



12. ábra A mai árapály síkságon kialakult, túpárna szerű mikrobaszőnyeg. Hasonló körülmények között keletkeztek a triász sztromatolitok is. Andros-sziget Bahamák.



13. ábra A mikrobaszőnyeg alatti sztromatolit rétegek. Andros-sziget Bahamák.

Az ezen a területen mintegy 600 m vastag Dachsteini Mészkövet az itt láthatóhoz hasonló, egyenként 2–4 m vastag ciklusok sokasága építi fel a tengerszint periodikus, a számítások szerint kb. 20 ezer éves ingadozásait jelezve.

A tengeraljzat és a parti síkság, ahol a később közzé vált mészsípad lerakódott gyakorlatilag vízszintes volt. Ma viszont azt látjuk, hogy a rétegek a vízszintessel mintegy 50°-os szöget zárnak be (fotó 4501). Ez annak a következménye, hogy jóval a tengeri mészkőrétegek lerakódása után, a kréta időszakban, 80–90 millió évvel ezelőtt intenzív tektonikai mozgások érték a közetet, amelyek a rétegsort nagyobb tömbökre törték szét és ezek eredeti helyzetükből É felé jelentősen kibillentek. A patak völgye is törési zónában halad a rétegek kibillenésére nagyjából merőleges irányban. A szurdok északi falának árkádszerű sziklaalakzata egyetlen kibillent réteglap.

A völgyre merőlegesen is kialakultak törések, a kőzet felaprózódott, breccsásodott. A törmelék közti teret a repedéseken feláramló vízből kivált fehér kalcium-karbonát (CaCO_3) ásvány, kalcit töltötte ki. A későbbiek során az ugyancsak CaCO_3 vegyi összetételű mészkő is kioldódott, helyét a sejtszerű lyukak jelzik. Az oldás, karsztosodás során a repedések tágultak, kisebb-nagyobb üregeket formálva, melyeket részben, vagy teljesen agyag töltött ki. A völgy talpa alatt 10–12 méterrel barlang is kialakult a szurdok létrejöttében is meghatározó szerepet játszó törések mentén.

A szurdok bejáratánál lévő egykori kis kőfejtőben a fiatalabb geológiai korok történetének nyomai is szemünk elé kerülnek. A kőfejtő alsó részén a szurdokot felépítő Dachsteini Mészko vastag padjai bukkannak elő. A kőfejtő felsőbb részén a triász mészkő lepusztult felszínére vékony konglomerátum réteg, majd 50–70 cm vastagságban tengeri élőlények maradványait tartalmazó mészkő települ, melynek ősmaradványai az eocén korszak legvégén, kb. 40 millió éve kialakult trópusi tengeri körülményekre utalnak. A fal legtetején kb. 30 millió éve az oligocén korban tengerparton képződött szürke Hárshegyi Homokkő látható.

JÁNOSI IMRE

Megújuló energia. Számoljunk utána!

A fejlettebb országok közvéleményét manapság izgalomban tartó „olajpánik” meglepő hasonlóságokat mutat a XIX. század második felében brit polgárok idegeit borzoló „szénpánikhoz”. Korabeli beszámolók és sajtójelentések sorozata jelezte előre a borús jövőt, mely szerint egy-két évtized alatt teljesen kimerülnek a szigetország szénbányái, összeomlik a gazdaság, áruszállítás és közlekedés, Nagy-Britannia csillaga pedig menthetetlenül leáldozik [1]. Talán a legérdekesebb párhuzamok egyike éppen az, hogy a „piaci elemzők” többsége akkoriban sem látott semmilyen gazdaságos alternatívát a fő energiaforrás helyettesítésére, megoldási javaslatok pedig igencsak hasonlóak voltak bizonyos jelenlegi törekvésekhez, melyek az olaj- és gázkutak fölötti katonai vagy gazdasági kontroll erősítésére, illetve a feltárás és kitermelés tempójának fokozására irányulnak. 1880 körül az olaj szerepe ugyanúgy marginális volt, mint manapság a (valódi) megújuló forrásoké, melyek részaránya az össz fogyasztáson belül kevesebb mint 1% [2]. A XX. század elején azonban gőzerővel elindult a nagy átállás, ami meglepő sebességgel és intenzitással zajlott le országról országra, és a jelenlegi „olajcivilizáció” kialakulásához vezetett.

A két időszak összehasonlításakor érdemes kiemelni egy jelentős különbséget. A viszonylag gyors energetikai váltás komoly átalakulásokat követelt meg a kitermelési infrastruktúrában, a szállítási és elosztási rendszerekben, technológiák tűntek el (pl. a gőzerőgépek), újak jelentek meg (ásványolaj-finomítás, robbanómotorok, gázturbinák stb.), nem is beszélve a szükségszerűen bekövetkező társadalmi átalakulásokról. A történések azonban abban egyetérténi látszanak, hogy a szénről olajra történő átállást eléggé spontán társadalmi/piaci folyamatok hajtották [1]. Ezzel szemben a különböző szerveződési szinteken manapság igen erős az összehangolt mozgólódás, a politikai elitnek nemzetközi egyezményeket írni alá az új technológiák támogatásáról, multinacionális olajkonzernek ruháznak be megújulóenergia-projektekbe (persze, ezt kívánja profitjuk hosszú távú biztosítása), vagy megemlíthetjük a fölöttébb színpompás „zöld” mozgalmak jelenlegi zajos, határokon messze átnyúló aktivitását.

Az intenzív nyüzsgölődés egyik mellékhatása, hogy a modern információs csatornákon keresztül számszerű adatok tengere zuhog ránk, amelynek töredékrészét sem tudjuk átgondolni, nemhogy ellenőrizni. Ebben az írásban egyetlen kérdéskörre szeretnék koncentrálni. Immár a sokadik tudományos „leltári” jelentés mutatta ki, hogy a globális szélenergia-potenciál apró szeletkéjének hasznosítása egy csapásra megoldaná minden (jövőbeni) energetikai gondunkat [3]. A hírcsatornák rögtön széles körben kezdték a lelkesítő újdonság terjesztését, anélkül azonban, hogy bárki is (a szerzőkön

1. táblázat. Néhány ország fajlagos fogyasztási adatai (2006-os EIA-adatok alapján [5])

Ország	Terület (10 ¹² m ²)	Fogyasztás (TW)	Fajlagos fogyasztás (W/m ²)
Hollandia	0,041	0,138	3,366
Japán	0,378	0,762	2,016
Németország	0,357	0,489	1,370
Egyesült Királyság	0,243	0,328	1,350
Franciaország	0,633	0,383	0,605
Magyarország	0,093	0,038	0,409
USA	9,629	3,340	0,347
Kína	9,597	2,244	0,234
India	3,287	0,591	0,180
Oroszország	17,098	1,017	0,059
Kanada	9,985	0,467	0,047

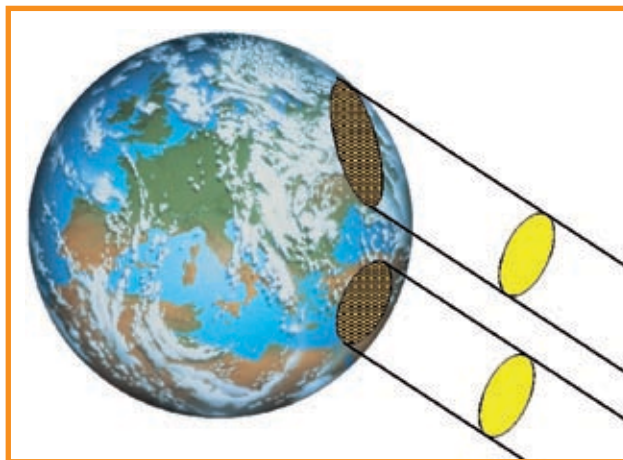
kívül) átgondolta volna a cikkben közölt számokat. Kérem a tisztelt Olvasót, higgye el, hogy én sem az „Energetikai számítások” c. feladatgyűjtemény 7. bővített kiadásával fekszem ágyba, de sajnos egy kicsi erőfeszítés nélkül nem érhetjük meg a röpködő számok mögötti lényegét.

Globális fogyasztás és energia a Napból

Az emberiség teljes energiafogyasztásáról számos helyen található becslések a világhálón, ezek összevetése nem mindig egyszerű. Valami oknál fogva az Egyesült Államok Energiainformációs Hivatala (EIA) szereti a „brit termikus egység” (British thermal unit, BTU) használatát; a vérbeli fanatikuskoknak ajánlom a magyar Wikipédián a „mértékegységek átszámítása” című tanulmányozását [4]. A legfrissebb közzétett összesítés szerint 2006-ban a globális fogyasztás 472,3×10¹⁵ BTU volt [5]. Ezt viszonylag könnyen átszámíthatjuk a megfelelő SI-egységbe (1 BTU = 1055 J), az eredmény 498,3×10¹⁸ J. Még újabb adatokat találhatunk például a British Petrol éves összegző jelentésében [6], ami azonban csak a kereskedelmi forgalomban felbukkant energiahordozókra vonatkozik – innen a gyorsaság (bizony idő kell ahhoz, amíg a US Department of Energy minden országból begyűjti a lopott tűzifára vonatkozó jelentéseket is). Eszerint a növekmény kb. 2,4%, illetve további 1,7% körül alakult a két következő évben, azaz tavaly a végeredmény kerekítve 520×10¹⁸ J lehet. Irdatlan egy szám ez, mit kezdjünk vele?

Először is, ez a teljes évre vett fogyasztás jellemezhető az átlagos teljesítménnyel, ami az 1 másodperc alatt felhasznált energia, egysége a watt (1 W ≡ 1 J/s). Egy nap alatt eltelik 86 400 másodperc, napból van 365 darab (most nagyvonalúan nem foglalkozunk a február 29-i szökőnappal), azaz az átlagos globális teljesítményigény kb. 16,5×10¹² W, másképpen 16,5 TW (terawatt). A „tera-” prefixum (10¹²) még mindig annyira távol áll a mindennapi szemlélettől, hogy igazi bábeli kőosz jellemzi köznyelvi használatát. A magyarul billió (milliószor millió) előtag az amerikai angol és francia nyelvű országokban a milliószor ezer (10⁹) nagyságrendet jelenti, ami viszont nálunk és az egyéb nyelvek többségén csak milliárd. Valószínűleg ezért van az, hogy további bontásként inkább országonként szoktak adatokat sorolni, vagy ennél is kezelhetőbb az országonként külön-külön egy főre jutó fogyasztás összehasonlítása. Példaként: az emberiség becslült létszáma 2008 közepén 6705 milliárd volt [7], ami 2460 W egy főre jutó átlagos teljesítmény felhasználását jelenti, míg a hazai szint kb. 3700 W (plusz a lopott fa és a csempészett tüzemanyag).

Érdekes következtetések adódnak akkor is, ha nem az emberiség létszámával igyekszünk a globális fogyasztási adatokat összevetni, hanem területi statisztikákat készítünk. Hamarosan rátérünk arra is, hogy mi értelme ennek, ám először jöjjenek a sarokszámok. A Föld felszínének teljes nagysága 512 milliárd km², azaz 512×10¹² m², amiből mindössze 0,032 W/m² fajlagos emberi fogyasztási teljesítmény adódik. (Ha már itt tartunk, a geotermikus hőáram globális átlaga ennek több mint kétszerese, pontosabban 0,075 W/m², nagyon egyenetlen eloszlással.) A szárazföldek részaránya 29,1%, ennek is csak nagyjából harmadán található számottevő népesség, azaz a lakott területekre vonatkozó fajlagos fogyasztás 0,33 W/m². Ezt a területi statisztikát országonként is elkészíthetjük, az **1. táblázatban** néhány jelentősebb fogyasztó adatait mutatjuk be. Természetesen az ilyen adatok a kis területű, nagy népsűrűségű, fejlett országok „javára” torzítanak, egyébként a New York vagy Tokió méretű és energiellátottságú nagyvárosokban elérhetik a 100 W/m² nagyságrendet is.

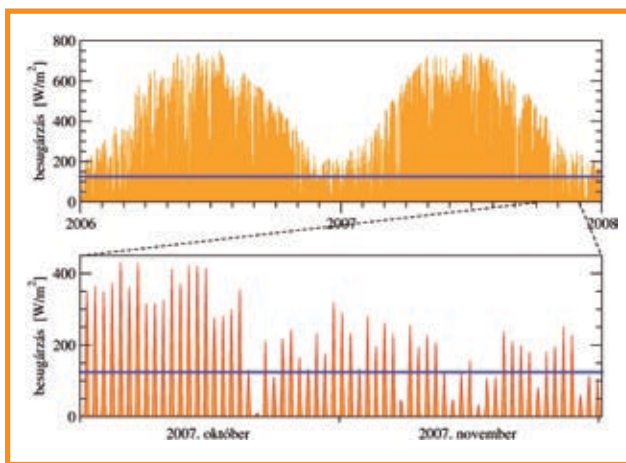


1. ábra. A földfelszín görbültsége miatt a Napból érkező, egységnyi felületre beeső sugárzás a magasabb szélességi köröknél nagyobb területen oszlik el

Nos, ha a tisztelt Olvasó felriadt a szenderegéből, és még mindig kíváncsi arra, hova is szeretnénk eljutni, jöjjön a gyakorlat második fele. Az egységnyi felületre jutó teljesítmény kiszámításának előnye, hogy könnyen össze lehet hasonlítani a majdnem minden földi folyamatot meghajtó energiaforrás, a Nap sugárzásával. A légkörön kívül a sugárzás átlagos intenzitása 1366 W/m², éves pálya menti ingadozása ± 3,4%, a nagyjából 11 éves napciklus (lásd napfoltok) alatt további ± 0,1%, hosszabb időszakokban egyéb változásokkal együtt. Ez az energia széles spektrumon oszlik el, ám a csúcsa nagyjából a látható fény tartományába esik. Persze, a teljes mennyiség nem éri el a felszínre, a légkör magasabb rétegeiről visszaverődik (pl. felhők), és intenzitását a Föld görbültsége tovább csökkenti (**1. ábra**). Egy valódi besugárzási adatsort mutat a **2. ábra**, nagyjából Budapesttel egy földrajzi szélességű pontban. A hosszú idejű átlag a napállandó (a Nap kisugárzott energiájának az a része, amely eléri a földi légkört) egyezede, ami még így is vagy háromszázszor több, mint a teljes hazai fajlagos fogyasztás (**1. táblázat**). Micsoda kiapadhatatlan gazdagság!

Napelemek

Az emberiség többségét jelenleg ellátó energiarendszerek elképesztő komplexitásra tettek szert. Gondoljunk például az elektromos hálózatra, melybe különböző elsődleges források (szén, olaj, földgáz, maghasadás, víz, szél, Nap, biomassa stb.) felhasználásával



2. ábra. Kétévnyi felszíni besugárzási adat (3 órás átlagértékek) Magyarország közepén (47,25 °É, 19,50 °K), az ERA-Interim adatbankból. Kék vonal mutatja a hosszú idejű átlagot (124,8 W/m²). Alul két hónapnyi szakasz kinagyítva

kisebb-nagyobb erőművek százai-ezrei táplálják be folyamatosan az energiát. Esély sincs arra, hogy bármilyen módszerrel ki lehetne deríteni egy adott fogyasztót éppen „ellátó” elektronok pontos forrását, szerencsére sokat kellene azon töprengeni, hogy erre mi szükség is lenne. Talán kevésbé ismert tény, hogy az európai országok villamos hálózatainak összekötése az áram ideoda szállíthatóságához megkívánja, hogy Írországtól Ukrajnáig, Lappföldtől Sziciliáig az összes generátor szinte tökéletes szinkronban és azonos frekvencián forogjon (a tűréshatár ±1%, azaz ±0,5 Hz). A feszültség szintjében nem ennyire szigorúak a követelmények, ±10% ingadozás megengedett 230 V körül. A fő kihívás valójában az, hogy a terhelés véletlenszerű változásai mellett hogyan lehet a betáplálás és fogyasztás folyamatos egyensúlyát fenntartani, ugyanis az elektromos energia nagyléptékű tárolása nem megoldott probléma. Mindenesre a jelenlegi többszintű szabályozási rendszerrel sikerül biztosítani, hogy az áramellátás igen megbízhatónak mondható, az évente előforduló egy-két váratlan kimaradás igazi sokként érinti a szenvedő alanyokat.

A várható olajhiány hatásait könnyen csökkenthetjük, ha időben elkezdjük az átállást a megújuló forrásokra. Maradjunk csak a villamos energiánál. A hazai erőművi kapacitás kb. 8 GW, ez csúcson járva kielégíti az igényeket (egyébként ez a teljes energiafelhasználásnak kb. ötödét jelenti). Mekkora megújuló kapacitás lenne szükséges ennek kiváltására?

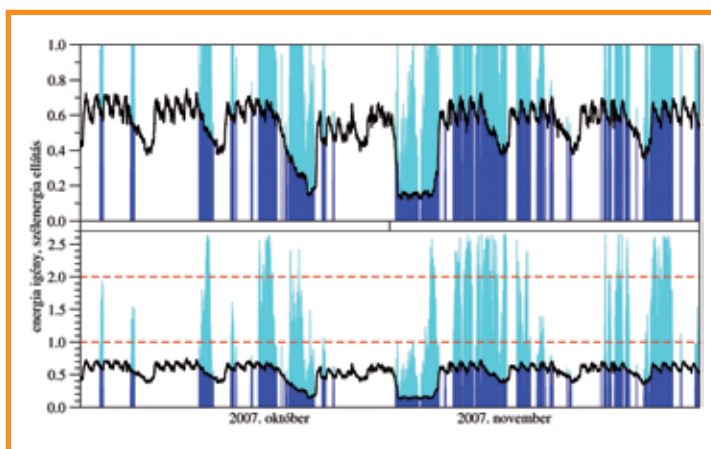
A legjobb, még megfizethető árú napelemek energiaátalakító hatásfoka nagyjából 20% körüli [8]. Maximális névleges teljesítményüket 1000 W/m² merőleges besugárzás esetén hitelesítik [9] (ekkor körülbelül az intenzitás Spanyolország déli részén, nyaranta, ebéd táján). Nálunk a csúcsértékek sem érik el ezt a szintet (2. ábra), bár léteznek trükkök a teljesítmény fokozására. Kaphatók például motorizált Nap-követő szerkezetek, de ezek drágák, maguk is energiát fogyasztanak, valamint hajlamosak a mechanikai meghibásodásra. Mindent összevéve, nemigen számolhatunk 25 W/m²-nél lényegesen nagyobb, hosszú idejű átlagértékkel. Ha még a nagyon erős, évszakos ingadozást is figyelembe vesszük (a várható átlagos „termelés” telente 4–5 W/m² értékre zuhan), akkor 8 GW-nyi erőművi kapacitáshoz mintegy 1800 km² felületre lenne szükségünk. Ez az ország területének mindössze két százaléka, alig nagyobb, mint három Balaton. Ha té-

len egyéb energiaforrást is használunk, vagy eleget spórolunk, akkor tulajdonképpen megteszi 320 km² is. A baj csak az, hogy a kívánt átlagos teljesítmény a nulla és az igény nyolcszozosa között ingadozva áll rendelkezésre, az árról nem is beszélve. A cikk írásának időpontjában ezek szépen csökkentek [10], majdnem a 4 euró/W szintig (áfa nélkül). A panelek egy komplett energiarendszerben a beruházás felét viszik el, egy nagybani vevőnek viszont nyilván járnak kedvezmények. Legyen a teljes telepítési ár 5 euró/W, a névleges csúcsteljesítmény ugyebár 200 W/m², ez 1 km² esetén pontosan 1 milliárd eurót jelent (a magyar éves GDP kb. 200 km²-re lenne elegendő).

Szélturbinák

A szélenergia területegységre eső becslése sem túl bonyolult. 2009 elején a legkorszerűbb, ám kiforrott technológiát reprezentáló turbinák névleges teljesítménye 5 MW, 115–120 m-es lapátkerék-átmérővel (hazánkban a jelenlegi csúcstartó Sopronkövesd és Nagylózs környékén 10 db 3 MW-os erőmű, 90 m-es lapátkerékkel). A mérnöki gyakorlat szerint a szélfarmok optimális turbinasűrűsége egy toronyhoz a lapátkerék területének 32–38-szorosát igényli, ami 2–3 torony/km² mellett átlagosan 10–12 MW/km² névleges teljesítménysűrűséget jelent.

Köztudomású, hogy a szél néha fúj, néha meg nem. A minimális szélsébség, ami nemcsak a lapátkereket, hanem a generátort is képes megforgatni, nem is olyan kicsi, mint hinnénk, értéke 7–9 km/h. Ekkor persze a kimenő teljesítmény még éppen csak rezgeteti a mű-



3. ábra. Egy nagy áramfogyasztó elvi szélenergia-ellátottsága két hónapnyi időszakban. Szépen látszik a fogyasztás napi és hetes mintázata. Az ingadozó terhelési adatsor alatti fehér területeken kevesebb, a sötétkék szakaszokon elegendő a termelt áram Türrkizkék sávok mutatják a „feleslegben termelt” energiát; alul a függőleges tengely átskálázva

szer mutatóját (a nulla közelében), a teljes névleges értéket a turbinák csak 36–40 km/h (!), vagy ennél erősebb szélben képesek leadni. Mérési adatok szerint az ország legszelesebb, északnyugati csücskében sem termelnek a generátorok átlagosan többet a névérték negyedénél [11], tehát 8 GW hagyományos kapacitás kiváltásához legalább 32 GW-nyi szélturbina telepítésére lenne szükség. Első becslésként ehhez 3200 km²-en kellene felállítani a tornyokat, ami nagyjából Vas megye teljes területe. Ha figyelembe vesszük, hogy lakott területeken, erdőkben, a tavak közepén stb. nem lehet erőművet építeni (igaz, hogy a földművelés körülöttük nem jelent gondot), akkor könnyen belátható, hogy sokkal nagyobb terület lenne érintett. No és mennyibe kerülne egy ekkora vállalkozás? Érdekes módon a szél erőművek

ára körül elég nagy a titkolózás, sajtóhírek alapján egy 2 MW-os turbina jelenlegi „listaára” telepítéssel együtt kb. 3 millió euró lehet. Ez watonként 1,5 euró, sokkal olcsóbb, mint a napelemek. A szükséges 16 000 szélkerék tehát 48 milliárd eurót kóstálna, ez az éves bruttó össztermékünk negyede.

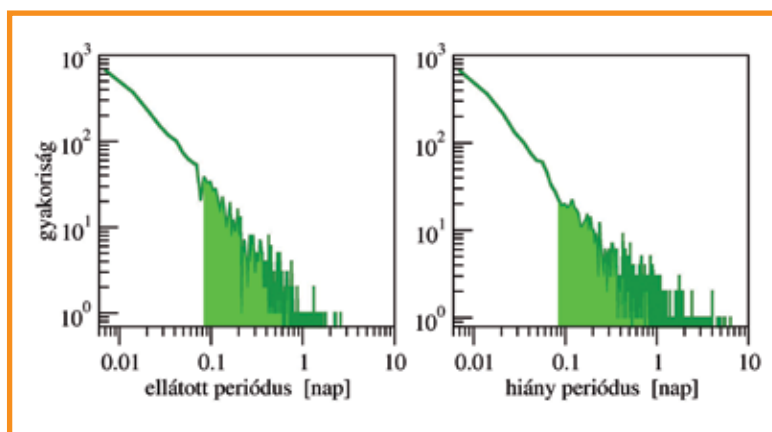
Valójában senki sem gondolja, hogy egyedül szélerőművek fogják valaha is az alapellátást biztosítani (hacsak nem valósul meg egy egész Földet összekötő elektromos hálózat). Eljátszhatunk azonban a gondolattal, milyen is lenne az ellátási színvonal, ha egy megfelelően méretezett szélerőműpark gondoskodna, mondjuk, egy nagy fogyasztóról. Hogy ne csak a levegőbe beszéljünk, bemutatunk két valódi mérési adatsort a **3. ábrán**. Az egyik egy termelőüzem teljes fogyasztását ábrázolja két hónapban; az egyszerűség kedvéért egy két-éves időszak abszolút maximumával normáltuk az adatsort. Olyan szélerőműparkot nincs értelme építeni, amely nem termeli meg egy év alatt a szükségesnek megfelelő összenergiát, ehhez viszont a névleges kapacitást jóval az átlagos fogyasztási szint fölé kell helyezni. Ezt modellezhetjük egy valódi turbina mérési adatsorával, ugyanis egymás közelében a generátorok nagyon együtt járnak, azaz az összegzett kimenet könnyen felskálázható. A **3. ábra** szépen mutatja a szélenergia nagy hátrányát: a termelés teljesen rendszertelenül ingadozik a nulla és a névleges teljes kapacitás között; ha beindul, akkor meg jókora többlet okoz fejfájást a villamosenergia-rendszer irányítóinak.

A számokkal most már igencsak spórolnánk, mindenesetre az elemzés azt mutatja, hogy egy ilyen szélpark a fogyasztási igényt az év 34%-ban tudná kielégíteni, a teljes kapacitás megkésztetésével is csak 52%-ra nő az ellátott időszak hossza. Ezek a számok azonban nem tükrözik azt a tényt, hogy az ellátás minőségében sincsen sok köszönet. A **4. ábra** illusztrálja, hogy az elegendő áramot termelő, illetve a hiányszakaszok hosszának gyakoriságeloszlása folytonos hatványfüggvény alakú, a legnagyobb számban 10 perces intervallumok fordulnak elő. A 2 óránál hosszabb ellátott időszakok aránya egy évben mindössze 33,5 nap, ez aztán nem mondható kielégítőnek (2 óra meg kell egy alapos mosáshoz). Még további analízis azt mutatja, hogy az egész országban szétszórt szélerőmű-hálózat sem termelne folyamatosan, egész egyszerűen olyan kicsi a terület, hogy nagyon gyakran sehol sem éri el a szélsősebesség a 7–9 km/h kritikus értéket, különösen nyaranta.

Vissza a természethez?

A modern társadalom jelenleg az energiát teljesen a saját pillanatnyi igényének megfelelően fogyasztja. Senki sem gondolkodik arról, mikor kapcsoljon be egy turmixgépet vagy fűnyírót, munkába a többség azonos ritmusban jár, borús esteiken pedig mindenki lámpát gyújt. Az világos, hogy az alternatív forrásokra történő teljes áttérés komoly ára lesz, arányaiban sokkal többet költenek majd utódaink energiára. Ennek fizikai oka egyszerűen érthető: az összes jelenleg ismert forrás energiasűrűsége sokkal kisebb, mint amennyi a fosszilis energiahordozók egységnyi tömegének elégetésekor felszabadul. Így aztán a megújuló termeléshez fajlagosan sokkal több eszközre, bonyolultabb szerkezetre van szükség a csordogáló energia lehető legnagyobb területéről történő „begyűjtéséhez”.

Ha nem sikerül a nagyléptékű tárolásra vagy a földrészen átívelő szállításra a közeli jövőben gazdaságos megoldást találni, akkor fölöttébb ki leszünk szolgáltatva a megújuló források pillanatnyi hozzáférhetőségének is. Ennek lehetséges társadalmi von-



4. ábra. Az előző fogyasztóra vonatkozó ellátott periódusok (balra), illetve a hiányperiódusok (jobbra) hosszának gyakoriságeloszlása két teljes évben, nap-egységekben mérve. A világoszöld területek a 2 óránál hosszabb szakaszokat jelölik, melyek részaránya 27, illetve 32%

zataival nem nagyon foglalkozik senki, pedig izgalmas kérdések szép számmal merülnek fel. Lehetséges, hogy az időjárás előrejelzésénél még fontosabb lesz az energia előrejelzése, és az emberi tevékenység sokkal inkább függeni fog attól, hogy van-e éppen villany otthon és a munkahelyen. Ha szeles éjszaka várható, esetleg automatikusan túlórázni kell, ha meg befelhősödik, nem megyünk három napig dolgozni (és persze fizetést sem kapunk). Az elmúlt téli időszakok földgáz körüli balhéi során kiderült, hogy hiány esetén milyen sorrendben kapcsolnak ki a különböző fogyasztókat az ellátásból, a lista végén jelenleg az iskolák és a kórházak állnak. Elképzelhető, hogy a jövőben a legfontosabb szolgáltatás a hírközlés lesz: mindig minden egyes személyt el kell tudni érni mobiltelefonon (vagy ennek jövőbeli változatán), egyszerűen azért, hogy meg lehessen szervezni a szükséges aktivitást a megfelelő helyen és időben. Lehet, hogy az élet ritmusa sokkal közelebb áll majd őseinkéhez, akik hosszú téli lustálkodást (és fagyoskodást) váltogattak a nyári napfényes időszakok alvást nemigen engedélyező, buzgólkodással eltöltött szakaszaival.

Jánosi Imre kutatásait az NK72037 projekt keretében támogatja az OTKA.

IRODALOM

- [1] B. Podobnik: *Global energy shifts*. (Temple University Press, Philadelphia, 2005)
- [2] Jánosi Imre: *Krisis vagy hisztéria? Emberiség és energia*. *Természet Világa*, **138**, 357–360 (2007) <http://www.origo.hu/tudomany/20070425janosi.html>
- [3] X. Lu, M.B. McElroy, J. Kiviluoma: *Global potential for wind-generated electricity*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **106**, 10933–10938 (2009)
- [4] <http://hu.wikipedia.org/>
- [5] <http://www.eia.doe.gov/pub/international/iealf/table1.xls>
- [6] <http://www.bp.com/statisticalreview>
- [7] <http://www.prb.org/>
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_panel
- [9] J. Andrews, N. Jolley: *Energy science. Principles, technologies, and impact*. (Oxford University Press, Oxford, 2007)
- [10] <http://www.solarbuzz.com/Moduleprices.htm>
- [11] P. Kiss, L. Varga, I. M. Jánosi: *Comparison of wind power estimates from ECMWF reanalyses with direct turbine measurements*. *J. Renew. Sustain. Energy*, **1**, 033105 (2009)