

Életünk az energia – Nap és atom szén nélkül?

LIVO LÁSZLÓ okl. bányamérnök, geotermikus szakmérnök, c. egyetemi docens,
ügyvezető MARKETINFO Bt.

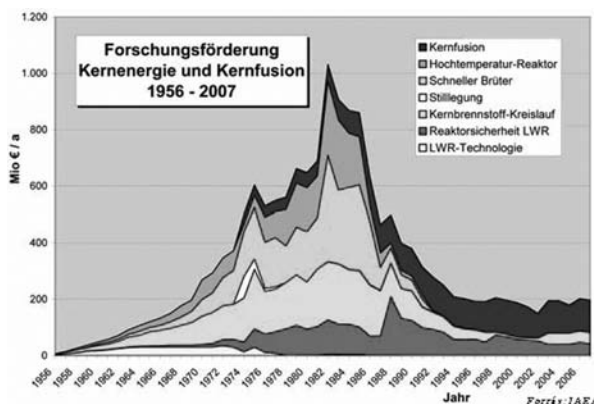


Úgy tűnhet, minden ország önállóságának alapköve az energiaigények folytonos kielégítése. Röviden az energiabiztonság. Vannak, akik inkább az összekapcsoltságban hisznek. Az energia és egyéb infrastruktúrák országhatárokon átívelő összekötésében. S ez majd előbb-utóbb az államhatárokat is feleslegessé teszi, mondják. Dolgozatunk azt vizsgálja, hogy az energiabiztonságon belül a villamos energia mindenkorai rendelkezésre állása nap- és atomenergia kizárólagosságával megoldható-e?

A villamosság az energiahordozók képzelt rangsorában előkelő helyre kerülne, vagy inkább az elsőre. Annak ellenére így van ez, hogy a természetben villamosság önmagában nem létezik. A villamos áram mind a légkörben, mind az élő szervezetekben, valamint az emberi technikában speciális feltételek teljesülésével keletkezik. Többségében ott és akkor, ahol és amikor szükség van rá. Az elektromosság több évezredes ismertsége ellenére csak az első világháború után kezdte meg napjainkban is egyre gyorsuló térnyerését az energetikában. Mára bátran mondhatjuk, az emberi élet szinte minden területén átvehetné a vezető szerepet. Többek szerint nemsokára akár kizárólagos energiahordozó lehet. A villamos energia használata, nehézkes előállítása, ma még szinte lehetetlen tárolhatósága, speciális igényeket támaztó szállítása és az emberi életre gyakorolt veszélyessége ellenére széles ívű karriert futott be az elmúlt 60 esztendő során. Alkalmazásának köszönhetjük többek között a mérés-technikát, a határok nélküli egyéni- és tömegkommunikációt, az úrkutatást, az életünket mára jócskán befolyásoló számítástechnikát, az informatikát, a finommechanikát leváltó mechatronikát, a robotikát. Nem csoda tehát, ha a gyorsan szaporodó lélekszámú földi lakosság villamosenergia-igénye rohamosan növekszik. Naponta újabb villamos energiát fogyasztó alkalmazások születnek, melyek gyorsan terjednek, igényelve egyre több villamos energiát előállító erőművet, erőművi blokk üzembe állítását.

Nemrég – közel 30 évvel ezelőtt – azt mondhattuk, az USA-n, Kanadán, Európán, Japánon kívül nem volt a világon jelentős villamosenergia-fogyasztó. Talán ennek a viszonylag rövid időnek is tudható be, hogy a villamos erőművi technika ma ugyanazokat a csekély hatásfokú, hatalmas mennyiségű hulladékot termelő és természetbe juttató technológiákat kínálja az új fogyasztók számára is, mint születésekor.

Az 1950-es évek reményesei: a szaporító atomreaktorok, a tórium alapanyagú blokkok, a fúziós technika egyelőre csak vágy maradt. Vágyakozásunk vélhetően a jövőben is folytatódni fog. Erre utal az 1. ábra, mely a kezdetektől mutatja be az atomenergetikai kutatás-fejlesztésre világviszonylatban fordított összeget.



1. ábra: Az atomenergetikai kutatásokra fordított összeg (millió EUR/év) alakulása

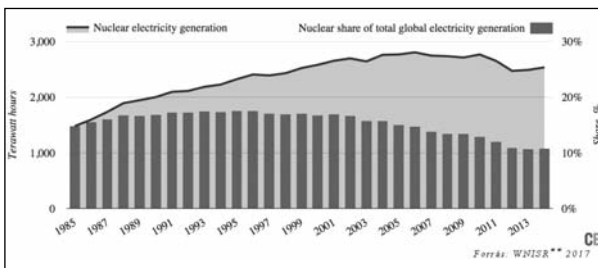
A diagram, mely euró milliárdok elköltéséről beszél, ékesszólóan bizonyítja, hogy a kezdetben jó ötletnek tűnő kezdeményezések mind elhaltak a természet mélyebb megismerésének köszönhetően. Mára mindössze három téma maradt. Az elengedhetetlen reaktorbiztonság fokozása (legalsó görbe), a fúziós lehetőség „nagy erővel” való kutatása (felső görbe) és visszatérő témaként az üzemanyagciklus lehetőségeinek további megismerése (középső görbe). Tisztán természettudományos és műszaki alapon megkockáztathatnánk azt a sejtést, ha lenne más, minden szempontból biztonságos lehetőség, az U235 izotópot használó nyomott vizes reaktorok már nem is szerepelnének az amúgy is szűkös kereskedelmi választékban. A hajdan nagynevű amerikai és francia gyártók ma már nem kínálják termékeiket. Oroszország, Kína, Dél-Korea is csak módjával, inkább saját használatra gyárt. Japán önmaga üzemeltet, nem épít újat.

Az 1. ábra érdekessége, hogy az atomerőművek végleges leállítására (lebontás, ártalmatlanítás) irányuló kutatásokra nem áldoz a világ az 1980-as évek közepe óta. Azonban a fúziós kutatások sem dűskálnak anyagi forrásokban. Franciaország ad otthont a nemzetközi programnak és talán Németország végez egy kis különutas kutatást is. A hírek szerint Oroszország egy, az 1960-as években kezdett kutatási programot folytat ma

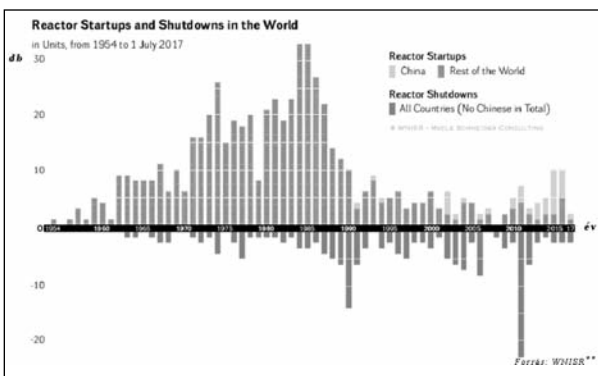
is a gyors tényészreaktorok területén. A zárt üzemanyagciklus megvalósítása, a transzmutáció kiaknázása a fizikai tudományos elképzelés megvalósítása egy hosszú távú hasznosítást jelentene a gyakorlatban, ami többszörösére növelhetné az urán alapú villamosenergia-gyártás napjainkban még elenyésző hatásfokát amellet, hogy alkalmazásával jelentősen csökkenne a nagy aktivitású radioaktív hulladékok mennyisége is. Megoldódna a „kiégett” fűtőelemek reprocessálása. Amire és a feldolgozásig való elhelyezésükre ma még nincs a világban megnyugtató technológia.

Az IAEA (International Atomic Energy Agency – Nemzetközi Atomenergia Ügynökség) 4/2017-es adataiból kiderül, hogy a világban található 451 db reaktorból a 340 db üzemképes, villamos áramot termelő reaktor 2016-ban 2,5 PWh villamos energiát állított elő.

Hogy ez sok, vagy kevés, azt a 2. ábrából ítéltük meg. A diagram érdekessége kettős. Egyrészt az atomenergetika villamosáram-termelése 2002-ig „meredeken” felfutva arányaiban szinte tartotta a lépést a világ villamosenergia-igényének növekedésével. (Bár a korai remények sokkal nagyobb meredekségről és a villamos áram termelésben a szén vezető szerepének átvételéről szóltak.) Másrészt 2002-től a részesedés erősen csökken. Annak ellenére, hogy az atomerőművekben termelt összes villamos energia mennyiségi csökkenése csak 2006 táján kezdődött meg. A magyarázatot keresve az ok vélhetőleg nemcsak abban rejlik, hogy az atomenergetikai termelési mód és technológiák főként Európában és Észak-



2. ábra: Az atomerőművekben termelt villamos áram részaránya a világ fogyasztásában (** WNISR = World Nuclear Industry Status Report)



3. ábra: Indított és termelésből kivont atomerőművi blokkok 1954-2017

Amerikában közkedveltek. Vagy, hogy a világ villamosenergia-éhsége sokkal jelentősebb, mint a köztudottan hosszú átfutási időt és nagy anyagi ráfordítást igénylő atomerőmű építési képessége. Tény, hogy sok tekintetben politikai okok is közrejátszanak. Azonban a legfőbb ok a természetben valószínűsíthető. A mai atomtechnika kis hatásfoka miatt nagyságrenddel több hűtőközeget kíván, mint más villamosáram-termelési mód. A blokkok kapacitásnövelése is fizikai határaihoz érkezett. Az „előregedett” egységek fizikai és erkölcsi kopása sem enged többszöri üzemidő hosszabbítást.

Az elmondottakat erősíti a 3. ábra is. Itt a blokkindításokat és termelésből való kivonásukat időrendben láthatjuk. Érdekes, hogy pl. Kína, ahol az energiaínség óriási, 2017 júliusáig csak egy blokkot helyezett üzembe a megelőző évek 6-9 db-jával szemben. Igaznak tűnik tehát az a gyakran elhangzó állítás is, hogy az atomenergia népszerűségét döntő mértékben nem a ritkán bekövetkező súlyos üzemzavarok befolyásolják! A 3. ábra még egy fontos dologra figyelmeztet.

1. táblázat: „Atomrangsor” 2016 (Forrás: WNISR 2017)

Franciaország	72,3%
Szlovákia	54,1%
Ukrajna	52,3%
Belgium	51,7%
Magyarország	51,3%
Svédország	40,0%
Szlovénia	35,2%
Bulgária	35,0%
Svájc	34,4%
Finnország	33,7%
Örményország	31,4%
Dél Korea	30,3%
Csehország	29,4%

Az atomerőművek lebontási, ártalmatlanítási gyakorlata kialakításának gyorsuló igényére, mely vélhetően hosszú idejű és pénzigényes kutatást kíván, amint megkezdődik.

Hazánk a saját fogyasztásukhoz mért leg több villamos energiát atomenergiából termelő országok toplistáján az

előkelő 5. helyen szerepelt 2016-ban. (1. táblázat)

A lista érdekessége, hogy olyan nagy áramfogyasztók, mint Kanada, USA, Kína, Japán, Németország stb. itt sem jeleskednek. Ők is sokkal inkább a fossziliáknak, elsősorban a szénfélésegeknek adnak elsőiséget. (2. táblázat)

Az 1970-es évek vége óta közismert mindaz a környezeti ártalom, mely a villamosenergia-gyártás és -használat során a környezetet, a természetet, benne az embert terheli, a hulladékhőtől a nagy vízpáráképzésen, a sokrétű füstgáz és por kibocsátáson keresztül a salak, és atomhulladék keletkezésén át a széles frekvencia spektrumú elektroszmogig.

A közeljövő tervei szerint a tömeges villamos autózás, a villamos energia használatának áldásai és ártalmi az eddig jelentősen nem szennyezett területekre, a közutakra is kiterjednek. Az önvezető járművek majdani információéhsége és az információk valós idejű cseréje az utakon közlekedők soha nem látott mértékű elektronikuszavar-terhelését okozhatja, melynek élet-tani hatásai csak részben ismertek. (Részletek a „Villamos autózásról” c. cikkünkben.)

A felsoroltak miatt sem véletlen tehát, hogy a környezet védelmének fontossága ráirányította a figyelmet a megújulókból, tömegében főként a Nap és a szél energiájából történő villamosáram-fejlesztésre. A kutatások eredményeképpen két irány alakult ki a napenergia villamos hasznosítására ma alkalmas eszközök terén.

Az egyik, inkább kommersz technológia, a különböző anyagú és felépítésű napelem táblák alkal-

mazása. Az ehhez használt eszközök előállítására ritka ásványok felkutatása mellett költség- és energiaigényes előállítási technológiát kíván. Az ún. fotovoltaiikus napelemek ezért jelentős környezeti lábnyomot hagynak maguk után, amellyel, hogy maximálisan elérhető 32%-os hatásfokuk elmarad a modern fosszilis erőművek hasonló jellemzőjétől. A 4. ábrán bemutatott számos technikai lehetőség közül a piacot a gyártók számára extraprofitot biztosító szilícium alapú napelemek uralják. Annak ellenére, hogy ennél nagyobb arányú energiahasznosítást nyújtó eszköz több is lenne... Az energia átalakítási hatásfok emelésére egyelőre nem törekcsenek. Inkább az egységelteljesítményt igyekeznek növelni. Ma ott tartunk, hogy négyzetméterenként 200 W kapacitást telepíthetünk, melyből 15%-os hatásfokkal a leginkább napos időszakban maximum 30 W-ot folyamatosan ki is használhatunk egyenáram termelésére. (3. táblázat)

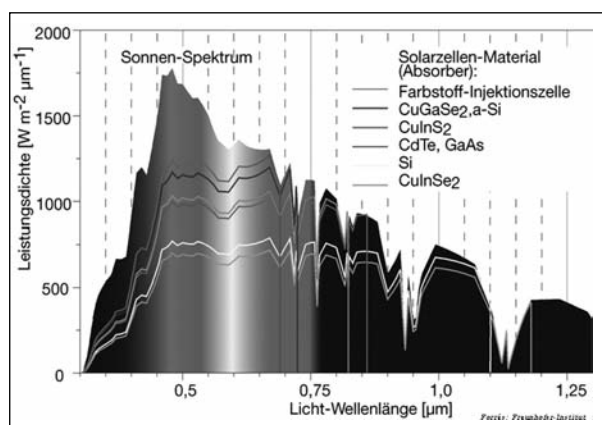
A táblázat természetesen maximális adatokat tartalmaz Magyarország vonatkozásában. Az áramtermelés is tájékoztató adat. Hiszen a napelem hozama műszaki sajátosságain túl függ a telepítés helyén mérhető éves napsütéses órák számától, a levegő sugárzást elnyelő képességétől (tisztaságától, vízpára tartalmától stb.) Városban tehát a kevésbé áteresztő levegő miatt nyá-

2. táblázat Energiatermelési adatok 2015 (Forrás: IEA 2015)

Ország	Japán	Németország	Magyarország	Mértékegység
GDP	4462,32	3696,61	142,91	Mrd USD (2010)
Népesség	126,98	81,69	9,84	millió fő
Energiahordozó termelés	30,28	119,57	11,30	Mtoe/év*
TPES**	429,79	307,79	25,21	Mtoe/év
Energiahordozó import	409,09	198,31	13,58	Mtoe/év
Saját villamosáram-termelés	1041,34	646,89	30,34	TWh
Villamosáram-termelés szénből	343,22	293,71	5,91	TWh/év
V.á.-termelés atomenergiából	94,37	91,79	15,83	
V.á.-termelés napenergiából	35,86	38,73	0,12	
Villamosáram-fogyasztás összesen	998,68	573,00	40,33	
Fajlagos villamosenergia-fogyasztás	7,86	7,01	4,1	MWh/fő/év
CO ₂ kibocsátás	1141,58	729,77	42,48	Mt

* Mtoe = Millió tonna olaj egyenérték; 1 Mtoe = 44,769 PJ = 12,436 TWh

** TPES = összes elfogyasztott primer energia



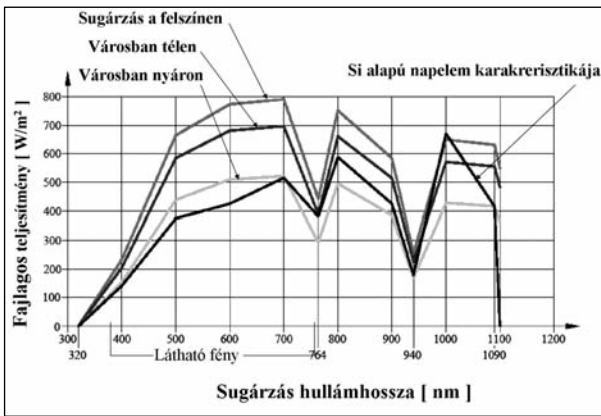
4. ábra: Napfény spektrum és áramot termelő napelem konstrukciók

ron a fizikai lehetőségtől jóval kevesebbet termelhetünk a „napáramból”, mint falun. Az autópályák szegélye például ebből a szempontból kifejezetten rossz áramtermelő. Vidéken sokkal tisztább a levegő, különösen télen, itt közel 35%-kal jobban teljesít a napelem. A téli üzem azonban a rövidebb nappal miatt a nyárinak mintegy 50%-át adhatja csak.

Hozambecslési segítséget adunk közre az 5. ábrán,

3. táblázat: Villamosenergia-termelés napelemekkel

Napelem tábla	Felület	Hatásfok	Teljesítmény	1 ha naperőmű	Termelési kapacitás	Nyerhető energia
	m ²	%	W	db tábla	W/m ²	GWh/év/ha
	1,4	15	300	6667	200	0,6



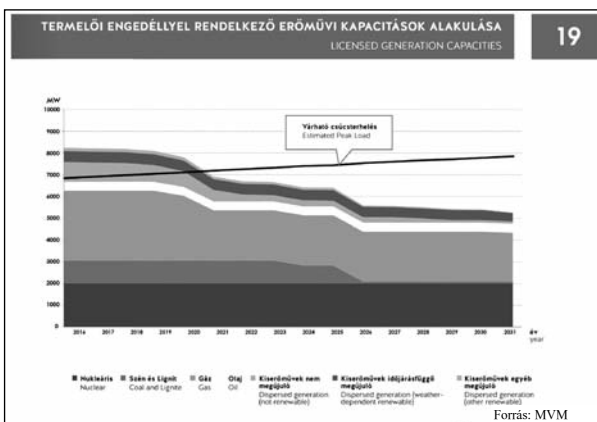
5. ábra: A napsugárzás intenzitása és hasznosítása Si napelemekkel

mely az irodalom adatainak feldolgozásával készült. A szilícium alapú napelem a természeti lehetőségekből, melynek csupán egy része látható fénysugárzás, széles spektrumot kezel, melynek 1100 nm-nél (1 nanométer = 10^{-9} méter) hirtelen vége szakad, amellet, hogy városi körülmények között a napsugárzás elérhető spektrumából több energia is rendelkezésre állna. (4. ábra)

A napenergia használatában a professzionálisabb megoldást a Nap sugárzási hőenergiáját is kihasználó alkalmazások jelentik. Itt a technológia következő lépése a gőzfejlesztés, mely turbinát, majd generátort hajtva a szokásos módon termeli a váltóáramot.

Ezek az ipari megoldások, melyek ugyancsak speciális ásványokból készített tükröket, jó fényáteresztő, nyomástűrő fluidum áramoltató csöveket is kívánnak már jobb hatásfokúak. A néhány kísérleti példány, az USA-ban és Ausztráliában üzemelő maximum 400 MW-os berendezés tapasztalata alapján a kipróbált kétféle, egymástól a hőnyerés, tárolás és szállítás módjában különböző technológia energia átalakítási hatásfoka tartósan eléri a 35-45%-ot.

Azonban a gyenge besugárzás és a nagy helyigény miatt az Ibériai félszigetet kivéve Európában ezek az üzemek vélhetően szóba sem kerülnek. Pedig ez az a megoldás, mellyel éjszaka is termelhető villamos áram, megfelelő tervezés és technológiai fegyelem mellett. (részletek a www.energiakademia.lapunk.hu honlapon)



6. ábra: Erőmű kapacitásaink jogszabályi leépülése

4. táblázat: Hazánk energia mérlege [ktoe*] (Forrás: IEA 2015)

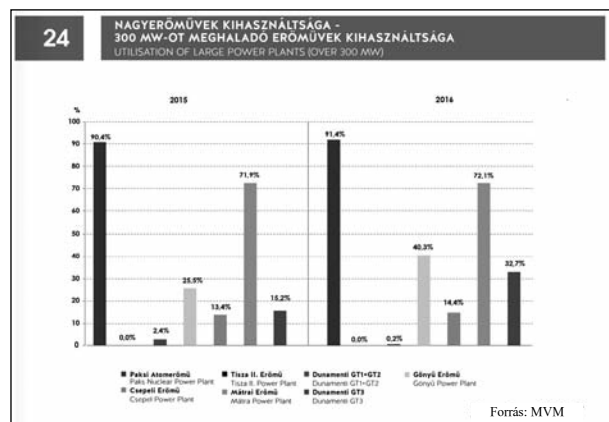
Energiahordozók	Termelés	Behozatal	TPES
Szén	1518	1108	2626
Olaj (közlekedés, ipar)	866	6628	7494
Földgáz	1369	5675	7044
Atom	4146	összes felhasznált fűtőelem	4146
Megújulók és hulladék	3397	227	3624
Villamos áram	fentiekből	1714	1714

*ktoe: 1000 tonna olaj egyenérték;
1 ktoe = 44,769 TJ = $12,436 \times 10^9$ kWh

Térjünk most vissza a bevezetőben feltett kérdéshez. Magyarországon megoldható-e a jövő villamos energia igényének ellátása csupán atom és nap alapon? A fő kérdés tehát, miből és hogyan lesz biztosítva a nap minden másodpercében a közlekedés villamosításával ugrásszerűen megemelkedő villamosenergia-igény?

Hazánk primer energiahordozó kincseinek rangsora a Nap által rendelkezésünkre bocsátott energiával kezdődik. A második helyen a szénvagyonunkat, a harmadikon a geotermikus energia vagyonunkat említhetjük meg. Hasznosításukat tekintve energetikánkban egyikük sem foglal el ma érdemleges helyet. (2. és 4. táblázatok)

Hogy a problémát érzékeljük, vizsgáljuk meg Magyarország mai energiafogyasztását, ami közel 950 PJ/év (1 PJ = $0,28 \times 10^9$ kWh), és három fő pilléren nyugszik. A szükséges kényelmi hűtés-fűtést, valamint az ipari és a mezőgazdasági hőenergiát többféle energiahordozóból és elenyésző mennyiségű villamos áramból, a közlekedési energiát leginkább fluidumokból, míg a széles körben használt villamos energiát a szén energetikai szerepének fura értelmezése miatt, úgy mint Európában, egyre szűkülő primer energiahordozó körből állítjuk elő. 2018-ban az arányok a három energiafelhasználási csoport között közel azonosak. A villamos energiájú közlekedés gyors térnyerése ezt az arányt a villamos energia javára 1/3-ról 2/3 felé viszonylag rövid idő, akár 15-20 esztendő alatt tolhatja el.



7. ábra: Jelentősebb erőműveink kihasználtsága

A 6. ábrán a várható hazai villamosenergia-fogyasztást és termelési lehetőséget látjuk. A vizsgált időszakban villamosáram-fogyasztásunk jelentősen nem bővül. Ebben fontos szerepe van annak, hogy a lefelé épülő energiaigényes iparágak (bányászat, kohászat, vegyipar stb.) egyre kisebb, míg a szolgáltatás és a háztartások egyre nagyobb fogyasztóvá válnak. Ha az erőműveink oldaláról nézzük a diagramot azt mondhatjuk, hogy e rövid idő alatt a közel 12000 MW-nyi kapacitással rendelkező villamoserőmű parkunk üzemeltetését tekintve jóval 6000 MW alá csökkent. Ennek a gyors változásnak az oka az erőművi szenes blokkok idő előtti bezárása és földgázzal üzemeltethető blokkjaink „magas gázár” miatti üzemszünete mellett döntő részben az országba érkező határtalan mennyiségű import villamos energia. A gazdasági indok, hogy gyakran nemhogy olcsó, hanem negatív tőzsdei árú a Németország felől érkező „nap- és szélenergia termelte villany”, csak részben fedi a valót. Amúgy is rövid idejű piaci anomália.

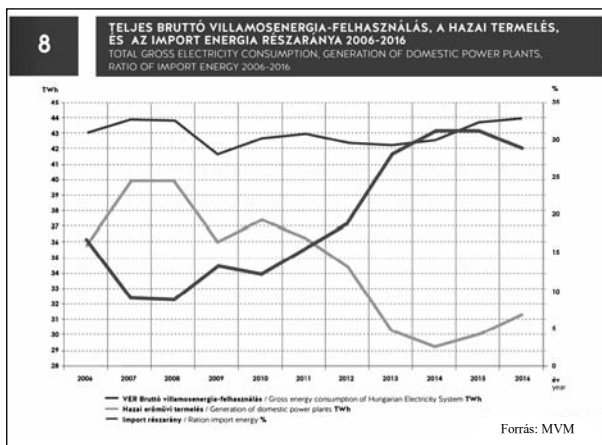
Amellett, hogy a vásárolt villamos áram ára külföldi zsebekbe kerül, ami hazánk fizetőképessége és köztudottan hatalmas adóssága miatt sem szerencsés, a műszaki valósághoz tartozik, hogy az egyesített európai villamosenergia rendszerben mi vagyunk az egyik olyan ország, aki ezzel az energia átvétellel be tudunk segíteni a rendszer stabilitásának fenntartásába. (Részletek a www.energiakademia.lapunk.hu honlapon.) Röviden szólva, elfogyasztjuk a rendszert labilisá tévő, főként szén alapú német túlermelés egy részét. (2. táblázat) A 6. ábrát szemlélve, saját kapacitás oldalról folyamatos egy jogi nyomás is, mely a leépülést gyorsíthatja. Nevezetesen az erőművi blokkok környezethasználati engedélyének lejáratá.

Energiabiztonságunkat nézve, rövid távú szempontok szerint az áramvásárlási lehetőségek kihasználása természetesen üdvözlendő! Azzal együtt már kevésbé örömteli, hogy a paksi blokkok, mint az a 7. ábrán látszik, jócskán elnyomják a hazai erőműpark maradék napi termelési lehetőségét. Hazai „nagyerőműveink” kihasználtsága a kapacitásaikat tekintve így mindössze átlagosan 23%-on áll. Erősítve az erőműves szakma spontán leépülésének folyamatát. A jövő

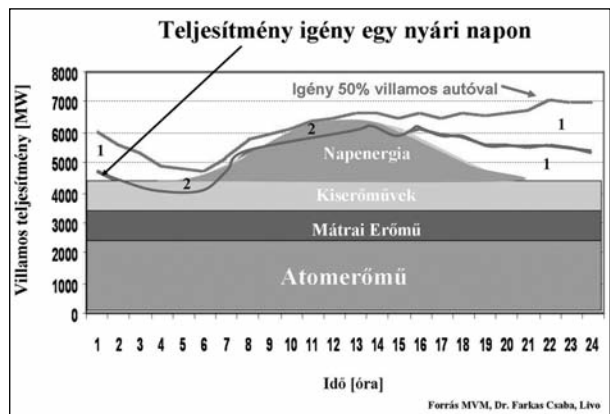
szempontjából egyáltalán nem szerencsés ezt a gyakorlatot hosszasan fenntartani! Hiszen nyugdíjba kerülnek azok a szakembereink, akik az atomon kívüli technológiákat ismerik. Nincs szükség utánképzésre, a megújuló technológiák megtanulására és gyakorlására, szinte félve vetjük fel: kollektív energiatermelési tudásunk fejlesztésére? A valaha világhíres magyar erőműves szakma Erőterv, Erbe, Erőkar és mások, már csak legendák szintjén léteznek villamos gépgyártásunkkal és a volt egyetemi és szakmunkás képzéssel együtt.

Ahogy az energetikában, így a villamosáram-termelésben is hosszú távon érdemes tervezni. A kép teljesen tiszta a 6. ábra szerint. Amennyiben a koncepción nem változtatunk, hazánk villamosáram-termelő képessége a szükséges üzemelő kapacitás 50%-a alá esik. Ez röviden szólva azt jelenti, hogy hamarosan nem lesz olyan erőművünk, ami hazai energiafordozókból állíthatja elő az áramot. Villamosenergia rendszerünk az atom túlsúly miatt rugalmatlanná válhat, és válik is, ha nincs kéznél a pillanatnyilag szükséges import áram. Arra már szinte szót sem érdemes vesztegetni, mi történhet például egy majdani 1200 MW-os atomerőművi blokk kiesése esetén. Itthon ugyanis nincs mivel pótolni. Igaz, a döntéshozói kompetencia szintjén ez „csupán” napi üzemeltetési gondnak tűnhet. A hiányzó energiáért pedig beláthatatlan, kinek, mikor és mennyit kell (lehet) majd fizetnünk.

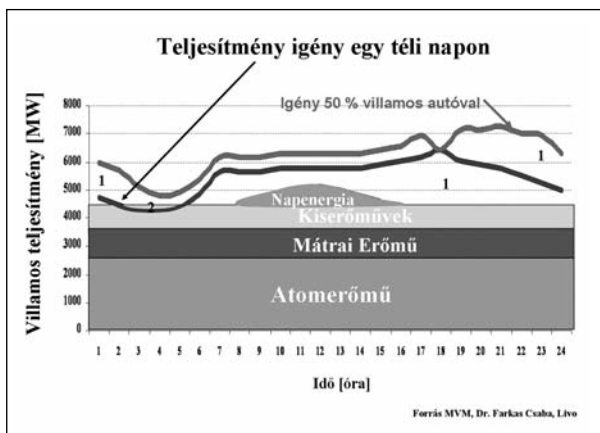
Feltűnő, hogy már 2006-tól kezdve mennyire nyílik a hazai villamosenergia „olló”. Egyre nagyobb mennyiségű áramot hozunk külföldről. (8. ábra) Amíg Magyarországra 24%-nyi villamos áramot főként német forrásból hoztunk be, addig Németország termelésének 52%-át külföldön értékesíti. Az energiafordozókban valóban szegény szigetország, Japán szintén termel eladásra áramot. (2. táblázat) Érdekeség vagy inkább következmény, míg a CO₂ elleni harcot vezető Németország villamosenergia-termelése hazánkénak 12-szerese, addig ezt az energiát 17-szer nagyobb széndioxid-kibocsátással termeli meg, mint mi a sajátunkat. Természetesen csak így teheti, hiszen a napfény és a szél szünetekben a szénerőművek termelik a villanyt, amihez ezeknek alapterhelésen folya-



8. ábra: Magyar „villamosenergia olló”



9. ábra: Hazai villamosenergia-fogyasztásunk egy jövőbeli lehetséges szerkezete nyáron



10. ábra: Hazai villamosenergia-fogyasztásunk egy jövőbeli lehetséges szerkezete télen

matosan működniük kell. A legfrissebb német adat, hogy 2018 első félévében fejlesztett 265 TWh villamos energia 36%-át szén-erőműben állították elő. Míg a teljes fosszilis arány 44,6% volt. Ugyanakkor az összes megújuló 42,3%-ot képviselt. Az atomerőművek 13,1%-ban vették ki részüket a német villamosenergia-előállításból. Joggal látszik érthetetlennek tehát, hogy az az ország, aki meghirdette a teljes széntelenítést, szénből nyert energiával kívánja ezt a célt elérni?!

Hazánkban, úgy tűnik, a napjainkban már viszonylag olcsó szilícium alapú fotovoltaiikus napelemtáblák elterjedése várható. A Kárpát-medence „kecsegtetően jó” besugárzási tulajdonságai miatt hektáronként 2 MW/ha teljesítményt telepíthetünk. Ahhoz, hogy országos méretekben jelentős mennyiségű napenergiát használhassunk fel, a 15% hatásfok miatt legalább 7000 hektár feláldozásával kell számolnunk. (5. ábra)

A 9. és 10. ábrán az MVM adatait bázisul választva megszerkesztettük Magyarország nap- és atomenergia túlsúlyára alapozott téli- és nyári napi villamosenergia-gyártás és -felhasználás egy lehetséges változatát. A diagramon ugyancsak feltüntettük az 50%-nyi villamos járműpark által megnövelt napi villamos teljesítmény-igényt. Az ábrákon 1-gyel jelölt mezők energiahiányt, a 2-vel jelölt mezők el nem fogyasztott energiát jeleznek. A görbék alatti terület ugyanis a fogyasztáshoz szükséges termelési kapacitások által előállított energiamentiség értékét adja, hiszen a vízszintes tengelyen az időt szerepeltetjük.

Például nyáron 21 óra környékén normál esetben 20%, villamosított közúti közlekedéssel együtt csaknem 40% a pótolandó kapacitás! Télen a hiány jóval korábban éri el a maximumot. Villamosított közút nélkül már 18 óra tájban mintegy 35%, villamos járművekkel a kapacitáshiány 20 óra környékén közel 60%-ra nő! Azonban a leginkább verőfényes téli napon délidőben is közel 20% erőművi teljesítmény hiányunk lehet.

Az ábra azt is bemutatja, hogy napi viszonylatban nyáron „optimális méretű naperőmű” kapacitás télen energiahiányt generál. A villamos járművek energiaigényének időbeli jelentkezéséből az is lemérhető,

hogy a villamos rendszer szabályozásába ez a jelentős energiátároló kapacitás mikor és milyen mértékben vonható be.

A problémák megoldását segítheti egy fosszilis erőműpark, mely készen áll a hiányok (1-es mezők) pótlására. Mint azt Németország és Japán is teszi a gyakorlatban. Hogy a korbont szilárd vagy fluidum tüzelésű erőművel vonjuk be a villamos energia szolgáltatásba, elsősorban gazdasági kérdés, ha a műszaki tulajdonságokat és lehetőségeket jól használjuk ki. Tudjuk, hogy csakúgy mint Európa, Magyarország sem rendelkezik villamosenergia-igényeit maradéktalanul megtermelni képes fluidumokkal. Szénfésülés-gékekkel azonban igen!

A villamos rendszer a megfelelő kapacitású szén-erőmű és gázturbina park segítségével jól szabályozható. Ezek a nagy- és kiserőművek a rendszer biztonságát szolgálják akkor is, mikor politikai vagy piaci anomália, netán havária, szabotázs miatt az egyesített európai rendszer nem tud energiát adni vagy felvenni.

A megfelelő blokk teljesítményű lignit és barna- (fekete) szén alapú erőművek – bár nálunk ma még nem kellő kapacitást képviselnek – a rendszer szabályozásának alapelemei, melyek nem csak éjjel és egyéb napfénymentes időszakokban képesek hazai alapanyagból villamos áramot termelni, hanem atomerőművi havária, blokkleállás esetén is bevetethők. Hazai energiaforrásaink rendelkezésre állása láthatóan nemcsak energiabiztonságunkat, de szuverenitásunkat és nemzetbiztonságunkat is fokozhatja felhasználásuk esetén.

Természetesen lehet a Naptól nyert energiának más arányt szabni, azonban ez az elmondottakon és az ideális erőművi blokkméret kiválasztásának dilemmáján nem változtat pozitív irányban. Országunk és benne villamos elosztóhálózatunk olyan erőművi blokk nagyságot kíván, melynek mérete ésszerűen maximált. A méret mind műszakilag, mind gazdaságilag igazodik a villamos elosztórendszer folyamatos üzemben tartásának szükségességéhez. Akár blokk kiesés, nem tervezett, váratlan havária helyzet bekövetkezése esetén is!

A jövő atomerőművi blokkjai 1200 MW-os blokkmérettel elképzelték állandó üzem és tervszerű karbantartási kiesés mellett. Evidens, hogy akár tervezett, akár havária az üzemszünet oka, a blokk 1200 MW folyamatos termelésére képes fotovoltaiikus naperőművel nem pótolható. Ha más saját megújuló energiaforrásainkban gondolkodunk, jelentősen kisebb maximális blokkméretet kellene választanunk. 1200 MW-tal azonos kapacitású fosszilis erőművi blok(ok)kal egyelőre nem rendelkezünk. A 9. és 10. ábrákból az is leolvasható, hogy ez az 1200 MW a maximális áramigényünk 15-20%-a. Ugyanez 500 MW-os blokk nagyságnál csupán 6-10% lenne, ami technikailag sokkal könnyebben pótolható.

Az MVM adataiból kiindulva a mai helyzet az, hogy a hazai villamosrendszer szabályozásában közel 7780 MW összteljesítményű nagy- és kiserőmű vesz részt. Melyek nagyobb része (kb. 4000 MW) folyama-

tosan termelhetne. Bár az összes kapacitás több mint 50%-a szénhidrogént égetne üzem közben, és csupán 11% lignit (szén) üzemű. (részletek a Villamos rendszer irányítás c. cikkünkben) Mint láttuk, nem ezt a gyakorlatot folytatjuk.

Hazai villamosenergiaelosztó-rendszerünk központosított, ezért az elmondottak alapján úgy gondoljuk, hogy mind az atomenergiának, mind a napenergiának jelentős szerepe lehet hazánk villamosenergia-ellátásában. A 9. és 10. ábrák azonban jól mutatják, hogy szerepük nem lehet meghatározó. Az atomenergia alaperőművi feladatra alkalmas. A napenergia kiegészítő energiaforrás az alkalmazni kívánt technikával.

Napfényszünetekben pl. fosszilis energiával pótolandó. Látható, hogy energiamixünkben a fossziliák továbbra is és még hosszú ideig kihagyhatatlanok.

Végül megemlítjük, a villamosenergia-alapú közúti közlekedés az EU országaiban egyidőben terjed. A villamosenergia-rendszer terhelési képe országonként jelentéktelen időeltéréssel gyakorlatilag analóg Magyarországéval. Vélhető tehát, hogy minden tagország naponta közel azonos időben a 9. és 10. ábra által felvetett problémákkal találja majd szemben magát, melynek kezelésére az egyesített európai villamosenergia-rendszer mai formájában képtelen.

LIVO LÁSZLÓ 1977-ben szerzett oklevelet az NME Bányamérnöki karán. 2009 óta geotermikus szakmérnök. Tanszéki mérnök, majd az MTA kutatómérnöke. A Nógrádi Szénbányák megszűnésekor annak technikai főmérnöke. 1990 óta mérnökirodát vezet. Egyik alapítója a Magyar Mérnöki Kamarának, a Bányagépészet a Műszaki Fejlődésért Alapítványnak és a MMK Geotermikus Szakosztályának. A Miskolci Egyetem meghívott előadója. (Energetikai tárgyú írásai a www.energiaakademia.lapunk.hu honlapon is megtalálhatók.)

A BKL Bányászat és a BKL Kőolaj és Földgáz szerkesztőbizottságainak 2017. évi nívódíjai

A BKL Bányászat Szerkesztőbizottsága évenként hagyományosan nívódíjat ítél oda a legjobbnak tartott cikknek. A BKL Bányászat és a BKL Kőolaj és Földgáz 2016-tól közösen jelenik meg, és mindkét szerkesztőbizottság ad ki nívódíjat. A bizottságok tagjainak szavazatai alapján a 2017-ben megjelent cikkek közül Nívódíjat nyert:

A Bányászat Szerkesztőbizottságának nívódíját kapta:

Dr. Kovács Ferenc, dr. Lakatos István, dr. Vadászi Marianna: *A mecseki feketekőszén vagyhoz kötött metán kitermelési lehetőségeinek elemzése a széntelep jellemzők, ill. az elvégzett kútvizsgálati adatok értékelése alapján c. cikke.* (Megjelent a 2017/6. számban)

A Kőolaj és Földgáz Szerkesztőbizottságának nívódíját kapta:

Dr. Szilágyi Zsombor: *Töretlen a földgáz jövője és Az olcsó kőolaj ára c. cikkeiért.* (A szerző két cikke azonos pontszámmal lett az első. Megjelentek a 2017/4. ill. 6. számban)



Dr. Kovács Ferenc



Dr. Lakatos István



Dr. Vadászi Marianna



Dr. Szilágyi Zsombor

A díjak kihirdetésére és átadására 2018. november 5-én, a két szerkesztőbizottság együttes ülésén került sor. (Dr. Kovács Ferenc és szerzőtársai a díjat Miskolcon vették át egy későbbi időpontban.)

Az ülésen a két szerkesztőbizottság úgy döntött, hogy a továbbiakban közös szavazással egységes nívódíjat adnak ki.

Nívódíjas cikkíróinknak – és rajtuk keresztül valamennyi cikkírónknek, tudósítónknak – ezúton is gratulálunk, köszönjük értékes és nélkülözhetetlen munkájukat!

BKL Bányászat Szerkesztőbizottság
BKL Kőolaj és Földgáz Szerkesztőbizottság