

FENNTARTHATÓ ENERGIA, MELLÉBESZÉLÉS NÉLKÜL

– Az európai Energia Unió terve

Garbai László – BME, Gépészmérnöki Kar

Hódos Rita – E.ON Energiatermelő Kft.

Kovács Zoltán – Debrecen Megyei Jogú Város Városfejlesztési Főosztálya

Előzmények

A megújuló energia felhasználásának fokozását az Európai Unióban az uniós jogalkotásba illeszkedő jogszabályok, egyezmények, irányelvek, tehát jogszabályi környezet írja elő. Az egyes tagországok a nemzeti energiapolitikákban ezt tükröző vállalásokat rögzítettek. A megújuló energia eddigieknél szélesebb körű alkalmazására mind a közpolitika, mind a szakmai politikák részéről őszinte, valós igény mutatkozik. Ugyanakkor bizonyos szakmai körök részéről erős ellenállás is érzékelhető. Vannak „klímaszkeptikusok” is, akik tagadják a klímaváltozást, és a szén-dioxid megnövekedett részarányának klímaalakító szerepét.

A „zöldszervezetek”, sőt a brüsszeli energiapolitikusok többségében határozott vélemény alakult ki arról, hogy 2050-re Európában a feltételezett klímaváltozás megállítására, illetve megfordítására az energetikában teljes dekarbonizációt kell végrehajtani.



Garbai László a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanára, jelenleg professzor emeritus, a Magyar Energetikai Társaság tiszteletbeli elnöke. 12 magyar és angol nyelvű szakkönyv szerzője, valamint 250 tudományos publikációja jelent meg hazai és külföldi tudományos folyóiratokban. Szakterülete: energetika, hőtan és áramlástan.



Hódos Rita 2014-ben végzett az ELTE földtudományi alapszakán, meteorológia specializáción, majd 2016-ban energetikai mérnök mesterfokozatot szerzett a BME gépészmérnöki karán. Szakmai tevékenységét a napelemes üzletágban kezdte meg, jelenleg az E.ON Energiatermelő Kft. projektfejlesztési osztályának csapatát erősíti, ahol hazai napelemes beruházásokkal foglalkozik. Érdeklődési köre elsősorban a megújuló energiaforrásokra és a természet-tudományokra irányul.



Kovács Zoltán, a Debrecen Megyei Jogú Város Városfejlesztési Főosztályának főosztályvezető-helyettese 2010-ben végzett a Debreceni Egyetem Műszaki Karának gépészmérnöki alapszakán. 2012-ben a BME Gépészmérnöki Karán épületgépész, majd 2015-ben energetikai mérnök mesterfokozatot szerzett. Jelenleg a Pattantyús-Ábrahám Géza Doktori Iskola PhD képzésen vesz részt. Érdeklődési köre elsősorban a megújuló energiaforrásokra és az energiatartó épületekre irányul.

Illúzió ez, vagy valóságos lehetőség? Azt is tudnunk kell, hogy Európa a világban felhasznált összes energiájának 11%-át fogyasztja, amelyből Magyarország 0,2%-kal részesedik.

A magyar társadalom és mérnökök túlnyomó többsége féltő gonddal tekint a jövőre, egyetért a megújuló energiák növelésének szükségességével, ugyanakkor a tényekből és lehetőségekből kiindulva mérték-tartó módon, arányos energiahordozó-struktúrát kíván kialakítani az energetikában. A valóságtól való elrugaszkodás több kárt okozhat, mint hasznot. Csak a józan mérlegelés, a türelem, a mérnöki gondolkodásra épülő tervezés és további kutatások eredményezhetik a fokozatos, bizonyára csak részleges dekarbonizációt 2050-re.

A megújuló energiaforrások nagyléptékű alkalmazásának problémáival, így például a német *Energie-wende*¹ nyomán előállott helyzettel, továbbá a globális energiaellátási problémákkal igen színvonalasan foglalkozott Magyarországon *Gács Iván*, *Gerse Károly*, *Molnár László* és *Újbelyi Géza*. Megállapításaik és javaslataik igen figyelemreméltóak.

A megújuló energiák alkalmazásának lehetőségei, eddigi kutatási eredmények

A megújuló energiák alkalmazásának valóságos lehetőségeit legrealisabban, tudósi hozzáértéssel és tisztes-séggel *David J. C. Mackay* cambridge-i professzor elemzte, illetve foglalta össze a *Fenntartható energia mellébeszélés nélkül* című könyvében. Bár könyve több mint 10 éve jelent meg, megállapításainak érvényessége ma legalább annyira fennáll, mint akkor. A továbbiakban az általa közölt számokat és megállapításokat foglaljuk össze. A számok cáfolhatatlanok, kijózanítók

¹ *Energie-wende* (energiaátalakítás) – amelyet a szakirodalomban rendszeresen fordítás nélkül használnak – Németország által tervezett átmenet az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, környezetbarát, megbízható és megfizethető energiaellátásra. Az új rendszer nagy mértékben támaszkodik a megújuló energiára (különösen a szél, a fotovoltaiikus és a vízenergia), az energiahatékonyságra és az energiagény-kezelésre. Az *Energie-wende* szerint az összes meglévő széntüzelésű generációt nyugdíjazni kell. A német nukleáris reaktorflotta fokozatos megszüntetése – amelyet 2022-ig kell befejezni – is a program kulcsfontosságú része. Az *Energie-wende* jelentős változást jelöl az energiapolitikában is, ami magában foglalja a politika átalakítását a kereslet és a kínálat között, valamint a központosított és az elosztott termelésre való áttérést (például hő- és energiatermelést kis kogenerációs egységekben), amelynek helyettesítenie kell a túltermelést és az elkerülhető energiafogyasztást energiatakarékos intézkedésekkel és fokozott hatékonysággal. (A szerkesztő megjegyzése a Wikipédia nyomán.)

és talán elszomorítók, más utak keresésére és további kutatásokra serkentenek. Ez természetesen nem jelenti a megújuló energiák növelési szándékának elutasítását.

A szerző kutatásai és megállapításai szerint az üvegházhatású gázok kibocsátásában az Egyesült Államok a világátlag négyszeresével, Európa a világátlag kétszeresével részesedik. 2000-ben a világ teljes üvegházhatásúgáz-kibocsátása 34 milliárd tonna, az 1 főre jutó kibocsátás pedig 5,5 tonna szén-dioxid kibocsátásával volt egyenértékű, és a helyzet azóta sem javult érdemben. A klímatudósok szerint 2050-ig a világméretű kibocsátás 70-85%-os csökkentését kellene végrehajtani. A szerző szomorúan állapítja meg, hogy amennyiben 2050-re a világ üvegházhatásúgáz-kibocsátását a tervezett 70-85% helyett, fokozatosan „csak” 60%-kal csökkentenénk, az éghajlatkutatók számításai szerint nagy a valószínűsége annak, hogy a „globális átlaghőmérséklet” 2 foknál többel emelkedik, ami tragikus eredményeket hozhatna egyes országok mezőgazdaságában és társadalmában. A szerző könyvében sorra vette a megújuló energia növelésének elméleti és valóságos lehetőségeit, továbbá elemezte a különböző zöld stratégiákat.

Mackay a megújuló energiahordozók körébe az alábbiakat sorolta:

- szélenergia: szárazföldi, tengeri (sekély- és mélyvízi),
- napenergia: napkollektor, napcella, naptükrös energiatermelés,
- vízenergia: vízerőmű, árapályerőművek,
- földhő, hévíz, közethő,
- biomassza,
- hőszivattyú.

A számításokat és elemzéseket az Egyesült Királyságra, az USA-ra és az egész világra külön-külön elvégezte azzal a céllal, hogy az úgynevezett „civilizációs minimum”, mintegy 80 kWh/nap/fő fogyasztás biztosítása megújuló energiahordozókból teljesíthető-e. A civilizációs minimum az ipari társadalmak jelenlegi (már energiatakarékossgal csökkentett) összes felhasználásának átlagos, 1 főre és 1 napra vetített fogyasztása.

Nagy-Britannia

Nagy-Britanniában egy „jómódú személy” fogyasztása 195 kWh/nap/fő, míg az átlagos brit fogyasztás 125 kWh/nap/fő. Ez megegyezik az átlagos európai fogyasztással is. A szerző kutatásai szerint a megújuló energiák forrásainak elméleti lehetősége Nagy-Britanniában 180 kWh/nap/fő, amely az alábbi tételekből tevődik össze:

- árapály: 11 kWh/nap/fő,
- tengeri hullámok: 4 kWh/nap/fő,
- szélturbinák mélytengerekben: 32 kWh/nap/fő,
- szélturbinák sekély tengerekben: 16 kWh/nap/fő,
- vízenergia: 1,5 kWh/nap/fő,
- biomassza: 24 kWh/nap/fő,
- napelempark: 50 kWh/nap/fő,
- napkollektor: 13 kWh/nap/fő,
- szárazföldi szél: 20 kWh/nap/fő.

A hévíz és a közethő kinyerésére szóba jövő megoldásokat Nagy-Britanniában a szerző nem tartja relevánsnak és gazdaságosnak. A fenti számok biztatóak is lehetnének, azonban a megújuló energiaforrások ilyen mértékű kihasználása hihetetlen nagyságú tengeri, illetve szárazföldi területek felhasználását eredményezné. Az elméleti számítások szerint a sekély tengereken létesítendő szélerőműpark(ok) területigénye 16 kWh/nap/fő teljesítménnyel – például – Wales területének 2/3-ával lenne azonos. Mackay számításai szerint az erőműveket közel 3000 km hosszban és 4 km széles sávban lenne szükséges telepíteni. A 16 kWh/nap/fő átlagos teljesítményt 44 000 darab, 3 MW teljesítményű szélturbina szolgáltatná, és kilométerenként 15 darabot kellene elhelyezni.

A mélytengeri szélturbinák telepítéséhez a parttól 50 km-nél távolabb fekvő tengerrészek igénybe vételével, Wales területénél 30%-kal nagyobb tengerfelület beborítására lenne szükség, ezzel 32 kWh/nap/fő energiatermelés lenne megvalósítható.

Ha Nagy-Britannia területének 10%-át szélerőművekkel telepítenék be, ez 20 kWh/nap/fő energiafelhasználást tenne lehetővé. Érdekességként megjegyezzük, hogy amennyiben egy személygépkocsi esetében 50 km-es átlagos napi futásteljesítménnyel számolunk, akkor ennek energiafelhasználása közel 40 kWh/nap/fő, abban az esetben, ha a gépjármű hagyományos tüzelőanyaggal hajtott.

Napelemparkok építése 50 kWh/nap/fő energiatermeléssel, Nagy-Britannia területe 5%-ának beépítését tenné szükségessé, ami a szerző szerint túlmegy a realitások határán.

A napelemekből nyerhető 5 kWh/nap/fő energia-termelés megvalósításához Nagy-Britannia minden lakásának kapnia kellene 10 m² tetőfelületet, 20% hatásfokú napelemekkel.

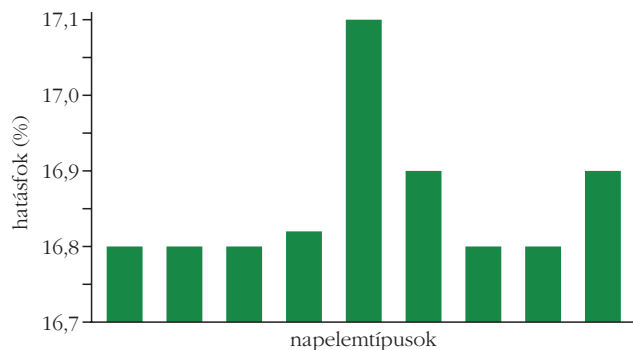
Ha minden délre néző háztetőt 10 m² napkollektorral borítanának, az eredmény 13 kWh/nap/fő.

A biomassza hasznosítása – fajlagos területfelhasználási igényének mértékét tekintve – az egyik leglesújtóbb lehetőség. Ha a mezőgazdaságilag megművelt területet, fejenként 3000 m²-t, az ország területének 75%-át biomassza termelésére használnánk fel, az eredmény 36 kWh/nap/fő lenne. A szerző a biomassza termelésével és szállításával kapcsolatban fellépő veszteségek miatt ezt az értéket 24 kWh/nap/fő értékre redukálja.

A szerző azon túlmenően, hogy a fentiek szerint összefoglalta az elméleti forráslehetőségeket, elemezte a társadalmi párbeszédéből és az engedélyezési eljárásokból várható eredményeket, és a hatalmas területfelhasználást figyelembe véve mindössze 18 kWh/nap/fő megújulóenergia-hasznosítást tart lehetségesnek, ami kevesebb mint a kívánt érték 20%-a.

Európa

Kontinensünkön körülbelül 125 kWh/nap/fő az átlagos fogyasztás. Mackay számításai szerint indokolt és reális energiahatékonysági intézkedésekkel az energiafo-



1. ábra. A kiválasztott napelemek hatásfoka az egyes napelemtípusok megnevezése nélkül.

gyasztás a még elfogadható 68-80 kWh/nap/fő „civilizációs minimum” értékre szorítható le. Gazdasági szempontok szerint a számításba vehető megújuló energiaforrások – a szerző szerint – csak 30,6 kWh/nap/fő, amely az alábbiakból tevődik össze:

- szélenergia: 9 kWh/nap/fő,
- vízenergia: 6,4 kWh/nap/fő,
- hullámok: 2 kWh/nap/fő,
- árapály: 2,6 kWh/nap/fő,
- napelemek: 7 kWh/nap/fő,
- napkollektorok: 3,6 kWh/nap/fő.

A szerző szerint, amennyiben Európa területének 5%-át napelemparkok létesítésére használnánk fel, csak akkor érhető el a 68-80 kWh/nap/fő civilizációs-minimum-érték.

A szerzőtől szó szerint idézve: „Maradjunk a realitások talaján. Akárcsak Nagy-Britannia, Európa egésze sem támaszkodhat kizárólag saját megújuló energiaforrásaira. Ha tehát az a célunk, hogy teljesen megszabaduljunk a fosszilis tüzelőanyagoktól, akkor Európának is vagy atomenergiára, vagy a más országok sivatagaiban napelemekkel megtermelt villamos energiára van szüksége, esetleg mindkettőre.”

Magyarország

A könyv Magyarországgal külön nem foglalkozott. Szélenergia-hasznosítás tekintetében Magyarország lehetőségei kedvezőtlenebbek, mint Nagy-Britanniáé, ugyanakkor a napelemekkel történő energiatermelésre kedvezőbb feltételek biztosítottak hazánkban. Paks bővítésével 2400 MW beépített teljesítménnyel számolunk,

aminek rendelkezésre állása legalább 8000 óra/év. Amennyiben a Paks II. által termelendő villamos energiát megújuló energiával kívánánk pótolni, úgy például szélenergia felhasználásával 19 200 MW beépített szélerőmű-kapacitás telepítése lenne szükséges, amivel a szélenergia rendelkezésre állása átlagosan 1000-1200 óra/év hazánkban. Az ilyen mértékű szélerőmű-telepítés területigénye nagyjából 3-4000 km². Paks II. biomasza alapú pótlásához – a szerző által közölt biomasza hasznosítási adatokra támaszkodva – 9600 km² területű energiaültetvény telepítése lenne szükséges. Egy másik alternatíva: a magyar erdőgazdaságok évi teljes fakitermelése ~9-10 millió tonna. Ennyi lenne szükséges Paks II. helyettesítését biztosító fatüzelésű erőművek ellátásához.

Nézzük meg a napelemek alkalmazásával nyerhető villamos energia mennyiségét. Az elemzés során 275 W_p teljesítményű napelemeket vizsgáltunk, amelyek között egyaránt találhatók ázsiai és észak-amerikai gyártású panelek. A kiválasztott modulok paraméterei nagyon hasonlóak, méretük egységes, a hatásfokuk is gyakorlatilag megegyező, ezt szemlélteti az 1. ábra.

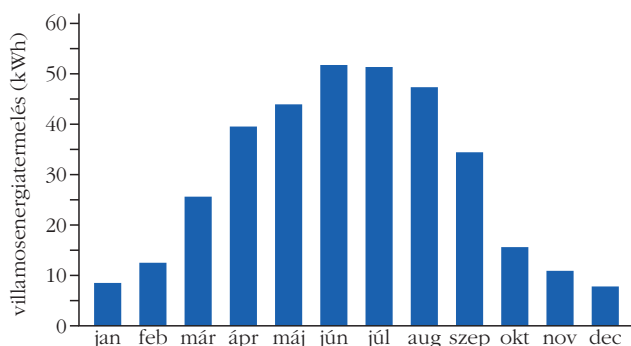
Egy magyarországi átlagos háztartás éves villamosenergia-igénye megközelítőleg 3500 kWh. A 2. ábrán egy 275 W_p teljesítményű, 1,63 m² felületű, 16,8% hatásfokú napelem által megtermelhető villamos energia mennyisége látható havi bontásban.

A kapott mennyiségeket napi bontásban szemlélteti a 3. ábra. Látható, hogy a téli hónapok folyamán a napelemek termelése igen alacsony. A nyári hónapok többlettermelése – gondosan végzett méretezés mellett – kompenzálja ezt a differenciát. Sajnos az ilyen hosszútávú tárolás megoldatlan.

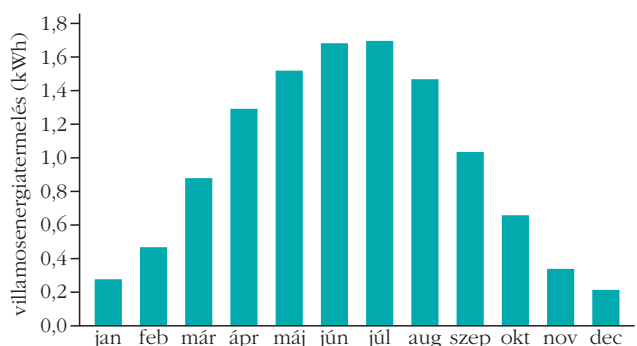
A téli hónapok átlagos napi villamosenergia-termelése a nyári 15%-a. Az átlagos évi villamosenergia-fogyasztás 10 darab, egyenként 1,63m², összesen 16 m² napelemmel kielégíthető. Tárolhatóság hiányában a villamosenergia-rendszerrel történő együttműködésre van szükség, és konvencionális, komplementer kapacitásokat kell telepíteni.

Ejtsünk néhány szót a jelenleg ismert és alkalmazott tárolási lehetőségekről. Magyarország egy napi villamosenergia-szükségletének legkorszerűbb akkumulátorokkal történő tárolásához szükséges akkumulátortömeg minimálisan körülbelül 2 millió tonna. Ennek nagyságát jól érzékelteti az, hogy ekkora akku-

2. ábra. Egy darab napelem havi villamosenergia-termelése.



3. ábra. Egy darab napelem napi villamosenergia-termelése.



mulátortömeg körülbelül 4-5 millió elektromos hajtású autóban van, illetve lenne. Mi a helyzet a szivattyús tározós erőművekkel? Megjegyezzük, hogy Magyarország hegy- és vízrajzi adottságai e lehetőség tekintetében igen szerények. De ha mégis ebben gondolkodnánk, akkor például Magyarország egy napi átlagos villamosenergia-szükségletének, amely 100 GWh, szivattyús tározós erőművekkel történő betárolásához például 100 m szintkülönbségű, 200 millió m³ térfogatú tározókra lenne szükség. Egy tározó például 20 km² területű és 10 m mély lenne. Nem kétséges, hogy Magyarországon ilyen természetes lehetőségek nincsenek, és ilyen méretű mesterséges tározók megvalósításának környezeti, geográfiai kára és költsége óriási lenne.

Egyesült Államok

Mackay szerint egy átlagos amerikai polgár napi energiafogyasztása 250 kWh. Melyek az USA lehetőségei a megújuló energiák felhasználásának bővítése tekintetében?

Amerikai kutatók megbecsülték az Egyesült Államok szélenergia-potenciálját. Az ország legszelesebb helyei Észak-Dakota, Wyoming és Montana. Számításaik szerint az egész országban 435 ezer km² szeles területet lehet kihasználni. Az így megtermelhető villamos energia 4600 TWh/év lenne, vagyis az USA 300 milliós lakosságát tekintve mindenkire naponta 42 kWh jutna. Ezen szélerőműparkok együttes területe (435 ezer km²) nagyjából akkora, mint Kalifornia állama. A fentebb említett 4600 TWh villamos energia előállításához szükséges berendezések együttesen 2600 GW beépített teljesítményűek lennének (20%-os átlagos éves kihasználást feltételezve). Ehhez azonban a szélenergiát hasznosító berendezések kapacitását az Egyesült Államokban a jelenlegi kétszázszorosára kellene növelni.

Az USA esetében a tengeriszél-, a geotermikus és a vízenergia adta lehetőségeket figyelembe véve további 20 kWh/nap/fő érték érhető el, így összesen 62 kWh/nap/fő az USA lehetősége a megújuló energia felhasználására.

Az egész világra vonatkozó számítások

A szerző egész világra vonatkozó számításai még agasztóbb képet festenek. Felteszi a kérdést: „Hogyan lehet 6 milliárd embert,² amely egyébként rohamosan



A világ legnagyobb tükrös naperőművének egyik tornya a kaliforniai Mojave-sivatagban.

növekszik, ellátni az európai életszínvonalat jelentő – mondjuk 80 kWh/nap/fő energiával?”

Jelenleg a világ szárazföldi területének 18%-a, azaz 27 millió km² művelhető. Amennyiben e területet biomassza termelésére használnánk fel, 36 kWh/nap/fő teljesítményt érnének el, feltételezve, hogy 0,5 W/m² a teljesítménysűrűség, a művelés és a feldolgozás során fellépő veszteség pedig 33% és a világ lakossága 6 milliárd fő.

A napenergiát nem közvetlenül hasznosító energiaforrások közül a szerző a következőket vette figyelembe:

- Szél: 24 kWh/nap/fő,
- vízenergia: 3,6 kWh/nap/fő,
- árapály: 0,3 kWh/nap/fő,
- hullámok: 0,5 kWh/nap/fő,
- geotermikus energia: 8 kWh/nap/fő.

Mindez összesen 36 kWh/nap/fő, egyértelmű tehát a szerző következtetése: „a nem napenergián alapuló megújuló erőforrások »óriásiak« ugyan, de nem elégségesek. Ha működőképes energetikai tervet akarunk készíteni, akkor mindenképpen egy vagy több módon közvetlenül is hasznosítanunk kell a napenergiát, vagy használnunk kell az atomenergiát, vagy mindkettőt.”

Mackay szerint a megújuló energia bizonytalan és nehezen tervezhető. Rendelkezésre állásáról szól ugyan, említi az ismert tárolási lehetőségeket, de igazán megnyugtató, ténylegesen megvalósítható tervek-ről nem számol be.

Az Európai Energia Unió koncepciója, víziója

Az Európai Unió Bizottsága (amelynek élén a volt luxemburgi miniszterelnök, *Jaen-Claude Juncker* áll)³ új javaslattal állt elő, és a hangzatos Energia Unió nevet kapta. Az Energia Unió – ahogyan ezt a

² A Föld jelenlegi lakosságszáma elérte 7,5 milliárd főt.

³ A kézirat benyújtása, 2018. év végén.

Bizottság jövendőli – a következő pozitív eredményeket hozza magával:

- Az energiaátalakítás biztonságosan, megbízhatóan, fenntartható módon, azaz a környezet érdekeit nem, vagy csupán kevésbé sértve és elérhető áron válik lehetségessé;

- lehetővé válik az energiafajták szabad áramlása az országhatárokon át, ami minden EU tagállam és a tagállamok minden polgára számára biztonságos energiaellátáshoz vezet;

- az új, innovatív technológiák és a megújult infrastruktúra új munkahelyeket teremt, egyúttal új képességek kifejlesztését teszi lehetővé és szükségessé, a vállalkozások bővíthetik kivitelüket és javulhatnak a növekedés feltételei;

- a jövő fenntartható lesz, a szén-dioxid-kibocsátás csökken, a gazdaság egyre környezetbarátabbá válik és

- Európa egyre előrébb jut a megújuló energiafajták felhasználásában és a klímaváltozás elleni küzdelemben.

A szabályok szerint a Bizottság joga és kötelezettsége a javaslattétel. A fentieket tehát úgy kell tekintenünk, mint – az Európai Parlament és a Tanács, azaz az EU másik két meghatározó, törvényalkotó testülete kérésére készült – javaslatokat, amelyeket – pontosabban, amelyek közül a legfrissebbeket – új közlemények (úgynevezett COM dokumentumok) formájában tettek közzé a Bizottság honlapján. A közeli jövőben ezek lesznek az Európai Parlamentben és a Tanácsban az energetikai témában aktuális viták alapjai, és egészen biztosan sok tekintetben módosulnak majd, mire jogszabályokká (irányelvekké, rendeletekké, határozatokká) alakulnak. Az EU szabályai szerint a dokumentumokat a közvélemény számára is véleményezhetővé teszik, és a tapasztalatok szerint az egyes polgárok, egyesületek, szövetségek, vállalkozások jelentős aktivitással vetik majd magukat a vitába, mielőtt erre lehetőséget kapnak.

Az Energia Unió tervezett létrehozásával, az energiaügyi biztos várakozása szerint növekednie kell a döntések és az árképzés, áralakulás átláthatóságának. Meg kell történnie a költségeknél alacsonyabb hatósági árak kivezetésének. A tagországoknak egyeztetniük kell az EU-n kívüli országokkal folytatott tárgyalásokat és megállapodásokat. Fontos célkitűzés a már meglévő jogi keretek jobb érvényesítése, az energia belső piacának egységesítése, az energia határokon átnyúló szabad áramlásának biztosítása, az energiarendszerek kölcsönös előnyöket nyújtó összekapcsolása. Deklarált elv az energiaszolidaritás, amely persze nehezen tölthető meg tényleges jelentős tartalommal.

Brüsszel – a már ma is létező direktívák szigorításával – az energiahatékonyság növelését önálló energiaforrásként akarja kezelni.

Az Energia Unió terve a brüsszeli voluntarizmus újabb ékes bizonyítéka a felülről építkezés, a kényszerítés mániás kiterjesztése, az alulról építkezés elvetése. Az energiapolitikát „majorálja” a közpolitika, a

regionális és hatalmi politika, a nagyhatalmi erőegyensúly szomorú tradíciója. A mérnöktársadalom kötelessége és joga szólni arról, hogy a nemzeti és regionális, sőt a globális energiapolitikák készítésének kompetenciája – részben indokoltan, részben kényszerűen – kicsúszott a mérnökök kezéből. Mondhatjuk azt, hogy ezek a mérnöki modellek peremfeltételeinek sorába tartozó politikai peremfeltételek.

Az Energia Uniótól várt előnyök önmagukban triviálisak, nyilvánvalóan követendők, és egyben semmitmondók. Ezeket az elveket minden ország igyekszik követni és megvalósítani. Legékebb példa erre a teljesen üres, tartalmatlan és nem számszerűsíthető „megfizethetőség”, amely országonként más és más árakat jelent.

Az európai gazdaságok egyenként is és összességében még inkább olyan komplexitást képviselnek, amely központosan kezelhetetlen. Az összeurópai gazdasági célfüggvény definiálatlan, számos politikai kérdés megoldatlan, a magországok és a peremországok közötti egyenlőtlenség és a kisebb gazdasági erejű országok kiszolgáltatottsága tovább nőhet. Ahogy a korábbiakban említettük, az Európai Unió egésze definiálatlan, a belső feszültségek centrifugális erőként hatnak, az Energia Unió diffúz gondolat. Hogyan lehetne Energia Unió, amikor a politikai és gazdasági unió sem létezik a szó őszinte szemantikai tartalma szerint? Az Energia Unió víziójáról kiszivárgó gondolatok, a tervezetések arra utalnak, hogy a nemzetek szuverenitása rovására folyik a játék. Unió az Unióban?

Az energia szállítását fizikai törvények szabják meg, amelyeket illik tekintetbe venni. A határkeresztező kapacitások végesek, növelésüknek fizikai és gazdasági korlátai vannak. Régiós együttműködések, forrástervezések, létesítménytervezések összehangolása hosszú távú kereskedelmi szerződésekkel szabályozott, határokon átnyúló ellátási kölcsönösségek indokoltak lehetnek, mint ahogy ilyenek voltak és ma is vannak.

Magyarország többé-kevésbé elavult, nem karbon-szegény termelési móddal előállított villamosenergia-importból elégíti ki szükségletének 30-35%-át. De meddig, és ki fog új erőművet építeni? Mindenki várakozik, és a meglévő energetikailag elavult kapacitások időntúli kihasználása folyik. Hosszú távon nincs alternatívája a nemzeti dimenziókban tervezett ellátási biztonság fenntartásának, és az érvek, ellenérvek csatájában a Paks II. terve győztes maradhat. Az állam nem nézheti tétlenül a várható ellátási problémákat, és nem lehet felkészületlen. Az sem tűrhető, hogy erősen támogatott megújuló energia kötelező átvételével összeroppanjon a hazai piac, és tervezhetetlen ellátási és kapacitásszituációk jelentkezzenek.

A transznacionális ellátás tervezése, szervezése, létesítése konfliktusmentes fenntartása illuzórikus, nem központi akarat kérdése. Volt ilyenre példa: a KGST, a szocialista országok egyesített villamosenergia-rendszere, de ilyet ma már senki nem akar, mert csak politikai diktatúrával lehet azokat egybe-, illetve

fenntartani. Állami akarat hiányában az energiapiac erre alkalmatlan, mert tervezhetetlen.

Az Energia Unió tudományos alapkérdése a következő: ki és kik mérik fel és valószínűsítik a várható energiaigényeket a tervezhetőség szintjén, ki és kik döntenek el, hogy hol és mikor kell erőműveket építeni a globális-uniós döntési térben? Válaszunk: nem oldható meg így a feladat. Csak nemzeti, esetleg szűk regionális térben kezelhető a probléma. A termelés és a szolgáltatás a fogyasztói igényekre hangolódás, az ellátás felelőssége nemzeti hatáskör. A kereskedelem transznacionális, de ha az versenyi elveken nyugszik, akkor ismét megjelenik a bizonytalanság, amely az energia drágulását eredményezi, amely visszahozhatja az ignorálni kívánt állami beavatkozást.

Nem hisszük, hogy Európa országai megegyezhetnek valaha is abban, hogy igényeik közép- és hosszútávon stabil ellátására ellátási felelősséggel, kitüntetett földrajzi telephelyeken csak egyes államok építenek erőműveket, a többi állam pedig bízik az ellátás megvalósulásában, fennmaradásában, irányíthatóságában, figyelembe véve a bizonytalanságokat az igények napi és szezonális lefutásában, az igények alap- és csúcsteljesítményét és a váratlan kiesések tervezhetetlenségét. E problémát illetően egyrészt mindig megjelenik a bizalmatlanság, a szuverenitás feladása, az állami akaratok történelmileg nem tapasztalt összehangolásának szükségessége, az állami tervezhetőség igénye és a szabadpiac elveinek összeférhetetlensége. Az Európai Energia Unió víziója, annak működtetése minden tudományos elvnek ellentmond. A nagy, komplex rendszerek tervezéséhez és működtetéséhez kapcsolható matematikai, rendszerelméleti és döntéseméleti módszerek mind-mind dekompozíciós elveken nyugszanak, a részrendszerek optimumainak összefűzését vallják, köznapi nyelven az alulról építkezés elvét kell, hogy keressék.

Az Energia Unió célfüggvénye – a matematika nyelvén – a nemzeti célfüggvények kompozíciója. Az európai célfüggvényhez társított, úgynevezett mellékfeltételek a nemzeti modellek célfüggvényeihez tartozó mellékfeltételek egyesítése. A célfüggvények és a mellékfeltételek egyesítésével új és e pillanatban még ismeretlen egyéb feltételek is megjelenhetnek, másrészt a jog területére is átlépünk, amelyek a nemzeti, a nemzetközi és az európai jog ütközését is eredményezhetik. Az európai egyesített modell célfüggvényéből származtatott optimum elméletileg jobb is lehet, mint a nemzeti célfüggvények optimumainak összege. Ez természetesen még vizsgálendő kérdés, hiszen a belépő új feltételek korlátozhatják az optimumban figyelembe vehető stratégiák számosságát. Feltéve és megengedve azonban, hogy az egyesített modell optimuma jobb, mint a nemzeti optimumok összege, a kérdés az, hogy a haszon, illetve többleteredmény hogyan oszlik meg a nemzetek között. Egyes országok rosszabbul is járhatnak nemzeti stratégiájukhoz képest, míg más országok többlethaszonnal tehetnek szert. Az összeurópai modell optimumát keresve, erős konszenzusra és az energetikailag, illet-

ve gazdaságilag erős országok önmérsékletére van szükség. Mindegyik országnak ismernie kell nemzeti modellje optimumát, az egyesített modell optimumát és a várható többlethaszomból való méltányos részesedésre való jogosultságát. A nemzeti stratégiákban való gondolkodás még abban az esetben is matematikai szempontból egyedül adekvát megközelítés, ha az Európai Unió politikai és szervezeti struktúrája közelít a konföderatív berendezkedéshez. Ahogy *Jean Monnet* mondta, az Unió folyamata: „Ever closer union”, aminek helyességében erősen kételkedünk.

Összefoglalás

A megújuló energiákra alapozott ellátás közeli megvalósítása hiú és szakmailag, valamint gazdaságilag kártekonny ábránd. Az organikus fejlődéssel egyetértünk, sőt a fejlesztés mértéktartó támogatását is elfogadjuk. Tudomásul kell venni, hogy a megújuló energiaforrások rendelkezésre állása matematikailag definiáltan valószínűségi jellegű. Csaknem azonos mértékű társ-, illetve tartalékkapacitások meglétét kívánják, amelyek egyelőre vagy „karbonbázisúak”, vagy az atomenergia továbbélésével, sőt bővítésével járnak együtt.

A villamosenergia-tárolás lehetőségeit tovább kell kutatni és fejleszteni, új technológiák kifejlesztését várhatjuk a kutatóktól. Egyet kell értenünk Mackay megállapításaival, amely szerint: „Az energiatakarékosság és energiahatékonyság növelése minden mérnöknek, tervezőnek, üzemeltetőnek, gyártónak kötelessége. Igen hatékony és hatalmas, jó irányba tett lépés a közel zéró energiafelhasználású épületek megvalósításának jogi kényszerítése.” Mackay vizsgálatai nyomán, de a mi megítélésünk szerint is csak az javasolható, hogy szigorú és sikeres energiahatékonysági és energiatakarékossági intézkedéseket kell végrehajtani, új civilizációt, új életmodellt, új ipargazdasági szerkezetet kell az emberiségnek kialakítania. E nélkül a megújuló energiák részaránya „az energiamixben” globálisan nem fogja meghaladni a 40-50%-ot.

A megújuló energiafeleslegesség erőltetett növelése óriási területfelhasználással járna, amely az iparilag fejlett és a nagy népsűrűségű országokban nem találna megértésre és nem alakulna ki a szükséges közmegegyezés.

Irodalom

1. David J. C. Mackay: *Fenntartható energia mellébeszélés nélkül*. Vertis Zrt. és Typotex Kiadó, Budapest 2011, ISBN 978-963-279-575-1
2. Gács I. és társai: Az új magyar energiastratégia. in *Új Széchenyi Terv*. Budapest 2010 (készült Magyarország Kormányának megbízásából)
3. Gerse K.: Regionális piacok, importforrások, kapacitásigény. *Magyar Energetika XXIII/6* (2016) 2–18.
4. Gerse K.: Mekkora a valódi villamosenergia-árak? Ki fizeti őket? Kiadatlan kézirat.
5. Molnár L.: A klímaváltozás elleni politikák és következményeik az energetikára. *Energiagazdálkodás 59/1–2* (2018) 3.
6. Molnár L.: Villamosenergia-ellátásbiztonság az EU-ban a 2020-as években. *Energiagazdálkodás 59/3–4* (2018) 62.