

gyan azt a klasszikus fizika, a klasszikus hullámelmélet alapján várható lett volna, hanem a fény rezgészmától (frekvenciájától), a kilépő elektronok száma viszont csakis a fény erősségétől függ. A fényelektromos hatásra adott magyarázatát ma is elfogadják.

Tudományos munkássága során, amely több mint fél évszázados, közel száz dolgozatot és több könyvet írt. Életében az elismerések sem maradtak el. Tudományos érdemeit egyetemek és akadémiák ismerték el. A Magyar Tudományos Akadémia 1897-ben megválasztotta levelező tagjának, 1907-ben pedig tagjának. 1907-től 1945-ig volt az Akadémia tiszteletbeli tagja. 1909-ben lett a Porosz Tudományos Akadémia tagja. Több díj nyertese, köztük: 1896-ban a bécsi Akadémia Baumgarten-díjjal jutalmazta, elnyerte a londoni Royal Society Rumford-díját és a párizsi Akadémia La Caze-díjban részesítette. 1897-ben, a Magyar Tudományos Akadémia taggá választásakor, még minden bizonnyal magyar állampolgár volt, ugyanis ez a tagság csakis a magyar tudósokat illeti meg. Azt, hogy élt benne a magyar kulturális kötődés, bizonyítja egyike, 1911-ben írt levele, amelyben ez olvasható: „Feleségem születésnapom alkalmával Mikszáth – Egy választás Magyarországon – című könyvével eredetiben örvendeztetett meg.” Nem véletlenül kapott feleségétől is magyar vonatkozású születésnap ajándékot, ugyanis önvallomásában, önéletrajzában olvashatjuk: „Sokkal később is szívesen olvasom újra a magyar költőket saját nyelvükön: Kölcsy, Vörösmarty, Petőfi mellett főleg Jókait.”

Magyar vonatkozású és részben magyar nyelvű levelezései 1884-től 1911-ig jól nyomon követhetők. E levelekből egyértelműen kiderül a magyar tudósokkal fenntartott jó kapcsolata. Személyes kapcsolatban állt

Eötvös Loránddal, *Zemplén Győzővel*, *Fröhlich Izidorral* és másokkal, Eötvös Lorándot 1914-ben Nobel-díjra is javasolta. Magyarországon nemcsak az Akadémia, hanem az egyetemek is számon tartották, számoltak vele. Például, a kolozsvári Ferenc József Tudományegyetem 1902-ben, *Farkas Gyula* tanszékvezető professzor javaslatára, tanszékvezetői egyetemi tanári állást ajánlott fel neki. Még 1914-ben is kapott magyarországi javaslatot: az oktatási miniszter maga kérte fel, hogy az új Pozsonyi Egyetem katedráját, fizikaprofesszori állását fogadja el. Ő azonban nem élt a lehetőséggel. Az is egyértelmű, hogy nagy örökséget vitt magával szülőföldjéről, de elvitathatatlan az is, hogy magyarságának, a magyarországi, a hazai tudományos szemléletnek meghatározó, nagy jelentősége volt németországi tudományos tevékenységére is.

A húszas évektől sajnálatos, de egyre inkább torzultak politikai nézetei, és másik német Nobel-díjas fizikussal, *Johannes Starkkal*, a náci ideológia, a *Deutsche Physik* mozgalom elszánt támogatói, vezéralakjai lettek. Közismert tény, hogy Lénárd Fülöp nyilvánosan is becsmérelte a „zsidó” tudományt, *Einstein* relativitáselméletével egyetemben. Ebben valószínűleg az is közrejátszott, hogy Einstein a Nobel-díjat a fényelektromos hatás magyarázatáért kapta meg, holott magát a jelenséget Lénárd fedezte fel. Lénárd Fülöp úgy képzelte el, mivel a jelenséget ő fedezte fel, megosztott Nobel-díjban neki is részesülnie kellett volna. Lénárd Fülöp politikai nézeteinek megítélése a történelem feladata, azonban kétségtelen, hogy a tudomány területén, a tudomány számára jelentőset és maradandót alkotott.

1947. május 20-án, 85 éves korában, egy Berlin melletti faluban, Messelhausenben halt meg.

VÉLEMÉNYEK

SZÜKSÉGÜNK VAN ATOMENERGIÁRA!

Magyarország 2010. évi bruttó villamosenergia-termelése közel 37 400 GWh volt, amelynek mintegy 42%-át termelte meg a paksi atomerőmű (PAE) [1]. Mint az ismeretes, 2012-től a blokkok üzemidejét várhatóan 20 évvel meghosszabbítják, így a 2030-as évek derekáig a jelenleg 2000 MW teljesítményű, stabil alaperőműnek számító atomerőmű várhatóan továbbra is a villamosenergia-termelés 35–40%-át fogja adni.

Tekintsünk azonban az ennél távolabbi időszakra! Magyarország jelenlegi energiaparkjának átlagéletkora 22 év. Ez annyit tesz, hogy az elkövetkező másfél évtizedben folyamatosan törekedni kell a meglévő erőművek korszerűsítésére/lecserélésére, új erőművek építésére. Ennek folyamán számos környezet- és klímavédelmi, gazdasági, ellátásbiztonsági szempon-

toknak, valamint európai uniós elvárásnak kell (nagyon helyesen) megfelelni. Ilyen többek között a széndioxid-kibocsátás csökkentése, az energiahatékonyság és a megújuló energiaforrások (víz-, szél-, napenergia és biomassza) 20%-os részarányának elérése Európában (ez utóbbi Magyarországra nézve 13%-os részarányt jelent) [2].

A fent említett célkitűzések mellett országunk számára létérdek olyan alaperőművek üzemeltetése, amelyek kiegyensúlyozott, stabil módon biztosítanak villamos energiát elérhető áron, továbbá mérséklék az ország energiainport-kitettségét. Az atomenergia megfelel ezeknek a követelményeknek: jól bevált villamosenergia-előállítási módszer, amely nagy mennyiségű energia felszabadítását teszi lehetővé kis he-

lyen, hiszen a folyamat motorját adó atommaghasadás során milliószor akkora energia keletkezik, mint a kémiai reakciók esetén!

A 2011 márciusában történt japán természeti katasztrófában a fukusimai atomerőmű is megsérült, és ennek hatására a társadalom atomenergiába vetett bizalma több országban megingott. Európa néhány országában politikai döntés született a reaktorflotta leállításáról (Németország, Svájc) vagy az építeni kívánt blokkok elvetéséről (Olaszország). Ezeket a döntéseket nehéz lenne műszaki okokkal magyarázni. Ugyanakkor több gazdasági nagyhatalom jelentette ki, hogy továbbra is „számol az atommal” (Oroszország, Kína, India, USA). Lengyelország és Törökország is fenntartja korábbi terveit az atomenergia bevezetésére vonatkozóan, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség pedig több mint 40 új jelentkező országot tart számon a fejlődő világból, amelyek szintén atomenergiával próbálják enyhíteni gyorsan növekvő gazdaságuk energiaéhségét. A németországi politikai döntés kilenc hónap alatt 360 millió eurós bevételt eredményezett Franciaországnak [6] az elektromos áram exportjából, ráadásul a februári nagy hidegben a németek atomerőmű(vek) újraindítását is fontolgatták [7].

Országunkban is napirenden van a paksi atomerőmű bővítése, ami tulajdonképpen a meglévő beépített teljesítmény lecserélését jelenti még korszerűbb, harmadik generációs blokk(ok)ra, a jelenleg üzemelő blokkok (meghosszabbított) üzemidejének vége felé. Ez a lépés társadalmi egyeztetést, a lehetséges típusok felmérését, előzetes hatás- és környezeti tanulmányokat igényel, hogy azután az egy vagy két új blokk a 21. századi Magyarország villamosenergia-ellátásának jelentős részét biztosítsa biztonságosan, kiszámíthatóan, fenntartható, gazdaságos módon az első kapa-vágástól az utolsó konténer radioaktív hulladék biztonságos elhelyezéséig. Annak érdekében, hogy az ország a 2030-as évek elején zökkenőmentesen, jelentős energiahiány fellépése nélkül tudja a jelenlegi blokkokat újjakkal pótolni, a bővítés előkészítésének folyamatát minél előbb, minél hatékonyabban és gazdaságosabban be kell indítani.

Mivel számos szervezet Fukusima és annak európai visszhangja nyomán kétségbe vonja az előző bekezdésben leírtakat, kiöregedőnek titulálja a nukleáris technikát, gazdaságilag megalapozatlannak látja annak jövőjét, és szentül hiszi, hogy pusztán megújuló forrásokkal meg lehet oldani az ország energiaellátását, néhány elgondolkodtató adatra és tényre szeretnénk felhívni a figyelmet.

Már említettük, az atomreaktorban keletkezik az energia a legnagyobb sűrűségben a jelenleg alkalmazható energiatermelési módok közül. Emiatt kis mennyiségű üzemanyagból nagyon sok energia állítható elő. Ennek több következménye is van. Az egyik következmény az, hogy az atomenergia árában az üzemanyag ára csak kis hányadot képvisel. A fűtőelem árának növekedése csak a növekedés ötödével növeli meg az atomenergiával előállított villamos energia árát. Így például az urán árának megkétszereződése –

azaz 100%-os árnövekedés – esetén a termelt áram ára mindössze 20%-kal emelkedne [2]. Az üzemanyag mennyiségének kicsiny volta további előnnyel is jár: könnyen halmozható fel és tárolható készlet belőle hosszú időre, akár sok évre előre. Ez nemcsak az üzemanyagár változásának hatását tudja csillapítani, de az üzemanyaggal való ellátás biztonságát is jelenti. Nincs más energiatermelési mód, amelynek forrását több évre előre tárolni és biztosítani lehetne.

2011-ben a paksi atomerőmű több mint 15 685 GWh áramot termelt [1], 2009 óta mind a négy blokkjának villamos teljesítménye 500 MW. Alaperőműként a jelenlegi paksi blokkok egyik vitathatatlan előnye a magas rendelkezésre állásuk. Teljesítmény-kihasználásuk azzal ér fel, mintha az év 327 napján (az idő körülbelül 90%-ban) maximális teljesítménnyel termelnének áramot. Vajon képes lenne erre egy avuló erőmű úgy, hogy közben a villamos teljesítményét 440 MW-ról fokozatosan 500 MW-ra növelik? Biztosan nem! A jelenlegi paksi atomerőmű esetében tehát még mindig modern, megbízható technikáról beszélünk, ami a folyamatos korszerűsítéseknek, a biztonságjavító intézkedéseknek és átalakításoknak köszönhető.

Azt az atomenergia ellenzői sem vitatják, hogy az atomerőművekben termelt villamos energia ára a legtöbb esetben versenyképes a fosszilis és megújuló energiaforrásokkal. E tény érvényes Magyarországra is: jelenleg a paksi atomerőmű állítja elő legolcsóbban a villamosenergiát. Az új paksi blokkok ellenzőinek egyik fő érve, hogy atomerőművi blokkok létesítése nagyon nagy beruházási igényű. Ezért a következőkben összehasonlítjuk, hogy mennyibe kerülne egy éves szinten ugyanannyi villamos energia megtermelésére képes nap- vagy szélenerőmű-park létesítése.

A nap- és szélenergia kapacitások létesítésének ára

A napenergia a napsütéses órák számától, pontosabban a beérkező napsugárzás teljesítményétől függ, amely egyrészt a napszakok, másrészt az évszakok változását követi. Hazánkban az első naperőmű-parkot Újszilváson építették (1. ábra), amely 2011-ben lépett üzembe, és éves villamosenergia-termelése 0,63 GWh [4]. Ilyen naperőműből 24 900 darabra lenne szükség a paksi blokkok által évente termelt villamos

1. ábra. Az újszilvási naperőmű-park (fotó: Kovács Tamás).



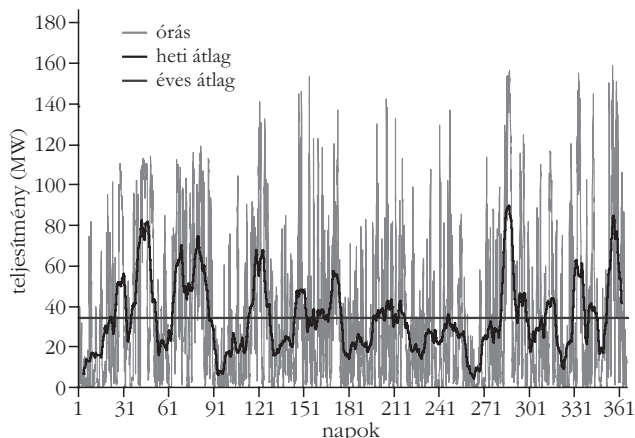
energia kiváltására. Az újszilvási projekt bruttó 618 millió Ft-ba került [4, 8]. Ugyanilyen árak mellett Paks kiváltása horribilis összeg lenne: 15 388 milliárd Ft. A mosonszolnoki szélerőmű-park évenként átlagosan 52 GWh villamos energiát termel. A park létesítése 9 milliárd forintba került 2007 és 2011 között [5]. Paks kiváltásához közel 300 ilyen parkot kellene üzembe helyezni, amelynek ára 2700–3000 milliárd Ft-ra rúgna. Ez körülbelül ugyanabban az ártartományban mozog, mint a két új paksi blokk.

A nap- és szélenergia időjárásfüggő

Egy atomerőmű *alaperőműként* szinte folyamatosan termel villamos energiát, a nap- és szélerőművek jelentősen ki vannak téve az időjárás és a napszakok váltakozásának. Az újszilvási naperőmű maximális teljesítménye 400 kW, azaz az éves 0,63 GWh energiát 66 nap folyamatos üzem mellett tudná megtermelni. Másképpen megfogalmazva ez olyan, mintha az idő 18%-ban maximális teljesítményen működne, az idő 82%-ban pedig állna. A mosonszolnoki szélerőmű-park beépített összes teljesítménye 24 MW. Az évente megtermelt 52 GWh energiát tehát kevesebb, mint 91 napos maximális teljesítményen való üzemidő során tudná megtermelni, azaz az éves kihasználtsága alig 25%. A 2. ábra a szélerőművek villamosenergia-termelési adatait mutatja a 2009-es évben órás, heti és éves átlagkihasználtság alapján. Az ábra tanulsága nem a teljesítmény nagyságában, hanem annak szélsőséges alakulásában érhető tetten. A szélviszonyok óránkénti változása egyszer jelentős többletet termel, máskor hiány lép fel. Ha ez az ingadozás a hazai termelés viszonylag kis százalékát érinti csak, akkor azt a villamosenergia-rendszer el tudja viselni. Azonban, ha ilyen ingadozások a termelési kapacitás 40%-ban lépnének fel, ez súlyos gondokat – akár a rendszer időnkénti összeomlását is – okozná.

Abban az esetben, ha a nap- és szélerőművek nagy arányban lennének jelen a hazai villamosenergia-termelésben, az erősen ingadozó teljesítmény kiegyenlí-

3. ábra. Atomerőmű-építés Indiában.



2. ábra. Szélerőművek villamosenergia-termelése 2009-ben [3].

tésére további beruházások, például okos hálózat (smart grid) kialakítása, és/vagy energiatároló kapacitások – például szivattyús-vízározós erőművek – létesítésére lenne szükség. Nyilvánvaló, hogy ilyen járulékos kapacitások létesítése a korábbiakban említett beruházási költségeket további komoly összegekkel növelné, és a tározós erőművek környezetterhelő hatását is figyelembe kellene még venni.

Végeredményben hazánk villamosenergia-termelése 40%-nak kiváltásához sokkal drágább lenne nap- és/vagy szélerőműveket (és járulékos létesítményeket) építeni, mint két új paksi blokkot.

A Magyar Nukleáris Társaság fontosnak tartja az atomenergiához hasonló, üzem közben üvegházhatású gázok kibocsátásával nem járó energiaforrások, így a szél- és naperőmű-parkok telepítését és a jelenlegi kapacitások ésszerű mértékig történő bővítését is, ám nem tartja megalapozottnak azt az állítást, miszerint ezekkel az atomenergia alkalmazása kiváltható lenne. Véleményünk szerint a világon (zömében Ázsiában) jelenleg épülő 63 nukleáris reaktor (3. ábra) és számos európai és észak-amerikai reaktorpark bővítése igazolja a nukleáris technikába világszerte vetett hitet. Az igazi kérdés tehát nem a nukleáris reneszánsz vagy német romantika közötti választás, hanem az, hogy elvetve az érzelmi megközelítést, reálisan, érvekre alapozva el tudjuk-e fogadni azt, hogy szükségünk van atomenergiára.

A Magyar Nukleáris Társaság elnöksége

Irodalom

1. http://www.npp.hu/sajtokozlomeny_20120130
2. Bacskó Mihály: Az MVM csoport stratégiája az európai és magyar energiapolitikai elvárásokra tekintettel http://www.kezunkbena.govonk.hu/images/userimages/userfiles/Energia/eloadasok/7_Bacsko_Mihaly_MVM.pdf
3. Szélerőművek kihasználtsága Magyarországon http://www.mavir.hu/c/document_library/get_file?uuid=153d2d78-1c6f-4d54-858e-5bc46f56c352&groupId=10258
4. Újszilvási naperőmű: <http://www.pestmegye.hu/hirek/elkeszult-ujszilvas>
5. Mosonszolnoki szélerőmű-park: http://zoldtech.hu/cikkek/2007_0125mosonszolnok
6. MTI, http://www.mfor.hu/cikkek/Jol_jartak_a_franciak_a_nemet_atomstoppal.html
7. http://hvg.hu/vilag/20120209_nemetország_atomeromu_ujra_inditas
8. <http://www.alternativenergia.hu/ime-az-ország-legnagyobb-naperomuve/41042>