb jövőhöz, hatalmas beruházási költségekkel rendelkezik, politikai szempontból is veszélybe sodorja Magyarország jövőjét. A társadalomra gyakorolt hatásai sem elhanyagolhatók, hiszen legalább egy fél évszázadra elköteleződünk egy energiatermelési mód mellett, ezzel bebetonozva lehetőségeinket egyéni és kollektív szinten egyaránt. Mindezeket figyelembe véve nem bízhatjuk a döntést a politikusok vagy a mérnökök egy szűk körére, arról ***igazi társadalmi párbeszédnek kell születnie.*** Ennek ellenére a magyar kormány részéről rendszeres depolitizációs kísérleteket tapasztalhatunk, ahogyan leszűkítik a döntésben résztvevők körét, és hozzáférhetetlenné tesznek alapvető fontosságú információkat. A

⁷⁹ [hvg.hu](https://hvg.hu/gazdasag/20140218_Solyom_kemenyen_kikelt_a_hatalom_ellen). 2014. „Sólyom keményen kikelt a kormány ellen.” 2014. február 18.
https://hvg.hu/gazdasag/20140218_Solyom_kemenyen_kikelt_a_hatalom_ellen

paksi bővítéshez kapcsolódó döntések sorozatában sem a politikai, sem a szakmai deliberáció, de még a társadalom részvétele sem tekinthető megfelelőnek.

A döntéshozatali folyamatok minőségével kapcsolatos kritikák részben arra vezethetők vissza, hogy a megalapozó kutatásoktól kezdve a magyar-oroszl szerzödésekig, azok tartalma nem elérhető a nyilvánosság számára. Tehát nem tudhatja meg az állampolgár, hogyan születnek meg azok a döntések, melyek ennyire változatos és súlyos következményekkel és vonzatokkal rendelkeznek. Ez a tény pedig ellehetetleníti a megalapozott döntéshozatal lehetőségét még azok számára is, akik a kérdés komplexitását szaktudásuknak vagy érdeklődésüknek köszönhetően könnyebben volnának képesek figyelembe venni.

Politikusok és szervezetek a 2000-es évektől kezdve számos pert indítottak adatigénylés céljával. A bírósági eljárások a közérdekű adatok és információk kiadásának, közzétételének és nyilvánosságra hozatalának megtagadása okán folytak. A bíróságoknak ezeket a pereket soron kívül kell lefolytatni, valamint a megtagadás jogszerűségét az adatkezelőnek kell bizonyítania. Ez a két alapelv azonban az utóbbi évtizedekben rendszeresen sérült. A tisztánlátást továbbá az is megnehezíti, hogy az igényelt adatokat több évbe telik kiperelni, így azok akkorra már aktualitásukat veszthetik. Így történt ez például a paksi atomerőmű 2003-as, nemzetközi mérce szerint is súlyosnak ítélt, üzemi balesete után is.

A bővítéssel kapcsolatos adatok nyilvánosságra hozatalának korlátozása a 2007-ben indított Teller projekttel és a 2009-ben létrejött Lévai projekttel kezdődött, melyek a bővítés szükségességét és változatos hatásait voltak hivatottak felmérni. Ezen projektek esetében is több évnyi pereskedés kellett az információkhoz való hozzájutáshoz, a bíróságnak többször is fel kellett szólítania az MVM-et a birtokában lévő adatok kiadására. ***A nyilvánosságra hozott részek alapján azonban nemcsak a felmerülő ellentmondásokat nem sikerült tisztázni, de az atomerőmű kapacitásbővítésének szükségességét sem támasztották alá.***

A paksi atomerőmű bővítése kapcsán nem kizárólag az információk hozzáférhetetlensége ellehetetleníti el a megalapozott döntéshozatalt. Az Országgyűlés 2009-es elvi hozzájárulásának megszavazása az igenek elsöprő többsége mellett is olyan ellenérzést váltott ki egyes képviselökből, mint például „*nem hajt se török, se tatár ebben a kérdésben bennünket. Lett volna idő korrekt elemzésre és számításokra arra vonatkozóan,*

hogy milyen energiafajtát milyen mértékben és milyen áron akarunk használni és nem átverni a képviselőket az 'olcsó atomáram' dumával". Az Országgyűlés elvi hozzájárulása ugyanis mindössze egy bekezdésből áll, annak megvitatására szokatlanul kevés idő jutott. A szavazásban résztvevő képviselők azt sem tudhatták, hogy hány reaktorról szól a határozat, ki a kedvezményezettje, de még az sem volt egyértelmű, hogy a bővítés előkészítéséhez vagy már konkrétan a bővítéshez adják felhatalmazásukat. A bővítés vitatott politikai támogatottsága és a politikai viták szükségtelensége kapcsán a kormánytól rendszeresen hallhattuk az utóbbi években, hogy a 2009-es elvi hozzájárulás megalapozta a "paksi paktumot".

Az adatnyilvánosság megtagadása a 2014-ben megkötött magyar-orosz megállapodásokkal folytatódott. Ezek magában foglalták a Roszatom állami vállalat által történő két új reaktor kivitelezését, valamint a 3000 milliárd forint értékű orosz állami hitel rendelkezésre bocsátását. A januári megállapodás meglepetésként érte az országgyűlési képviselőket, a szakértőket és az állampolgárokat egyaránt, ugyanis sem parlamenti deliberáció, sem tender nem előzte meg Németh Lászlóné moszkvai szerződés aláírását. ***Mártha Imre, az MVM egykori vezérigazgatója pedig úgy fogalmazott, hogy „a szerződés, finoman szólva is, egy kávé mellett dönt el”.***⁸⁰

A szerződések részleteinek nyilvánosságra hozatala érdekében több politikus is jogi útra terelte a küzdelmet, melyek korlátozott sikerrel jártak. A paksi titoktörvénynek is nevezett Projekttörvényt az Országgyűlés 2015-ben fogadta el, miszerint a Paks II. projekttel összefüggő adatok harminc évre titkosíthatók. Kimondták, hogy azok az adatok, amelyek nyilvánosságra hozatala közérdekű adatigénylés során nemzetbiztonsági érdeket vagy szellemi tulajdonhoz fűződő jogot sértene, keletkezésüktől számítva harminc évre titkosíthatók. A képviselők egynegyede a titoktörvény meghozatalát követően az Alkotmánybírósághoz fordult utólagos normakontrollt indítványozva. Kérvényezték, hogy az Alkotmánybíróság vizsgálja meg, hogy a beruházással összefüggő „műszaki és üzleti adatok, valamint az ezekkel összefüggő döntések megalapozását szolgáló adatok” megismerhetőségének harminc évig tartó korlátozása nemzetbiztonsági okokból összeegyeztethető-e Magyarország Alaptörvényével. Az Alkotmánybíróság hat évvel később hozta meg rendelkezését, és úgy ítelték, hogy a nemzetbiztonsági érdek és a szellemi tulajdonhoz való jogok védelme indokolhatja a közérdekű adatok nyilvánosságának

⁸⁰ Ökopolisz Alapítvány. 2017. „Paks II. - az évszázad üzlete, de kinek? - Ökopódium, Budapest, 2017. november 16. https://www.youtube.com/watch?v=6zOX40eTs4U&ab_channel=%C3%96kopoliszAlap%C3%ADtv%C3%A1ny

korlátozását, azok harminc évre történő titkosítását. ***A jogi küzdelmek részleges sikertelensége azt jelenti, hogy ma Magyarországon még mindig nem ismertek a paksi bővítéssel kapcsolatos információk, így még mindig nincs lehetősége a társadalomnak a megalapozott véleményalkotásra és döntéshozatalra.***

A paksi bővítés kérdésének a kormány részéről történő depolitizációja azt is magában foglalja, hogy a társadalomnak tulajdonképpen nincs is szüksége a megalapozott döntéshozatal lehetőségére. Az Espooi egyezménynek megfelelően a kormány ugyan megtartotta a helyi és nemzetközi közmeghallgatásokat, de sem a megyeszékhelyeken, sem a fővárosban nem tartották szükségesnek a helyiek bevonását, kérdéseik és ellenvetéseik meghallgatását. Az atomenergia alkalmazásának népszavazás útján történő döntését pedig többek között azon okból utasítják el, hogy a társadalom nem tud véleményt formálni egy ilyen komplex műszaki-technológiai kérdésben.

Való igaz, hogy az atomerőművi beruházásokat nemcsak népszavazás útján lehet eldönteni, mégis láthatunk példákat ilyen típusú döntéshozatalra szerte a világon. Olaszországban az atomenergiát több népszavazáson is elutasították: először a csernobili atomkatasztrófa után, másodszer pedig 2011-ben. Svájcban szintén referendum során rendelkeztek a jelenleg is működő atomreaktorok üzemidő-hosszabbításának tiltásáról. A 2050-ig szóló nemzeti energiastratégiában pedig kimondták, hogy az ország nem fog további reaktorokba beruházni. Spanyolországban, Svédországban, Bulgáriában és Litvániában is megkérdezték a társadalmat a nukleáris energiatermelésről, Lengyelországban pedig helyi népszavazáson utasították el egy új létesítmény befogadását.⁸¹

⁸¹ Sarlós Gábor. 2014, „Miért kell, ha lehet nem is?” *Magyar Narancs*. 2014. október 11. <https://magyarnarancs.hu/publicisztika/miert-kell-ha-nem-lehet-is-91666>

10. VÉGSZÓ

A világ az ipari forradalom beköszönte óta folyamatosan az „energetikai átállás”, vagyis az energiarendszer átalakításának lázában ég. Ennek egyik elemeként változik időről időre az energiafelhasználás forrásszerkezete. Az 1700-as években az állati és emberi izomerő dominanciáját a fatüzelés vette át. Az 1800-as éveket a széntüzelés egyre markánsabb megjelenése, majd a század végére annak dominanciája jellemezte. Az 1900-as évek első felében a kőolaj, a második felében a földgáz használatának felfutása volt megfigyelhető. Az 1950-es években azonban sokakban az az érzés vagy felismerés uralkodott el, hogy a sok évszázados átalakulás nyugvópontra jutott, hiszen felbukkant az atomenergia, amiről néhányan azt állították, hogy olyan olcsón lesz hozzáférhető, hogy nem is lesz szükség mérőórák felszerelésére. Az atomenergia 70 éves története azonban egy másik meglepetéssel is szolgált. Bebizonyosodott, hogy ez a technológia - szemben az általánosan megfigyelhető törvényszerűséggel - nem válik egyre olcsóbbá, elérhetőbbé; sőt, éppen ellenkezőleg, napjainkra megfizethetetlen áron termel, így a dolgok jelenlegi állása szerint néhány évtizeden belül eltűnik az energiagazdálkodás történetének süllyesztőjében.

Ha az okokat keressük, akkor mindenekelőtt az elmúlt évtizedek döbbenetesen felelőtlen gyakorlatát kell megemlítenünk, amely általában a radioaktivitás, de különösen a radioaktív hulladékok kapcsán volt megfigyelhető. Az építés és üzemeltetés költségeit például le lehetett szorítani oly módon, hogy megspórolták a hűtőrendszer egy jó részét. A Szovjetunióban ugyanis valóban megtörtént, hogy a következményekkel mit sem törődve, a folyó vizét közvetlenül a reaktormagba vezették, majd a radioaktívvá vált hűtővizet egyszerűen visszaengedték a folyóba vagy a közeli tóba. De legalább ennyire döbbenetes a hulladékelhelyezés azon gyakorlata, amikor a kiégett fűtőelemekkel teli hordókat az tengerbe dobálják - ahogyan ez 1993-ig az általános gyakorlat volt szerte a világon.

A környezeti, környezetegészségügyi és ökológiai szempontok teljes negligálásával természetesen lehetett olcsón áramot termelni, de csak rövid távon. A költségeket és károkat előbb vagy utóbb, de valakinek állnia kell. A 21. században a fejlett gazdaságok lakossága már nem fogadja el a korábbi felelőtlen hozzáállást és gyakorlatot. A biztonságos és környezetkímélő termelésre való törekvés azonban minden képzeletet felülmúló mértékben emelte meg az atomerőművi villamosenergia-termelés költségeit - ráadásul éppen egy olyan időszakban, amikor feltűnt a porondon az egyre olcsóbban termelő megújulóenergia-alapú technológiák serege. Az energiaátmenet folyamata tehát mégsem állt meg, az elmúlt évek európai statisztikai adatai világosan érzékeltetik a változás

irányát, hiszen immár több éve 90% felett van a megújuló alapú, elsősorban napelemes és szélenergiás termelési egységek aránya az új kapacitások terén. Természetesen ez egyéb radikális változásokat is megkövetel az energiarendszer megbízható működtetése érdekében. Elsősorban szemléletváltásra van szükség: a műszaki szempontok mellett a társadalom és a környezet szempontjai, illetve az ezeket képviselő tudományterületek is szerepet kell kapjanak az energiatervezésben és energiagazdálkodásban. De a szűken értelmezett energiarendszeren belül is fordulatra van szükség. Például a jelenlegi megdöbbentően alacsony, alig néhány százalékos életciklusra vetített energiahatékonyság bizonyosan nem elfogadható, de a nap- és szélenergia időjárásfüggőségének kihívásával is meg kell küzdeni. Ugyanakkor a kutatások és a nemzetközi gyakorlat azt igazolja, hogy nincs műszaki akadálya a fejlődés ezen új irányának. A probléma sokkal inkább az, hogy az átalakításra nagyon kevés időnk maradt, mert az elmúlt 250 évben - elsősorban az energiagazdálkodás hibás gyakorlatával - a végsőkig terheltük az ökológiai rendszert, ami így az összeomlás szélére került. Az anyagi és humán erőforrásokat tehát a fenntartható energiarendszer mielőbbi megerősítésére kell fordítanunk. Az atomenergiára költött minden forint, euró és jüan ezt az átalakulást fékezi, akadályozza.

“With low-cost renewable energy based electricity in place in 2030 a parallel rapid transition and re-design of the national energy systems will be feasible, using a smart energy system approach combining electricity with energy efficient buildings, district heating, electrified transport and industry, as well as energy storage. We provide a deep understanding of the technical solution; decision makers now need to re-design the energy markets for the re-designed energy systems.”

Brian Vad Mathiesen

Brian Vad Mathiesen, a világ legnagyobb hatású mérnökeinek egyike,⁸² kutatási területe a gyors energiaátmenet és annak megvalósíthatósága. Multidiszciplináris megközelítésű, ám mégis erősen műszaki megalapozottságú munkáiban azt igazolja, hogy a 100% megújuló

⁸² az “ISI Highly Cited” rangsora szerint a világ egyik vezető mérnöke 2015-ben és 2016-ban

alapú energiarendszer nem csak egy lehetséges irány a sok közül, de a leginkább kézenfekvő megoldás gazdasági, társadalmi és környezeti szempontból egyaránt.

IRODALOMJEGYZÉK

Adapt Consulting AS. 2013. "Conversion Factors for Electricity in Energy Policy." 2013. február 15.

<https://www.energinorge.no/contentassets/e86a4dc8771845dfb03fee35c1d0f45d/2013-02-15--conversion-factors-for-electricity.pdf>

Antal Attila: 2016. Környezeti demokrácia Magyarországon. Doktori értekezés.

https://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/33755/Disszertacio_Antal%20Attila.pdf?sequence=1

Aszódi Attila. 2015. "A paksi beruházás aktuális helyzete." Előadás. Fenntartható Fejlődés Bizottság, 2015. május 13., Budapest.

<https://www.parlament.hu/documents/129646/229814/Asz%C3%B3di+el%C5%91ad%C3%A1s/d7f414be-df0a-46d0-b4fa-6a259529fd24>

Atombusiness. 2017. "A paksi bővítés kérdéseiről vitáztak a beruházás ellenzői és támogatói." 2017. november 16. <http://atombusiness.hu/hirek/a-paksi-bovites-kerdeseirol-vitaztak-a-beruhazas-ellenzoi-es-tamogatoi>

Atomerőmű. d.n. Ideiglenes tárolás.

http://www.atomeromu.hu/hu/Documents/Ideiglenes_tarolastol_a_vegleges_elhelyezesig.pdf

Az ábra a MAVIR adatbázisának felhasználásával készült.

<https://mavir.hu/web/mavir/eromuvi-termeles-forrasok-megoszlasa-szerint-netto-uzemiranyitasi-meresek-alapjan>

Barkatullah, Nadira, and Ali Ahmad. 2017. "Current status and emerging trends in financing nuclear power projects." *Energy Strategy Reviews* 18: 127-40.

<https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.09.015>

Beck, Ulrich. 2011. "Germany Is Right To Opt out of Nuclear Power." *Dissent Magazine*. 2011. július 30. https://www.dissentmagazine.org/online_articles/germany-is-right-to-opt-out-of-nuclear-power

Bunn, Matthew. 2010. „Securing the Bomb 2010.”

https://media.nti.org/pdfs/Securing_The_Bomb_2010.pdf

Cardwell, Diane, and Jonathan Soble. 2017. "Westinghouse Files for Bankruptcy, in Blow to Nuclear Power." *The New York Times*. 2017. március 29.

<https://www.nytimes.com/2017/03/29/business/westinghouse-toshiba-nuclear-bankruptcy.html>

Centers for Disease Control and Prevention. 2000. "Worker Health Summaries."

<https://www.cdc.gov/niosh/pgms/worknotify/uranium.html>

Cleveland, Cutler J., and Peter O'Connor. 2011. "Energy Return on Investment (EROI) of Oil Shale." *Sustainability* 3, no. 11: 2307-22. <https://doi.org/10.3390/su3112307>

Coelho, Carlos, and Kristina Foltynova. 2020. "Everything You Need To Know About Novichok." 2020. november 23. <https://www.rferl.org/a/everything-you-need-to-know-about-novichok/30964840.html>

Colthorpe, Andy. 2020. "Germany: Growth in home and industrial sectors but large-scale battery storage slowed down in 2019." *Energy Storage News*. 2020. december 7.

<https://www.energy-storage.news/news/germany-growth-in-home-and-industrial-sectors-but-large-scale-battery-stora>

Council on Foreign Relations. d.n. "Conflict in Ukraine." <https://www.cfr.org/global-conflict-tracker/conflict/conflict-ukraine>

EIA. 2019. "Germany announces proposal to phase out coal by 2038, further changing its generation mix." 2019. május 29.

<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=39652>

electricity info. environmental news & information about the UK electricity supply industry. 2017. EDF. 2017. feburár 20. <https://electricityinfo.org/news/edf-20-2-17-2/>

Eriksson, Ola. 2017. "Nuclear Power and Resource Efficiency—A Proposal for a Revised Primary Energy Factor." *Sustainability* 9, no. 6: 1063. <https://doi.org/10.3390/su9061063>

Eriksson, Ola. 2017. "Nuclear Power and Resource Efficiency—A Proposal for a Revised Primary Energy Factor." *Sustainability* 9, no. 6: 1063. <https://doi.org/10.3390/su9061063>

Fazekas Mihály, Főző Zsolt, Tóth István János. 2014. „Az atomerőmű-beruházások korrupciós kockázatai: Mire számíthatunk Paks II esetében?”

https://energiaklub.hu/files/study/korrupcios_kockazatok_paksii.pdf

Flaute, Markus, Anett Großmann, Christian Lutz, and Anne Nieters. 2017. "Macroeconomic Effects of Prosumer Households in Germany." *International Journal of Energy Economics and Policy* 7, no. 1: 146-55.

Fukushima-is-still-news.com. 2018. „Straight from the horse's mouth." 2018. augusztus 1.

<https://www.fukushima-is-still-news.com/2018/08/straight-from-the-horse-s-mouth/>

- Gray, Richard. 2019. "The true toll of the Chernobyl disaster." *BBC*. 2019. július 26.
<https://www.bbc.com/future/article/20190725-will-we-ever-know-chernobyls-true-death-toll>
- Hall, Charles A. S., Stephen Balogh, and David J.R. Murphy. 2009. "What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have?" *Energies* 2, no. 1: 25-47.
<https://doi.org/10.3390/en20100025>
- Hambling, David. 2020. „'Drone Swarm' Invaded Palo Verde Nuclear Power Plant Last September – Twice.” *forbes.com*. 2020. július 30.
<https://www.forbes.com/sites/davidhambling/2020/07/30/drone-swarm-invaded-palo-verde-nuclear-power-plant/?sh=6b071f8b43de>
- hirado.hu*. 2019. „A legkorszerűbb eszközök alkotják az új légvédelmi rendszert.” 2019. május 6. <https://hirado.hu/belfold/belpolitika/cikk/2019/05/06/a-legkorszerubb-eszkozok-alkotjak-az-uj-legvedelmi-rendszert>
- Horváth Csaba László. 2018. „A paksi atomerőműhöz riasztották a honvédség vadászgépeit.” *24.hu*. 2018. július 20. <https://24.hu/belfold/2018/07/20/a-paksi-atomeromuhoz-riasztottak-a-honvedseg-vadaszgepeit/>
- Human Rights Watch. 2020. "Russia. Events of 2019." <https://www.hrw.org/world-report/2020/country-chapters/russia#>
- hvg.hu*. 2014. „Sólyom keményen kikelt a kormány ellen.” 2014. február 18.
https://hvg.hu/gazdasag/20140218_Solyom_kemenyen_kikelt_a_hatalom_ellen
- IDA. 2006. "The Danish Society of Engineers' Energy Plan 2030."
<http://www.fritnorden.dk/NF2007/Energyplan2030.pdf>
- IDA. 2015. "IDA's energy vision 2050. A Smart Energy System strategy for 100% renewable Denmark."
https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/222230514/Main_Report_IDAs_Energy_Vision_2050.pdf
- IEA. 2016. "Re-powering Markets." <https://www.iea.org/reports/re-powering-markets>
- index.hu*. 2001. „Megerősítették Paks védelmét.” 2001. október 10.
<https://index.hu/kulfold/pakseros/>
- Innovációs és Technológiai Minisztérium. 2020. "Nemzeti Energia- és Klímaterv 2020."
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/hu_final_necp_main_hu.pdf
- Iurshina, Daria, Nikita Karpov, Marie Kirkegaard, and Evgeny Semenov. "Why nuclear power plants cost so much—and what can be done about it." *Bulletin of Atomic Scientists*. 2019.

június 20. <https://thebulletin.org/2019/06/why-nuclear-power-plants-cost-so-much-and-what-can-be-done-about-it/>

Jacobson, Mark Z. 2010. "Nuclear power is too risky." *CNN*. 2010. február 22. <https://edition.cnn.com/2010/OPINION/02/22/jacobson.nuclear.power.con/index.html>

Jandó Zoltán. 2018. "Túl drága, ezért nem épül több atomerőmű a világ legnagyobb atomhatalmában." *G7*. 2018. április 19. <https://g7.hu/vallalat/20180419/tul-draga-ezert-nem-epul-tobb-atomeromu-a-vilag-legnagyobb-atomhatalmaban/>

Karel Beckman. 2015. "Steve Holliday, CEO National Grid: "The idea of large power stations for baseload is outdated." *Energypost.eu*, 2015. szeptember 11. <https://energypost.eu/interview-steve-holliday-ceo-national-grid-idea-large-power-stations-baseload-power-outdated/>

Kautsky, Ulrik, Peter Saetre, Sten Berglund, Ben Jaeschke, Sara Nordén, Jenny Brandefelt, Sven Keesmann, Jens-Ove Näslund, and Eva Andersson. 2016. "The impact of low and intermediate-level radioactive waste on humans and the environment over the next one hundred thousand years." *Journal of Environmental Radioactivity* 151, no. 2: 395-403. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2015.06.025>

KernD.de. d.n. "Nuclear Power Plants in Germany." <https://www.kernd.de/kernd-en/nuclear-power/npps-germany/>

Lardieri, Alexa. 2018. "Exelon Official: No New Nuclear Plants To Be Built in the U.S." *U.S. News*. 2018. április 16. <https://www.usnews.com/news/national-news/articles/2018-04-16/exelon-official-no-new-nuclear-plants-to-be-built-in-the-us>

Lenzen, Manfred. 2008. "Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review." *Energy Conversion and Management* 49, no. 8: 2178-99. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2008.01.033>

Lewis, Robert. d.n. "Kyshtym disaster." *Britannica.com*. <https://www.britannica.com/event/Kyshtym-disaster>

liteye.com. 2020. „Dozens More Mystery Drone Incursions Over U.S. Nuclear Power Plants Revealed.” 2020. szeptember 8. <https://liteye.com/dozens-more-mystery-drone-incursions-over-u-s-nuclear-power-plants-revealed/>

MAVIR. 2017. A magyar villamosenergia-rendszer (VER) 2017. évi adatai. https://erranet.org/wp-content/uploads/2016/11/Hungarian_Electricity_System_2017.pdf

Mudd, Gavin M. 2014. "The future of Yellowcake: A global assessment of uranium resources and mining." *Science of The Total Environment* 472: 590-607.

<https://doi:10.1016/j.scitotenv.2013.11.070>

Munkácsy Béla (szerk.) 2011. "Erre van előre - Egy fenntartható energiarendszer keretei Magyarországon." <https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/51512>

MVM gter. d.n. "Gázturbinás erőművek."

<http://www.gter.hu/bemutakozas/tevekenyseg/gazturbinas-eromuvek/>

Országos Atomenergia Hivatal. d.n. "Közérthető összefoglaló a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója üzemeltetési engedélyének módosításáról."

[http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B6A5660AF889CD35C1257CBE002A41ED/\\$FILE/KK%C3%81T%20RHK%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B6A5660AF889CD35C1257CBE002A41ED/$FILE/KK%C3%81T%20RHK%20%C3%B6sszefoglal%C3%B3.pdf)

Ökopolisz Alapítvány. 2017. „Paks II. - az évszázad üzlete, de kinek? - Ökopódium, Budapest, 2017. november 16.

https://www.youtube.com/watch?v=6zOX40eTs4U&ab_channel=%C3%96kopoliszAlap%C3%A1nyDtv%C3%A1ny

Parliamentary Office of Science and Technology. 2004. „Assessing the risk of terrorist attacks on nuclear facilities.”

<https://www.parliament.uk/globalassets/documents/post/postpr222.pdf>

Pór Gábor. 2012. *Atomenergetikai alapismeretek*. Edutus Főiskola.

https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_61_atomenergetikai_alapismeretek/ch04.html

portfolio.hu. 2021. "Nincs elég ember Paks II engedélyezéséhez, nem versenyképes a bérezés." 2021. január 21. <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20210121/nincs-eleg-ember-paks-ii-engedelyezesehez-nem-versenykepes-a-berezes-466256>

Raineau, Laurence. 2011. "Vers une transition énergétique?" *Natures Sciences Sociétés* 19: 133-43. <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2011-2-page-133.htm>

Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont. 2013. "Atomerőművi beruházások üzleti modelljei és várható megtérülésük." Műhelytanulmány.

https://rekk.hu/downloads/projects/rekk_atom_megterules.pdf

REN21.2020. "Renewables 2020 Global Status Report." https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2020_full_report_en.pdf

Reuters. 2019. "Spain plans to close all nuclear plants by 2035." 2019. február 13.

<https://www.reuters.com/article/us-spain-energy-idUSKCN1Q212W>

- Rifkin, Jeremy. 2011. *The Third Industrial Revolution: How lateral power is transforming energy, the economy, and the world*. New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Romhányi Balázs. 2014. "A Paks II beruházás költségvetés-politikai következményei." https://energiaklub.hu/sites/default/files/a_paks_ii_beruhazas_koltsegvetes-politikai_kovetkezmenyei.pdf
- Roser, Max. 2020. "Why did renewables become so cheap so fast? And what can we do to use this global opportunity for green growth?" *Our World in Data*. 2020. december 1. <https://ourworldindata.org/cheap-renewables-growth>
- Sarlós Gábor. 2014, „Miért kell, ha lehet nem is?” *Magyar Narancs*. 2014. október 11. <https://magyarnarancs.hu/publicisztika/miert-kell-ha-nem-lehet-is-91666>
- Schneider, Mycle et al. 2020. "World Nuclear Industry Status Report." <https://www.worldnuclearreport.org/>
- Sovacool, Benjamin K. 2011. *Contesting the Future of Nuclear Power: A Critical Global Assessment of Atomic Energy*. World Scientific Publishing Company. <https://doi.org/10.1142/7895>
- Strom van Leeuwen, Jan Willem. 2006. "Secure energy: options for a safer world - Energy security and uranium reserves." <https://www.files.ethz.ch/isn/91713/06-07%20Factsheet%204.pdf>
- Strom van Leeuwen, Jan Willem. 2006. "Secure energy: options for a safer world - Energy security and uranium reserves." <https://www.files.ethz.ch/isn/91713/06-07%20Factsheet%204.pdf>
- Strom van Leeuwen, Jan Willem. 2016. "Nuclear power in its Global Context." *Geographical Locality Studies* 4, no. 1: 726-87. https://www.stormsmith.nl/Resources/TYPESET_GLS4_Paper-1.pdf
- Tanter, Richard. 2013. „After Fukushima: A Survey of Corruption in the Global Nuclear Power Industry." *Asian Perspective* 37, no. 4: 475-500. <http://www.jstor.org/stable/42704842>
- Tertrais, Bruno. 2017. "On The Brink"—Really? Revisiting Nuclear Close Calls Since 1945." *The Washington Quarterly* 40, no. 2: 51-66. <https://doi.org/10.1080/0163660x.2017.1328922>
- The Brussels Times*. 2019. "Belgium closes down its nuclear plants by 2025." 2019. október 29. <https://www.brusselstimes.com/belgium/76210/no-clarity-on-alternatives-for-belgian-nuclear-plants/>

The Guardian. 2011. "Nuclear power plant accidents: listed and ranked since 1952." 2011. március 14. <https://www.theguardian.com/news/datablog/2011/mar/14/nuclear-power-plant-accidents-list-rank>

Thomson, Jonathan. 2020. „Nuclear power is clean - if you ignore all the waste. Compare the annual waste produced by a coal-burning power plant and a nuclear generating station.” *High Country News*. 2020. január 1. <https://www.hcn.org/issues/52.1/nuclear-energy-nuclear-power-is-emissions-free-but-at-what-cost-waste>

Tyner, Gene, Robert Costanza, and Richard G. Fowler. 1988. "The net-energy yield of nuclear power." *Energy* 13, no. 1: 73-81. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(88\)90080-1](https://doi.org/10.1016/0360-5442(88)90080-1)

Tyner, Gene, Robert Costanza, and Richard G. Fowler. 1988. "The net-energy yield of nuclear power." *Energy* 13, no. 1: 73-81. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(88\)90080-1](https://doi.org/10.1016/0360-5442(88)90080-1)

Weißbach, D., Ruprecht, G., Huke, A., Czerski, K., Gottlieb, S., & Hussein, A. 2013. "Energy intensities, EROIs (energy returned on invested), and energy payback times of electricity generating power plants." *Energy* 52: 210-221. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.01.029>

World Nuclear News. 2011. Siemens quits the nuclear game. 2011. szeptember 19. <https://world-nuclear-news.org/Articles/Siemens-quits-the-nuclear-game>

Yannick, Rumpala. 2018. "Alternative Forms of Energy Production and Political Reconfigurations: Exploring Alternative Energies as Potentialities of Collective Reorganization." *Bulletin of Science, Technology & Society* 37, no 2. <https://doi.org/10.1177/0270467618766995>