

LESTER R. BROWN,
JANET LARSEN, J. MATTHEW RONEY ÉS
EMILY E. ADAMS

A NAGY ÁTMENET:
ÁTÁLLÁS A FOSSZILIS
ENERGIAHORDOZÓKRÓL
A NAP- ÉS SZÉLENERGIÁRA

EARTH POLICY INSTITUTE

Magyarra fordította. Bíró Dávid, Budapest, 2015

A B-terv méltatása

„Lester Brown gyakorlatias és érthető módon magyarázza el nekünk, hogy hogyan lehet igazságosabb világot létrehozni, és megmenteni a Földünket. Mindannyiunknak oda kellene figyelniünk a tanácsára” – *Bill Clinton egykori amerikai elnök*

„Lester Brown bölcs gondolkodó” – *U.S. News & World Report*

„A legjobb könyv a környezetről, melyet valaha olvastam ” – *Chris Swan, Financial Times*

„Izgalmas könyv... egy mestermű” – *Ted Turner*

„Lenyűgöző a szerző azon képessége, hogy az egyszerű olvasó számára is érthetővé tegye ezt a bonyolult témát” – *Katherine Salant, Washington Post*

„A mű egy sor sürgető problémával foglalkozik egyetlen kötetben. A *B-2.0 terv* olyan könyv, amelyik tesz azért, hogy felnyíljon a szemünk” – *Times Higher Education Supplement*

„Nagyszerű terv arra, hogy szembeszálljunk az éghajlatváltozással” – *Bryan Wals, Time*

„Lester Brown a megoldások egyik legátfogóbb tárházát vonultatja fel–mindezt egyetlen kötetben” – *Joseph Romm, Climate Progress*

„Rendkívül olvasmányos, mérvadó beszámoló azokról a problémákról, amelyekkel szembesülünk kezdve a globális felmelegedéstől, a zsugorodó vízkészleteken keresztül egészen a halászat és az erdők, stb. kérdéseiig. A kialakuló kép nagyon ijesztő. De a könyv megmutatja a kiutat is” – *Clare Short brit parlamenti képviselő*

„Lester R. Brown tömör, ám roppant sok információt tartalmazó összefoglalót ad arról, hogy melyek azok a kulcskérdések, amelyekkel a civilizációnak szembe kell néznie a környezet terhelése miatt. A mű értékes hozzájárulás a napjainkban zajló vitához” – *The Ecologist*

„A szerző a világ gondjairól, valamint a civilizáció egyensúlyát visszaállító négy nagy célról írva szenvedélyes, ámde meggyőző hangon ír” – *April Streeter, TreeHugger.com*

„Ebben a kutatással bámulatatos módon alátámasztott és a változás mellett kiálló kiáltványban, Lester Brown nyíltan ismerteti a kihívásokat, és végrehajtható úttervet vázol fel az éghajlatváltozás okozta válság megoldására” – *The Guardian*

„A problémákat és megoldásokat ismertette a mű a legjobb, nagy összefüggéseket tagláló összefoglaló a környezet helyzetéről, amelyet valaha olvastam” – *David Roberts, Grist*

„A környezettel kapcsolatos, mára már elfogadhatatlan és eddig megszokott hozzáállással, azaz a «gazdasági hanyatláshoz és összeomláshoz» vezető A-tervvel ellentétben, Lester R. Brown vonzó, 21. századi alternatívát vázol fel” – *Thomas F. Malone, American Scientist*

„Lester Brown széles körű cselekvési terve egyszerre átfogó és lenyűgöző” – Caroline Lucas, *Resurgence*

„Jól megírt könyv; minden vitán felül áll jól informáltsága” – Ross Gelbspan, „*The Heat is On*” szerzője

„A legjobb egy kötetes alkotás a Föld megmentéséről” – Geoffrey Holland, a „*The Hydrogen Age*” szerzője

LESTER R. BROWN TOVÁBBI NORTON BOOKS KIADÓNÁL MEGJELENT MUNKÁI

Breaking New Ground: A Personal History

Új utakon jártam: személyes beszámoló az életemről

Full Planet, Empty Plates: The New Geopolitics of Food Scarcity

**Teli bolygó üres táncoló világ,
új geopolitikája**

World on the Edge:

How to Prevent Environmental and Economic Collapse

**A szakadék szélén táncoló világ,
avagy hogyan lehet megakadályozni a környezeti és gazdasági
összeomlást**

Plan B 4.0: Mobilizing to Save Civilization

A B 4.0 terv: mozgósítás a civilizáció megmentésére

Plan B 3.0: Mobilizing to Save Civilization

A B 3.0 terv: mozgósítás a civilizáció megmentésére

*Plan B 2.0: Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization
in Trouble*

**A B 2.0 terv: a túlterhelt bolygó és bajba jutott civilizáció
megmentése**

Outgrowing the Earth

A Földet kinőttük

*Plan B: Rescuing a Planet Under Stress and a Civilization
in Trouble*

**A B-terv: a túlterhelt bolygó és bajba jutott civilizáció
megmentése**

*Eco-Economy: Building
an Economy for the Earth*

**Ökógazdaság: egy gazdaság kiépítése
a Föld számára**

The State of the World

(annual 1984-2000)

(project director and senior author)

A világ helyzete (éves jelentés 1984-2000)

(A projekt igazgatója és vezető szerzője)

Vital Signs: The Trends That Are Shaping Our Future

(annual 1992-2000)

Nélküldözhetetlen jelzések: a jövőnket meghatározó trendek

(Éves kiadvány: 1992-2000)

Beyond Malthus: Nineteen Dimensions of the

Population Challenge

(with Gary Gardener and Brian Halwei)

Túl Malthuson: a népesedés jelentette kihívás

tizenkilenc dimenziója

(Társzerzők: Gary Gardener és Brian Halwei)

Tough Choices: Facing the Challenge of Food Scarcity

Kemény választások: szembesülés az

élelmiszerhiány jelentette kihívással

Who Will Feed China? Wake-Up Call

for a Small Planet

Ki fogja élelmezni Kínát? Ébresztő egy kicsi bolygó számára

Full House: Reassessing the Earth's Population Carrying Capacity (with
Hal Kane)

A ház tele van: a Föld

népességfenntartó képességének újraértékelése

(Társzerző: Hal Kane)

Saving the Planet

(with Christopher Flavin and Sandra Postel)

A Föld megmentése

(Társzerzők: Christopher Flavin és Sandra Postel)

Building a Sustainable Society

A fenntartható társadalom felépítése

Running on Empty

Elfogytak az elképzelések

The Twenty-Ninth Day

A huszonkilencedik nap

In the Human Interest

Az ember érdekében

Az Earth Policy Institute© nem profitorientált környezetvédelmi kutatóintézet, mely tervet dolgoz ki a fenntartható jövő kiépítésének szolgálatában. Az Intézet rendszeresen hírleveleket ad ki, melyek értékelik a B-terv végrehajtásában elért haladást, és ezek a hírlevelek adatokkal és ábrákkal együtt hozzáférhetők az Earth Policy Institute (EPI) honlapján.

Honlap: www.earth-policy.org

A NAGY ÁTMENET:

ÁTÁLLÁS A FOSSZILIS ENERGIAHORDOZÓKRÓL A NAP- ÉS SZÉLENERGIÁRA

LESTER R. BROWN

TÁRSSZERZŐK:

JANET LARSEN, J. MATTHEW RONEY ÉS

EMILY E. ADAMS

EARTH POLICY INSTITUTE

Copyright © 2015 by Earth Policy Institute
Minden jog fenntartva.
Első kiadás.

A magyar fordítás az alábbi kiadás alapján
készült:
Lester R. Brown, Janet Larsen, J. Matthew Roney és
Emily A. Adams:
The Great Transition
Shifting from Fossil Fuels to
Solar and Wind Energy

Az „Earth Policy Institute” az Egyesült Államok Szabadalmi Hivatala által védett név.

A könyvben kifejtett nézetek a szerzők nézetei, és nem szükségképp azonosak az Earth Policy Institute, az igazgatók, a tisztségviselők és a többi munkatárs nézeteivel.

W. W. Norton & Company,
London – New York, 2015

Fordította
Bíró Dávid, Budapest, 2015
Hungarian translation © Dávid Bíró, 2015

*Abby-nak, Bittle-nek, Bridget-nek,
Cal-nak, Cash-nek, Lenának, Mandolyinnak
és a fiataloknak szerte az egész világban*

Tartalomjegyzék

<i>Előszó</i>	9
1. Irányváltás	13
2. Az olaj felemelkedése és bukása	27
3. A szénerőművek bezárása	40
4. Az atomenergia hanyatlása	56
5. A napenergia forradalma	68
6. A szélenergia korszaka	83
7. A Föld méhében rejlő hő kiaknázása	97
8. A vízenergia múltja és jövője	109
9. Az átmenet felgyorsítása	125
További irodalom és honlapok	141
Köszönetmondás	148
A kötet szerzőiről	150

Előszó

Az energiaátmenet nem új keletű fogalom. Több évszázaddal ezelőtt kezdődött, majd a világ átállt a fáról a szénre. Az első olajkutat több mint 150 éve fúrták. Napjainkban új energiaátmenet kezdetén állunk, egy olyan folyamat elején, mely elvisz majd bennünket a főleg kőolajjal és szénrel működtetett gazdaság világából a nap- és szélenergiával működtetett gazdaságba. Ez a nagyszabású változás, mely éppen napjainkban veszi kezdetét, egy félévszázad változásait sűríti bele a következő évtizedbe.

Könyvünknek az a célja, hogy leírja: ez a hatalmas átmenet, hogyan kezd el kibontakozni. Igaz ugyan, hogy ez a könyv témák széles körével foglalkozva globális megközelítést alkalmaz, de mégsem azzal a szándékkal íródott, hogy a világ energiagazdaságáról átfogó képet adjon. Minden itt tárgyalt technológia bőven megérdemelne egy külön könyvet, és ugyanez elmondható azokról az itt részletesen nem tárgyalt témákról, melyek az átmenet szempontjából fontosak, mint pl. az energiahatékonyság, az elektromos hálózatok korszerűsítése, az iparban adódó energia megtakarítási lehetőségek, az akkumulátorok és az energia tárolásának más eszközei.

Egy „menő” technológia, a magas nyomású vízzel és vegyi oldattal történő közúzás, vagy általánosabban ismert nevén, hidraulikus törés az Egyesült Államokban megfordította a kőolaj- és földgáz-kitermelés csökkenő trendjeit. A hidraulikus törést dicsérik, mert energiaforradalmat teremtett, de ezt a technológiát támadás is éri, mivel az évente több ezer kút környékén súlyos károkat okoz az embereknek és környezetnek. Könyvünkben arra törekszünk, hogy felvázoljuk azokat a trendeket, melyek igazi energiaforradalmat és nem pusztán rövidéletű megoldást eredményeznek.

A Nap a legfontosabb energiaforrás. A világ hosszú ideje támaszkodik a napsugarak energiájának megkövesedett formáira, a szénre, a kőolajra és a földgázra, melyek úgy jöttek létre, hogy nagyon régen keletkezett organikus anyagok több millió éven keresztül hőnek és nyomásnak voltak kitéve. Egyfelől ezek az ez energiahordozók különlegesen, mert nagyon sűrűn koncentrálnak bennük az energia. Másfelől azonban hihetetlenül szennyezőek, kártékony hatást gyakorolnak az éghajlatra és végül is kimerülnek. Leszármazottaink egy napon csodálkozva fogják rázni a fejüket, hogy miért is tudtuk ilyen gyorsan kitermelni és elégetni ezt az örökséget, miközben egész vidékeket tettünk tönkre, az égbe szennyező anyagokat engedtünk, és ennek folyamán destabilizáltuk a Föld légkörét.

A nagy energetikai átmenet folyamán a tisztább, és nem kimerülő energiaforrásokat előnyben részesítve megszabadulunk a fosszilis energiahordozóktól. Figyelmünket leginkább a nap- és a szélenergiára irányítjuk, mivel ezek az energiaforrások alacsony költségűek, alkalmazásuk gyorsan terjed, és hatalmas lehetőségek rejlenek bennük. Minden ország képes energiához jutni a Napból vagy a szélből, és ennek költsége évről-évre csökken. Függetlenül attól, hogy ma mennyi nap- vagy szélenergiát hasznosítunk, az nem csökkenti azt, hogy holnap mekkora mennyiség áll majd rendelkezésünkre belőlük. Ha már egyszer megtörtént befektetésünk a napenergia berendezésekbe vagy szélturbinákba, ettől kezdve ez az energia ingyenes. A Wall Street befektetői és a jól informált és bölcs kormányok egyre inkább felismerik ezt az alapvető igazságot.

A fosszilis energiahordozókat eddig kormánykiadásokkal és adópolitikai eszközökkel támogatták, továbbá közvetett módon azzal is, hogy ezen energiahordozók egészségünkre és környezetünkre gyakorolt hatásából adódó költségeket a társadalom fizette. Jó hír azonban az, hogy Kínában a szénfogyasztás minden bizonnyal elérte a maximumot, mivel a társadalom légszennyezéssel kapcsolatos elégedetlensége mára már olyan nagy, hogy a szén használatából fakadó költségeket már nem lehet többé figyelmen kívül hagyni. Ha a szénfogyasztás csökkenésnek indul abban a Kínában, mely jelenleg több szenet fogyaszt, mint a világ többi országa összesen, akkor ennek az energiaforrásnak a jelentősége a Föld egészét tekintve gyorsabban csökkenhet, mint azt valaha valaki is elképzelte.

Pusztán gazdasági megfontolások alapján is ki lehet zárni az atomenergia hasznosításának lehetőségét, melynek igazi költségét eltorzítják a hatalmas ártámogatások. Sőt elmondható, hogy a nukleáris energia gazdaságosságával kapcsolatos gondok felelősek nagyrészt azért, hogy a Földön az atomenergiával termelt áram mennyisége csökken, és ez a folyamat már majdnem egy évtizede elkezdődött.

Mindeközben a nap- és szélenergia létesítmények száma rekord gyorsasággal emelkedik. A nap- és szélenergia termelésben elért csúcspont mind az egyes államokban és azokon belül is egyre-másra megdőlnék. Noha az egyes energiatípusok keretfeltételei továbbra is egyenlőtlenek, a szél- és napenergia létesítmények telepítésének költségei olyan gyorsan csökkennek, hogy ez a két energiaforrás elkezdte kiszorítani a szenet.

A geotermikus erőművekből származó áram költségcsökkenése nem volt ennyire gyors, de az olyan régiókban, ahol a föld mélyében sok geotermikus energia van, ez az energiatípus fontos forrása az áramellátó rendszerek alapfeszültségéhez szükséges energia

biztosításának. Napnyugta után vagy a szélcsendes időszakokban geotermikus erőművek teljesítményét gyorsan fel lehet futtatni. A megújuló energiaforrások közül a jelenleg messze legnagyobb mennyiséget adó vízenergia hasznos szerepet játszik. De a világ legnagyobb részén a nagy gátak építésének korszaka véget ért. A világ teljes népességéből még mindig mintegy 1,3 milliárd fő él elektromos áramellátás nélkül, és ezek az emberek gyorsabban és alacsonyabb költséggel és sokkal kevesebb társadalmi probléma létrejöttével juthatnak áramhoz napelemek segítségével, mint vízerőművek révén.

A megújuló energiaforrások közül könyvünk nem foglalkozik a növényekből nyert energiával, a biomasszával, az etanollal, a biodízzel és egyéb növényekből nyert szállításra felhasznált üzemanyagokkal. A napjainkban az erőművekben elégetett biomasszából háromszor nagyobb mennyiségű energiát állítanak elő, mint napenergiából. De a biomassza hasznosításának növekedési üteme sokkal lassabb, évi 7 százalék, mint az évi 60 százalékos növekedést felmutató napenergiáé.

A biomasszában rejlő lehetőségek korlátozottak. A növényi anyag energiatartalma sokkal kisebb, mint a fosszilis energiahordozóké. Ha figyelembe vesszük a növényalapú energiahordozók előállításának magas energiaigényét, a nettó energianyereség alacsony. A gépkocsik pedig mohón nyelik az üzemanyagot: egy terepjáró egyszeri etanollal történő feltankolásához annyi gabonára van szükség, melyből egy személy táplálása egy teljes éven keresztül biztosítható. Ha az Egyesült Államok hatalmas gabonatermésének egészét metanol előállítására használnánk fel, még akkor is az amerikai benzinfogyasztás mindössze 18 százalékát lehetne ebből biztosítani. Ezért könyvünk azt javasolja, hogy szállítási rendszereinket a folyékony energiahordozók helyett elektromossággal működtessük.

Ha figyelembe vesszük a világ élelmezési helyzetét, azt hogy közel egy milliárd ember alultáplált, és azt is, hogy a világ élelmiszertermelői hogyan küszködnek azzal, hogy a kereslet fedezése érdekében elég gyorsan növeljék a termelést, a világ nem lesz képes jelentős termőterületeket és vizet átcsoportosítani az energiatermelésre. A szél- és napenergia projektek a legkedvezőbbek, mert – a fosszilis energiahordozókkal és atomerőművekkel ellentétben – hűtés céljából nincs szükségük hatalmas mennyiségű vízre, és az ökológiai lábnyomuk is kicsi maradhat.

Mikor az időjárási feljegyzések bevezetése óta a legmelegebb évnek ígérkező 2014-es év végén (ezzel, úgy néz ki, ismét egy csúcs dől meg, és ezek a rekordok most már ijesztően gyakoriak), könyvünk befejezéséhez közeledtünk, felismertük, hogy versenyfutásban vagyunk

idővel. Ez a versenyfutás pedig különféle fordulópontok között zajlik. Vajon képesek lesznek-e világ nemzetgazdaságai elég gyorsan átállni a szél- és napenergiára ahhoz, hogy elkerülhessék bizonyos fordulópontok átlépését, melynek következtében az éghajlatváltozás kezelhetetlenné válhat? Vagy folytatjuk-e a zsákutcában való haladásunkat, melynek során az utolsó csepp fosszilis energiahordozót is kinyerjük a Föld méhéből egészen addig, amíg mindannyian el nem pusztulunk a melegtől?

A régi energiagazdaságot szigorúan ellenőrizték azok, akik kezükben tartották a fosszilis energiahordozó-készleteket. Az új energiagazdaság sokkal demokratikusabb. Ahol emberek élnek, ott mindenhol ki lehet aknázni a szél és a nap energiáját. *A nagy átmenet* című kötetünk bepillantást enged abba az új energiagazdaságba, mely épp napjainkban kezdett el kialakulni.

Föld Politikai Intézet (EPI)
2015 januárjában

1350 Connecticut
Ave. NW, Suite 403
Washington DC 20036
Telefon: 1-202-496-9290
epi@earth-policy.org
www.earth-policy.org

Javában zajlik az egész világra kiterjedő átállás a fosszilis üzemanyagokról megújuló energiákra. Ahogy a fosszilis energiahordozók mennyisége csökken, a levegő szennyezés romlik, és az éghajlatváltozással kapcsolatos aggodalmak árnyékot vetnek a szén, az olaj és a földgáz jövőjére, egész világra kiterjedő új energiagazdaság van kibontakozóban. A nagyrészt szénrel és kőolajjal működtetett gazdaság folyamatosan helyet ad a nap- és szélenergiával működtetett gazdaságnak.

Napjainkban a szemünk előtt zajlik le ennek az új gazdaságnak a kialakulása. Ezt láthattuk 2013-ban, amikor Dánia áramfogyasztásának 34 százaléka származott szélenergiából. 2014 januárjában Dánia áramfogyasztásának hatalmas részét, 62 százalékát biztosította a szél. Portugália és Spanyolország áramszükségletének több mint 20 százalékát biztosította a szélenergia, és Írország hasonló adata 17 százalék volt. Sőt vannak olyan napok, amelyeken a szélenergia Írország áramfogyasztásának a felét biztosítja. Spanyolországban a szélenergia, az atomenergia ellen kihívást intézve, az ország áramtermelésének legfontosabb forrásává válik. Az Egyesült Királyságban, 2014 augusztusában több napon keresztül a szélturbinák több áramot biztosítottak, mint a szénerőművek.

Az új gazdaság létrejötté Dél-Ausztráliában is látható, ahol a szélfarmok jelenleg több áramot szolgáltatnak, mint a szénerőművek. 2014. szeptember 30-án a szél- és napenergiával, energiával termelt áram mennyisége meghaladta Dél-Ausztrália villamos áram-igényét. Kínában a szélerőművek már több áramot állítanak elő, mint az atomerőművek. Az ország 170 millió háztartásában a melegvíz-ellátást háttetőre szerelt meleg vizes napkollektorok biztosítják.

Az Egyesült Államokban az energiaátmenetet jelzi az a tény, hogy az ország délnyugati területein jelenleg a közműhálózat számára áramot termelő naperőművek százai vannak tervezési vagy megépítési szakaszban. Iowa és Dél-Dakota államokban a villamosenergia-fogyasztás legalább 26 százalékát szélfarmok biztosítják. Iowa államban a szélenergia áramtermelésben való részesedése 2018-ra elérheti az 50 százalékot. Texas államban a szélenergia áramtermelésben való részesedése jelenleg 10 százalékos, és az állam hatalmas szélfarmokat és olyan távvezetéseket épít, melyek meg fogják könnyíteni a szélenergiával termelt olcsó áram Louisiana és Mississippi államokban történő értékesítését.

A nap- és szélenergiával előállított áram költségei gyorsan csökkennek, és egyre több árampiacon a fosszilis energiahordozóknál olcsóbb áramot biztosítanak. A dán kormány 2014 júliusában megszületett tanulmányának előrejelzése szerint az országban 2016-ban hálózatra felkapcsolt szélfarmok már fele akkora költséggel fognak áramot termelni, mint az új szén- és földgáz-tüzelésű erőművek. A napenergia felfutását átélő Ausztrália egyes részein a napenergiára alapozott áramtermelés költsége jóval alacsonyabb lett, mint a széntüzelésű erőművek által termelt áram. Sőt egy 2014-ben írt és a kormánytól származó adatokat felvonultató tanulmány arról számolt be, hogy a villamosenergia-szállítás magas költségei azt eredményezik, hogy a szén-tüzelésű erőművekben előállított áram még akkor sem tudna versenyezni a napenergiával, ha ezek az erőművek a felhasznált szenet ingyen kapnák.

Az energiaátmenet gyorsan zajlik olyan régiókban is, ahol erre nem számítanánk. A nap- és szélenergia zuhanó költségei Afrikában hatalmas befektetések előtt nyitják meg a kaput. A zöldenergiával foglalkozó *Bloomberg New Energy Finance* nevű cég 2014 nyarán arról számolt be, hogy Afrikában 2014 során több, megújuló energiaforrást hasznosító létesítmény épül, mint a korábbi 14 évben összesen. Dél-Amerika szél- és napenergia projektjei még gyorsabb növekedést mutatnak.

A fosszilis energiahordozókról a megújuló energiaforrásokra való nagy átmenetet többféle aggodalom hajtja. Ezek egyike az éghajlatváltozás és ennek a jövőre gyakorolt hatása. A másik a fosszilis üzemanyagok elégetéséből adódó szennyezett levegő belélegzésének egészségre gyakorolt hatása: minden évben három millió ember hal meg a levegőbe juttatott szennyező anyagok miatt. A harmadik aggodalmat az tükrözi, hogy az emberek egyre inkább törekednek az energiatermelés helyi ellenőrzésére és a minden területre kiterjedő energiabiztonságra.

A közvélemény széles köreiben elterjedt aggodalmakra reagálva, a kormányok politikája – beleértve ebbe az emissziók korlátozását, a megújuló energiákkal kapcsolatos célokat és pénzügyi ösztönzőket is – ösztönzi a megújulóakra, főleg a nap- és szélenergiára való átállást. És ahogy nyilvánvaló válik, hogy szükség van a szén és kőolaj tiszta alternatíváira, a befektetők fokozott érdeklődést mutatnak a nap- és szélenergia iránt. Köztük pedig nemcsak befektetési bankokat, hanem számos milliárdost is találhatunk, akik hatalmas összegeket fordítanak a megújuló energiákra. A „menő pénzek” beáramlása az energiagazdaság ezen viszonylag újnak mondható szegmensébe arra utal, hogy minden bizonnyal további befektetésekre is számíthatunk.

A tudósok évtizedek óta rámutatnak arra, hogy a szén, kőolaj és földgáz elégetéséből származó szén-dioxid kibocsátás megváltoztatja az éghajlatot. A légköri szén-dioxid és más üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése növeli a Föld hőmérsékletét. A következmények között megemlíthetjük a jéggrétegek és gleccserek olvadását, a tengervíz szintjének megemelkedését, azt a tényt, hogy egyes régiókat egyre pusztítóbb aszályok sújtják, míg másokban nagyon erős esők és egyre pusztítóbb viharok vannak. Ha a világ továbbra is nagymértékben támaszkodik a fosszilis energiahordozókra, a globális hőmérséklet 2100-ig akár 6 Celsius-fokkal is nőhet. Az elolvadó jég és az óceánok termikus tágulása a tengervízszintet ebben az évszázadban mintegy 180 centiméterrel emeli majd meg.

A kockázatok roppant magasak, és elég, ha az élelmiszerbiztonságot vesszük szemügyre, hogy lássuk, miért. Egy a Stanford University-n készített tanulmány elemzi, hogy időben visszamenve mintegy 600 egyesült államokbeli megyében milyen összefüggés áll fenn a kukorica hozamok és a hőmérséklet között. A tanulmány megállapítja: a tenyészidőben szokásos, normális hőmérsékletet meghaladó minden egyes Celsius-fokos növekedés a hozamokat 17 százalékkal csökkenti. A magas hőmérséklet egyszerűen sebezhetővé teszi a világ alapvető élelmiszerének számító búzát és rizst is. Ha figyelembe vesszük, hogy az előrejelzések szerint ebben az évszázadban 6 Celsius-fokos hőmérsékletnövekedésre számíthatunk, mely több, a termést tönkretévő meleg hullámot hoz, a zsugorodó termés eddig soha nem látott magasságokba emelheti az élelmiszerárakat, ezzel káoszba taszítva a világ élelmiszergazdaságát.

A hőmérsékletemelkedés azzal fenyeget, hogy Ázsia rendkívül termékeny, rizstermelő folyótorkolatait (Indiában és Bangladesben a Gangesz-folyó hatalmas deltavidékét, Vietnámban pedig a Mekong folyó torkolatvidékét) elárasztja a tengervíz. Rizsből az alacsony fekvésű deltavidékeken hatalmas mennyiséget termelnek, és ezért a növekvő globális hőmérséklet ezt az alapvető élelmiszer más növényekhez képest különösképpen sebezhetővé teszi.

Ázsia rizsmezőin kívül a tengerek vízszintjének megemelkedése súlyos fenyegetést jelent a világ néhány legnépesebb városa, köztük New York, Tokió, London, Sanghaj és Mumbai, számára. Ezen városok lakosainak el kell majd dönteniük, hogy gátak, védőtöltések és egyéb véd művek megépítésével „maradjanak és küzdjenek-e”, vagy magasabban fekvő területekre költözzenek-e. Az emelkedő élelmiszerárak és a városok víz alá kerülésének együttes társadalmi költsége akár a világgazdaságot is térdre kényszerítheti.

Minden az időtől függ. Nem állíthatjuk vissza az órát, és nem akadályozhatjuk meg a Föld hőmérsékletének megemelkedését. Ez már jelenleg is zajlik. Ha azonban a háborús idők által megkövetelt sürgősséggel lépéseket teszünk a karbonkibocsátás drámai csökkentése érdekében, talán képesek lehetünk a hőmérséklet-emelkedés ütemének lassítására és talán megakadályozhatjuk, hogy az éghajlatváltozás elszabaduljon. Ehhez arra van szükség, hogy a világ energiagazdaságát átalakítsuk: elbúcsúzzunk a fosszilis energiahordozóktól, megvalósítsuk az energiahatékonyságot és gyorsan növeljük a megújuló energiaforrások hasznosítását.

Reményt keltő módon, az energetikai átmenet sokkal gyorsabban zajlik, mint azt a legtöbb ember gondolja. És ez a folyamat fel fog gyorsulni. Arra számíthatunk, hogy az elkövetkező egy évtizedben összesűrítve félévszázadnyi változás fog bekövetkezni. Míg a fosszilis energiahordozókból nyert energia nagyrészt az adott energiahordozótól függ, és az energiahordozók mennyiségének csökkenésével idő során egyre drágább lesz, a szél- és napenergiára alapozott energiatermelés nagyrészt az adott technológiától függ, és a tudományos ismeretek bővülésével egyre olcsóbb lesz. Minden országnak megvan a maga megújuló energia kínálata. Mind a nap-, mind a szélenergia széles körben rendelkezésre áll és kimeríthetetlen. A szénnel és az olajjal ellentétben a ma felhasznált nap- és szélenergia nem csökkenti le ezen energiaforrások holnap rendelkezésre álló mennyiségét.

A Nap fényét elektromossággá átalakító napelemek használata évente több mint 50 százalékkal nő. A kezdeti időszakban a fotovoltaiikus (PV) rendszerek jellemzően kisméretűek voltak—legtöbbször lakóházak tetőire szerelték fel őket. Napjainkban viszont, azon felül, hogy tetőre szerelt napelemes rendszerek milliói léteznek, a közműhálózat számára villamos áramot előállító projektek ezrei vannak előkészítési vagy megépítési fázisban.

Csúcsteljesítménnyel számolva a szerte az egész világban felszerelt napenergia-rendszerek 2014 elején minimum 100 atomreaktor teljesítményének megfelelő energiát állítottak elő. A technika fejlődésével és fotovoltaiikus rendszerek költségének csökkenésével párhuzamosan, a lakó- és kereskedelmi épületekre gyorsuló üzemben szerelt napelemek sok településen egyre csökkentik a közműtársaságok által kínált elektromosság piacát. Mivel piacaik zsugorodnak, a közműtársaságok arra kényszerülnek, hogy a körülményekhez igazítsák, vagy emeljék áraikat. A még magasabb árak azonban további napelemek felszerelésének adnak lendületet. Ha egyszer beindult ez a körkörös folyamat, egyre erősebb lesz, és elevezet az áramtermelő társaságok „halál spiráljához”.

Ez az eseménysor zajlott le nemrég Németországban, ahol a vezető közműtársaságok, köztük az óriásvállalatnak számító RWE és az E.ON, közel kerültek a csőd kockázatához, és ezt részben az okozta, hogy a lakossági áramfogyasztás egyre nagyobb részét tetőkre szerelt napelemek fedezték, és ezzel a villamos energia nagykereskedelmi ára lecsökkent. Napjainkban ezek a közműtársaságok átalakítják üzleti modelljüket oly módon, hogy az új energetikai közegben is életben maradhassanak. Hasonló helyzet alakulhat ki az Egyesült Államok napfényben gazdag dél-nyugati régiójában, ahol a tetőre szerelt napelemek száma exponenciális növekedést mutat.

Mivel a napelemek költsége továbbra is csökken, és a felszerelt napelemek száma nő, a fejlődő országokban gyakran olcsóbb a falvakban található lakóházakra napelemet szerelni, mint egy központi erőművet és az elektromosságot továbbító hálózatot megépíteni. Ahogy a mobiltelefonok száma a fejlődő világban lendületesen növekedett, és egyszerűen fittyet hányt a hagyományos vezetékes telefonok használatára, éppen úgy nem vesznek tudomást a tetőkre szerelt napelemek az elektromos vezetékhalózatról.

Számos más trend is jelzi a fosszilis energiahordozókról a megújuló energiaforrásokra való gyors átállást. Például az eltüzelt szén mennyisége számos európai országban csökken. A világ Kína után második legnagyobb szénfogyasztó országában, az Egyesült Államokban 2007 és 2013 között a szénfelhasználás 18 százalékkal csökkent, miközben nagyon nagy számban zárták be a széntüzelésű erőműveket.

A 2010 elején áramot termelő 500-nál is több szénerőműből 180 erőművet már bezártak, illetve tervbe vették bezárásukat: így 343 erőmű folytatja a működését. A csökkenés okai között megemlíthetjük az erőművek közelében élők egészségügyi és környezetvédelmi indokokkal magyarázható ellenállását, a szénerőművekben megtermelt áram szigorúbb, levegő minőséget szabályozó rendeletek elfogadása miatt bekövetkező áremelkedését, a nap- és szélenergia hasznosításának növekedését és az alacsony költséggel kitermelt földgáz hozzáférhetőségének gyors növekedését. Az amerikai, szén használata elleni mozgalmak között rendkívül erős a Sierra Club *A szén utáni korszak* (Beyond Coal) névre elkeresztelt kampánya. A kampány célkitűzése az, hogy 2030-ig az ország összes széntüzelésű erőművét zárják be, és az így kieső energiamennyiséget egyrészt a hatékonyság növekedésével és zöld energiával váltsák ki.

Eddig a földgáz növekvő használata segített az Egyesült Államoknak abban, hogy elszakadjon a szén használatától. A vízszintes fúrások és a hidraulikus törés felfutása abból a

célből, hogy a palaszikla képződményekben megrekedt kőolajat és földgázt is kitermeljék, megfordította az Egyesült Államok földgáz-kitermelésének csökkenését, sőt 2006 és 2014 között az ország földgáztermelése 32 százalékkal nőtt. Noha a földgázt a zöld gazdaság felé vezető, „áthidaló energiaforrásként” az egekbe dicsérték, vonzereje jelenleg csökkenő félben van. Az energiatermelés során elégetett földgáz fele annyi szén-dioxid-kibocsátással jár, mint a széné. Nemrég megszületett tanulmányok azonban rámutatnak arra, hogy a földgáz sok esetben még a szénnél is károsabb az éghajlatra, mivel a földgázkutakból, földgázvezetésekből és tartályokból nagyon nagy mennyiségű a metánszivárgás, márpedig a metán sokkal erősebb üvegházhatású gáz, mint a szén-dioxid.

Végül is azonban a gázkészletek végeessége és az új kutak gyors kimerülése miatt, nem sok értelme van annak, hogy a földgáz infrastruktúrájának kiterjesztésébe fektessenek be, majd arra kényszerüljenek, hogy ne használják többet ezt az infrastruktúrát. Ez az út újabb zsákutcának bizonyulhat, mely eltereli a figyelmet hosszú távon fenntartható energiagazdaság kialakulásáról.

Mikor megvizsgáljuk a szén eltüzelésének csökkenő trendjeit az Egyesült Államokban és sok más fejlett ipari országban, elkerülhetetlenül felmerül a kérdés: „De mi lesz Kínával, azzal az országgal, amelyik több szenet használ fel, mint az összes többi ország együttesen? A jó hír az, hogy a szénfogyasztás 2014-ben elkezdett csökkenni. Az igazság az, hogy közel állunk a „szénfogyasztási csúcshoz”. Pekingben nagyon mélyen gyökerező aggodalom van, mely lendületet ad majd a születőfélben lévő kínai energia-átmenetnek. Az egyik a szén elégetésnek hatása a Kína lakosságának egészségi állapotára az ebből fakadó politikai elégedetlenséggel együtt. A másik pedig a vízhiány, noha a szénbányászathoz, a szénmosáshoz és a széntüzelésű erőművek hűtéséhez nagy mennyiségű vízre van szükség.

Ami a globális szén-dioxid-kibocsátás másik nagy felelősét, az olajat illeti, elmondható, hogy felhasználása sok ipari országban, beleértve ebbe a vezető olajfogyasztónak számító Egyesült Államokat is, hanyatlásnak indult. Amerika olajfogyasztása 2005 és 2013 között 9 százalékkal csökkent. A csökkenés részben annak tulajdonítható, hogy az emberek kevesebbet autóznak, részben pedig annak egyre hatékonyabb üzemanyag-felhasználású gépkocsikat fejlesztenek ki. Az olajfogyasztást még tovább lehet csökkenteni a tömegközlekedési lehetőségek növelésével, a szállítási rendszerek villamosításával, majd azzal, hogy az így felhasznált áramot nap- és szélenergiával állítják elő. A hálózatról tölthető hibridmeghajtású vagy a tisztán elektromos meghajtású gépkocsik nagyrészt karbonkibocsátás

nélkül előállított elektromossággal működtethetők. Ha szélenergiával előállított elektromossággal működtetjük a gépkocsikat, akkor ez annyiba kerül majd, mintha egy gallon benzinért 1 dollárt fizetnénk, ezért maga a piac fog majd lendületet adni az elektromos meghajtású autókra való átállásnak.

Az olajtársaságok mind az energiakínálat, mind a kereslet szempontjából egyre inkább szembesülnek növekedésük korlátaival. A kereslet csökken, mivel a gépkocsik hatékonyabbá válnak és az autósok az autóval való közlekedés alternatíváit keresik. Ezzel párhuzamosan a kínálati oldalon a még létező olajtartalékok kevésbé hozzáférhetőek, mint a korábbi évtizedekben felfedezett, olajat könnyen biztosító kutak, és ezzel az újonnan feltárt olaj piacra kerülésének költsége magasabb lesz.

Az energiaátmenet vesztesei között vannak a nagy független gáz- és olajtársaságok, köztük a terület három óriásvállalata, a Chevron, az ExxonMobil és a Shell is. Ez a három társaság 2009 és 2013 között összesen féltrillió dollárt költött az olaj- és földgáztermelés bővítésére, de a hatalmas befektetés ellenére is 2013-ban csökkent a termelésük. Ebben az évben mindhárom vállalat nyeresége csökkent.

A tőzsdepiacok nem kedveztek a Nagy Olajnak. Míg a Standard & Poor Index 2012 kezdete óta 2014 harmadik negyedévéig 54 százalékkal nőtt, a Chevron és az ExxonMobil részvényárai csak 12, illetve 11 százalékkal emelkedtek, míg a Shell-részvények mindössze 4 százalékkal.

Az olajkitermelés növelésének pénzügyi és logisztikai kockázatai jelentősek. Ahogy a hagyományosan megszokott olajmezők kimerülnek, és az olyan új lelőhelyek, mint például az óceánok mélyén rejlő vagy kátrányhomok-, vagy palaolaj-rétegekben található olajkészletek területileg szétszórtabbak, az olaj kibányászása és feldolgozása több energiát követel, mint a múltban bármikor. Ezen készletek kiaknázása költséges felszerelést és egyre nehezebben megtalálható, nagy tapasztalattal rendelkező mérnököket igényel. 2013 végén és 2014 elején a Chevron, a Shell és az ExxonMobil bejelentette, hogy csökkenti a tárgyi eszköz beszerzéseit. Könnyen előfordulhat, hogy ezeknek a cégeknek hamarosan valami olyat kell csinálniuk, melyhez a nagy társaságok nincsenek hozzászokva: csökkenteniük kell működési területüket.

Az olajtársaságoknak sok helyzetben egekbe szökő termelési költségekkel kell szembenéznük. Miután a Shell több mint 6 milliárd dollárt költött arra, hogy Alaszka partjai közelében megpróbáljon olajkutakat fúrni anélkül, hogy erőfeszítései fejében akárcsak egy csepp olajhoz jutott volna, a társaság 2014 januárjában bejelentette, hogy felfüggeszti az adott

régióban zajló olajfúrást. A bejelentéssel egy időben jelentek meg azok az adatok, melyek jelezték, hogy 2013-ban a társaság negyedik negyedévi nyeresége 71 százalékkal csökkent. Az új vezérigazgató, Ben van Beurden azt is bejelentette, hogy a társaság 2013. évi tárgyi eszköz beruházásait és 2013. évi 46 milliárdról 2014-ben 37 milliárd dollárra csökkenti, tehát 20 százalékos csökkentést hajt végre. A Shell – úgy tűnik, elhatározván, hogy ezúttal a befektetett pénze nem úszik el– 2014 augusztusában ismét benyújtotta az amerikai kormánynak arról szóló terveit, hogy Alaszka partjaihoz közel kezd majd bele olajfúrásokba.

Az elszaladó költségek másik példája a Kaspi-tenger alatt elterülő Kashagan-olajmező, ahol az ExxonMobil, a Shell, a Total és az Eni olajtársaságok konzorciuma végez kutatófúrásokat. A Kashagan-olajmezőt 2000-ben fedezték fel: noha a Közel-Kelet óriási tartalékaihoz képest nagyon kicsinek számított, akkor már harminc esztendeje nem bukkantak ilyen nagy lelőhelyre. Ám ez a lelőhely a korábbi harminc esztendő legköltségesebb lelőhelye is lett. Mivel a nehéz körülmények egy sor késsedelemmel jártak, a kitermelés megkezdésének és piacra juttatásának költsége a kezdetben megbecsült 10 milliárd dollárról 2014 végére 50 milliárdra emelkedett. És a költségek minden bizonnyal tovább növekednek majd, megmutatván, hogy az olajiparban már az összes alacsonyan lévő „gyümölcsöt” leszedték.

Az olajipar sokkal inkább függ a kormányzatok támogatásától, mint ahogy azt sokan tudni vélik. 2013-ban a kormányok szerte az egész világon több mint 600 milliárd dollárral támogatták a fosszilis energiahordozókat kitermelő ipart, és így ez az egyre idősebbé váló iparág ötször több támogatást élvezett, mint a 120 milliárd dollár támogatásban részesülő megújuló energiaforrások. A fosszilis energiahordozók támogatásának mintegy fele az olajfogyasztás fokozását szolgálta. Ez pedig valójában azt jelenti, hogy az adófizetők pénzével támogatják az éghajlatváltozást.

Pályafutásuk során az olajtársaságok vezérigazgatói arra kényszerülnek, hogy termelési céljaikat és remélt hozamaikat csökkentsék, mivel az utóbbi évszázad intenzív olajfeltárásai és olajtermelése során az egész Földet átkutatták és megtalálták a legjobb lelőhelyeket. Napjaink újonnan feltárt olajlelőhelyei alig elegek ahhoz, hogy a többi olajmező kimerülését kiegyensúlyozzák. Mivel elmulasztották észrevenni, hogy már közeledik az energiapolitikai átmenet, ezek a vezérigazgatók a trendek mögött kullognak és nincs stratégiai tervük. Persze dönthettek volna úgy is, hogy társaságaik tevékenységi területeit kibővítik és széles értelemben vett, energiával foglalkozó társágokká alakulnak át, és ezzel, ahelyett hogy

az energetikai átmenet lerohanta volna őket, ők maguk is részeivé válhattak volna az energiafordulatnak.

Felmerül kérdés: ezek a társaságok miért dugták struccként a homokba a fejüket azzal, hogy kétségbe vonták az energiaátmenet folyamatát? Sőt olyan társaságok, mint az ExxonMobil és a Shell nemrég azzal érveltek, hogy a világ továbbra is erősen függ majd az olajtól, és bárki, aki másképp gondolja, csak álmodozik. Minden olyan problémára, mely az energiagazdaság átstrukturálódásából fakadt, az volt a megoldásuk, hogy vadul cáfolták ennek az átstrukturálódásnak a tényét, miközben ezzel párhuzamosan pénzügyi erejükre és politikai befolyásukra támaszkodva szembeszegültek az energiaátmenettel és saját szerepük fenntartására törekedtek.

Mára már nyilvánvalóvá vált, hogy ha a világ komolyan veszi az éghajlatváltozást, a Föld méhében rejlő olaj jelentős részét soha nem fogják felhasználni. Kieran Cooke újságíró az éghajlattal és energiagazdálkodással kapcsolatos híreket közlő honlap, a *Climate News Network* számára készített tudósításában megállapította: „Ha az elkövetkező esztendőben tényleg hatékony lépéseket akarunk tenni az éghajlatváltozással szemben, akkor a fosszilis energiahordozókra építő iparágak tevékenységét szigorúan korlátozni kell, és ezen iparágak vagyontárgyainak legnagyobb részét zár alá kell helyezni, mely elkerülhetetlenül a társaság értékének csökkenéséhez vezet, ezt pedig néhány elemző a «karbon buborék» kipukkanásaként emlegeti.” A még megmaradó szénből, olajból és földgázból pedig „befagyott vagyon” lesz.

Egy az Egyesült Királyságban működő nem profit orientált társaság, a *Carbon Tracker* 2011-ben *Az elégethetetlen karbon* (Unburnable Carbon) címmel megjelent jelentésében hívta fel a figyelmet arra, hogy az éghajlatvédelemmel összefüggésben a befagyott eszközöknek milyen szerepük van. A Potsdamban működő Klímakutató Intézet kutatásaira támaszkodva, a *Carbon Tracker* csoport megállapítja: ahhoz, hogy világnak esélye maradjon a globális hőmérsékletemelkedést 2 Celsius-fok alatt tartására, márpedig a nemzetközi közösség ebben állapodott meg, drámai mértékben kell csökkentenie a fosszilis energiahordozók használatát. A legújabb tudományos felmérések szerint ahhoz, hogy valós esély legyen arra, hogy a maximum 2 Celsius-fokon belüli hőmérséklet emelkedésen belül maradjunk, a világnak a még földben maradt fosszilis energiahordozók elégetéséből származó szén-dioxid-kibocsátást századunk első felében 1400 gigatonnában (egy gigatonna = 1 milliárd tonna) kell

korlátoznia. Mivel pedig már kibocsátottunk 400 gigatonna szén-dioxidot 2013-ig, 2013 és 2050 között már csak 1000 gigatonnát lehet kibocsátani.

A világ még bizonyítottan meglévő, fosszilis energiahordozó készleteiben megtalálható szén-dioxid összmenyisége 2860 gigatonna, és ebből a mennyiségből a szén részesedése (durván 65 százalék), az olajé (22 százalék) és földgázé (13 százalék). Ha a maximum 2 Celsius-fokos felmelegedéssel számolunk, akkor csak 1000 gigatonna fosszilis energiahordozót lehet elégetni, ami azt jelenti, hogy 1860 gigatonna fosszilis tartalékunk marad, legfőképp szén formájában, melyet a földben kell hagynunk. Ebben az esetben, ezek a tartalékok elveszítik az értéküket, és befagyott vagyontárgyakká válnak. Ez viszont szükségessé teszi, hogy az ezen tartalékokat a saját értékükbe beszámító energiatársaságok értékét újra kiszámítsuk. A részvényesek ugyanis tudni akarják, hogy az energetikai vállalatokban birtokolt részesedésük mekkora értékkel rendelkezik.

A történelem során a gazdasági átalakulások nyomán befagyott eszközök keletkeztek. Gondoljunk csak a bálnaolajról a kerozinra való átmenetre, vagy az áttérésre a ló vontatta kocsiról a gépkocsira. A most zajló energiaátmenet nem számít kivételnek. Egy sor befagyott eszközt fog maga után hagyni. A legnyilvánvalóbb vesztesek a szénbánya társaságok. Ahogy az amerikai szénfogyasztás a 2007. évi 1023 milliőról 2007-re 839 millióra csökkent, szénbányák tucatjaiban szűnt meg a kitermelés, és a széntüzelésű erőműveket bezárták. A nem felhasználható széntartalékok, a bezárt erőműveken és bányákon kívül, a szénbányászattal kapcsolatos befagyott javak magukban foglalják még azokat a speciális vasútvonalakat, melyek összeköttetést biztosítottak a bányák és a vasútállomásokon és kikötőkben található szénfeldolgozó és szénraktározó létesítmények között.

De a szén nincs egyedül. A francia energetikai vállalatóriás, a Total 2014 májusában bejelentette, hogy cég és partnere Kanada Alberta tartományában egyelőre elhalasztják a kátrányhomok (sűrű, olajjal átítatott homok) bányászati projektjüket, amelybe már addig is 11 milliárd dollárt fektettek be. Az olaj kinyerésének költsége túlságosan magas volt ahhoz, hogy indokolttá tegye a további pénzek befektetését. Könnyen meglehet, hogy ez a hatalmas projekt is befagyott befektetéssé válik.

A hagyományos energiagazdaság alkotóelemei között nemcsak fosszilis energiahordozók veszítik el a versenyképességüket az alacsony költségű megújuló energiaforrásokkal szemben. A világ nukleáris forrásokból származó áramtermelése, melyet félévszázada a jövő energiaforrásának tekintettek, napjainkban a költségek növekedésével

szintén hanyatlásnak indult. Az atomerőművekben előállított elektromosság akár kétszer annyiba kerülhet, mint a nap- vagy szélenergiával termelt villamos áram. A nukleáris energia a továbbiakban is veszít a jelentőségéből, ahogy az egyre idősebb erőműveket, melyek közül sokat már túl költséges fenntartani és működtetni, bezárják kapuikat.

Az atomenergiával termelt áram világszerte bekövetkezett hanyatlása 2006-ban kezdődött: akkor elsősorban gazdasági indokok miatt, napjainkban pedig a balesetektől való félelem miatt. A Japánban 2011-ben bekövetkezett fukusimai atomerőmű-baleset hozzájárult ahhoz, hogy véget érjen az atomerőmű-korszak. Közvetlenül a fukusimai baleset után Angela Merkel német kancellár elrendelte az ország hét legöregebb atomerőművének bezárását. Két hónappal később a német kormány bejelentette, hogy 2022-ig az ország teljesen kiszáll az atomenergiából. Németország azt tervezi, hogy az így kieső energiát nagyrészt szél- és napenergiával pótolja. Más európai országok is újra értékelték atomenergiával kapcsolatos terveiket.

A nukleáris energia sikerével kapcsolatban leggyakrabban az áramszükségletének 75 százalékát nukleáris energiából nyerő Franciaországot és az új atomerőművek építésében vezető szerepet játszó Kínát emlegetik. De ez a történet hamarosan meg fog változni. Míg Franciaország éppen befejezi utolsó atomerőművének építését, javában zajlik egy összesen 25 ezer megawattos szélenergia-projekt megvalósítása, melyből 8300 megawatt 2013-ban már fel volt kapcsolva a hálózatra. Franciaország célja az, hogy az atomerőművek villamosenergia-termelésben való részesedését 2025-re 50 százalékra csökkentse. A 16 ezer megawatt atomenergia-kapacitással rendelkező Kínában a szélenergia termelési potenciál összesen 91 ezer megawatt, a szélenergia tehát teljesen maga mögött hagyta az atomenergiát.

A szélenergia robbanásszerű növekedésének egyik oka Kínában az, hogy a szélfarmokat fokozatosan olyan nagyságúra lehet kiépíteni, melyet a széntüzelésű és atomerőművek esetében lehetett tapasztalni. Kína a *Wind Base* program keretében számos óriási méretű szélfarm-telepet hoz létre, és minden ilyen telep teljesítménye 6800 megawattos energiaterelő teljesítménnyel fog rendelkezni. Ezek a projektek mind-mind részei annak az élenjáró, 200 ezer megawattos szélenergia-kapacitásnak, melyet 2020-ra akarnak elérni.

Míg egy atomerőmű megépítése és beindítása akár 10 évig tarthat, egy szélfarm felépítése általában egy évet vesz igénybe. (Egy tetőre szerelt napelem felszerelésének időigénye egy nap.) A világ egyes területein a szél játssza a vezető szerepet az energiagazdaságban. A jelenleg mintegy 90 országban szélenergiát termelő szélfarmok 2014

elején 318 ezer megawatt áramtermelő kapacitással rendelkeztek. Ez idő szerint Kína és az Egyesült Államok vezetnek a szélenergia-termelésben, majd Németország, Spanyolország és India következik.

Ez csak néhány ország azon országok közül, ahol az energiapolitikai átmenet zajlik és ahol a befagyott eszközök nagyon is láthatóvá válnak majd. Ezek között vannak szénbányák, az uránium bányák, olajmezők, olajfinomítók, mélytengeri fúrótornyok, olajvezetékek és benzinkutak. Az Egyesült Államokban 1994-ben összesen 203 ezer benzinkút működött kisbottal vagy anélkül. 2013-ra azonban kevesebb, mint 153 ezer benzinkút maradt, ami azt jelenti, hogy számuk 19 év alatt 25 százalékkal csökkent. Mivel napjainkban kezdik el felváltani a tisztán elektromos meghajtású és hálózatról tölthető gépkocsik a benzinnel meghajtott gépkocsikat, biztosra vehető, hogy a benzinkutak száma tovább csökken majd.

Az egyik fő kérdés éppen az, hogy az elektromos meghajtású és hálózatról tölthető gépkocsik milyen gyorsan hódítják meg a piacot. A zöldenergiával foglalkozó *Bloomberg New Energy Finance* tanácsadó testületének igazgatója, Michael Liebreich előrejelzése szerint 2014-ben az elektromos meghajtású autók eladása el fogja érni a 300 ezer darabot. Igaz ugyan, hogy ez az összes értékesített személygépkocsi kevesebb, mint egy százaléka, a szakértő azonban úgy gondolja, hogy az elektromos autók eladása „éppen kezd túljutni azon a ponton, melyen túl az emberek már bizalmat szavaznak ezeknek az autóknak”. Ha pedig így van, akkor az alacsony üzemanyag és működtetési költségek az elektromos autók értékesítését – a benzinnel üzemelő gépkocsikat kizorítva – tovább növelhetik, melynek következtében tovább csökken az olaj iránti kereslet.

Jelenleg több mint 3000 áramszolgáltató társaság található az Egyesült Államokban, de egy évtized múlva az áramszolgáltatás bizonyára nagyon más lesz. Egyes áramszolgáltatók arra kényszerülnek majd, hogy egyesüljenek, mások – miközben a tetőkre szerelt napelemek az árampiac egyre nagyobb részét veszik át – megszűntetik tevékenységüket. Az Egyesült Államokban alig lesznek szénbányák. Végül pedig a mélytengeri fúrótornyok eltűnnek, mivel a tengerfenék alatt található olaj kibányászása túlságosan költséges ahhoz, hogy versenyképes legyen.

Az energiátmenetet geológiai, gazdasági és társadalmi körülmények gyorsítják fel. Az egyik társadalmi mozgalom, mely arra törekszik, hogy ez az átmenet tényleg felgyorsuljon arra törekszik, hogy megszabaduljunk a fosszilis üzemanyagokba való befektetéseinktől. Az ötlet az, hogy a résztvevők a nyilvánosság előtt tagadják meg az éghajlatot tönkre tevő

energiaforrások támogatását. A nagy alapítványi vagyonnal rendelkező Stanford Egyetem volt az első, mely bejelentette, hogy megszabadul az összes szénbányában birtokolt részvényeitől. A Rockefeller-testvérek Alapítvány, melynek eredeti vagyona paradox módon a korai idők olajmágnásától, John D. Rockefellertól származott, 2014 szeptemberében bejelentette, hogy megszabadul a befektetési portfóliójában lévő fosszilis energiahordozókkal kapcsolatos részvényeitől.

Ahogy egyre több ember ismeri fel, hogy a szénbe, az olajba és földgázba történő befektetés nincs összhangban életszemléletével, és gazdasági értelemben sem ígér sokat, így valószínűsíthető, hogy a részvényektől való megszabadulás jelenlegi hulláma valószínűleg folytatódik. Az Oxfordi Egyetemen működő *Smith School of Enterprise and Environment* azt vette figyelembe, hogy a fosszilis energiaipari részvényeinek eladása az érintett cégek arculatára és jó hírnevére milyen „megbélyegző hatással” van. Egy ponton túl a nyilvánosság szénnel és a többi fosszilis energiahordozóval szembeni ellenállása olyan erőssé válhat, hogy bárki, akinek egy szénbányában érdekeltsége van, szénbányát vezet, vagy annak kölcsönöz, arculatvesztést és hírnevének csorbulását kockáztatja.

Ez a részvényeladási mozgalom válaszreakció arra a komor tényre, hogy az éghajlatváltozás már megkezdődött. Ahogy minden szélsőséges időjárási esemény emlékeztet bennünket erre, az általunk ismert földi élet súlyos veszélyeztetésének elkerülése attól függ, hogy a globális felmelegedés féken tartásának érdekében képesek vagyunk-e drámai mértékben csökkenteni karbonkibocsátásunkat. Ez szükségessé teszi a globális energiagazdaság teljes átalakítását. Ennek gyorsan kell megtörténnie. A korábban lezajlott energiaátmenetek – mint például a fáról szénre való átmenet – évtizedekbe teltek, de ennek az új energiaátmenetnek az elkövetkező tíz éven belül kell megtörténnie. Korszakunk döntő fontosságú eseménye a szénről, olajról és földgázzal a nap- és szélenergiára való áttérés lesz.

A végkövetkeztetés: a bőségesen rendelkezésre álló és egyre olcsóbban hasznosítható nap- és szélenergia lesz az új energiagazdaság alapja. A fosszilis energia korszakában a beruházások csak rövid távra szóltak, és csak addig szolgáltattak energiát, amíg az olajkutak és szénlelőhelyek kimerültek. A lelőhelyek feltárásának, kiaknázásának és kimerülésének folyamata újra és újra megismétlődött. Most, az Ipari Forradalom óta első ízben, olyan energiaforrásokba fektetünk be, melyek addig szolgáltattak energiát, ameddig a Föld létezik.

Az olvasó a Földpolitikai Intézet honlapján (www.earth-policy.org) további adatokat, a szöveg angol nyelvű, lábjegyzetekkel ellátott verzióját és egyéb referencia anyagokat találhat.

Az olaj felemelkedése és bukása

Olyan volt az egész, mint egy tudományos-fantasztikus film: tomboló tüzet lehetett látni, melyet víz vett körül. De ez nem egy elképzelt bolygón történt, hanem a Mexikói-öbölben 2010. április 20-án, amikor a *Deepwater Horizon* társaság olajfúrótornya lángra gyúlt és fúrótorny személyzetéből 11 fő meghalt. Az ezután következő három hónapban a világ szemtanúja lett annak, hogy az egymást követő próbálkozások képtelenek voltak a felrobbant kútból kiáramló olajat megállítani. Végül, július 15-én a BP-nek és az amerikai parti őrségnek sikerült lezárniuk a tengervíz felszínétől számítva 1 mérföld mélységben lévő kutat, de addigra már a területet elszennyezve 15,1 millió liter olaj folyt ki a Mexikói-öböl ökológiai rendszerébe.

A *Deepwater Horizon* katasztrófája jelzi, hogy az olajkitermelő ipar milyen kockázatot vállal annak érdekében, hogy kielégítse a világ olajfüggőségét. A korán felfedezett olajkészletek kiaknázása gyakorlatilag olyan könnyű volt, mintha egy szívószálat szúrnánk le a földre, és csak néznénk, hogyan buzog fel a fekete olaj. Napjainkra azonban véget ért a könnyen hozzáférhető olaj korszaka.

Az olajkitermelésnek geológiai korlátai vannak. Az 1940 és 1980 között felfedezett olajmezők mindegyike több mint 10 milliárd hordó (1 hordó = 159 liter) olajat rejtett. Szaúd-Arábia hatalmas Ghawar-olajmezője 75 milliárd hordó olajat rejtett. Ezek a napok elmúltak. Az újonnan felfedezett olajmezők száma alacsony. Napjainkban már nagynak számít egy frissen felfedezett olajmező, ha több mint 3 milliárd hordó olaj szunnyad a föld mélyében.

Az olajtermelésnek vannak politikai korlátai is. A még meglévő olajmezők mintegy 80 százaléka nemzeti olajtársaságok birtokában van, olyan társaságokban, melyek részben vagy teljesen, mint pl. a szaúd-arábiai Aramco vagy az orosz Rosneft állami kormányzatok birtokában vannak. A legtöbb ilyen tartalék hagyományos olaj, mely hatalmas földalatti mezőkön található. A tartalékok 20 százaléka magántársaságok birtokában van, melyek között nagy olajtársaságok (a BP, az ExxonMobil és Total) és kisebb független társaságok is vannak.

A kutatási és a kitermelés beindításáig adódó költségek emelkednek, mivel a társaságok arra kényszerülnek, hogy egyre kevésbé hozzáférhető helyekről termeljék ki az olajat. A hagyományos olajkitermelés jövőbeni kilátásai tartalmazzák az óceán feneké alatti, illetve az Északi-sarki-óceán alatti olajmezőket, és az utóbbiak esetében az olajfúrást

végzőknek meg kell küzdeniük a jéghegyekkel és Föld egyik legkeményebb időjárásával. A nem konvencionális nyersolajfajták, mint pl. palasziklából vagy a kátrányhomok homok és agyagrétegeiből kinyert olaj egy másik lehetőség. De a nehezen hozzáférhető olaj piacra vitele nem olcsó.

A *Financial Times* újságírója, Ed Crooks megállapítja: „Ahogy a társaságok termelésük növelése vagy szinten tartása érdekében egyre nehezebben hozzáférhető olajat termelnek ki, a költségeik, pl. a mélytengeri fúrások esetében, már olyan magasra emelkedtek, hogy hordónként legalább 100 dolláros olajjára van szükségük, ahhoz hogy ez nyereséges legyen számukra.” Ahogy a Chevron vezérigazgatója megfogalmazta: „A hordónként 100 dolláros ár annyira megszokott lesz, mint a régi 20 dolláros.”

Az utóbbi évtizedek egyik leggazdagabb lelőhelyét, a Kashagan-olajmezőt Kazahsztánban a Kaszpi-tenger északi részében nagy izgalmak közepette, 2000-ben fedezték fel. A becslések szerint a 35 milliárd hordó olaj fekszik a föld mélyében, melyből feltételezhetően 13 milliárd hordó olaj kitermelhető. De a kitermelés feltételei nehezek. Télen, amikor a hőmérséklet akár -30 Celsius-fokra süllyedhet, a Kaspi-tenger jége befagy. A körülményeket még rosszabbá teszi az a tény, hogy az olajba halálosan mérgező és korróziót okozó kén-hidrogén gáz keveredik.

A Kashagan-olajmezőt kiépítő konzorcium – köztük az ExxonMobil, a Shell, a Total és az Eni – eddig 50 milliárd dollárt költöttek arra, hogy ezt az olajmezőt csatlakoztassák a vezetékhalózathoz. A konzorcium 2013-ban végre elindította a kitermelést, de ez csak addig tartott, amíg néhány héttel később felfedeztek egy gázszivárgást. Egy rövid ideig tartó újraindítást követően, a rendszert megint lezárták, ezúttal sokkal átfogóbb javítási munkálatok miatt. A tervek szerint 2016-ban folytatják a kitermelést, de néhány elemző ugyancsak kételkedik, hogy akkor ez megtörténik majd. A Kashagan-lelőhelyet nyeglén már így emlegetik: „*The cash is gone.*” (A pénz elúszott.)

Az egyik terület, melyen egy nem-konvencionális nyersolaj-fajta kitermelésére törekednek, a főleg Kanada Alberta tartományában található olajpala-lelőhelyek. Ez a félig folyékony állapota miatt kátrányhomokként is ismert anyag, ragadós keveréke a bitumennek (sötét színű szénhidrogénelegy), a homoknak, agyagnak és víznek, és nem lehet fúrással és szivattyúzással felszínre hozni.

A legkönnyebb módja annak, hogy hozzáférhessenek az, hogy földalatti vagy külszíni fejtésű bányákat hoznak létre, ami tönkreteszi a tájképet. De a létező lelőhelyek közül a

kátrányhomok túlságosan is mélyen található ahhoz, hogy hozzá lehessen fégni. Ezért az olajtársaságok olyan technikát alkalmaznak, mellyel a föld alatt lévő bitument annyira felmelegítik, hogy az folyékonnyá váljon, és ki lehessen szivattyúzni a földből. Ezt követően még további feldolgozásra van szükség ahhoz, hogy a kátrányhomokból nyert olaj alkalmassá váljon kőolajvezetékekkel történő szállításra. Ez a nagyon intenzív kitermelési folyamat rengeteg energiát igényel. Sőt elmondható, hogy a kátrányhomok felszínre hozatalához és finomításához felhasznált egy egységnyi energiával összesen öt egységnyi energiát lehet nyerni. Ez a nagyon rossz energiahozam-arány, messze rosszabb, mint a konvencionális olajmezőkön elért arány, ahol egy egységnyi energia felhasználásával 16 vagy ennél több egységnyi energiához lehet hozzájutni. Kanada 2013. évi olajtermelésének több mint a felét a kátrányhomok adta.

Az Egyesült Államokban a palasziklákban zajló vízszintes fúrások és a hidraulikus törés (*fracking*), amellyel hozzá lehet fégni a korábban hozzáférhetetlen kőolajhoz és földgázhoz, energiakonjunktúrát eredményezett. Az olajhozam-csúcs megvitatása helyett az olajpala forradalomról kezdtek el beszélni. A rétegrepesztéses módszer alkalmazásában a nagy olajtársaságok helyett a kisebb olajtársaságok játszanak szerepet, és a módszernek köszönhetően az Egyesült Államok napi olajkitermelése a 2008. évi kevesebb mint 7 millió hordóról 2013-ra több mint 10 millió hordóra emelkedett. A lelőhelyek nagy területen annyira szétszórta vannak, hogy sok kutat kell fúrni, de ezek gyorsan kiapadnak–sokkal gyorsabban, mint a hagyományos kutak. Mint minden konjunktúra, ez is egy nap véget ér majd.

Mivel az energiahordozókhoz való hozzáférés költségei emelkednek, az olajtársaságok több fronton is visszavonulásba kezdtek. A Shell az Egyesült Államokban csökkentette palaolaj-fúrásokat. Több kudarc után Shell ideiglenesen felfüggesztette az Alaszka partjainak közelében zajló sarkvidéki fúrásait, noha nem kizárt, hogy 2015-ben folytatni fogja próbálkozásait. A Shell, a francia érdekeltségbe tartozó Total és Norvégia Statoil nevű társasága Kanadában leállította egyes homokolaj-projektjeit. Chevron elhalasztotta egyik olajkitermelési projektjét Indonézia tengerpartja mellett. A társaság a saját olajtermelésével kapcsolatos előrejelzéseit is csökkentette.

A Bécsben működő *JBS Energy Markets* nevű kutatóintézet jelentésében arról számol be, hogy míg a világ hat legnagyobb kitermelő társasága 2007 és 2013 között az olaj és földgázkészletek felkutatására irányuló befektetéseit 80 százalékkal növelte, eközben termelésük 6 százalékkal csökkent. Ez a trendforduló akkor történik, mikor szerte az egész

világban növekszik az olajfogyasztás. Míg 1983-ban a világ napi olajfogyasztása 58 millió hordó volt, 2013-ra ez az adat 91 millió hordóra emelkedett, ami 30 esztendő alatt 58 százalékos növekedést jelent. A világ vezető olajfogyasztójának, az Egyesült Államoknak a fogyasztása majdnem napi 19 millió hordó. Ezt követi Kína, Japán és India, melyek együttes fogyasztása szintén 19 millió hordó naponta. Ezeket az országokat Oroszország, Szaúd-Arábia, Brazília, Dél-Korea, Kanada és Németország követi.

Sok feltörekvő gazdaságban, köztük Brazíliában, Kínában, Indiában és Indonéziában, melyek együttes lakossága 3,1 milliárd fő, az olajfogyasztás szakadatlanul nő. Sőt, Indonézia a Kőolaj-exportáló Országok Szervezetének (OPEC-nek) is tagja volt egészen addig, amíg hazai fogyasztás meg nem haladta az ország kitermelését. Ázsia sok más régiójában is hatalmas mértékben nőtt az olajfogyasztás. 1990 óta Hongkong, Malajzia, Szingapúr és Tájföld majdnem megháromszorozta olajfogyasztását. Ugyanebben az időszakban Kína megnégyszerezte, Vietnám pedig több mint ötszörösére növelte olajfogyasztását.

Noha a világ összefogyasztása még mindig emelkedik, egyre több ipari országban az olajfogyasztás elérte a csúcst, és elkezdett csökkenni. Például Németország olajfogyasztása 1979-ben 3,3 millió hordós napi fogyasztással érte el a csúcst, majd 2013-ig 2,4 millió hordóra csökkent, ami 27 százalékos csökkenésnek felel meg. Japán napi olajfogyasztása 1996-ban 5,8 millió hordóval érte el a csúcst. 2013-ig azonban 27 százalékos csökkenést mutatva napi 4,6 millió hordóra apadt a fogyasztás. Még az Egyesült Államokban is, több évtizedes növekedést követve, jelenleg csökken az olajfogyasztás.

1950 és 2005 között az amerikai olajfogyasztás többé-kevésbé folyamatosan emelkedett, és ez az emelkedő trend csak néha torpant meg, pl. az 1970-es évek olajár-sokkjai idején. 1950 és 2005 között a napi olajfogyasztás 6 millió hordóról 21 millióra emelkedve több mint háromszorosára nőtt. Ekkor volt a csúcson, majd nyolc év alatt, 2013-ig 9 százalékos csökkenéssel, a fogyasztás visszaesett napi 19 millió hordóra.

Több trend is segít megmagyarázni, hogy a világ legnagyobb olajfelhasználójának fogyasztása miért kezdett el csökkenni. Mivel az olajfogyasztás kétharmadát a szállításban használják és ennek a mennyiségnek a kétharmada pedig a személygépkocsik és teherautók meghajtására fordítódik, járművek használatában és meghajtásában bekövetkező változások következtében nagymértékben változik az olajfogyasztás is.

A huszadik század folyamán, a gépkocsi központi szerepet játszott az amerikai életmódban. Az amerikai kultúra elengedhetetlen eleme lett. A gépkocsik nemcsak korábban

nem létezett mobilitást biztosítottak, hanem egyben segítettek az őket birtokló személyek identitását is meghatározni. Egy az autózás történetével foglalkozó történész, John Wolkonowicz így foglalta össze a helyzetet: „A 20. században élt generációk számára az autó egyenlő volt a szabadsággal: státusszimbólum volt, a személyiség kiterjesztése, tehát az adott embernek és személyiségének látható megtestesülése.”

2000-ben az Egyesült Államokban több mint 190 millió ember rendelkezett jogosítvánnyal, és az összes jármű száma még ennél is több volt. Az ország naponta mintegy 20 millió hordó olajat fogyasztott—ez abban időben nagyobb mennyiség volt, mint az olajfogyasztásban Amerika után következő öt ország együttes fogyasztása. Napjainkban azonban az Egyesült Államok, mely bevezette a világot a gépkocsik korszakába, úgy tűnik, hogy a világot kivezeti ebből a korszakból.

A legalapvetőbb módja a benzinfogyasztás csökkentésének, ha kevesebbet, illetve hatékonyabban autózunk. Ha kevesebbet autózunk, ez azt jelenti, hogy több ember jár biciklivel, gyalog vagy tömegközlekedéssel munkába vagy azt, hogy internetes összeköttetés segítségével távmunkát végzünk. Ennek pedig az az eredménye, hogy kevesebb autója van az embereknek. A hatékonyabb autózás a gépjármű-technológiák fejlődéséből fakad, és ez utóbbit pedig gyakran a kormányok által kötelezően előírt technológiai paraméterek határozzák meg. A hatékonyság növelésének igazán nagy javulása azonban akkor következik be, amikor a belső égésű motorokról átállunk az elektronikus motorokra.

Az Egyesült Államokban ez az átállás megkezdődött. Michigan Egyetem autózással kapcsolatos trendeket nyomon követő szakembere megállapítja, hogy az egyedül autózó emberek által egy esztendő alatt megtett út menettávolsága 2004 és 2011 között 9 százalékkal csökkent. A jelenség néhány okára az Amerikai Népszámlálási Iroda adataira alapozott és a Közérdekek Kutatócsoportja (PIRG) Oktatási Alapja számára készített tanulmány mutatott rá. A megvizsgált 61 városi körzetben a tömegközlekedés igénybevétele megemelkedett. A felmérés azt is megállapította, hogy növekszik a teljes munkaerőn belül a távmunkában dolgozók aránya. Meglepő módon a megvizsgált körzetek 99 százalékában a magán gépkocsival ingázók száma csökkent. A Szövetségi Szállítási Adminisztráció mérése szerint a tömegközlekedést használók száma 2000 és 2011 között 20 százalékkal emelkedett.

Fél évszázada a vidéki közösségekben az amerikai tinédzser számára a jogosítvány és egy jármű – legyen az egy személygépkocsi, egy kisteherautó vagy akár egy mezőgazdasági jármű – megszerzése jelezte, hogy az illető személy felnőttkorba lépett. Mindenki ezt tette.

Napjaink ténédzserei számára a kapcsolatteremtés eszköze inkább az okostelefon és az internet. Sokuk számára a kocsis szerepe már nem nagy. Húsz évvel ezelőtt az amerikai fiatalok 68 százalékának volt jogosítványa 18 éves korában. Napjainkban ez az arány 59 százalékos.

A Közérdekek Kutatócsoportja (PIRG) Oktatási Alapja vezető elemzője, Phineas Baxandall megállapítja: „A kormánynak támogatnia kell azokat a szállítással kapcsolatos kezdeményezéseket, melyek támogatják ezeket az utazási trendeket. Ahelyett, hogy az adófizetők dollárjait a nagyapáink idejében épült országos államközi autópálya-rendszer bővítésére költenék, azokba a szállítási lehetőségekbe kell befektetnünk, melyeket a közönség egyre inkább előnyben részesít.” Ennek eredményeképp, többek között, nagyobb figyelmet lehetne fordítani a tömegközlekedés bővítésére és a kerékpárutak építésére.

Szerte a világban néhány város felismervén, hogy a gépkocsik számának növekedése további környezetszennyezést, zajt és forgalmi dugókat okoz, elkezdte korlátozni a gépkocsik használatát. Egyes városokban ezt úgy teszik meg, hogy amikor a gépkocsik belépnek a városközpontba, dugódíjat kell fizetniük. Szingapúr, London és Stockholm is bevezetette a „dugódíjat”.

A kínai városok, melyek érzik az autók számának gyors növekedéséből adódó nyomást, szintén megpróbálják az autók számának növekedését korlátozni. Sanghajban 1994-ben kezdtek el árveréseken értékesíteni a rendszám táblákat. Ebben a városban könnyen előfordulhat, hogy a rendszám tábla többbe kerül, mint maga az autó. Peking, Tiencsin, Kanton, Guiyang és Hangcsou városai szintén korlátozták az eladható gépkocsik számát. Valószínűsíthető, hogy más kínai városok is ezt teszik majd.

Egy bizonyos ponton túl a városi gépkocsik már kevesebb mobilitást biztosítanak és rontják az életminőséget. Korábban a városi közlekedést a gépkocsikra építették. Ez most változó félben van. Az utolsó évtizedekben reményre okot adó jeleket tapasztalhatunk a várostervezésben és a városirányításban egyaránt. Az előre tekintő városok olyan városi szállítási rendszereket kezdtek el tervezni, melyekben a tömegközlekedés könnyen igénybe vehető, és könnyebb gyalogolni vagy biciklizni.

Szerte az egész világban a városok egyre több parkot és sétaösvényt hoznak létre, ahol az emberek sétálhatnak és élvezhetik a szabadlevegőn való tartózkodást. Egy város életminőségének egyik legjobb jelzőszáma a parkosított területek és a parkolók aránya. Azok a városok, melyekben sok a park, nemcsak a sétálás, a kocogás és a kerékpározás

szempontjából, hanem az otthagás szempontjából is kellemesek, míg ott, ahol sok az autóhasználatot kiszolgáló parkoló, a városok távolról sem annyira vonzóak.

Az utóbbi években ugrásszerűen megnőtt az érdeklődés a kerékpározás és a kerékpár szállítási rendszerekben betöltött szerepe iránt. A rövid távolságokon a kerékpár versenyre kelt a gépkocsi használatával. Az Egyesült Államokban a kerékpár használata munkába járásra 38 százalékkal nőtt. A kerékpározók száma gyorsan növekszik olyan nagy városokban, mint Baltimore, Chicago, Minneapolis, Philadelphia és az Oregon államban lévő Portland—ezekben a városokban a kerékpár használata minimum kétszeresére nőtt. Ezek városok ösztönözték is a kerékpár használatát.

Portland városa, az Egyesült Államok egyik leginkább kerékpárbarát települése, több mint 400 mérföld kerékpárutat épített, és jelenleg több mint 5500 kerékpárbeállóval rendelkezik. A kerékpárhasználat gyakorisága 2000 óta háromszorosára emelkedett. De még ebben a városban is a dolgozók mindössze 6 százaléka jár kerékpárral munkába. Hasonlítsuk össze ezt koppenhágai kerékpárhasználat gyakoriságával! Ott a dolgozók 36 százaléka jár biciklivel dolgozni—és ez az arány még mindig növekszik.

Amerikában az eladott biciklik és autók száma fej-fej melletti versenyben áll. Az utolsó egy évtizedben az új kerékpárok eladása, ebbe nem számítottuk bele a gyerekbicikliket, feltűnően állandó volt: évente kb. 13 millió biciklit értékesítettek. Ezzel 2012-ben az eladott biciklik száma közel került az értékesített új autók 15 milliós számához. Minden egyes alkalom, amikor autó helyett kerékpárt használunk, csökkenti a légszennyezést, a szén-dioxid-kibocsátást és a forgalmi dugók számát.

Európában, ahol az egy évben értékesített kerékpárok száma kb. 20-21 millió, az eladott biciklik száma szinte minden országban magasabb, mint az eladott autóké. Olaszországban 2011-ben több kerékpárt adtak el, mint amennyi autót, és erre a második világháború óta még nem volt példa. Spanyolországban a növekvő kerékpár-eladások száma elérte a 780 ezret, és ezzel meghaladta a 700 ezer értékesített gépkocsi számát.

A bicikli kölcsönző programoknak hála sok városban már nem előfeltétele a biciklizésnek az, hogy birtokunkban legyen egy bicikli. Az Egyesült Államokban 2012 végén 21 városban már 8500 bicikli volt a kerékpárállomások dokkolóiban (a kerékpárok rögzítését szolgáló szerkezetek). Arra számíthatunk, hogy 2015 végéig már 70 városban közel 40 000 bicikli lesz kikölcsönözhető. A kerékpározásban már a kezdetek óta vezető szerepet játszó Washington D.C. városi területein több mint 300 biciklikölcsönző-állomáson 3000 kerékpár

áll rendelkezésre a várost évente felkereső 18 millió látogató, valamint Washington D.C. és a szomszédos külvárosok lakói számára.

Az utóbbi években szerte az egész világban létrejöttek közbringarendszerek. Ötvenhét országban több mint 700 városban léteznek már teljes egészében működő kerékpárkölcsonzó rendszerek. Európában van a legtöbb ilyen program, de rendelkezésre álló kerékpárok száma Ázsiában nagyobb. Talán nem meglepő, hogy több mint félmillió közösen használt, kölcsönözhető kerékpárjával Kína áll az első helyen.

A kerékpárkölcsonzó rendszerek bevezetésének oka városról városra változó. Vegyük például szemügyre New York közbringarendszerét, mely 2013 májusában kezdte el működését 6000 biciklivel. Nagyban növeli a mobilitást, és nagyon olcsó. Janette Sadik-Khan, New York City közlekedési igazgatója kijelentette: „Citi Bike rendszer nem csupán egy kerékpárhálózat, hanem az utóbbi 75 esztendőben New York első új tömegközlekedési rendszere.” A közbringarendszereket gyakran azzal a céllal tervezik meg, hogy kiegészítsék a busz és városi kötött pályás rendszereket, és arra adnak megoldást, amit a tervezéssel foglalkozó szakemberek „az út első és/vagy utolsó mérföldjéből” adódó problémának hívnak. A kínai Hangzhou-ban, ahol a közösségi kerékpárrendszerek nagyon nagy népszerűségnek örvendenek, a város azért indította el a programot, hogy a tömegközlekedést használók útja utazásuk első és utolsó szakaszán könnyebb legyen.

Még a világ egyik vezető autógyártója, a General Motors (GM) is hasznosítja a közösségi kerékpárrendszereket, A GM szerződést kötött a nemrég létrehozott Zagster nevű céggel annak érdekében, hogy kerékpárt biztosítsanak a Michigan állambeli Warrenben található 300 hektáros GM Technikai Központban dolgozó 19 000 alkalmazott számára. Sőt, Bill Ford, a Ford Motor Company igazgatója egy kockázati tőke vállalkozás révén részesedést szerzett a Zagsterban. A Zagster vezérigazgatója megállapítja: „Állami források igénybevételével és közterületek felhasználásával egy olyan rendszert hozunk létre, ami majdnem olyan lesz, mint egy egész városra kiterjedő közösségi kerékpár-rendszer.”

Vállalatok, egyetemek és helyi önkormányzatok egyaránt részt vesznek a kerékpár reneszánszában. A Világbank washingtoni székhelyén támogatja a kerékpárhasználatot: öltözőket, zuhanyozókat, hajszárítókat és egy őrzött kerékpárparkolót biztosít.

A kerékpározás gazdasági előnyei egyértelműek. A kerékpárok nemcsak üzemanyagot takarítanak meg, hanem parkolóterületet is, hiszen egy gépkocsi által igénybe vett parkolóhelyen 20 bicikli is elfér. Az Egyesült Államokban található 250 millió gépkocsi 800

millió pakolóhelyet igényel. Ha összeadjuk a parkolókat az úthálózat által lefedett területekkel, akkor látható, hogy az amerikaiak autótól való függősége minimum 157 989 négyzetkilométer lefedésével járt, márpedig ez egy nagyobb terület, mint Illinois állam területe.

Ha az autót kerékpárra cseréljük, akkor a felhasznált anyagok (acél, alumínium, műanyag és gumi) súlya 1814 kilóról 136 kilóra csökken. Ezen anyagok előállításával igényelt energia megtermelése is elmarad. Az adófizetők is jól járnak, mert az autókkal összevetve kerékpárok igényeit kielégítő útkarbantartás elhanyagolható összeg.

A jól megtervezett városokban található kerékpározási, gyaloglási és a tömegközlekedési lehetőségek a városlakók számára nagy előnnyel járhatnak, azzal, hogy nem kell autót tartaniuk. A 2006 és 2011 közötti vizsgálatok szerint 100 városi terület közül 84-ben emelkedett a gépkocsival nem rendelkező háztartások aránya. És ahogy növekszik az urbanizáció, ez az arány csak nőni fog.

Miután a 20. század és a 21. század elején növekedett a gépkocsik száma, az utóbbi években a gépkocsik száma stagnált. Például 2001 és 2007 között az engedélyezett gépkocsik száma az Egyesült Államokban 217-ről közel 250 millióra emelkedett. Az ezt követő hét évben ez a szám kis eltérésekkel 250 millió körül volt. Csak idő kérdése, hogy, amint a fiatalabb, kevésbé gépkocsi-orientált generációk idősebbek lesznek, mikor kezd el csökkenni a gépkocsik száma.

Az Európában lévő gépkocsik száma sem növekszik. Sőt, az új autót vásárlások regisztrálása az utóbbi húsz esztendőben sosem volt ennyire alacsony. A jelenség számos oka közül megemlíthetjük a magasabb üzemanyagárakat, a hosszabb élettartamú járműveket, a gépkocsi státuszszimbólumot betöltő szerepének csökkenését és azt a tényt is, hogy kevesebb fiatal szerzi meg a jogosítványt.

Japánban az autóeladások az utóbbi években csökkentek. Ezt részben a gépkocsik magas fenntartási és parkolási költségei, részben a lakosság elöregedése okozza. Ezek a tényezők valószínűsítik, hogy Japánban a gépkocsik száma csökkeni fog.

A gépkocsik roppant erős elterjedtsége miatt, az ipari országokban nagy lehetőségek vannak a gépkocsik számának csökkentésére. Az Egyesült Államokban minden 1000 lakosra, ebben benne vannak a gyermekek és felnőttek, akik már nem vezetnek, 786 gépjármű jut. Ettől nem sokkal marad le Olaszország, ahol 1000 főre 682 gépkocsi jut. Ugyanez az arány mind Németországban, mind Japánban ugyanaz. Franciaországban ettől nem sokkal

lemaradva 1000 főre 582 gépkocsi jut. További országok, melyekben minden két emberre legalább egy gépkocsi jut, magukban foglalják Lengyelországot, Spanyolországot és az Egyesült Királyságot.

Azokban az országokban, ahol gépkocsik előfordulási gyakorisága legalacsonyabb, az autók száma növekszik. Etiópiában minden 1000 főre három gépkocsi jut. Brazíliában, ahol az 1000 főre jutó gépkocsik száma 210, a gépkocsik száma 2003 óta megduplázódott, mivel a középosztályba tartozók száma megemelkedett, és a kormány támogatta a gépkocsik beszerzését. Indiában a 2013-ban értékesített gépkocsik száma 2,5 millió volt. Az előrejelzések szerint az elkövetkező években az ország a világ harmadik legnagyobb autópiaca lesz, és ezzel drámaian nőni fog a jelenlegi motorizációs szint, melyen minden 1000 főre 18 gépkocsit jut.

Kína, ahol az 1000 főre jutó autók száma 69, a világ legnagyobb autópiacaként lehaladta az Egyesült Államokat. Kínában 2013-ban 18 millió autót értékesítettek, és ez kicsivel nagyobb mennyiség, mint az Egyesült Államok legnagyobb, 17,8 milliós értékesítési adata 2000-ben. Számítások szerint világos: ha Kínában is – az Egyesült Államokhoz hasonlóan – minden négy emberre három gépkocsi jutna, akkor az országban mintegy 1 milliárd gépkocsi lenne, márpedig jelenleg az egész világban van összesen 1 milliárd gépkocsi. Már jóval azelőtt, hogy Kína elérje a motorizáció ezen szintjét, az egyre nagyobb légszennyezés és a forgalmi dugók egyértelművé fogják tenni, hogy „a minden háznál egy gépkocsi” elképzelés nem álom, hanem rémálom.

1980-ban az egész világban 320 millió engedélyezett gépkocsi volt. 2012-re ez a szám több mint duplájára emelkedett. Noha a feltörekvő piacokon növekszik az autóértékesítések száma, a világ egészét nézve az eladások növekedési üteme lassul. Egyes elemzők szerint a világon lévő autók száma az elkövetkező néhány évben eléri a maximumot és onnantól kezdve már csökkenni fog.

Az eladások csúcspontjának elérését siettetni a közautózás (*car sharing*). A közautózási programok a világ több részében gyorsan fejlődnek, és csökkentik annak szükségességét, hogy az emberek gépkocsi tulajdonosok legyenek, lehetővé téve a közautózási programok résztvevőinek a gépkocsik rövidtávú használatát, néha mindössze percekben mérhető hosszúságú utakra. Napjainkban sok olyan autóvezető van, aki csak azt akarja, hogy hozzáférhessen egy gépkocsihoz, amikor szüksége van erre. A gépkocsi vásárlás költségeiről nem is beszélve, nem hajlandók arra, hogy vállalják a gépkocsi regisztrációval, a biztosítással,

az üzemanyag vásárlással, a parkolással és a karbantartással járó kiadásokat és olyan közautózási programokat vesznek igénybe, mint pl. a *Zipcar*, a *Car2Go* vagy az *Enterprise CarShare* és mások. A *Zipcar* azonkívül, hogy megtalálható Amerika nagyvárosaiban, elérhető még 250 főiskola és egyetem campusán.

A Frost & Sullivan üzleti tanácsadó cég kutatócsoportjának előrejelzése szerint a 2013-ban közautózásban résztvevő 3,5 millió autóvezető száma 2020-ra 26 millióra főre fog emelkedni. 2013-ban közautózás mintegy 39 százaléka Európában, 10 százaléka pedig szétszórva Ázsiában volt. A közautózás több mint 50 százalékának otthon adó Észak-Amerika elemzése szerint minden a közautózásban résztvevő gépkocsi további kilenc privát tulajdonban lévő autót tüntetett el az utakról. Más becslések szerint azonban minden közösen használt gépkocsi további 32 magántulajdonban lévő gépkocsi használatát váltotta ki. Az Egyesült Államokban 2013-ban 1,2 millió közautózásban résztvevő személy 24 programban vett részt összesen 17 000 gépkocsival. A közautózás egyik további előnye az, hogy amint az emberek hozzászórtak ahhoz, hogy meglegyenek saját gépkocsijuk nélkül, általában összességében kevesebbet autóznak.

Egy másik olajfogyasztást csökkentő fejlemény az, hogy az utakra kigördülő új gépkocsik sokkal nagyobb üzemanyag-hatékonyságúak, mint a roncstelepre kerülők. Az Egyesült Államokban ez a folyamat fel fog gyorsulni, mert a szövetségi kormány az új gépkocsikra nagyra törő üzemanyag hatékonysági előírásokat határozott meg. A 2013-ban értékesített gépkocsik 100 kilométerenként 9,8 litert fogyasztottak. Az előírások szerint a fogyasztási hatékonyságnak 2025-ig 100 kilométerenként 4,4 literre kell emelkednie. Ez azt jelenti, hogy 12 éven belül egy új autónak képesnek kell lennie egy liter benzin fogyasztásával több mint kétszer akkora távolságot kell megtennie, mint korábban.

A hatékonyság nagy emelkedése az elektromos meghajtású gépkocsik széleskörű elterjedésével fog bekövetkezni. Az egész folyamat az elektromossággal és benzinnel egyaránt üzemeltethető, olyan hibrid meghajtású gépkocsikkal fog elkezdődni, mint a jelenleg piacon lévő Toyota Prius Hibrid. A hibrid és a tisztán elektronikus meghajtású gépkocsik jelenleg többre kerülnek, mint benzinnel üzemeltethetők, de az idő múlásával az előbbiek ára csökkenni fog. Az UBS globális pénzügyi tanácsadó cég elemzői arra számítanak, hogy az elektromos meghajtású autók árát jelentősen megemelő akkumulátorok ára 2020-ig 50 százalékkal fog csökkenni.

Ez pedig lehetővé fogja tenni, hogy a több hőt, mint húzóerőt termelő, pazarló belső égésű motorokat a magas hatékonyságú elektromos motorokra cseréljük. Egyszerű tapasztalati szabály, hogy egy elektromos meghajtású motor háromszor hatékonyabb, mint egy belső égésű motor.

Norvégia egyértelműen vezet az elektromos meghajtású gépkocsikra történő átállásban: azt a célt tűzte ki, hogy néhány éven belül 50 000, zero kibocsátású gépkocsi fog futni az útjain. 2014 elején Norvégia legnagyobb számban értékesített gépkocsija a teljes egészében elektromos meghajtású Tesla Model S volt. A kormány erőteljesen támogatja az elektromos meghajtású gépkocsik birtokosait, többek között ingyenes úthasználattal, ingyenes parkolási lehetőséggel és szintén ingyenesen használható elektromos töltőállomásokkal. Az elektromos autók mentesek továbbá attól a magas adótól, melyet a hagyományos gépkocsik megvásárlására vetettek ki. Ez az erős és átfogó intézkedési csomag, mely egyszerre támogatja az elektromos meghajtású gépkocsik megvásárlását, miközben nehezíti a benzin vagy dízelolaj használatát, elősegíti a gyors átmenetet.

Az autópiacon egyes elemzői már elkezdtek azzal számolni, hogy az elektromos meghajtással működő szállítási rendszerekre való átállás sokkal gyorsabban fog bekövetkezni, mint azt eddig sokan hitték. Ahogy ez az átállás lendületet vesz, egyre fontosabbá válik, hogy a felhasznált elektromosság milyen forrásokból származik. Ha egy elektromos gépjármű a meghajtásához szükséges áramot tetőre szerelt napelemekből vagy egy szélfarmról kapja, akkor működése karbonkibocsátás mentes. Ha egy gépkocsit elektromossággal működtetünk, akkor a költségek olyanok, mintha egy gallon (3,78 liter) benzint egy dollárt fizetnénk. A legtöbb amerikai számára a gépkocsi jelenleg létező hálózatról való feltöltése már most kevesebb üvegházhatású gáz kibocsátásával jár, mintha ugyanezt a kocsit benzinnel üzemeltetné. A nagyrészt nap- és szélenergiával termelt elektromossággal működtetett szállítási szektor még nem látható teljesen, de kialakulásának körvonalai látszanak, és látható, hogy ez jön.

A szállítási rendszerek fejlődésének kezdeti szakaszában lévő fejlődő országok számára, a közegészségügy, a városok életminősége és a klímavédelem szempontjából, nem az az okos és leleményes fejlődési út, hogy maximumra növelik az utakon futó gépkocsik számát, hanem az hogy ehelyett a mobilitást maximalizálják. Egy bizonyos ponton túl a jelenlegi, olajra alapozott rendszer tarthatatlannak bizonyul vagy az utak zsúfoltsága és a városi légszennyezés miatt, vagy pedig azért, mert jelentkeznek az olajtermelés geológiai és

politikai korlátai. Az új cél az, hogy gyorsan átálljunk egy olyan diverzifikált és villamosított szállítási rendszerre, melyet a helyben megtermelt nap- és szélenergia működtet.

Az olvasó a Földpolitikai Intézet honlapján (www.earth-policy.org) további adatokat, a szöveg angol nyelvű, lábjegyzetekkel ellátott verzióját és egyéb referencia anyagokat találhat.

A szénerőművek bezárása

A nem túl távoli jövőben egy napon felébredhetünk, és felismerhetjük, hogy a világ a szénrel kapcsolatban fordulóponthoz ért. Ennek az energiahordozónak a használata az egész világban csökkenni fog, és ez néhány országban már el is kezdődött. Jelenleg a szén adja a világ teljes áramtermelésének 40 százalékát. A földgáz részesedése 22 százalék, a vízenergiáé 16 százalék, az atomenergiáé 11 százalék az olajé pedig csak 5 százalék. A maradék hat százalékon a szélenergia, a biomassza és a napenergia osztozik. Senki sem tudja pontosan, hogy mikor fogja elveszíteni a szén az áramtermelésben játszott vezető szerepét, mivel azonban a legutóbbi években a világ napenergia-termelő kapacitásai bámulatos, évi 60 százalékos, a szélenergia-termelés pedig évi 20 százalékos tempóban emelkedett, a világot az ipari forradalom korszakába vezető kőszén használata még annál gyorsabban is csökkenhet, mint azt sokan az energetikai szektorban elképzelik.

A szén a földből való kibányászásától kezdve, az erőművek kéményéig és azon túl is sok ember halálát okozza. A szénbányászok számára szénbányászat ára a szilikózis. Hivatalos adatok jelzik, hogy az Egyesült Államokban 1968 óta 76 000 szénbányász halt meg szilikózis következtében, ami egy megakadályozható kór, melyet a szénpor belélegzése okoz, ám maga ez a betegség nem gyógyítható. Kínában, ahol sokkal több szénbánya van és kevesebb bányabiztonsági ellenőrzés, feltételezik, hogy napjainkban az előbb idézett számnál tízszer több embernek van szilikózisa, noha nem kizárt, hogy bejelentett esetek számának kozmetikázása miatt ez a szám lehet, hogy sokkal magasabb. Valósághoz közelebb álló képet jelent az, hogy az utóbbi évek mindegyikében több mint ezer életet követeltek a kínai bányákban történt balesetek.

A bányászok halála csak az első elem a szén számos egészségre kártékony hatásából. A szén elégetése során jelentős mennyiségű – rendkívül erős idegméregnek – számító higany jut a környezetbe. A világ vízrendszereibe kerülve a higany keresztül megy a tengeri élelmiszerláncon, és a halfogyasztás révén az emberi egészséget veszélyezteti. A szén ólmot, kadmiumot, arzént és egyéb rákkeltő hatású anyagot is tartalmaz, mely mindenhol, ahol a szenet kibányásszák, átmossák vagy elégetik, bekerülhet a környezetbe. A szén elégetéséből a

légkörbe kerülő kén-dioxid, nitrogén-dioxid és egyéb részecskék belélegzése növeli a szív- és érrendszeri és légzőszervi megbetegedések kockázatát, ideértve a szívrohamokat és a tüdőrákot is.

Az Egyesült Államokban a széntüzelésű erőművekből származó légszennyezés a becslések szerint évente több mint 13 000 korai halálozást okoz, leginkább az ország széntől függő keleti régióiban. A szén okozta környezetszennyezés évente több mint 20 000 szívrohamért és 217 000 asztmarohamért felelős. És ezek az adatok az évekkal korábbiakhoz képest már javulást jeleznek, ugyanis a szövetségi Tiszta Levegő Törvény és a tagállami törvények elsősorban a kéményekre előírt szűrőkkel, lecsökkentették a szénerőművekből származó környezetszennyezést. A Tiszta Levegő Törvény hatásait vizsgáló csoport becslései szerint ezek a törvények 2004 és 2010 között 11 000 életet mentettek meg. Mindazonáltal még sok tennivaló maradt.

A szennyezett levegő okozta halálozás közismerten magas Kínában, ahol a súlyosan szennyezett területeken a rákos és szív- és érrendszeri megbetegedések meredeken emelkednek. Edward Wong, a *New York Times* pekingi tudósítója ezt írja: „Az ország prosperáló városainak és egyre nagyobb számú vidéki területének a lakói kétségbe vonják, hogy a belélegzett levegő, az ivóvíz és az élelmiszer biztonságos-e. Az egész olyan, mintha az érintettek a csernobili és fukusimai atomkatasztrófa sújtotta területek kínai megfelelőjében élnének.” A Thingua Egyetem kutatójának, Teng Feinek nemrég napvilágot látott tanulmányában közölt becslés szerint a szén elégetése 2012-ben gutaütés, szívkoszorúér, tüdőrák és krónikus légúti megbetegedések miatt 670 000 korai halálesetet okozott.

A kínai kormány intézkedése, melynek értelmében a Huai-folyótól északra lévő településeknek ingyen szenet adtak, hogy ezt fűtés céljából bojlerekben égessék el, egy nem szándékolt kísérlethez vezetett, mely lehetővé tette a kutatóknak, hogy a nagy mennyiségű szenet felhasználó, illetve azt nem felhasználó területeken élők életésélyeit összehasonlítsák. Az egyéb tényezők kiszűrésével készített számítások arra az eredményre jutottak, hogy a Huai-folyótól északra élő 500 millió ember nyugtalanítóan magas árat fizetett az ingyenes szénért: az érintett területeken élők átlagos várható élettartama öt évvel csökkent.

Egészen a legutóbbi időkig a hagyományos közhiedelem úgy tartotta, hogy a szén elégetése legalább gazdaságosan szolgáltatja az elektromosságot. De a Harvard Egyetem Orvostudományi Karán egy Paul Epstein által vezetett kutatócsoport arra a következtetésre jutott, hogy a szén földből való kibányászásától az erőművekben történő elégetéséig felmerülő

közvetett költségei döbbenetesen magasak: évi 345 milliárd dollárról van szó, mely nagyrészt a légszennyezés egészségügyi költségeiből és az éghajlatváltozás hatásaiból adódik. Ez a hatalmas költség meghaladja a szén piaci értékét. Más szavakkal kifejezve, a szén hasznosításának közvetett társadalmi költségei magasabbak, mint a szén közvetlen ára. A szén felhasználásával előállított áram ára a közvetett költségek beszámításával könnyen a korábbi ár kétszeresére, akár háromszorosára is emelkedhetne.

Az ENSZ főtitkára, Ban Ki Mun 2013 végén sürgette a világot, hogy sokkal határozottabb lépésekkel stabilizálja az éghajlatot, és megállapította: „Az éghajlatváltozás önmagában a legnagyobb fenyegetést jelenti a békére, a jólétre és a fenntartható fejlődésre”. Alig telik el egy hét anélkül, hogy ne szembesülnénk egy újabb drámai eseménnyel, mely jelzi, hogy az éghajlatváltozás hogyan változtatja meg az érintettek életét. Ahelyett, hogy az éghajlatváltozásról jövő időben beszélne, manapság túlságosan is gyakran jelen időben vitatkoznak róla. A Föld éghajlatának stabilizálására irányuló összes erőfeszítésnek a szénerőművek bezárásával kell kezdődnie, egyszerűen azért, mert az egész világon ezek a legnagyobb forrásai szén-dioxid-kibocsátásnak.

Az országok különféle megközelítést alkalmaznak annak érdekében, hogy le tudjanak szakadni a szénről. Európában a z 1980-as évek közepétől csökken a szénfogyasztás. Európa legnagyobb szénfelhasználója, Németország 1960 óta szénfogyasztást megfelezte. Ugyanebben az időszakban az Egyesült Királyságban és Franciaországban 70 százalékkal csökkent a szén felhasználása. Franciaország azt tervezi, hogy 2012 és 2016 között összesen 3900 megawatt kapacitással rendelkező 15 szénerőművet fog bezárni, míg ezzel párhuzamosan a szélfarmok teljesítményét 25 000 megawattra emeli.

Dánia 1997-ben betiltotta az új szénerőművek építését, és azt tervezi, hogy szén felhasználó energiatermelését lépcsőről-lépcsőre haladva 2025-ig teljesen megszünteti. Magyarország 2010-ben bejelentette, hogy egyetlen megmaradó szénerőművét be fogja zárni. A szénnel működő erőművi kapacitásokat néha furfangos módon zárják be. 2014 márciusában Olaszország északi körzetében a rendőrség bezárt egy erőművet. Egy bíró helyt adott Savona megye főügyésze bezárást kérő indítványának, mely egy tanulmány megállapításaira hivatkozott: az erőmű működtetése 2000 és 2007 között az 400 korai halálozást és 2000 esetben keringési és légzőszervi megbetegedést okozott. Ez 660 megawattos létesítmény nem fog többet környezetszennyezést okozni a területen.

Dél-Afrika, a világ hatodik legnagyobb szénfelhasználója, a 2008-ban bekövetkező maximum érték elérése óta 9 százalékkal csökkentette szénfogyasztását. Egy a tervek szerint 2006-ban hatályba lépő, szénre kivetett adó valószínűleg tovább csökkenti majd a szénfogyasztást. Új-Zélandon 2008-ban emisszió kereskedelmi rendszert vezettek be, és ezt követően a szén-dioxid-kibocsátás még drágább lett. Azóta az ország 30 százalékkal csökkentette a szén felhasználását.

Kanada Ontario tartományában, ahol az ország teljes lakosságának 39 százaléka él, 2012 végéig 19 szénerőműből 16-ot bezártak. Az intézkedés pozitív hatása már most érezhető. Míg a tartományban 2005-ben ötvenhárom szmogos nap volt, 2013-ra az ilyen napok száma lecsökkent kettőre. Az a tény, hogy becsukták a tartomány óriás erőművét, *Nanticoke Generating Station*-t akkora csökkenést eredményezett a szén-dioxid kibocsátásban mintha 3,7 millió gépkocsival kevesebb futott volna az utakon. 2014 áprilisáig a három megmaradt szénerőművet is bezárták, és ezzel Ontario teljesen megszabadult a szén használatától. Ezzel egy időben több mint 25 000 házban, farmon, iskolában, templomban és cégnél szereltek fel, vagy terveztek felszerelni kisméretű és a hálózatra rákapcsolt napelemes szerkezetet. A helyben bőségesen rendelkezésre álló szélenergia hasznosítása kulcsszerepet játszik Ontario tartomány megújuló energiára való átállásában. Kanada egészét tekintve a szénfogyasztás 2007 óta több mint egyharmaddal csökkent.

Az Egyesült Államokban, mely Kína után a világ második legnagyobb szénfelhasználója, a szénfelhasználás 2007 és 2013 között 18 százalékkal csökkent. Az ország 580 szénerőművéből 180 vagy nemrég zárt be, vagy a tervek szerint be fog zárni. Ennek egy a szén-dioxid kibocsátás csökkenésével járó, pozitív mellékhatása is van: szerte az egész országban csökken a szénbányákból az erőművekbe szént szállító tehervonatok dízelolaj-fogyasztása. Az Amerikai Vasutak Egyesülete arról számol be, hogy a vasutak által szállított szén mennyisége 2008 óta csökken.

Az újságok szalagcímei egyre inkább a szén romló kilátásairól szólnak. 2013 novemberében a *Washington Post*-ban az alábbi címmel jelent meg egy cikk: „A Tennessee-Völgyi Hatóság (TVA) hamarosan nyolc szénerőművet fog bezárni”. Amikor a szénerőművekre építő áramtermelés egyik vezető szervezete is ennyire drámai módon fordít hátat ennek az energiahordozónak, akkor a szénerőművek befektetői és tulajdonosai szerte az egész országban intenzíven követik nyomon az eseményeket.

A *Washington Post* internetes kiadásának 2013 áprilisából származó szalagcíme: „Egy tanulmány megállapítása: a szénbányászat sokkal nagyobb bajban van, mint azt bárki elismerné”. A cikk a Duke University Környezetvédelmi Kutatóintézetének (*Nicholas School of the Environment*) más szakértők által is ellenőrzött tanulmányáról tudósít. A Duke University kutatócsoportja többek között megállapítja: ha az amerikai szénbányákat rákényszerítenék arra, hogy tartsák be a szennyező anyagokkal kapcsolatos szigorúbb szabályokat, akkor költségek vállalhatatlanul magasak lennének. Figyelembe véve a jelenleg érvényesülő, alacsony földgázárakat, sok jelenleg üzemelő bányát be kellene zárni.

És pont ez kezdődött el most. Például valószínűsíthető, hogy öregedő amerikai szénerőművek tucatjait fogják a közeljövőben bezárni az Amerikai Környezetvédelmi Hivatal (EPA) által meghatározott és 2015-ig teljesítendő, a higany és mérgező levegő kibocsátásra vonatkozó előírások miatt. Az EPA elindított egy folyamatot, mely elvezet a szén-dioxid-kibocsátásának szabályozásához. Ez jelzés az energiatermelők számára, hogy hosszú távú terveikben figyelembe kell venniük a szén-dioxid kibocsátást.

Sok esetben a szénerőművek bezárása és alacsony költségű nap- és szélenergiával való kiváltása vagy az energiahatékonyság javítása olcsóbb, mint a meglévő erőművek felújítása.

Az Egyesült Államok észak-keleti területein a szénerőművek bezárását a társadalom legkülönbözőbb csoportjaiból származó emberek egyre nagyobb számban támogatják. Például New Hampshire államban a vállalkozások mintegy 90 százaléka sürgeti a helyi közműszolgáltató társaságot, hogy a két megmaradt szénerőművet is zárják be. Vermont és Rhode Island államok pedig már teljesen megszabadultak a szénerőművektől.

2013 elején a Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, Rhode Island és Vermont államokat magában foglaló Új-Anglia területén hét szénerőmű működött. Ezen, Connecticut, Massachusetts, Maine és New Hampshire államokban található erőművek szénnel való ellátására a régió 2012-ben 95 millió dollárt költött, és a beszerzett szén egy része az Egyesült Államok államaiból, más része pedig más országokból származott. Ezenfelül az elöregedő erőművek működtetésének és az új szabályok megkövetelte felújításának költsége meredeken emelkedik. Nemcsak arról van szó, hogy vajon ezek az erőművek környezetvédelmi szempontból elfogadhatók-e, hanem arról is, hogy pénzügyi szempontból életképesek-e. A szén használatáról való átállás a nap- és szélenergiára nemcsak az alacsony áramár miatt kedvező a helyi gazdaság számára, hanem azért is, mert az energiára elköltött dollárok a régión belül maradnak.

Új-Anglia legnépesebb állama, Massachusetts terveket készít a szén korszakának befejezésére. Az állam 2014 elején még működő három, közműtársaságok számára elektromosságot előállító erőművéből az első, a Salem Harbor Erőmű, 2014. június 1-én hagyta abba működését, a második erőmű, Mt. Tom, egy nappal később, míg a harmadik, a Brayton Point Erőmű a tervek szerint 2017-ben áll le. Ezt követően Massachusetts államban megszűnik a szén használata. A szénerőművek bezárása megkönnyítette Massachusetts államnak, hogy szén-dioxid-kibocsátását 2005-től 21 százalékkal csökkentse, és a világ számára követendő példa legyen.

Még délebbre, a Virginia állambeli és a Potomac folyó Washington D.C.-vel szembeni oldalán, az Alexandria városában található a nagy teljesítményű 480 megawattos GenOn szénerőmű 2012 szeptemberének végén fejezte be működését. Jim Moran képviselő így emlegette az erőművet: „Az 1960 előtt épített 200 dinoszaurusz egyike, mely mentes a Tiszta Levegő Törvény előírásai alól.” Ez a létesítmény minden évben nagy mennyiségű nitrogén- és kén-dioxidot bocsátott ki és 36 kiló higanyt is. Jim Moran megjegyezte: „Ha egy teáskanálnyi higany egy hetedét bedobjuk egy tóba, az abban lévő összes víz mérgező lesz.”

Amerika túlsó partján, Kalifornia állam, mely saját határain belül kevés szén használ, 2007 és 2012 között 18 százalékkal csökkentette a szénerőművekben előállított, más államokból behozott áramot. Nevada állam állami közműszolgáltató társasága a tervek szerint 2025-re teljesen megszabadul a széntől. Nevada bejelentette: bezárja szénerőműveit és a kieső energiát szélfarmokkal, napenergia berendezésekkel és földgázzal működtetett erőművekkel váltja ki.

Egyes közműtársaságok energiahordozóként földgázt használnak, hogy csökkentsék az erőművekből származó környezetszennyezést. A horizontális fúrás és hidraulikus törés egyre szélesebb körű elterjedésével, az Egyesült Államok földgáztermelése az utóbbi években fellendült. A földgáztermelés növekedése az árak csökkenéséhez vezetett, mely a közműtársaságokat arra sarkallja, hogy fordítsanak háttal a széntermelésnek. De a földgáz csak rövidtávra szóló szükségmegoldás. A földgáz a szénhez hasonlóan olyan kimerülő energiahordozó, melynek környezetre gyakorolt káros befolyását egyre inkább felismerik.

Azokon a területeken, melyeken földgáztermelés folyik, a fúrások, az ezzel járó nehézségek működtetése és a teherautó-szállítások miatt a levegő minősége leromlott. A hidraulikus töréssel történő földgáz-bányászat vízigénye roppant magas. A palaszikla-közetbe vegyi anyagokat tartalmazó nagynyomású vizet juttatnak be annak érdekében, hogy

felszabadítsák a földgázt, de ez az értékes talajvízkészleteket a szennyezés veszélyének teszi ki. A szennyezett levegő és víz miatti panaszokkal összefüggésbe hozható egészségi problémák száma megemelkedett. A hidraulikus törés és a néha radioaktív elemeket is tartalmazó szennyvíz talajba történő visszapumpálása olyan helyeken (Ohio és Oklahoma államban) okoztak földrengéseket, ahol erre alig számítottak. A fenti problémákon kívül, a legújabb kutatások arra utalnak, hogy a gázvezetékek minden szakaszán előforduló metánszivárgások miatt a metán sokkal inkább károsíthatja az éghajlatot, mint a kőszén. Több mint 400 amerikai önkormányzat hozott a hidraulikus törés (*fracking*) elleni intézkedéseket környezetvédelmi, egészségügyi megfontolások és a földrengésektől való félelem miatt. A hidraulikus törés mégis felfutófélben van.

Michigan állam kormányzója, Jennifer Granholm 2009-ben tartott beszédében szemléletesen írta le a szén és földgáz használatáról történő lemondás előnyeit: „Ahelyett, hogy évente elkölteznénk közel 2 milliárd dollárt a szén és a földgáz más államokból történő behozatalára, az energiára szánt dollárjainkat Michigan állam területén belül olyan szélkerekek, napelemek és energiahatékonyságot növelő eszközök felszerelésére fogjuk költeni, melyeket mind-mind Michigan államban dolgozó emberek terveztek meg, gyártottak és helyeztek üzembe.

Egyes területeken a szénerőművek üzemeltetésének magas vízigénye vezethet el az érintett létesítmények bezárásához. Ez különösen aktuális téma Texasban, egy roppant vízhiányos államban, melyben majdnem 30 szénerőmű üzemel, vagy van engedélyezettési szakaszban. Texas állam legfontosabb vízfogyasztói összefogtak, hogy szembeszálljanak a szénerőművek építésével. Ebben a szokatlan összetételű összefogásban rész vesznek a farmerek, vízhiánnyal küszködő városok, valamint környezetvédők. A Public Citizen névre hallgató szénellenes szervezet munkatársa, Ryann Rittenhouse megjegyzi: „A szénerőművek legsebezhetőbb pontja a vízellátás.”

A *Houston Chronicle*-ben megjelent cikkében Matthew Tresague megjegyzi: „Az érdekek ütközése abból adódik, hogy Texasban mind a víz iránti, mind az energia iránti kereslet növekszik. Azzal számolnak, hogy az állam lakossága 2060-ig duplájára emelkedik, és ez azt jelenti, hogy több lakott körzet, több üzleti vállalkozás, több világítótest és több légkondicionáló lesz. Eközben azonban az állam előrejelzései szerint a talajvíz-készletek kimerülése és a víztározókban lezajló üledék-lerakódás miatt az állam vízkészletei 18 százalékkal fognak csökkenni.”

Noha Texas államban vízhiány van, egy Mantagorda megyében építendő új és furfangos módon Fehér Paripa Energiaközpont névre keresztelt új szénerőmű tervezési munkálatai egészen addig tartottak, amíg több helyi érdekcsoport ellenállása arra kényszerítette az építetőt, hogy 2013 februárjában lemondjon erről a projektről. A víztől rendkívül nagymértékben függő rizstermelők például attól tartottak, hogy az erőmű miatt be kell majd szüntetniük tevékenységüket. A környezetvédők és halászok fő aggodalma a megnövekedett higanyterhelés volt. A helybéli lakosok attól tartottak, hogy a szükséges vízmennyiség hiánya miatt a halak és garnélarákok ívási területeként fontos, továbbá a teelő madaraknak életfontosságú otthont adó folyótorkolatok nem maradnak meg. A terv törlésekor a Sierra Club nevű környezetvédelmi szervezet megállapította: „Az erőmű megépítésének terve 2008-ban született meg, de azóta Texas állam árampiaca jelentősen megváltozott: a szélenergia és a földgáz miatt az áramárak annyira lecsökkentek, hogy ezen a piacon az óriási és rendkívül tökeigényes erőművek képtelenek voltak versenyképesek maradni.”

A 2,4 millió taggal és támogatóval rendelkező Sierra Club játszik vezető szerepet abban a törekvésben, hogy az Egyesült Államokban véget vessenek a szén használatának. A Bush-adminisztráció energiatervében a szénnek növekvő szerepet szántak, és ez arra sarkallta a *Sierra Clubot*, hogy „A szén korszakán túl” névre keresztelt programjában koordinálja a szénerőművek felépítésének megakadályozására törekvő harcot. 2014 végén a több mint száz másik csoporttal együttműködő szervezet 183 új szénerőmű megépítésére tett javaslatot hiúsított meg, és 180 alkalommal működött közre a bejelentett erőmű bezárási tervek gyors végrehajtásában.

Minden olyan új szélsőséges időjárási esemény (pl. óriásvihar vagy hóhullám) után, melyet a közvélemény összefüggésbe hoz az éghajlatváltozással, tovább erősödik a szénerőművek bezárását szorgalmazó nyomás. Miután a Sierra Club és más szervezetek keresetet nyújtottak be a Portland General Electric ellen, a társaság belegyezett abba, hogy Oregon állam egyetlen megmaradt szénerőművét 2020 végéig bezárja. Mikor ez az erőmű befejezi a működését, az államban megszűnik a szén felhasználása. A Sierra Club-bal, környezetvédelmi csoportokkal, szakszervezeti vezetőkkel, vallási csoportokkal, a közegészségügy támogatóival és az állami tisztviselőkkel folytatott tárgyalásait követően, Christine Gregoire, Washington állam kormányzó asszonya bejelentette: az állam közműszolgáltató társaság a Centrália városában működő óriási erőműve egy részét 2020-ban fogja leállítani, míg a többi rész 2025-ben fogja beszüntetni a tevékenységét. A Sierra Club

munkatársa, Bruce Milles kijelentette: „Ez a megállapodás üzenetértékű: az ország egyes államai egyre komolyabban veszik a globális felmelegedést okozó szennyező anyagok elleni harcot, és lépéseket tesznek annak érdekében, hogy az adott államon belül termelt zöldenergia részére piacokat hozzanak létre.”

New York polgármestere, Michael Bloomberg 2011 júliusában jelentette be, hogy a „Túl a szén korszakán” kampányt 50 millió dollárral támogatja. A Sierra Club vezetője, Michael Bruce szerint ez a lépés az „egész helyzetet megváltoztatja”. Amikor Michael Bloomberg, saját generációjának egyik legsikeresebb vállalkozója, kimondta, hogy a széntől meg kell szabadulni, ez nemcsak Amerikában, hanem az egész világon hírértékkel bírt.

A „Túl a szén korszakán” kampány sikerének egyik oka az, hogy az amerikaiak nagyjából-egészében egyszerűen nem kedvelik a szenet. A Gallup egyik közvélemény kutatása szerint a tisztább energiaforrásoktól, pl. szél és napenergiától messze lemaradva, a szén az amerikaiak legkevésbé kedvelt energiahordozója.

Noha a „Túl a szén korszakán” egész nemzetre kiterjedő mozgalom, az erőművek bezárására az önkormányzatok szintjén kerül sor a helyi csoportok bázis demokráciára építő bevonásával, beleértve ebbe az egészségügyi szervezeteket is, melyek egyre inkább aggódnak a szénerőművek által kibocsátott szennyező anyagok belélegzése miatt. Polgárjogi csoportok is aggódnak, mert az afro-amerikaiak által sűrűn lakott közösségeket aránytalanul nagymértékben érinti a szén elégetéséből származó környezetszennyezés. A környezetvédők, egészségügyi szakértők és polgárjogi csoportok összefogása ütöképes nyomásgyakorló csoportot hozott létre, mely a szén más energiahordozókkal való felváltásért küzd.

Amikor a *Sierra Club*nak sikerül bezáratnia egy szénerőművet, a szervezet nem áll meg ezen a ponton. Amikor tagjai még csak az adott objektum bezárásáért harcolnak, már akkor megkezdődik a helyi önkormányzatokkal folytatott munka annak érdekében, hogy a szénerőmű kieső kapacitását hatékonyság növekedéssel, szél- és napenergiával vagy geotermikus energiával váltsák ki. Los Angelesben például a helyi közműszolgáltató, a Sierra Club és más szervezetek tervet alakítottak ki a szén használatának beszüntetésére oly módon, hogy az alacsony jövedelmű lakosság pénztárcáját megkíméljék. 2013 márciusában nagy győzelmet ünnepelhettek, mikor a város polgármestere, Antonio Villaraigosa bejelentette, hogy Los Angelesben 2025-ig megszűnik a szén felhasználása. A város ezt a szennyező energiahordozót az energiafogyasztás hatékonyságának növelésével és egy óriási, városi napkollektor-programmal fogja kiváltani.

A Sierra Club a főiskolák és egyetemek campusain is nagyszabású kampányba kezdett a szén ellen, melyben az ország felsőoktatási intézményeinek széles köre vesz részt. Elsőnek a University of Illinois és a Cornell University kötelezte el magát a szén elleni fellépésre. A kampányhoz szintén korán csatlakozó Észak-Karolina Egyetem dékánja, Holden Thorp 2010-ben jelentette be, hogy az intézmény lépésről-lépésre haladva megszünteti a szén használatát: „az épület mellett megálló, szén szállító teherautók, nem közvetítenek jó üzenetet egy olyan egyetemről, melyen a diákok az éghajlatváltozásról és az energiakutatás legújabb fejleményeiről hallgatnak előadásokat.” Még a szénbányászat központjainak számító államokban található felsőoktatási intézmények is (*University of Tennessee, Western Kentucky University* és a *University of Louisville*) elkötelezték magukat amellett, hogy egyetemvárosaikban befejezik a szén felhasználását.

2014-re az Egyesült Államok összes, egyetemvárosi területeken található erőműveinek egyharmadát vagy becsukták, vagy tervbe vették működésük megszüntetését. Ezeken a sikereken felbátorodva, a Sierra Hallgatók Koalíciója kiszélesítette a fosszilis üzemanyagokkal kapcsolatos kampányát, illetve összefogott olyan szervezetekkel, mint pl. a 35.org, amelyek arra biztatják az oktatási intézményeket, hogy szabaduljanak meg a szén-, olaj és földgáz-társaságokban birtokolt részesedéseiktől.

A befektetési bankok is sötéten ítélik meg a szén jövőjét. A Goldman Sachs cég elemzői leszögezik: „Azt gondoljuk, hogy az olcsó, szénerőművekben elégetett szénnek a globális energiamixben játszott vezető szerepe fokozatosan meg fog szűnni.” Ezt követően megállapítják: „A szénerőművekben hasznosított, olcsó szénre építő legtöbb projekt csak nagy erőfeszítéssel tud majd hasznot hozni.” Három oka van ennek: 1.) A szén felhasználásával kapcsolatos környezetvédelmi szabályok egyre szigorúbbak lesznek. 2.) A szénrel rivalizáló földgáz, a nap- és szélenergiával egyre erősebb pozíciókhoz jut a versenyben. 3.) Az energiahatékonysági befektetések elvezetnek a kevesebb szén használatához. Kevin Parker, amikor a Deutsche Bank globális eszközmenedzsment vezetőjeként dolgozott, ezt így fogalmazta meg. „A szén szektor olyan, mint egy elbocsátásra kijelölt személy. A bankok egyszerűen nem hajlandóak megfinanszírozni a széntüzelésű erőműveket. A biztosítók pedig nem hajlandók biztosítást kötni velük. Az Amerikai Környezetvédelmi Hivatal (EPA) is ellenük dolgozik... A szén hasznosítását tisztábbá tenni akaró törekvések pedig gazdasági szempontok miatt nem működnek.”

A szénnel szemben tanúsított egyre növekvő ellenállás miatt a szén hasznosításának jövedelmezősége folyamatosan romlott, sőt a nyereség teljesen eltűnt, és ezzel számos szénhasznosítással kapcsolatban álló társaság tőzsdepiaci értéke meredeken zuhant. Azon társaságok egész világra kiterjedő nyereségességi indexe, melyek fő üzleti tevékenysége a szénnel kapcsolatos, a *Stowe Global Coal Index* 2011 áprilisa és 2014 szeptembere között 70 százalékkal csökkent, miközben az S&P 500 (Amerika 500 legnagyobb, tőzsdén forgalmazott társaságának tőzsdeindexe) ugyanebben az időszakban majdnem 50 százalékkal emelkedett.

A legnagyobb amerikai széntermelő társaság, a *Peabody Energy* nehéz időket él át. A társaság piaci értéke a 2006 novemberében regisztrált 10 milliárd dolláros értékről 2014 szeptemberéig 3,9 milliárd dollárra csökkent, ami 61 százalékos csökkenésnek felel meg. 2014 első felében a *Peabody Energy* piaci értéke 17 százalékkal csökkent, mialatt a Dow Jones Globális Energia Index 12 százalékkal emelkedett. Lecsökkent piaci értéke miatt a *Peabody Energy* lekerült S&P 500 listájáról.

Amerika másik vezető széntermelő társaságának, az *Arch Coal*-nak a piaci értéke 2011 áprilisa és 2014 szeptember között döbbenetes zuhanással, 94 százalékkal csökkent. A társaságot súlyosan érintette, hogy az Egyesült Államok szénpiaca zsugorodásnak indult és Kína kereslete az acéltermeléshez felhasználható szén iránt csökkent.

Igaz ugyan, hogy az Egyesült Államok szénfogyasztása gyorsan csökken, a fejlődő világ szénfogyasztása viszont gyorsan nő. De ez a növekedés egy kicsit lassulhat, ahogy a finanszírozás feltételei nehezebbé válnak. Barack Obama elnök 2013 júniusában bejelentette, hogy – speciális körülményektől eltekintve – az Egyesült Államok már nem fog többé nemzetközi finanszírozást nyújtani szénerőműveknek. A Világbank követte Amerika példáját, és a következő hónapban bejelentette, hogy nem nyújt többet hitelt szénerőműnek. Az Európai Befektetési Bank 2013 júliusában szigorúan korlátozta az újonnan épített, illetve felújított szénerőművek részére nyújtott hiteleket. Csak bizonyos emissziós küszöb alatt lévő erőművek igényelhetnek finanszírozást. Az Egyesült Királyságban központtal rendelkező szervezet, az E3G munkatársa, Ingrid Holmes kijelentette: „Ez a lépés azt jelenti, hogy tényleges intézkedések tekintetében a bankárok leelőzték a politikusokat.”

A világ egészét nézve azonban nő a szénfogyasztás. Egy sor ország új, így a fontosnak számító India is, szénerőművek százait tervezi megépíteni. De Indiának helyi szinten problémákkal kell szembenéznie. A szénkészletek kitermelése az ország megmaradt erdőit fenyegeti, olyan erdőket, melyek azért védettek, mert élőhelyei a még megmaradt

tigrispopulációnak. A helyi önkormányzatok szembeszállnak az olyan erőművek építésével, melyek megfosztják az embereket a lakóhelyüktől. Például a tengerparti Sompeta város lakói összefogtak a környék halászaival, mezőgazdasági termelőivel, juhászaival, orvosaival, női érdekvédő csoportokkal és szakszervezeti csoportokkal, hogy szembeszálljanak egy hatalmas méretű 1980 megawattos erőmű megépítésével. A tervvel szembeni békés ellenállásra adott erőszakos válasz következtében két halász életét veszítette. A csata, melyet az indiai bíróságokon is folyt, akkor ért véget, amikor az erőmű elvesztette a kijelölt területre szerzett jogát, ami aztán megakadályozta az erőmű megépítését.

Az indiai gazdaság szénsektorát egy nemrég kirobbant botrány („*coalgate*”) is hátrányosan érinti: kiderült, hogy 33 milliárd dollárnyi értékű bányászati haszonbérleti jogot nem nyitott pályázaton értékesítettek, hanem gyakorlatilag ingyen játszották át a jó politikai kapcsolatokkal rendelkező társaságoknak vagy gazdag magánszemélyeknek. Az újságok mohón rávetették magukat a témára, és élesen kritikus vezércikkekben foglalkoztak vele. India legfelsőbb bírósága az 1993 és 2014 közötti időszak több mint 200 szénbányászati haszonbérleti szerződését érvénytelenítette, és ezek a bérleti jogokat újra árverésre kell bocsájtani.

Coal India, egy félig állami tulajdonban lévő ügynökség, mely a világ legnagyobb szénkitermelője, arra számított, hogy prosperálni fog, vagy legalábbis egy bizonyos hatékonyságot fog elérni. Noha az ügynökségnek gyakorlatilag monopolhelyezete van, gyakran képtelen elérni kitűzött termelési céljait. 2014 végén a kormány megtette az első lépéseket a szénbányászat magántársaságok részére történő megnyitása felé. Már valószínűsíthető, hogy a *Coal India* piaci monopóliuma véget ér.

Az Indiában kibányászott vagy az országba behozott szénre kivetett adók nemrég duplájukra nőttek, és az ebből adódó többletbevételt a megújuló energiákra, pontosabban a napenergiára fordítják. Nem sokkal azután, hogy 2014-ben hivatalba lépett, Narendra Modi, India miniszterelnöke bejelentette, hogy szerte Indiában ugyanolyan keményen fogja szorgalmazni a napenergia-rendszerek kiépítését, mint amikor India Gujarat államának minisztere volt. Egyes telephelyein jelenleg még a *Coal India* is napelemeket állít fel, hogy ezzel is csökkentse a költségeit.

Ezzel párhuzamosan azonban a Narendra Modi-kormány el akarja érni, hogy 2020-ig kétszeresére nőjön az ország szénfogyasztása, mivel arra törekszik, hogy áramszolgáltatást nyújtson azoknak, akik eddig nem férhettek hozzá az elektromossághoz. Aggasztó, hogy a

világ harmadik legnagyobb szénfogyasztója és harmadik szén-dioxid-kibocsátója ilyen mértékben képes növelni szénfogyasztását. Az indiai városok már napjainkban vetekednek Kína városaival, ahol a légszennyezés a legrosszabb. Több szénerőmű tovább rontaná a helyzetet, és ezzel a szén használatra visszavezethető légszennyezés miatt bekövetkező, egy évben bekövetkező halálozások száma 150 000 fölé emelkedhetne.

Kína szénfogyasztása magasabb, mint a világ összes többi országáé együttesen. Az ország áramfogyasztásának mintegy 80 százalékát fosszilis energiahordozók fedezik. A kínai szénfelhasználás éves növekedési üteme azonban az utóbb évtized egyes éveiben tapasztalt több mint 10 százalékos éves növekedésről 2013-ra kevesebb mint 4 százalékra csökkent. 2014 első 11 hónapjában a szénfogyasztás több évtized után először csökkent, ami azt jelentheti, hogy a szén fogyasztás a csúcspontot maga mögött hagyva most már csökkenni fog.

A kínai szénfogyasztás növekedésének lelassulását több tényező magyarázza. Talán a legfontosabb: a közvélemény felháborodása a szénerőművekből származó környezetszennyezés miatt, és ez nem tesz jót a szén jövőjének. A környezetszennyezés Kína lakosságára gyakorolt hatása annyira aggasztó kérdéssé vált, hogy a kormány ezt már nem hagyhatja figyelmen kívül. Egy másik tényező a víz kérdése. A szénerőművek óriási mennyiségű vizet használnak el hűtés céljából. A mezőgazdasági művelésre használt Észak-Kínai Síkságon, ahol a talajvízszint gyorsan süllyed, további szénerőművek építése az ezzel járó vízfogyasztással felgyorsíthatja a talajvízszint süllyedését egészen addig, amíg a talajvízkészletek kimerülnek. Ahogy egyre súlyosabbá válik a vízhiány, Kína az elé a választás elé kerül, hogy a rendelkezésre álló vizet a szénerőművek hűtővizeként vagy a rizs és búza termesztésére használt öntözővízként hasznosítsa. Ha az ország az első lehetőséget választja, növelnie kell majd a gabonaimportját, ami további nyomás alá helyezi a világ exportálható készleteit, és nagy valószínűséggel növeli majd a gabona világpiaci árát és ezzel párhuzamosan a globális felmelegedést is.

2013 szeptemberében a Citi Research nevű kutatóintézet ezzel a címmel jelentette meg egyik jelentését: „Az elképzelhetetlen: Kína szénfogyasztása elérte a csúcspontot”. Ha figyelembe vesszük, hogy Kína hatalmas és eddig még sosem tapasztalt lendülettel fejleszti az országban bőségesen rendelkezésre álló, szélenergiára alapozott áramtermelést, és azt is, hogy a világon beszerelt összes napelem tekintetében az ország hirtelen világelső lett, akkor már nem annyira elképzelhetetlen, hogy Kína szénfogyasztása már túl van a csúcson.

A politika néhány, nemrég hozott intézkedése tovább gyengíti a szén energetikában játszott vezető szerepét. Kína három tartománya és három nagyvárosa döntött úgy, hogy 2017-ig jelentősen csökkentse szénfogyasztását. Köztük vannak az ipar olyan központjai, mint Peking, Hebei és Shangdon tartományok. Shangdon, Kína legtöbb energiát fogyasztó tartománya, napjainkban annyi szenet használ, mint Németország és Japán együtt. 2020-tól Pekingben be lesz tiltva a szén felhasználása és értékesítése. 2014 novemberében pedig Kína és az Egyesült Államok úttörő jelentőségű megállapodást jelentett be, mely korlátozza a szén-dioxid-kibocsátást, ami persze a szénfelhasználást is korlátozza. Nem sokkal ezután Kína tudtul adta, hogy a szén-dioxid-kibocsátása 2020-ban éri el a maximumot, és utána már csökken.

Nemrég a kínai kormány akár 6 százalékot is elérő behozatali vámot vetett ki az országba behozott szénre. Noha Kína nagy széntartalékokkal rendelkezik, egyben a világ legnagyobb szénimportáló országa, ami azt jelenti, hogy az ország lépései az egész világban éreztetik a hatásukat. Kína szénbehozatalának két legnagyobb forrása Indonézia és Ausztrália, és mindkét ország szabadkereskedelmi szerződések értelmében vámkönnyítéseket fog kapni. Az összes Kínába szenet exportáló országnak 2015 elejétől fogva szigorúbb minőségi ellenőrzésnek kell megfelelnie, mivel Kína a levegő minőség javítása érdekében a sűrűn lakott területeken betiltja a magas kéntartalmú szén használatát.

Kína már régóta egyre több szenet importál Ausztráliából. Ausztrália szénrel való kapcsolata paradoxnak mondható. Noha az ország a 2006-os fogyasztási csúcsot követően 20 százalékkal csökkentette szénfogyasztását, de más országokba, köztük Kínába, Japánba és Dél-Koreába, irányuló exportja növekszik. Noha a szén jövője egyre kétségesebb, és az állampolgárok körében nem népszerű, Ausztrália döntéshozói a múlt évszázad energiahordozójával kapcsolatban megerősítették kockázatos erőfeszítéseiket, és folytatják az új bányák építését és a kivitel növelését. Ausztrália miniszterelnöke, Tony Abbott, nem sokkal azután, hogy 2014-ben visszavonta a szénre kivetett adót, egy új szénbánya megnyitásakor kijelentette: „A szén jó az emberiség számára.” Noha már jelenleg sem teljesen kihasználta, a Newcastle-ban található jelentős kikötőt a tervek szerint tovább bővítik, hogy több szén exportjára legyen képes. A jövő kérdése, hogy a kikötőben valaha is használni fogják-e ezeket az új létesítményeket.

A zsugorodó belföldi piac miatt az amerikai szénipar is külföldi piacok után néz. Amerika Kínába irányuló szénexportja, mely 2007-ben még alig létezett, mára elérte az évi

2,7 millió tonnát Az ország szénipara abban reménykedik, hogy ez még tovább növekszik. Az utóbbi egy évtized nagy részében Amerika teljes szénexportja növekedett, és 2012-ben 114 millió tonnával elérte a mindenkori csúcst. 2013-ban és 2014-ben csökkent az export. Az amerikai szénipar jelenleg nem pusztán azzal a kérdéssel szembesül, hogy növekedhet-e még a kivitel, hanem azzal is, hogy egyáltalán szinten tartható.

A világ egyik legnagyobb széntartaléka a Wyoming és Montana állam területén Powder River-medencében van. Egészen a legutóbbi időkig amerikai szénipari társaságoknak kevés más lehetőségük volt ennek a szénnek a kivitelére, mint Seattle és British Columbia kikötőinek használata. De ahogy egyre nagyobb az érdeklődés a Csendes-óceán partján lévő észak-nyugati területek iránt, könnyen meglehet, hogy ez a régió lesz a kiindulópontja majdnem évi 100 millió Ázsiába szállítandó szénnek, ha a javasolt kikötő terminálokat megépítik. Nem kell mondanunk, hogy ekkora mennyiségű szén útnak indítása az észak-nyugati régió kikötőiből az összes rakodással együtt járó szénporral nagy aggodalmat kelt a környék lakóiban. Ezenkívül a Columbia folyó megnövekedett hajóforgalma és a megnövekedett vasútforgalom akadályozhatja a helybéli áruforgalmat.

A szénexport növekedését ellenző szervezetek közt megtaláljuk a *Sierra Club*-ot, a Természeti Erőforrások Megvédésének Tanácsát, egy sor más országos és regionális környezetvédelmi csoportot és helybéli állampolgári csoportokat. A környezetvédelmi csoportokhoz kapcsolódik az a *Lummi Nation* nevű bennszülött amerikai törzs, amelyik valaha ennek az észak-nyugati régió nagy részét lakta: a törzs tagjai aggódnak az egészséget és halászterületeket fenyegető veszélyek miatt és meg akarják őrizni ezeket a kulturális szempontból fontos területeket. A „Túl a szén korszakán” mozgalom egyik helyi résztvevője, Cesia Kearns kijelentette: „A szén kivitele fenyegetést jelent egészségünk és a közbiztonság számára” Ez akkora közfelháborodást okozott, amit korábban még sosem tapasztaltam.

Oregon állam kormányzója, John Kitzhaber és majdnem 90 más megválasztott tisztségviselő csatlakozott az Amerikai Környezetvédelmi Hivatalhoz és átfogó hatástanulmányt kértek arról, hogy a régió áthaladó hatalmas méretű szénszállítmányok milyen hatással lesznek. Maga a helyzet ironikus. Oregon és Washington államot arra kéri fel, hogy engedjen utat annak a szénnek, mely Ázsiában globális felmelegedést okozó környezetszennyezéshez vezet, miközben ugyanezek az államok – a klímaváltozás elszabadulását megakadályozandó – becsukják a saját területükön lévő szénerőműveket.

2014 elején az Oregon állami rádióadója arról tudósított, hogy a Goldman Sachs az egyik tervbe vett átrakadó-kikötőt már nem támogatja. Azzal, hogy kiszállt ebből a projektből, Goldman Sachs segített közelebb hozni a szén korszakának végét. Azzal, hogy az Egyesült Államok észak-nyugati partvidékén áthaladó szénexport lehetősége megszűnik, a társaságok a Mexikói-öböl felé pillantanak. De ott is a helybeliek ellenállásába ütköznek nagyrészt hasonló okokból és a tengerpartok helyreállításával összefüggő problémák miatt is. Az emberek megerősített tengerpartot akarnak, mely megvédi őket a következő hurrikántól. Nehéz olyan helyi önkormányzatot találni, mely készségesen támogatná a környezetszennyezést okozó szén.

A világ egyre inkább szembesül a szén elégetésének következményeivel: áldozatul esik a tiszta levegő, a biztonságosan fogyasztható és öntözésre felhasználható vizek és viszonylag stabilnak mondható éghajlat. Ezek a költségek lerántják a leplet az „olcsó szénről”. Sok ország – köztük a világ két legnagyobb gazdasága, az Egyesült Államok és Kína – felismerte már a szén árnyoldalait, és elkezdte a távoldást ettől az energiahordozótól. Ahogy a megújuló energiaforrásokra történő átállás egyre inkább felgyorsul, egyre több szén ott marad, ahol helye a legbiztonságosabb: a föld mélyén.

Az olvasó a Földpolitikai Intézet honlapján (www.earth-policy.org) további adatokat, a szöveg angol nyelvű, lábjegyzetekkel ellátott verzióját és egyéb referencia anyagokat találhat.

Az atomenergia hanyatlása

Az atomenergia, amelyről valaha olyan energiaforrásként áradoztak, mely „túl olcsó lesz, ahhoz egyáltalán mérni kelljen”, egyre költségesebbé válik ahhoz, hogy hasznosítsuk. A világ egészét tekintve, az atomenergiával megtermelt áram mennyisége 2006-ban érte el a maximumot, majd 2013-ra 10 százalékkal csökkent. Az Egyesült Államok, az az ország, melyben a legtöbb atomerőmű van, az atomerőművekben előállított áram mennyisége 2010-ben volt a legmagasabb, majd ez a mennyiség 2014-re közel 3 százalékkal csökkent. Az atomerőművek számát tekintve másodiknak számító Franciaországban a 2005. évi csúcserőértékhez képest az atomerőművekben megtermelt áram mennyisége majdnem 7 százalékkal csökkent. Hasonló csökkenést tapasztalhatunk számos más, az atomerőművek számát tekintve vezető országban. Ezen trendek folytatódása, sőt felgyorsulása valószínűsíthető, mivel a világ atomerőművei egyre inkább előregednek, és a nap- és szélenergiával termelt elektromosságot sokkal olcsóbban lehet a hálózatba táplálni, mint az atomerőművekben termelt villamosságot.

A nukleáris technológia békés célokra történő hasznosításának gondolata Dwight D. Eisenhower amerikai elnöknek az Egyesült Nemzetek Közgyűlése előtt 1953-ban tartott *Atoms for Peace* (Atomok a békéért) című beszédével került be a köztudatba. Az 1960-as és 1970-es évek során az atomerőművek építése fellendült. Ezt követően az újonnan elkezdett építkezések száma meredeken csökkenni kezdett, és az atomerőművekben előállított áram szerte az egész világban tapasztalható növekedése az 1980-as évek közepére lelassult. A világ teljes áramtermelésében a nukleáris energia részesedése 1996-ra elérte a majdnem 18 százalékot. Ez a részesedés azonban 2013-ban már kevesebb, mint 11 százalékos volt.

A nukleáris ipar két elemzője, Mycle Schneider és Antony Frogatt *World Nuclear Industry Status Report* című éves jelentésükben megállapítják, hogy a világon működő atomerőművek száma 438 létesítménnyel 2002-ben volt a legmagasabb. 2014 júliusára azonban az összes működő erőmű száma 338-ra csökkent, és ezek a létesítmények 31 országban működtek. A csökkenés legnagyobb része azzal magyarázható, hogy a 2011. évi fukusimai atomkatasztrófát követően Japánban óriási számban zárták be az erőműveket. A világ jelenleg még működő reaktoraiból 100 az Egyesült Államokban van. Ezt követi

Franciaország a maga 58 atomerőművével, majd Oroszország 33 létesítménnyel, míg Dél-Koreában, Kínában, Indiában és Kanadában egyaránt húsz-húsz erőmű van. Az atomerőművek számát tekintve első tíz ország között van még az Egyesült Királyság, Ukrajna és Svédország is.

Az a jellemző, hogy ahogy egyre több tapasztalat halmozódik fel egy bizonyos áramtermelő technológiával kapcsolatban a költségek csökkennek. Például a szél- és napenergia esetében egyaránt elmondható, hogy a költségek már évtizedek óta csökkennek részben a technikai újítások és részben a kedvező üzemméretek elérése miatt. Az energiagazdaság egyik iróniája azonban az, hogy az atomerőművek költségei az idő haladtával növekedtek.

Az emelkedő költségek fő oka az, hogy az atomerőművek megépítése tovább tart. Egy sor különféle ok miatt – ideértve az erőmű-tervrajzok megváltoztatását, a szerződésekkel kapcsolatos vitákat, az új biztonsági előírásokat, az alkatrész- vagy munkaerőhiányt – az építési ütemezés betartásában történő lemaradás már nem kivétel, hanem maga a szabály. A 2004 és 2007 között hálózatra felkapcsolt 37 atomreaktor átalagos építése ideje 10 év volt. Kínában az erőművek átlagos építési ideje 6, míg Indiában 7 év volt, és az előbb említett 37 erőműből 20 ebben a két országban épült meg. De Oroszországban és Ukrajnában a nukleáris erőművek átlagos építési ideje 24, illetve 19 esztendő volt, ami majdnem egy emberöltő. Irán első és egyetlen atomerőművének megépítése 36 évbe telt.

2014 közepén szerte az egész világban közel 70 atomerőmű állt építés alatt. Mycle Schneider arról számol be, hogy közülük 49 építése szenvedett késedelmet, köztük a Kínában építés alatt álló 27 erőmű közül húszé. Oroszország kilenc épülő atomerőmű építkezése közül mindegyik építésében lemaradás következett be, és ugyanez volt igaz az Egyesült Államokban épülő öt reaktorra is. Még akkor is, ha ez az öt erőmű végül is megépül, nem valószínű, hogy a létrejövő többletkapacitás ellensúlyozza majd az erőmű-bezárásokból adódó kapacitáscsökkenést.

Az egyik amerikai atomerőműnek, a Tennessee-ben található Watts Bar 2-nek az építése 1972-ben kezdődött el. A projekt megvalósítását 1980-ban felfüggesztették, majd 2007-ben a tervet felélesztették, és az erőműnek a tervek szerint 2007-ben kellett volna elkészülnie összesen 2,5 milliárd dollárért. 2012 elején azonban az építető közműtársaság bejelentette, hogy az indulás időpontját 2015-re halasztják, és költségek 4-4,5 milliárdra emelkednek. Ha az erőmű 2015-re tényleg elkészül ez azt jelenti majd, hogy az építkezés

megkezdése és befejezése között 43 év telt el – ez pedig a Panama-csatorna megépítésénél is hosszabb idő.

A nukleáris ipar által egekbe dicsért „nukleáris reneszánsz részeként” a 2000-es években építendő több tucat erőmű közül már csak négy erőmű építése zajlik: kettő Georgia, kettő pedig Dél-Karolina államban. 2014 júniusában Georgia állam tisztségviselői arra hívták fel a figyelmet, hogy a Plant Vogtle-ba tervezett első új reaktorblokk az eredetileg tervezett 2016 áprilisa helyett 2018 elején fog csak felkapcsolódni az elektromos hálózatra. A tervbe vett két reaktorblokk ára minden nap késéssel 2 millió dollárral fog emelkedni. 2014 augusztusában pedig a Dél-Karolinában tervezett két reaktor közül az elsővel kapcsolatban még hosszabb késedelmet jelentettek be, ami azt jelentette, hogy az eredetileg tervezett 10 milliárdos költség 11 milliárdra emelkedett. Mindkét esetben az adósok már fizetik a projekt törlesztő részleteit, függetlenül attól, hogy az erőmű valaha is elkészül-e.

Franciaországban, mely minden más országnál nagyobb arányban (75 százalékban) atomerőművekből fedezi áramszükségletét, csak egy építés alatt lévő atomreaktor maradt. A Flamenville erőmű harmadik blokkja, melyet 2007-ben kezdtek el. A tervek szerint 4,5 milliárd dollárba került volna és 2012-ben kellett volna befejezni. Semelyik tervcél sem sikerült elérni. Jelenleg úgy gondolják, hogy talán 2017-re fogják befejezni a projektet, melynek költsége minimum 11,6 milliárd dollár lesz. Hasonló költség eszkaláció áldozata lett Finnország egyetlen atomerőműve, melynek építése 2005-ben kezdődött el. Ez az erőmű, mely még a legkedvezőbb esetben sem fog 2018 vége előtt felkapcsolódni az elektromos hálózatra, az eredetileg tervezett időponthoz képest majdnem egy évtizeddel később kezd el áramot szolgáltatni.

A költségek elszabadulásának talán egyik legkirívóbb példája egy olyan projekt, mely a jelen sorok írásának időpontjában még nem is állt építés alatt. 2005-től kezdődően a brit kormány fontolóra vette az egyesült királyságbeli atomenergia megújítását, és tíz új reaktor megépítésére tett ígéretet. Ezeket a reaktorokat – mondották – egyenként 3 milliárd dollárért fogják megépíteni, nem igényelnek majd állami támogatást, és 2017-ben kezdenek el áramot termelni. Mikor azonban 2014 októberében az EU tisztségviselői végre jóváhagyták a projekteket, a tervezett reaktorok száma már kettőre csökkent, mindkét reaktorblokk óriási állami támogatást kapott, és az üzembe helyezés időpontja 2025 lett.

A dolgok jelenlegi állása szerint az Egyesült Királyság kormánya fogja fedezni a francia, állami tulajdonban lévő közműtársaság, az EDF által épített két erőmű 39 milliárd

eurós árának a 70 százalékát. Ezenkívül az angol kormány azt is elfogadta, hogy az erőmű két reaktora által előállított áramért az ADF-nek a jelenlegi nagykereskedelmi ár kétszeresét fizesse.

Az atomerőművek öregedésével párhuzamosan működtetésük és fenntartásuk egyre drágább lesz. Az Egyesült Államok számára, ahol a legöregebb atomerőművek közül néhány működik, ez egyre nagyobb aggodalmat okoz. A Credit Suisse jelentése megállapítja, hogy az öregedő amerikai atomerőművek üzemeltetési költsége évente 5 százalékkal emelkedik. Ezzel párhuzamosan a nukleáris fűtőanyagok éves áremelkedése 9 százalék. Ezek az emelkedő költségek nemcsak megakadályozzák az új erőművek megépítését, hanem a már meglévő erőművek bezárását is eredményezik.

2013-ban négy amerikai atomreaktor üzemeltetését állították le, mert további működtetésük nem volt már gazdaságos. A *Southern Edison* közműtársaság úgy határozott, hogy ahelyett, hogy egy vadonatúj gőzgenerátor szivárgását kijavíttatná, inkább leállítja a San Diego mellett működő két atomerőmű-blokkot. A *Duke Energy* nevű közműtársaság bezárta Floridában található atomerőművét, mert a szükségessé vált javítási munkálatok túlságosan költségesek és időigényesek voltak. A *Dominion Resources* nevű társaság a csökkenő jövedelmezőségre hivatkozva bezárt egy Wisconsin államban működő reaktort, annak ellenére, hogy az Egyesült Államok Nukleáris Felügyelő Bizottsága nemrég járult hozzá működésének 2033-ig tartó meghosszabbításához. 2014-ben egy újabb amerikai erőművet zártak be, mert nem lehetett versenyképes költségekkel működtetni.

Vermont állam egyetemének jogi karán működő Energia és Környezetkutató Intézete 37 olyan erőművet azonosított be, melyet gazdasági okok miatt lehet, hogy be kell zárni. Mivel az atomerőművek működési költségei egyre nőnek, a még működő reaktorok napjai meg vannak számlálva.

Ez azonban nemcsak amerikai jelenség. A francia EDF, a világ legnagyobb atomerőmű-üzemeltető társasága, 2012-ben – nagyrészt az emelkedő működési költségek miatt – 2 milliárd dollár működési veszteséget könyvelt el. Francia adatok jelzik: az atomenergiával előállított elektromosság ára 2010 és 2013 között egyötödével emelkedett. Németország hatalmas közművállalata, az E.ON 2015-ben, a tervezett időponthoz képest hét hónappal korábban fog bezárni egy öregedő atomerőművet, mert működési költsége magasabb, mint az erőmű tervezett árbevétele. Három svéd erőmű is gondokkal küszködik, mivel az áramértékesítés árbevétele alacsonyabb, mint a költségek.

Az utóbbi években a hitelminősítő társaságok egyre negatívabban ítélték meg az atomerőmű-befektetésekkel rendelkező közműszolgáltató társaságokat. Az egyik ilyen hitelminősítő, a *Moody Investors Service* álláspontja szerint, az új atomerőműveket építő közműtársaságok fokozott mértékben kockáztatják adóminősítésük lecsökkentését részben a költségűllépések, részben a határidők betartásában bekövetkező késések miatt, továbbá azért is, mert sebezhetőek az olyan áramtermelési lehetőségek által, mint pl. a szél- és napenergia.

A sok atomerőművel rendelkező európai közművállalatok piaci megítélése nagyon sokat romlott. Az utóbbi hét évben a francia EDF részvénypiaci ára 70 százalékkal csökkent. Ugyanebben az időszakban a francia kormány tulajdonában lévő és a világ legnagyobb atomerőmű építő társaságának számító Areva részvénypiaci ára 88 százalékkal csökkent.

A világ atomerőművei átlagosan 28 éve vannak üzemben, és ahogy öregednek, felmerül a kérdés: újítsuk-e fel, vagy egyszerűen zárjuk be őket. Matthew Wald a New York Times hasábjain megállapítja: az atomerőmű-tulajdonosok számára néha nehéz megkülönböztetni „a várható életkoruk feléig eljutott atomerőművek problémáit és panaszait az üzemeltetési életkoruk végéhez eljutott erőművek problémáitól.”

A leszerelés költségeit tekintve csúcsot dönt az Egyesült Királyságban található Sellafield nukleáris létesítmény, a világ első, kereskedelmi célokat szolgáló atomerőműve. Az Egyesült Királyság kormányának becslése szerint a létesítményben található négy reaktorblokk leszerelése, beleértve ebbe az 1950-es években előállított, nukleáris robbanótöltet előállítására alkalmas plutónium által hagyott örökség megszüntetését is, az elkövetkező 100 évben hatalmas összegbe, 130 milliárd dollárba fog kerülni.

A nukleáris hulladéktól való megszabadulás egy másik, hosszú távon jelentkező költséges és megoldatlan probléma. Ennek következtében az összes, nukleáris energiát hasznosító országban felgyülemlik a nukleáris hulladék. 2014-ben az Egyesült Államok 35 tagállamában 89 ideiglenes helyszínen tárolt nukleáris hulladékot. Az ország kilenc tagállama, köztük Kalifornia, Connecticut és Illinois, betiltotta az új atomerőművek építését addig, amíg nem fejlesztenek ki egy elfogadható módszert a hulladék tárolására.

Az amerikai kormány több mint húsz évig azt mondta, hogy az atomerőművekből származó hulladékot a Yucca-hegységben fogják tárolni. Ez a tárolási helyszín Las Vegastól nyugatra, mintegy 145 kilométerre található. A tároló hely előre jelzett költsége 2001-ben 58 milliárd dollár volt, és ez az összeg 2008-ig 96 milliárd dollárra emelkedett. Ez azt jelenti,

hogy minden egyes amerikai reaktorblokkra jutó költség, hatalmas összeg, majdnem 1 milliárd dollár.

Azonkívül, hogy a tároló hely költsége megemelkedett, megépítése is késedelmet szenvedett. Az eredeti tervek szerint a tározó először 1998-ban fogadta volna a nukleáris hulladékot, ám ezt az időpontot először 2017-re, majd később 2020-ra módosították. 2009-ben azonban az amerikai Energiaügyi Minisztérium bejelentette, hogy a tervet feladják, és a tározónak új helyet keresnek. Noha a Yucca-hegységbe telepítendő tározó hívei szorgalmazták a projekt felelevenítését, semmiféle garancia nincs arra, hogy ez be is fog következni. Úgy tűnik, hogy az amerikai nukleáris ipar egy saját maga által felállított csapdában vergődik.

Eddig még egyetlen ország sem állt elő elfogadható és hosszú távú megoldással a nukleáris hulladék kezelésére. Például Dél-Korea nagy mennyiségű nukleáris hulladékot halmozott fel, melynek 70 százaléka jelenleg ideiglenes tározókban található. Park Jiyoung a Politikai Tanulmányok Asan Intézetének tudományos munkatársa és atomtudós fején találta a szöveget, mikor kijelentette: „Nem folytathatjuk tovább a nukleáris hulladék felhalmozását, miközben a hulladék kezelésének megoldása elé akadályokat gördetünk. Ha képtelenek vagyunk a kiégett fűtőelemek kezelésével kapcsolatban döntésre jutni, akkor talán eljött az ideje annak, hogy megvitassuk, hogy nem kellene abbahagynunk az atomenergiára alapozott áramtermelést.”

Néhány ország, Franciaország, India, Japán, Oroszország és az Egyesült Királyság megengedik a felhasznált atomhulladék újrafeldolgozását, melynek során a plutóniumot és az uránt elválasztják a többi hulladéktól, és később újra felhasználják a reaktorok fűtőanyagaként. Ez azonban nem oldja meg a hulladéktárolás és hulladékfeldolgozás problémáját, mivel a hulladék mennyisége tulajdonképpen növekszik. Továbbá: a nukleáris hulladék feldolgozása során nyert plutónium növeli a kockázatát annak, hogy az nukleáris fegyverek előállítására céljából terroristák kezébe jut, vagy pedig a nukleáris létesítményekkel rendelkező országok megvalósítják saját fegyverkezési programjukat.

Egyre csökken a világon rendelkezésre álló, tapasztalt atommérnökök és az atomerőművek egyes részeit előállító cégek száma. Az idősebb atommérnökök nyugalomba vonulnak, és a széles körökben haldoklónak tekintett atomiparba nem jönnek fiatalok, hogy felváltsák az idősebb generációt. A hanyatlóban lévő atomiparban igényelt szaktudás és

alkatrészek nem mindig állnak könnyedén rendelkezésre, és emiatt a költségek még inkább megemelkednek.

Az atomenergia annak minden területén észlelhető problémája az, hogy gazdaságilag nem kifizetődő. Ráadásul állandóan jelen van a baleset kockázata, mely baleset bekövetkezte esetében – mint ahogy erre fukusimai atomkatasztrófa 2011. március 11-én emlékeztette a világot – óriási költségek keletkeznek. Azon a napon, helyi idő szerint 14 óra 46 perckor egy a Richter skála szerint 9,0-es erősségű földrengés csapott le Japán északkeleti részére. A földrengés színhelyétől több mint 145 kilométerre a hat reaktorblokkból álló Fukusima-Daichi atomerőmű három, üzemelő reaktora egy percen belül leállt, miután érzékelte a földrengést.

A földrengés következtében megszűnt az erőmű hálózati árammal való ellátása, és bekapcsoltak a vészhelyzetekre beépített üzemzavari dízelaggregátorok. A tartalék áramellátó-rendszer azonban elpusztult, amikor a földrengés által kiváltott 12 méter magasságú cunami vize bejutott a reaktorépületekbe. Mivel nem volt áramellátás, ami fenntarthatna volna a hűtővíz nukleáris fűtőelemekhez való eljutását, a reaktormagok elkezdtek túlhevülni, a hűtővíz vízgőzzé alakult, és a szabaddá vált fűtőelemek elkezdtek gázt termelni.

Azon az estén a japán kormány kihirdette a nukleáris sürgőshelyzetet, és elkezdték a létesítménytől számított 3,2 kilométeres evakuációs zóna kiürítését. Másnap reggel az evakuációs zónát 9,6 kilométerre növelték. Az 1. reaktorblokkban aznap délután bekövetkező robbanás után pedig az evakuációs zóna rádiuszát 19,3 kilométerre növelték.

A földrengés és a cunami bekövetkeztétől számított négy napon belül, mindhárom, korábban működő reaktorblokk reaktormagja leolvadt, és radioaktív anyagok és hidrogén szabadult fel. Két további reaktorblokkot is robbanás rázott meg – köztük volt a 4. reaktorblokk, amely ugyan a katasztrófa időpontjában le volt kapcsolva, de a használt fűtőelem-tároló hűtőrendszere megsérült. A világ sokkos állapotban követte az eseményeket, ahogy az éjjel-nappal működő kábeltelevíziós hírsatornák egy 15 000 emberéletet követelő nagyobb katasztrófa részeként a fukusimai atomkatasztrófáról is tudósítottak.

Azok számára, akik nem vesznek részt a kármentesítési akciókban, még csak elképzelni is nehéz, milyen méretű munkálatokra lesz szükség. Két atomiparral foglalkozó szerző, Schneider és Foggart részletesen ismertetik a sok területre kiterjedő kármentesítési erőfeszítés egyes elemeit. Három évvel a baleset után, 2014 májusában 4200 munkás dolgozik az atomerőmű területén. A létesítmény kezelését biztosító alkalmazottak felvétele nyilvánvaló okok miatt nehezebb lett.

Naponta 360 tonna vízre van szükség ahhoz, hogy folyamatosan hűtsék az erőmű maradványaiban megtalálható megolvadt fűtőelemeket. 2014 júliusában már több mint 500 000 tonna, radioaktív vizet tároltak bizonytalan körülmények között a fukusimai erőmű telephelyén. Az erőmű üzemeltetője, a TEPCO megpróbál megbirkózni a folyamatosan növekvő mennyiségű vízzel, és azt tervezi, hogy a hűtővíz-tározó kapacitását 800 000 tonnára emeli. Azt persze mondanunk sem kell, hogy egy ilyen hatalmas méretű művelet rengeteg problémát vet fel ideértve a radioaktív víz talajba, talajvízbe és a közelben lévő Csendes-óceánba való beszivárgását. Az egész egy végtelenített rémtörténeté vált.

Hogy finoman fogalmazzunk, elmondható, hogy a fukusimai atomkatasztrófa társadalmi hatásai szerteágazóak. A fukusimai prefektúrában mintegy 130 000 ember nem tudott visszatérni az otthonába. További 137 000, a földrengés és a cunami által érintett területekről kitelepített személy hét másik prefektúrában lett letelepítve. Körülbelül 1700 halálesetet, köztük öngyilkosságokat is, tulajdonítanak az atomreaktormag leolvadása következtében kialakult zavaroknak és lelki megterhelésnek.

Becslések szerint a fukusimai reaktorok teljes leállítása negyven évet vehet igénybe, és költsége akár a 100 milliárd dollárt is elérheti. Ez az összeg azonban nem tartalmazza az erőmű körüli terület sugármentesítését és megtisztítását, a TEPCO már jelenleg is fizetett kártérítéseit az áldozatoknak az elvesztett ingatlanaikért, lelki szenvedésükért és egyéb gyötrelmeikért. Ám még ennél is nyugtalanítóbb az a tény, hogy a reaktormagok leolvadása világ egyik legfejlettebb technikával rendelkező társadalmában történt.

A fukusimai atomkatasztrófa megváltoztatta az atomenergia jövőjét. Az esemény bekövetkezése előtt Japán 54 reaktorából 16 már le volt kapcsolva ellenőrzés, illetve karbantartás céljából. Amikor a földrengés és a cunami lecsapott az országra, tucatnál több reaktor vészhelyzeti körülmények közepette történő leállítására került sor, ideértve a működésképtelenné vált Fukushima Daichi erőmű reaktorblokkjait is. Japán többi reaktorát is lekapcsolták az elektromos vezetékhálózatról vagy ellenőrzés céljából, vagy pedig azért, mert úgy vélték, sebezhetőek a földrengések által. A katasztrófa után csak két reaktort kapcsoltak vissza egy bizonyos időre, de ezeket 2013 szeptemberében ismét lekapcsolták a hálózatról.

A fukusimai katasztrófa után széleskörű ellenállás bontakozott ki az atomerőművekkel szemben. A legtöbb japán állampolgár azt akarja, hogy egyetlen atomerőművet se indítsanak újra. 2014 végén Japán egyetlen atomerőműve sem termelt áramot. Kashogima prefektúrában

azonban két reaktor megfelelt az új biztonsági előírásoknak, és megkapta a helyi hatóságok engedélyét az újraindításra, és célul tűzték ki, hogy 2015 elején indul el újra a működésük.

A baleset után a kiesett áramtermelő kapacitások pótlásaként a figyelem rögtön a földgáz és a kőolaj felé fordult. De az idő múltával feléledt az érdeklődés az olyan megújuló energiaforrások iránt, mint a nap-, szél- és geotermikus energia, melyek mindegyike bőségesen áll rendelkezésre Japánban. Talán még túl korai, hogy biztosan állítsuk, de lehet, hogy a fukusimai atomkatasztrófa megkongatta Japánban az atomenergiára alapozott áramtermelés halálharangját.

Alig telt el néhány nap fukusimai baleset után, mikor Angela Merkel német kancellár bejelentette, hogy Németország legöregebb atomreaktorait be fogják zárni. 2011 májusában pedig elfogadtak egy tervet, mely szerint az ország minden atomerőművét, összesen 17 létesítményt fognak bezárni. A kieső energiát Németország a zöld energiák, főleg a szél, a nap és geotermikus energia kiaknázásával akarja biztosítani.

Nem Németország az egyetlen ország, mely lemond az atomerőművekről. Svájc, noha eredetileg három új atomerőművet akart megépíteni, lemondott ezekről a tervekről. Az ország azt is bejelentette, hogy a meglévő öt atomreaktor az elkövetkező néhány évtized során, működési engedélyük lejáratakor be fogják zárni. Olaszország már régóta tervezi 1980-ban leállított nukleáris programjának újraindítását, de egy 2011 júniusában megtartott népszavazáson az olasz választók 90 százaléka döntött úgy, hogy betiltja az ország területén az atomerőműveket.

Belgium úgy határozott, hogy lépésről-lépésre haladva bezárja azt a hét atomerőművét, mely az ország áramfogyasztásának 50 százalékát fedezi. Franciaország pedig bejelentette, hogy az atomenergiától való roppant erős függőségét 2025-ig 50 százalékkal fogja csökkenteni.

A fukusimai atomkatasztrófa nyomatékosan figyelmeztette a világot az atomenergia potenciális veszélyeire—olyan veszélyekre, melyekről két korábbi baleset után megfeledkeztek. 1979. március 28-án az amerikai Pennsylvania államban található Three Miles Island atomerőmű 2. reaktorblokkjában részleges reaktormag-leolvadás következett be. Az egész egy elektronikus, illetve egy mechanikus rendszerekben bekövetkező hibával kezdődött, mely lecsökkentette az erőmű vízzel működő hűtőrendszerének a hatékonyságát. Ezt követően az erőmű személyzete egy sor hibát követett el, mely túlhevülést eredményezett, és súlyos reaktormag-leolvadáshoz vezetett. Noha ez volt az atomkorszak legsúlyosabb

amerikai balesete, a környezetbe kijutott rádióaktivitás kevés volt, és semmiféle jelentősnek mondható hatása nem volt akár az erőmű üzemeltetőire, akár a környék lakosságára.

A balesetet követően egy tizenhárom éves hatástalanító programot dolgoztak ki, melynek költsége végül is közel 1 milliárd dollár lett. Igaz ugyan, hogy a Three Mile Island erőműben bekövetkezett reaktormag-olvadás emberi és környezeti hatása, úgy tűnik, minimális volt, mégis ennek a balesetnek ébresztőnek kellett volna lennie: figyelmeztetnie kellett volna arra, hogy az atomerőművekben, még akkor is, ha azok egy ipari nagyhatalom területén vannak, történhetnek balesetek.

Hét évvel később, 1986. április 26-ikán a hajnali órákban az akkori Szovjetunió részét képező Ukrajnában található csernobili atomerőmű 4. reaktorblokkja felrobbant. A robbanás következtében a légkörbe több mérföld magasságba radioaktív izotópok jutottak el. Az ezt követő tíz napban a szél ezt a szennyeződést minden irányban szétsodorta, és Ukrajnában, Fehéroroszországban és Oroszországban 58 000 négyzetkilométer szennyeződött be radioaktivitással, mely alacsonyabb magasságokban a Föld északi féltekének számos részén kimutatható volt. A robbanás hatása az erőmű dolgozóira, tehát azokra, akik legközvetlenebbül voltak kitéve a sugárzásnak, súlyos volt. Az erős besugárzás következtében az erőmű 134 dolgozója kapott akut sugárbetegséget, és közülük 28 személy három héten belül meghalt. A környéken élő gyermekek ezreinél alakult ki pajzsmirigy-rák.

Az erőművet körülvevő 30,5 kilométeres evakuációs övezet annyira elszennyeződött, hogy lakhatatlanná vált. A 45 000 lakossal rendelkező és az erőműtől 2 mérföldre levő Pripjaty városát azonnal kiürítették, és ez a település mind a mai napig szellemváros maradt. Noha már majdnem harminc esztendeje volt a baleset, a költséges mentesítő munkálatok még most is tartanak. Mivel az erőforrásai korlátozottak, az ukrán kormány csak lassan tette meg intézkedéseit. A terület nukleáris szennyeződéstől való teljes mentesítése akár 100 évig is eltarthat.

Számos tanulmány készült, melyben megpróbálták megállapítani, hogy a csernobili atomkatasztrófa következtében, ebbe beleértve az Európán végigsodródó radioaktív felhőket is, hányan veszítették életüket, de a becslések között nagy különbségek vannak. Még nehezebb felmérni, hogy egy ilyen baleset fizikai pusztításain és pénzügyi kárain kívül, mekkora lélektani pusztítást okoz. Bizonyítékaink vannak arra, hogy az körülmény, hogy az emberek szennyezett területeken élnek, feltételezhetően hozzájárult az alkoholizmus és a dohányzás gyakoriságának növekedéséhez.

A csernobili katasztrófával való megbirkózás eddig felmerült teljes költségét nehéz megbecsülni, de könnyen meglehet, hogy ez az összeg a több száz milliárd dollárt is elérheti. Ukrajna 2005 táján nemzeti költségvetésének még mindig 5-7 százalékát a csernobili balesettel kapcsolatos programokra és juttatásokra költötte.

Az Egyesült Államok és mintegy harminc további ország finanszírozza azt a 32 000 tonnás, ív alakú és a teljes megrongálódott csernobili erőművet befedő védművet, melynek az a feladata, hogy a régi szarkofág esetleges összeomlásakor visszafogja az eredetileg felszabaduló sugárzást. A védmű tervezett befejezési ideje 2017.

Világos, hogy egy katasztrófális atomerőmű-baleset által okozott kockázatok magasak. Az Egyesült Államokban az adófizetők fizetik az esetleg bekövetkező károk legnagyobb részét. Az ország törvényhozó testülete, a Kongresszus 1957-ben fogadta el a Price-Anderson törvényt, mely megvédi az atomerőművekkel rendelkező közműtársaságokat egy esetleges atombaleset következményeitől. A törvény értelmében a közműtársaságok kötelezve vannak arra, hogy reaktorblokkonként 375 millió dolláros, balesetre szóló magánbiztosítást kössenek. Ha valahol bekövetkezne egy katasztrófális reaktor-baleset, minden közművállalat minden egyes engedélyezett reaktorblokkja után maximum 121 millió dollár befizetésére lenne kötelezve a baleset költségeinek fedezésére.

Az atomerőművek személyes sérülések és ingatlankárok után fizetendő, összesített maximális kártérítési kötelezettsége 13 milliárd dollár. Így bármely, ennél magasabb költséggel járó balesetért az adófizetőknek kell majd fizetniük. A sajnálatos tény azonban az, hogy a *Sandia National Laboratories* által készített becslés szerint a legsúlyosabb esetben egy nukleáris baleset költsége eléri a 700 milliárd dollárt.

A közműtársaságok által használt, atomerőművekre kidolgozott költségkalkulációk közül kevés teljes körű. Ha az atomerőművek megépítésének a kezdetén figyelembe vennénk a teljes költségösszeget, képtelenség lenne igazolni az atomerőművek megépítését.

Az atomenergiával termelt áram egyre komorabb kilátásaival ellentétben, a szél- és napenergia – mint azt a következő fejezetekben leírjuk – roppant gyorsan fejlődik. Az utolsó egy évtizedben a világ szélergiás áramtermelése évente átlag 26 százalékkal emelkedett, míg a napelemes áramtermelés évente 51 százalékkal nőtt. 2013-ban a szél- és napenergia 72 000 megawattal növelte a világ áramtermelő kapacitásait. Ezzel szemben az atomenergia nettó áramtermelő kapacitása 1500 megawattal csökkent.

2013-ban Kínában és Indiában egyaránt a szélfarmok több energiát termeltek, mint az atomerőművek. A szélenergia Kínában nemcsak, hogy lehaladta az atomerőművek áramtermelését, hanem jelenleg is meredeken növekszik. Kínában az atomenergia továbbra is 10 százalékkal nő évente, de ez sokkal lassabb növekedési ütem, mint a szélenergiáé. 2008 és 2013 között a szélenergia növekedése szokatlanul magasnak mondható, évi 59 százalék.

Az éveken keresztül az atomerőművek mintaszófogának tartott Franciaország a következő évtizedben csökkenteni fogja az atomenergia használatát, és áramtermelési mixében fel fogja futtatni a megújuló energiaforrások részesedését 16 százalékról talán akár 40 százalékra. Franciaország nukleáris energiától való elfordulásának kulcsfontosságú elemei – az energiahatékonyság növelésével párhuzamosan – a szélenergia nagymértékű kiépítése és a több napenergia lesznek.

Egyszerűen értelmesebb új szélfarmokat és napenergiás rendszereket építeni, mint atomerőműveket. Az atomerőművekhez hasonlóan, a szél- és napenergia az éghajlatot tönkretévő szén-dioxid-kibocsátás nélkül állít elő áramot. De az utóbbi két energia opció sokkal megfizethetőbb módon állítja elő az elektromosságot, mint az atomerőművek, és elkerüli az atomenergiával kapcsolatos pénzügyi, környezetvédelmi és egészségügyi kockázatokat. A szél- és napenergiás létesítmények megépítésének és hálózatra való felkapcsolódásának időigénye csak töredéke egy atomerőmű megépítési idejének. Ha pedig egy szél- vagy napenergiás rendszer már fel van kötve a hálózatra, akkor „üzemanyaga” (a szél és a napfény) ingyenes, helyben rendelkezésre áll és kimeríthetetlen.

A világ egészét nézve 2014 végén mintegy 31 ország működtetett még atomerőműveket, de alig feleannyi ország épített új atomerőművet. A tervbe vett atomerőművek többsége központilag tervezett gazdasággal rendelkező országban épül. De még abban az esetben is, ha egy adott országban nincsen szabad piac, az atomenergiás áramtermelés magas költségei atomerőmű építést rossz energiapolitikai döntéssé teszik. Az atomenergia legszebb éveit mára már történelmi emlékek. Az atomerőművekre építő áramtermelés nemrég lezajlott csökkenése nem ideiglenes hanyatlás, hanem sokkal inkább az atomenergia megszűnésének bevezető fejezete.

Az olvasó a Földpolitikai Intézet honlapján (www.earth-policy.org) további adatokat, a szöveg angol nyelvű, lábjegyzetekkel ellátott verzióját és egyéb referencia anyagokat találhat.

A napenergia forradalma

1954 áprilisában élvonalbeli tudósok gyűltek össze Washingtonban, hogy valami egészen újdonságszámba menő dolgot hallgassanak meg: napenergiával működő rádióadó által közvetített emberi hangról és zenéről volt szó. A New Jersey állambeli tudósok mutatták be találmányukat, az első napelemet, melyet szilikonból készítettek. Ez az áttörés nyitott utat a napenergia-forradalomnak, mely napjainkban is zajlik a háztetőkön és föld felszínére telepített napenergia-erőművekben.

A napelemek, melyeket fotovoltaiikus elemeknek (PV) is hívnak, látták el árammal az amerikai műholdakat 1960-as évek során, mikor Amerika és a Szovjetunió között zajlott az űrkutatási verseny. De a PV-technológiát ezenkívül nem nagyon használták másra egészen az 1973-as olajválságig. Miközben egyre fokozódott az energiabiztonság elvesztésével kapcsolatos félelem, a kormányok és magánvállalatok dollár milliárdokat szenteltek a napenergia-kutatásnak és fejlesztésnek, és a hatékonyság és költségek területén egyaránt nagy előrelépéseket könyvelhettek el. Ez az 1980-as évek során elvezetett a napelemek telefonátjátszó állomásokban, országúti segélyhívó-telefonokban és hasonló alkalmazásokban történő használatához.

A kezdetekben a japán és amerikai cégek játszottak vezető szerepet a napelem-gyártásban nagy- és kisméretű berendezésekben egyaránt. Például olyan japán cégek, mint a Sharp és a Kyocera úttörő szerepet játszottak a napelemek zseb kalkulátorokban történő használatában. Egy hitelkártya nagyságú, 1983-ból származó zsebkalkulátor még napjainkban is segíthet nekünk gyors számítások elvégzésében.

Az 1980-as évek közepén az Egyesült Államok és Japán mellett Németország is bekapcsolódott napelem-gyártás területén az elsőbbségért folyó harcba, de az új évezred első éveire a japán és amerikai cégek részesedése a világ teljes napelem-gyártásában kb. 70 százalék volt.

Németország előrelátó energiapolitikája vezetett el az utóbbi körülbelül egy évtizedes időszakban a napenergia bámulatos növekedéséhez. Azzal ugyanis, hogy a megújuló energiás áramtermelőknek garantálta a hozzáférést az elektromos hálózatokhoz és ezzel párhuzamosan hosszú távon a nagyon kedvező betáplálási árat garantált számukra, a német kormánypolitika gazdaságilag vonzóvá tette a napenergiára való átállást. Az újra erőre kapó német napelem-gyártás a vezető szerepet játszó Japán mögött a második helyre küzdötte fel magát. Ahogy a

világ napelem-gyártása a kereslet kielégítése céljából egyre növekedett, a napelemek ára csökkent, ami viszont még nagyobb lendületet adott a keresletnek.

Mivel a napelemek iránti kereslet gyorsan növekedett, Kína, a világ gyártóműhelye, szintén beszállt a versenybe. Körülbelül 2006-tól számítva, a kínai napelem-gyártás fellendülése a világtermelésnek hatalmas lendületet adott, és ezzel az árak tovább csökkentek. Napjainkra Kína a napelem-gyártás óriása: a világ teljes napelem-gyártásának majdnem kétharmadát adja, ez pedig azt jelenti, hogy több napelemet állít elő, mint az Egyesült Államok, Japán és Németország összesen.

Az utóbbi évtizedekben a napelemek árának csökkenése elképesztő. 1972-ben a napelemek watonként több mint 74 dollárba kerültek. 2014 közepén viszont a watonkénti átlagár kevesebb volt 70 centnél–ez 99 százalékos árcsökkenést jelent. (A nagyságrendek érzékeltetése érdekében egy átlagos amerikai, tetőre szerelt rendszer napjainkban 2-10 kilowattos áramtermelő kapacitással rendelkezik. Egy kilowatt 1000 watt.)

A napenergiás rendszerek száma szerte az egész világon rohamosan nő a lakóházak és ipari épületek tetőin és a több ezer hektáron elhelyezkedő (napelemes-erőművekként vagy napenergia parkokként is emlegetett) napenergia farmokon egyaránt. 2008 és 2013 között, miközben a napelemek ára mintegy kétharmaddal csökkent, az egész világon beszerelt összes napelem teljesítmény 16 000 megawattból 139 000 megawattá nőtt. Az utóbbi teljesítmény pedig elegendő lenne a 83 milliós Németország összes háztartásának energiaellátásához. A Deutsche Bank 2014 januárjában megjelent, a napenergia kilátásait elemző jelentésében jelezte, hogy a világ napelem kapacitása 2014-ben várhatóan 46 000 megawattal fog emelkedni, míg 2015-ben az újonnan beszerelt napelemek teljesítménye rekordot felállítva 56 000 megawattal fog nőni.

A párizsi székhelyű Nemzeti Energia Ügynökség (IEA), mely a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos előrejelzéseiben jellemzően óvatos, az utóbbi időben felfele módosította a napenergiával kapcsolatos előrejelzéseit. Nem is olyan régen, 2011-ben készített előrejelzése szerint 2015-re a világ napenergiás áramtermelésének teljesítménye el fogja érni a 112 000 megawattot, de ezt az értéket a világ már 2013-ban messze maga mögött hagyta. Az Ügynökség jelenlegi előrejelzése szerint 2018-ra a világ teljes napenergiás áramtermelő kapacitása 326 000 megawatt lesz, de valószínű, hogy a világ már 2016-ban megközelíti ezt az értéket.

Ahogy a napenergiás rendszerek beszerelése elterjed, a rendelkezésre áll napenergia mennyiségének érzékeltetése céljából, érdemes emlékeznünk arra a megállapításra, melyet az energiával foglalkozó irodalomban újra és újra megtalálhatunk: a napfény Föld felszínére egy óra leforgása annyi energiát juttat el, mely egy éven keresztül fedezni tudná a világgazdaság energiaigényét.

Az, ami öt éve még a világ legnagyobb napenergiás befektetésének számított, az a mai projektméreték szemszögéből nézve már kicsinek számít. Egy 80 megawattos kanadai napelem park befejezésének időpontjában, 2010-ben még a világ legnagyobb létesítményének számított. Mára viszont már közműszolgáltatóknak áramot szolgáltató, több száz megawattos áramtermelő kapacitású naperóműveket építenek. Például, egy kicsi, Nagaszaki közelében lévő szigetre tervezett naperómű kapacitása 430 megawatt lesz. Napjainkban Kaliforniában nem szokatlan dolog, ha 300-500 megawatt teljesítményű naperómű építkezését látjuk.

A Deutsche Bank jelentésében rámutat arra, hogy a napelemek már 2014 elején az átlagos lakossági, kereskedelmi vagy ipari áramdíjakhoz képest 14 országban versenyképesek voltak, sőt Kaliforniában ez már az ártámogatások nélkül is igaz volt. Például a lakossági tetőre szerelt napelemekből nyert áram Kaliforniában és Dél-Afrikában 25 százalékkal volt olcsóbb, mint a hálózati áram, míg Chilében a napelemes áram még a hálózati áram árának felénél is olcsóbb volt. Olaszországban, ahol az áramtermelés majdnem 8 százaléka származik napenergiából, a napenergiával termelt áram mintegy kétharmaddal volt olcsóbb, mint a lakossági vagy az ipari árampiac átlagárai.

A szoláris áram ára Németországban is kedvezőbb, mint a lakossági és az ipari árampiac átlagárai. Németország nem éppen trópusi paradicsom. Sőt elmondható, hogy a területére jutó napenergia mennyiségében hasonlít a Washington állambeli Seattle-re. De a kormány megújuló energia melletti elkötelezettsége lehetővé tette Németország számára, hogy 2005-ben világelső legyen a beszerelt napelemes kapacitás tekintetében, és ezt a helyezést még 2014 elején is tartotta. Addigra Németországban kb. 1,4 millió napelemes rendszert szereltek fel, melynek teljes áramtermelő kapacitása 36 000 megawatt volt, és ez a világ teljes szoláris energia kapacitásának a felét tette ki. 2013-ban az ország áramfogyasztásának durván 5 százalékát szolgáltatták napelemek. 2014 első 11 hónapjában a napenergia részesedése az áramtermelésben közel 7 százalékra emelkedett.

De nemsokára egy másik ország lesz az első a beszerelt napelem-kapacitások tekintetében. Az utóbbi években, Németországban és – tágabb értelemben – egész Európában

az ösztönzők csökkenésével párhuzamosan, az évente beszerelt új napelemek száma kicsit csökkent. Kína, mely a beszerelt napelemek számát tekintve eleinte lassú növekedést ért el, jelenleg teljes gőzzel halad előre. 2013-ra, napelemes áramtermelő kapacitását több mint megduplázva, elérte a 18 000 megawattot, és ezzel a beszerelt kapacitások világrangsorában megfosztotta Olaszországot a második helytől. Mivel a 2014-re tervezett új napelemes-kapacitások teljes összege 13 000 megawatt lesz, Kína úton van afelé, hogy hamarosan világelső legyen a napenergia hasznosításában.

Mivel a kormányok látják, hogy a napenergiás rendszereket mennyire gyorsan lehet felszerelni, valószínű, hogy felismerik: hivatalos, áramtermelő kapacitásra vonatkozó céljaik túlságosan is szerények. Kína például először azt a célt tűzte ki maga elé, hogy 2020-ra 20 000 megawatt teljesítmény működjön az országban. Később ezt a célszámot megemelték 50 000 megawatt-ra, de 2014 májusában Kína megdöbbentette a világot, mivel 2017-re még egy ennél is nagyratörő célt tűzött ki maga elé: 2017-e a napelemes áramtermelő kapacitásnak el kell érnie a 70 000 megawattot.

A világ egyik legnagyobb széntermelőjének és exportálójának számító Ausztráliában a szén áramtermelésben való részesedése kb. kétharmados. A napenergia azonban növeli részesedését az áramtermelés energiamixében, mivel a napelemek ára csökken és a tetőre szerelt napelemes rendszerek egyre inkább elterjednek. 2014 elejére áramtermelés céljából hét ausztrál háztartás közül egy rendelkezett tetőre szerelt napelemekkel. Míg 2007-ben még csak 7000 tetőre szerelt napelemes rendszer volt Ausztráliában, mára a számuk már meghaladja az egy milliót.

Az ausztrálok számára azért is olyan vonzó a napenergiára való átállás, mert mostanság a lakossági áramárak az egekbe szöktek. 2009-től az áramszállító és áramforgalmazó társaságok ebben a hatalmas országban kb. 45 milliárd (ausztrál) dollárt költöttek az elektromos hálózat modernizálására és bővítésére. Ennek az összegnek feltételezhetően a felét azért költötték el, mert a hálózati áram iránti kereslet növekedésére számítottak, ami azonban nem következett be, mert áramfogyasztásának egy részét egyre több ember tetőkre szerelt napelemekből nyerte.

Nagyrészt emiatt a túlméretezett infrastrukturális beruházás miatt, a fogyasztók a hálózati áramért kétszer többet fizetnek, mint korábban. Egy energiaellátással foglalkozó ausztrál újságíró, Giles Parkinson 2014 júliusában arról számolt be, hogy a lakossági szoláris áram kilowattóránként költsége 12-18 cent között mozog, és elképzelhető, hogy hamarosan 10

cent alá csökken. Eközben csak a havi szállítási és fogalmazási díjak kilowattóránkénti költsége 15 cent—ez pedig egy átlagos villanyszámla több mint fele. A számítások utáni végeredmény az, hogy Ausztrália egyre több térségében a szénerőművekből származó áram még akkor sem tudna versenyre kelni a napenergiás árammal, ha maga a szén ingyen lenne.

A fukusimai atomerőmű-balesetet követően a napenergiás technológia bevezetése mind a lakossági, mind az ipari piacon roppant gyors fejlődésnek indult, mely nagyrészt annak volt köszönhető, hogy a baleset után a kormány nagyvonalú, napenergiát támogató ösztönzőket fogadott el. Japán 2013-ban majdnem 7000 megawatt kapacitással növelte meg napelemek számát, és beszerelt napenergiás kapacitáit 14 000 megawattal növelte. Ez azt jelentette, hogy Japán a 2020-ra tervezett nemzeti napenergiás kapacitás-céljának felét megvalósította. Néhány japán építőipari cég szoláris energiával felszerelt házakat hirdet, hogy a konkurenciával szemben versenyelőnyre tegyen szert. Az ország egyik vezető lakóház-építője, az Ichijo Co. arról számolt be, hogy a 2012-ben értékesített házáinak 90 százalékára van felszerelve napelemes rendszer.

Egy másik alvó óriás, India is lassan ráébred, milyen lehetőségei rejlenek a napenergiában. 2014-re az ország 2300 megawatt fotovoltaikus áramtermelő kapacitással rendelkezett, melynek legnagyobb része a napsütésben gazdag Gudzsarát és Rádzsasztán államokban van. A Nemzeti Napenergiás Küldetés által 2010-ben meghatározott hivatalos indiai célkitűzés az, hogy 2022-re az országban legyen 22 000 megawatt teljesítményű működő, napenergiás áramtermelő kapacitás. 2014 végén azonban India energiaügyi minisztere bejelentette, hogy a kormánynak szándékában áll a napenergiával kapcsolatos 2022-re meghatározott célkitűzését 100 000 megawattal megemlíteni.

Az indiai kormány 2014 decemberében jóváhagyta azt a tervet, mely előmozdítja 25 darab „ultra-mega” nagyságú, egyenként minimum 500 megawatt teljesítményű naperőmű (szoláris park) megépítését. India egyes tagállamai fogják kiválasztani az építési vállalkozókat, illetve kijelölni a tervezett naperőművek helyét. Ezt követően a tagállamoknak jelentkezniük kell az Új és Megújuló Energiák Szövetségi Minisztériumánál, hogy projektjüket jóváhagyják. Az egész óriásprojekt azt jelenti, hogy ezekben a naperőművekben 20 000 megawattnyi, közművek számára villamos energiát termelni képes napelemet helyeznek el. A Gudzsarát államban lévő 590 megawattos naperőmű, melynek 40 százaléka van már felkapcsolva a hálózatra, szolgálhat modell létesítményként.

Az indiai napenergia-fejlesztéseket részben az országban kibányászott vagy az országba behozott szénre kivetett adó nemrég történt megduplázásából fogják finanszírozni. Olyan jövedelem átcsoportosításról van szó, mely gátolja a szén használatát és ezzel párhuzamosan befektetési tőkét hoz létre a napenergiás rendszerek finanszírozására.

Szaúd-Arábiában is ambiciózus, a napenergia fejlesztéséhez köthető nemzeti célt tűztek ki: a tervek szerint az ország 2032-ig 41 000 megawatt napelemes áramfejlesztő kapacitást hoz létre. Ebből 16 000 megawatt teljesítményt napelemek fognak szolgáltatni, míg 25 000 megawattot koncentrált termikus energia fog szolgáltatni, melyet ebben a fejezetben részletesebben fogunk tárgyalni. Ha ezek a napenergiás létesítmények már most működnének, Szaúd-Arábia villamosenergia-szükségletének kétharmadát tudnák fedezni.

Az Egyesült Államokban nem létezik egy központosítva meghatározott cél a napenergiával kapcsolatban, de a szoláris kapacitás végre abban az országban is roppant gyorsan növekszik, ahol feltalálták a napelemet. Az Egyesült Államok napelemes kapacitása 2013-ban rekordnagyságban, 63 százalékkal, 4700 megawattal emelkedett, és ezzel a teljes kapacitás elérte a 12 000 megawattot. A *GTM Research* kutatóintézet piaci elemzőinek előrejelzése szerint 2014-ben az amerikai napenergiás kapacitás további 6500 megawattal fog bővülni.

Az Egyesült Államokon belül Kalifornia állam már régóta vezet a napenergiás fejlesztések területén. A napenergiás fejlesztések tagállamok szerinti listáján a beszerelt szoláris kapacitások nagysága szerint haladva az alábbi államok vannak: Arizona, New Jersey, Észak-Karolina, Massachusetts és Nevada. Mint azt Németországgal kapcsolatban már láttuk, ez a lista jelzi, hogy az adott területre jutó napenergia mennyisége csak az egyik tényezője a napenergiás fejlesztéseknek. Az adott állam energiapolitikája is kulcsszerepet játszik. New Jersey és Massachusetts államok a nyugati tagállamokkal összehasonlítva nem különösképpen napos területek, de a napelem-tulajdonosoknak adott visszatérítésekkel, a közművállalatoknak adott zöldáram-megbízásokkal és egyéb politikai lépésekkel mégis lendületet adtak a napenergia fejlődésének. Állítsuk szembe ezt Florida állammal, melynek közkedvelt elnevezése *Sunshine State* (Napfényes Állam)! Az a politika, mely ebben az államban gátolja a napelemek bevezetését, oda vezetett, hogy a tagállamok napenergiás áramtermelésének listáján Florida még az első tíz állam közé sem tudott bekerülni.

A napelemek beszerelését egyre több ember engedheti meg magának az Egyesült Államokban. 2012 és 2013 között a lakóházak tetőire szerelt napelem-rendszerek árai 9

százalékkal csökkentek. Az egyéb épülettípusokra felszerelt napenergiás rendszerek ára eddig 16 százalékkal csökkent. A beszerelt napenergiás rendszerek teljes ára jelenleg sokkal kevésbé függ a napelemek árától, mint a beszerelés egyéb körülményeitől ideértve a munkaköltségeket és más berendezések költségeit és vásárlók visszajelzéseit.

A napenergiáról Kaliforniában és Connecticut államban készített, legújabb tanulmányok valószínűsítik, hogy egyre könnyebb – és ezért olcsóbb – lesz vevőket találni a napelemekre, mivel a napenergia alkalmazása „járványszerűen” terjedhet. A Yale egyetemen dolgozó egyik szerző megállapítja: „Vizsgálódásaink jelzik: sokkal valószínűbb, hogy valaki a napelem beszereltetése mellett dönt, ha közvetlen szomszédja teszi ugyanezt, és kevésbé valószínű, ha egy az illetőtől négy mérföldre lakó személy dönt a napelemes rendszer mellett.”

Az Egyesült Államokban 2014 végén közel 600 000 különálló napelemes rendszer létezett, majdnem kétszer annyi, mint 2014-ben. A napelemek száma 2016-ban könnyen meghaladhatja az egy milliót.

Egyre gyakrabban fordul elő, hogy az amerikai lakóházak tetőire felszerelt napelemes rendszerek tulajdonosa nem azonos az adott ingatlan tulajdonosával. Ezen megállapodások esetében a rendszert a beszerelő állítja fel és tartja karban, míg a vásárló vagy hosszú távra megállapított árat fizet a megtermelt áramért, vagy a rendszert magát veszi bérbe. A fogyasztó mindkét esetben elkerüli, hogy már a rendszer beindításakor egy nagyobb összegű kiadása legyen. A GMT Research kutatásai szerint 2013-ban az amerikai tetőre szerelt napelemes rendszerek kétharmada már az előbb említett két megállapodás-típus alapján jött létre, míg 2011-ben ez az arány alig haladta meg a 40 százalékot. Ahogy azonban egyre megfizethetőbbé válnak a napenergiás rendszerek, a piacon egyre nagyobb szerepet játszanak a saját tulajdonban lévő napelemek, és ezek vásárlóit napelem-vásárlásra létrehozott speciális hitelkonstrukciók segítik.

A napenergia alkalmazásának gyorsan javuló gazdasági feltételei az amerikai lakás piac polarizációjához vezettek. 2013-ban az amerikai, családi házakat építő cégeknek csak 12 százaléka kínálta fel azt a lehetőséget, hogy az új, egylakásos családi házakra igény szerint napelemeket szereltet fel. Jelenleg azonban több mint felük számít arra, hogy 2016-ban már felkínálja ezt a lehetőséget. A többlakásos családi házak esetében az építők kétharmada fogja felkínálni a napenergiás opciót, míg 2013-ban ez az arány csak 45 százalék volt.

A négy legnagyobb amerikai lakásépítő cég (D.R.Horton, Lennar Corp., PulteGroup és KB Home) bizonyos piacokon most már automatikusan napelemeket helyez el az új épületeken, és egyre szélesebb körben alkalmazzák ezt a gyakorlatot, ahogy a napenergiás berendezések költsége csökken. Kaliforniában a Lennar építőipari cég 100 regionális telephelyén a napelemeket standard követelményként alkalmazzák. A cég ezt hamarosan Colorado és számos más államban is bevezeti. Akárki is veszi majd meg ezeket az otthonokat, az energiagazdaság résztvevőjévé válik.

Akik nem tudnak közvetlenül a lakásukhoz kapcsolódó napelemeket telepíteni – például a lakásbérlők, társasházi öröklakás-tulajdonosok vagy napelemek telepítésére alkalmatlan tetővel rendelkező lakások tulajdonosai – kihasználhatják a „közösségi napenergiás opciókat”, ahol egy napenergiás projektben több résztvevő rendelkezik tulajdonrészrel. A napenergiás projekt tulajdonosa lehet egy közművállalat, egy nem profitra dolgozó társaság vagy egy új üzleti vállalkozás, melyet maguk a közösség tagjai hoztak létre.

A magántulajdonban lévő napenergiás rendszerek számának gyors növekedése olyan előrejelzésekhez vezetett, melyek szerint a rendkívül erős versennyel jellemezhető árampiacokon a „közműtársaságok halál-spirálba kerülnek”. Ahogy egy közműtársaság szolgáltatási területén több áramvásárló áramfogyasztásának egy részét tetőre szerelt napelemekkel maga termeli meg, a közműtársaság árbevételétől esik el, hiszen ezeknek a fogyasztóknak a saját termékéből kevesebbet tud értékesíteni. Mivel a napelemes áramtermelés a hálózatban rendelkezésre álló, drágább hagyományos energia helyére lép, ez segíti leszorítani az áramárakat. Ez a probléma különösebb a déli órákban válik akuttá, amikor a napenergiás áramtermelés mennyisége és a kereslet is általában nagyon magas, és ez lecsökkenti a közművállalat korábban magas, csúcsidőre jutó nyereségét.

Azzal párhuzamosan, hogy csökken az árbevétele, a közművállalatnak működtetnie kell az erőműveit és karban kell tartania az infrastruktúráját, következésképp emelnie kell az áramárakat. Ez azonban a napelemes rendszerek árának folytatódó csökkenésével együtt, a napelemek számának még gyorsabb növekedését mozdítja elő. Mivel sok közművállalat látja, hogy régi üzlet modellje elavul, létezését fenyegető veszélynek tekinti a forgalmazott napenergiás áramot. Itt merül fel a kérdés: a közművállalat bocsátkozzon-e harcba vagy alkalmazkodjon-e az új helyzethez.

Németországban a tetőre szerelt napenergia imponáló növekedése hozzájárult ahhoz, hogy vezető közművállalatok kerültek az összeomlás közelébe. De ez néhány új és izgalmas

fejleményhez is elvezetett, miközben ezek a társaságok megpróbálják újradefiniálni a szerepüket az új energiagazdaságban. A két legnagyobb közműtársaság, az E.ON és az RWE 2009 és 2012 között piaci értékének több mint ötven százalékát elvesztette. A napelemek számának és (a fosszilis energiahordozók használatától mentes és alacsony költségekkel működtethető) szélenergia hasznosításának ugrásszerű megnövekedése, melyhez még hozzáadódott a villamos áram iránti alacsony kereslet is, drasztikusan lecsökkentette a két társaság árbevételét, és centralizált erőműveik működtetését gazdaságtalanná tette. Sőt az RWE stratégiai főnöke kijelentette: „A jelenlegi piaci árak mellett gyakorlatilag lehetetlen gazdaságosan működtetni a konvencionális erőműveket...Erőműveink 20-30 százaléka jelenleg még a működési költségei fedezésére sem képes.”

Ennek következtében az E.ON és az RWE szénerőműveikben és földgáztüzelésű erőműveikben jelenleg csuknak be, illetve kapcsolnak le a 19 000 megawatt kapacitást. Ezenkívül mindkét cégnek a közeljövőben be kell zárnia az atomerőműveiket, hogy teljesüljön Németország terve, mely szerint 2022-ig lépésekben haladva minden atomerőművet bezárnak. Az RWE a 2013-as üzleti évet 3,8 milliárd dolláros veszteséggel zárta, noha 1949 óta még sosem volt veszteséges éve. Az E.ON vesztesége pedig 2014-ben 5,6 milliárd dollár volt.

Mivel a jelenleg fenntarthatatlan helyzettel szembesülnek, ezek az óriás közművállalatok az alkalmazkodás irányába mozdulnak el. Az RWE-ből tulajdonképpen egy energetikai szolgáltató cég lesz, mely az elektromos hálózatrendszeren a napenergiás és egyéb megújuló energiaforrásokat fogja menedzselni, a lakóház-tulajdonosoknak és üzleti vállalkozásoknak fog tanácsadó-konzultációs szolgáltatásokat nyújtani, és olyan energiamegtakarító eszközöket fog értékesíteni, mint pl. a számítógép által vezérelt hőszabályozókat.

Az E. ON 2014 végén jelentette be, hogy a központosított áramtermelő üzletágát leválasztja a társaságról és egy új társaságba helyezi át. Mikor a leválás 2016-ben teljesen befejeződik, az E.ON a megújuló energiákra, a hatékonyságra és a tetőre szerelt napelemes rendszerekhez építette energiatárolókra fog összpontosítani. Ez utóbbi még nagyobb fejfájást okozhat, hiszen lehetővé teszi majd a fogyasztóknak, hogy még könnyebben teljesen leváljanak az elektromos hálózatról.

De természetesen sok közművállalat a napelemes áramtermelés saját vállalatukra gyakorolt befolyása miatt aggódva ellenállást fejt ki. Az egyik ilyen módszer az, hogy az

amerikai közművállalatok a jelenleg 43 tagállamban létező nettó számlázási politikát támadják. Eszerint a politika szerint, ha egy közművállalat fogyasztójánál a tetőre szerelt napenergia által termelt áram mennyisége meghaladja az adott háztartás igényét, akkor a többlet árammennyiséget betáplálják hálózatba, és ennek értékét a fogyasztó számláján jóváírják.

2013-ban egy Arizona állambeli közműtársaság volt az első, mely határozottan lépett fel a nettó számlázás ellen. Az *Arizona Public Service (APS)* nevű közműtársaság, mely arról tájékoztat, hogy a napelemes rendszerekből naponta több mint tizenötöt szerelnek fel az államban, azt akarta, hogy a napelemmel rendelkező fogyasztói havonta akár 100 dollárig terjedő pótdíjat fizessenek. Miután az *APS* majdnem 54 millió dollárt költött a javaslatot támogató hirdetésekre, a szabályozó hatóságok csak egy sokkal kisebb összegű, átlagosan havi öt dolláros pótdíjat engedélyeztek. 2014-ig minimum húsz államban tettek javaslatot a nettó számlázási elv gyengítésére vagy megszüntetésére. Ezen javaslatok közül néhányat az *American Legislative Exchange Council* nevű szervezet szövegezett meg, melynek tagjai többek között ott vannak a közművállalatok és a fosszilis energiahordozókat kitermelő társaságok képviselői is.

A napenergiát megfojtani próbáló társaságok hamar felismerhetik, hogy erőfeszítésük értelmetlen. Az Egyesült Királyságban központtal rendelkező pénzügyi szolgáltató cég, a Barclays 2014-ben az egész amerikai áramtermelő szektort leértékelte, mert álláspontja szerint az amerikai közműtársaságok általában nincsenek felkészülve azokra a kihívásokra, melyek a napenergiával termelt áram forgalmazásával és akkumulátorokban történő tárolásával kapcsolatosak. Ahogy a Barclays elemzője megállapítja: „akármilyen akadályokat is hoznak létre a közműtársaságok, most már túl késő van.”

A napenergiával termelt áram zuhanó költségei olyan lendülettel kényszerítik ki az energetikai szektor változásait, ami akár néhány évvel korábban is elképzelhetetlen lett volna. Például 2014-ben az *Austin Energy*, egy texasi, állami kézben lévő társaság, 150 megawattra szóló áramvásárlási szerződést kötött (hosszú távra szóló fix árral) a *Recurrent Energy* nevű napenergia fejlesztő céggel, melynek értelmében a vételi ár kilowattóránként egy öt centnél alig kisebb összeg. A *Recurrent Energy* által épített létesítmény, mely a projekt 2016-ban várható befejezésekor Texas állam legnagyobb szoláris erőműve lesz, sokkal olcsóbban fog áramot szolgáltatni, hiszen a helyi közműtársaság földgázzal termelt árama kilowattóránként 7

centbe kerül, a szénerőműben termelt áram pedig 10 centbe, míg az atomerőműben termelt áram 13 centbe.

Betsy Engelkind, a Minnesota államban központtal rendelkező *Geronimo Energy* nevű szél- és napenergia-cég elnökhelyettese kijelentette, hogy a napenergia ára „körülbelül öt évvel gyorsabban csökkent, mint arra bárki más számított volna”. Ha azt mondjuk, hogy a napenergia gyorsan javuló gazdasági mutatói figyelmet keltenek, akkor visszafogottan nyilatkozunk, hiszen dúsgazdag befektetők, köztük Warren Buffet és Ted Turner, dollár milliárdokat fektetnek be a naperőművekbe.

Például 2013 januárjában Warren Buffet óriási nagy pénzügyi lökést adott a napenergiának, amikor a tulajdonában lévő *MidAmerican Energy Holdings* bejelentette: a 2,5 milliárd dollárt fog befektetni a jelenleg *Solar Star* néven ismert projektbe. Mikor megépítése 2015-ben befejeződik, ez a naperőmű, a maga 580 megawattos teljesítményével, lesz a világ legnagyobb napelemes projektje. A *MidAmerican Energy Holdings* korábban megvásárolta a kaliforniai *Topaz* napfarmot, mely jelenleg 550 megawatt teljesítménnyel a világ legnagyobb szoláris erőműve. Mikor ennek a létesítménynek az építése 2014 végén befejeződött, annyi energiát termelt, melyből 180 000 kaliforniai otthon áramellátását lehetett biztosítani. A fentiekén kívül, a *MidAmerican Energy Holding* 49 százalékos tulajdonosi részesedést szerzett az Arizona államban található *Agua Caliente* nevű naperőműben.

Mind a *Topaz*, mind *Agua Caliente* erőműben a hagyományos szilikon alapú napelem helyett vékonyrétegű (vékonyfilmes), cadmium-tellurid vegyületből álló napelemet alkalmaznak. A beszállító, a *First Solar* nevű társaság, mely a világ vezető vékonyfilm készítője, egy amerikai társaság, mely termelésének legnagyobb részét Malajziában végzi.

Ted Turner összefogott a Kaliforniától Észak-Karolina államig nyolc államban szolgáltatásokat nyújtó közműtársasággal, a *Southern Power*-ral, hogy megvásároljon hét naperőművet, melynek összesített kapacitása 300 megawatt. Ezek közül a legnagyobb egy 2013 októbere óta üzemelő napenergia-park Kalifornia állam Imperial County nevű megyéjében (itt is a *First Solar* által szállított vékonyfilmes napelemet alkalmazzák).

Noha a fotovoltikus napelemeket használják messze a leggyakrabban, a nap energiájának árammá történő átalakítására, egy másik módszer a koncentrált napenergiás módszer (CSP), mely tükröket alkalmaz a napfény kis területre való koncentrálására, hogy ezzel az energiával hagyományos gőzturbinákat vagy motorokat hajtsanak meg. A leginkább elterjedt CSP-módszer alkalmazása során sorban elhelyezett gömbölyű tükröket –

„parabolikus napteknőket” – használnak, hogy a napfényt ráirányítsák a gömbölyű tükör hosszával azonos és annak fókuszvonalában elhelyezkedő, hő átadó folyadékkal feltöltött csövekre. A szuper forróságú folyadék felmelegszik, és ezt követően áramtermelés céljából egy gőzturbinát hajt meg. A CSP másik fajtája az „naptorony”: itt egy nagy mezőnyi, számítástechnika által vezérelt tükör egy központi vevőegységre koncentrálja a napfényt, hogy ezzel az energiával egy gőzturbinát lehessen meghajtani.

A koncentrált napenergiás módszer (CSP) 2014 közepére szerte az egész világban elérte a 4100 megawatt összteljesítményt. Spanyolország és az Egyesült Államok teljesen domináns szerepet játszanak az áramtermelés ezen típusában. Spanyolországban több tucat kicsi CSP erőmű van, melyek összteljesítménye 2300 megawatt. Az Egyesült Államokban főleg az erős napsütéssel jellemezhető Kalifornia és Arizona államokban több mint húsz CSP erőmű van, melyek összteljesítménye 1500 megawatt.

Az egyik legújabb CSP létesítmény az Arizona államban található Solana erőmű. A világ legnagyobb koncentrált napenergiával működő erőműve az Ivanpah erőmű: az erőmű három naptornyának áramtermelő kapacitása 390 megawatt. Az erőmű egyik előnye, hogy hogy olvadt sóban hat órára elegendő hőenergiát képes elraktározni, mely lehetővé teszi a létesítménynek, hogy a naplemente után is még sokáig tudjon áramot termelni. A világ CSP kapacitásának nemrég bekövetkezett bővülésével kapcsolatban megemlíthetjük az az Egyesült Arab Emírátságokban található, 100 megawattos Shams 1 erőművet, egy 50 megawattos erőművet India Rádzsasztán államában, továbbá Kína Quinghai tartományában található 50 megawattos erőmű első szakaszát.

2014 közepén Chile Atacama-sivatagában, melyet a világ legszárazabb helyeként ismernek, egy spanyol cég, az *Abengoa* egy 110 megawatt teljesítménnyel rendelkező, koncentrált napenergiás (CSP) erőmű építését kezdte el egy olyan naptoronnyal, melyben a megolvasztott só imponálóan hosszú ideig, 18 órán át képes tárolni a hőenergiát. Ha a terv sikerül, ez az erőmű a nap minden órájában képes lesz áramot termelni.

Noha az energiaraktározás szempontjából különlegesen ígéretesek, a CSP-erőművek azon ambíciója, hogy a világ energiatermelésének kiemelkedő forrásai legyenek, az utóbbi években már nem annyira hangsúlyos, mivel a napelemek ára sokkal gyorsabban csökkent. Az Egyesült Államokban ennek következtében egy sor betervezett CSP-projektől elálltak, vagy helyettük napenergiás erőműveket építenek majd. Azonban a CSP segítségével termelt áram költsége még mindig csökken: 2010 és 2013 között egyharmaddal csökkent, és így lett

kilowattóránként 13 cent. Az amerikai Energiaügyi Minisztérium *SunShot* nevű programja azt a célt tűzte ki, hogy segítséget nyújtson ahhoz, hogy 2020-ig kilowattóránként 6 centes árral teljesen versenyképesé váljon a koncentrált napenergia. 2020-ra a CSP-kapacitás a várakozások szerint el fogja érni a 11 000 megawattot, de áramtermelési kapacitása akár jóval magasabb is lehet, ha a *SunShot* által kitűzött, árral kapcsolatos cél teljesül.

A legtöbb ember szerte az egész világban a nagy áramtermelő források által termelt áramra támaszkodik, melyet aztán elektromos hálózaton keresztül juttatnak el a fogyasztókhoz. A még nem villamosított településeken élő mintegy 1,3 milliárd ember számára napjainkban gyakran olcsóbb és hatékonyabb minden egyes háztetőre napelemeket szerelni, mint egy központi erőművet a hozzátartozó áramszállító infrastruktúrával együtt megépíteni. India és Banglades imponáló példái annak, hogy egy-egy fejlődő ország vidéki lakossága hogyan képes az elektromos hálózatot megkerülve áramhoz jutni.

Indiaiak milliói a házak világítására a roppant szennyező és alacsony hatékonysággal világító petróleumra támaszkodnak. Ebben a helyzetben a napenergia biztosítja a megoldást. A Washingtonban központtal rendelkező *Solar Electric Light Fund* (Szoláris Energia a Világításért Alapítvány) független szervezete, a *SELCO Solar* 1995-ös alapítása óta India vidéki részein kb. 200 000 otthonban szerelt fel szoláris világító napelem-rendszereket. A *SELCO Solar* képviselője, Surabhi Rajagopal szerint egy tipikus napelem-rendszer, mely két petróleumlámpát kompakt vagy led-es égőkkel vált fel, és egy mobiltelefon feltöltésére is alkalmas, kb. 200 dollárba kerül. Ebben az árban benne van a beszerelés, továbbá a karbantartás egy évi költsége. Mivel a háztartások kb. évente mintegy 60 dollárt költenek petróleumra és a mobiltelefonok feltöltésére, egy újonnan felszerelt otthoni napelemes rendszer alig valamivel több, mint három esztendő alatt megtérül. A *SELCO Solar* regionális vidéki bankokkal együtt azon fáradozik, hogy ügyfelei számára olyan működőképes hitelkonstrukciókat hozzon létre, melyeknek a havi törlesztő részlete alacsonyabb, mint amibe korábban a világítás és a mobiltelefon feltöltése került. India egész országra vonatkozó hivatalosan elfogadott célja az, hogy a petróleumlámpákat húsz millió napenergiás világítórendszer váltsa fel, mely potenciálisan 100 millió emberhez jut el.

A petróleumról a napelemekre való átállás nagyon hasznos az éghajlatváltozás elleni küzdelemben: noha a világon használt 1,5 milliárd petróleumlámpa az otthoni világítás kevesebb mint 1 százalékát szolgáltatja, a petróleumlámpák az otthonok világításából származó szén-dioxid-kibocsátás 29 százalékát teszik ki. Ezek a lámpák 1,3 millió hordónyi

olajnak megfelelő energiát fogyasztanak naponta, és ez durván Kuvait napi olajtermelésének a fele. Ahogy a petróleum ára egyre nő, és a napelemek költsége egyre csökken, egyre könnyebb lesz az átállás melletti döntés.

Hasonlóan lehet érvelni amellett, hogy gazdasági és éghajlatvédelmi szempontból előnyösebbek a tetőre szerelt napelemek, mint a sokkal drágább dízellel üzemeltetett áramfejlesztők. A *Bridge to India* napenergia tanácsadó cég szerint, a napenergiás áramtermelés 33-50 százalékkal olcsóbb, mint a dízellel üzemeltetett áramfejlesztők használata. Akár az otthonok világítására, akár vízszivattyúzásra használják az áramot, a napenergiával termelt áram sokkal előnyösebb.

A szoláris áramtermelés Bangladesben is kedvező olyan emberek milliói számára, akiknek lehet, hogy sohasem lesz hozzáférése az elektromos hálózatokhoz. A Világbank által irányított erőfeszítések három millió otthoni napelemes rendszer beszerelésében segítettek. A 2014-es év folyamán havi 70 000 napelemes rendszert szereltek be. A Világbank Bangladesben tevékenykedő vezető képviselője, Christine E. Kimes kijelentette: „Ez egy dokumentált és gyakorlatban bevált rendszer, mely működik. A vidéki területeken zajló, áramszolgáltatást célzó befektetések a férfiak és nők lehetőségeit egyaránt megnövelik, nagyobb jövedelmet eredményeznek, megnyitják a növekedés előtti lehetőségeket és csökkentik a szegénységet.

Amikor egy falulakó egy napenergiás rendszert megvásárol, akkor megbízható és hosszú távra szóló áramszolgáltató rendszert vásárol. Mivel nincsenek üzemanyagköltségek, és a karbantartás költségei minimálisak, csak a rendszer megvásárlásakor felmerülő kiadást kell megfinanszírozni.

A másik kisméretű rendszer, mely a Nap energiáját hasznosítva segít egy háztartás energiaszükségletének fedezésében a tetőre szerelhető napenergiás hő kollektor. Kínában a becslések szerint jelenleg 2,8 milliárd négyzetláb (0,26 milliárd m²) tetőre szerelt napenergiás hőkollektor van, mely 170 millió kínai háztartás melegvíz-ellátását tudja biztosítani. Ez a meglehetősen olcsó technika – az infrastruktúra szokásos fejlődési szakaszait átugorva – olyan falvakban is megjelent, amelyekbe eddig még nem vezették be a villanyt. Körülbelül 300 dollárért be lehet szereltetni egy házba egy ilyen rendszert, ami lehetővé teszi lakói számára, hogy életükben először le tudjanak zuhanyozni meleg vízben.

Európában, ahol az energiaköltségek viszonylag magasak, a tetőre szerelt napenergiás vízmelegítők meglehetősen népszerűek. Ausztriában a háztartások 15 százaléka nyeri a

melegvíz-szolgáltatását ily módon. Sőt néhány osztrák faluban majdnem minden házon van tetőre szerelt napenergiás vízmelegítő. Németországban is gyors előrelépés tapasztalható. A becslések szerint két millió német otthonban hasznosítják melegvíz-ellátás céljából az ilyen rendszereket. Ausztriában és Németországban egyaránt ezen napenergiás melegítők kombinált rendszerek, azaz mind a vízmelegítéshez, mind a belső terek fűtéséhez hozzájárulnak.

A napenergiás vízmelegítők terén Dél-Amerikában Brazília játszik vezető szerepet – részben azért, mert a nagyon szegény rétegek számára épített új épületekben előírás, a napenergiával működő meleg vizes rendszerek telepítése. Az Egyesült Államokban Hawaii államnak saját előírása van, mely 2010-ben lépett hatályba, és kötelezővé teszi, hogy minden újonnan épített családi házban legyen napenergiás vízmelegítő rendszer is.

A napenergiás rendszerek a Földközi-tenger keleti részének egyes területein is elterjedtek. Az egy személyre jutó tetőre szerelt, meleg vizes hőkollektorok száma Cipruson a legmagasabb. Az izraeli háztartások mintegy 85 százalékában van tetőre szerelt, napenergiás vízmelegítő-rendszer. A lakóházak, iskolák, gazdasági és kormányépületek tetőin, a sportstadionokig, a parkolókig, a korábban személtlerakó-helyekként funkcionáló területekig és sivatagokig napenergia-forradalom van kibontakozóban. Különösképpen a napelemek gyorsan javuló versenyképessége arra utal, hogy a napenergia hasznosítása előtt még annál is ígéretesebb jövő áll, mint amire sok elemző számított. A napenergia az emberiség nagy része számára az olcsóbb áram ígéretét jelenti. De a világ nagyon sok alacsony jövedelmű lakója számára a napenergia teszi lehetővé, hogy életükben először otthonukban áramhoz jussanak.

Az olvasó a Földpolitikai Intézet honlapján (www.earth-policy.org) további adatokat, a szöveg angol nyelvű, lábjegyzetekkel ellátott verzióját és egyéb referencia anyagokat találhat.

A szélenergia korszaka

A fosszilis üzemanyagokról a szél- és napenergiára való átmenet során a szélenergia már korán vezető szerepet játszott. A szél bőségesen áll rendelkezésre, karbonkibocsátás mentes és kimeríthetetlen. A szélenergia-berendezések működtetéséhez nincs szükség vízre, üzemanyagra, csak egy kicsi földterületre. A szélenergia-kapacitást gyorsan lehet növelni, és nagyon könnyen fel lehet kapcsolni az elektromos hálózatra.

Az utolsó évtized során a világ szélenergia-kapacitása évi 20 százaléknál gyorsabb ütemben nőtt, és ennek a növekedésnek a szélenergia számos előnye, továbbá az állam szélenergia-hasznosítását előmozdító lépései adtak lendületet. 2014 elején a világ teljes szélenergiát kiaknázó áramtermelő-kapacitása 318 000 megawatt volt, és ez több mint 80 millió otthon ellátásához elég. Napjainkban a szélenergia jelentősen vezet a napelemekkel szemben: ez utóbbi energiaforrásnak az egész világban számított teljes kapacitása 20 millió amerikai otthon energiaellátására lenne elég.

A szélenergiás áramtermelés vezető országa Kína és az Egyesült Államok. 2014 elején Kína 91 000 megawattos szélenergiás áramtermelő kapacitással rendelkezett, míg a második helyen az Egyesült Államok állt a maga 61 000 megawattos kapacitásával. A világranglistán 34 000 megawattos kapacitással Németország következett, és utána Spanyolország és India jött külön-külön 20 000 megawattos kapacitással. Mind az Egyesült Királyság, mind Olaszország, Franciaország és Kanada 8-10 megawattos kapacitás-sávban helyezkednek el.

Mivel sok országban imponáló teljesítményt értek el a szélenergia területén, egyre könnyebb képet alkotnunk az új energiagazdaságról. 2013-ban szélfarmok állították elő Dánia áramszükségletének 34 százalékát. Portugáliában a szélenergia részesedése 25 százalék volt. Mind Spanyolországban, mind Írországban pedig mintegy 25 százalék. Sőt Spanyolországban a szélenergia lehagyta az ország második legnagyobb áramforrásának számító szénerőműveket, és csak kevesen múltott, hogy az atomenergiát is maga mögé utasítva nem került az első helyre.

A Német Szövetségi Köztársaság mutatja meg nekünk az utat a szél évszázadába. A szélenergia fedezi Mecklenburg-Vorpommern tartomány áramfogyasztásának 65 százalékát, Schleswig-Holtsein tartomány esetében ez az arány 53 százalékos, míg a szélenergia

részesedése az áramfogyasztásban Sachsen-Anhalt és Brandenburg tartományokban egyaránt 51 százalékos. Mind a négy német tartományról elmondható, hogy az új energiagazdaságba vezető út több mint felét már megtette.

A 2013-as esztendő a szélenergia történetében fontos eseménnyel ért véget. Az Egyesült Királyságban az erős szelek annyira megnövelték a szélenergiás áramtermelést, hogy ez lehetővé tette a közműszolgáltatóknak, hogy 7900 megawatt teljesítményű, költséges földgáz-tüzelésű áramfejlesztő kapacitást lekapcsoljanak, és ezzel óriási mértékben tudták csökkenteni földgáz-kiadásukat. A karácsony előtti hét folyamán a szélenergia fedezte az Egyesült Királyság áramszükségletének 13 százalékát. Ha pedig az egész évet nézzük, akkor a szélenergia részesedése az Egyesült Királyság áramellátásában 8 százalékos.

2013 decemberében a szél szolgáltatta Írország áramszükségletének 28 százalékát. De voltak olyan időszakok az év során, amikor a szélenergia biztosította az ország áramfogyasztásának a felét. A szélenergia hasznosításában a legjobb eredményekkel azonban Dánia büszkélkedhet: 2013 decemberében az ország áramfogyasztásának 55 százalékát szolgáltatta a szélenergia. De a következő hónapban Dánia saját rekordját megdöntve áramszükségletének hihetetlenül nagy részét, 62 százalékát fedezte szélenergiával.

Dánia – egy hatmilliónál kisebb lakosságú ország, melynek területe New York állam területének mintegy egyharmada – az 1970-es évek olajválságainak következtében indult el a szélenergia ilyen imponálóan nagy szerepéhez vezető úton. Az ország felismerte, hogy már nem lehet többé fenntartani azt az állapotot, hogy energiaszükségletének fedezése 90 százaléknál is nagyobb mértékben függjön a kőolajtól. Dánia eleinte a szén irányába indult el, továbbá atomerőművek építését fontolgatta. (Az atomerőműveket elutasító közhangulat miatt azonban a nukleáris energia hasznosításáról lemondott az ország.) A dán kormány adót vetett ki az áramfogyasztásra, hogy ezzel finanszírozza a megújuló energiákkal kapcsolatos kutatást és fejlesztést, és ezzel hathatós segítséget nyújtott az akkor még csak szárnyait bontogató szélenergia-iparnak. Egy dán szélenergia-cég, a *Vestas*, mely 1979-ben állította üzembe első turbináját, 2013-ra már a világ vezető szélturbina vállalata lett.

Az 1980-as évek elején Kaliforniából érkező szélturbina-megrendelések, melyeket az olajpiacok kiszámíthatatlansága okozta félelem is motivált, kulcsszerepet játszottak Dánia szélenergia-iparának fellendülésében. Most, hogy a dán politika már majdnem negyven éve támogatja a megújuló energiát, ebbe beleértve azt is, hogy az adórendszer a környezetszennyező energiaforrásokkal szemben az energiahatékonyságot és a megújuló

energiaforrásokat támogatja, Dánia nagyon jó úton halad 2012-ben kitűzött céljának megvalósítása felé: az ország 2020-ra áramszükségletének 50 százalékát szélenergiából akarja biztosítani. Dánia elektromos vezetékhálózatának állami kézben lévő működtetője, az Energinet.dk arról tájékoztatót, hogy 2014-ben a szélenergia aránya az áramtermelésben elérte a 39 százalékot.

Az országok számtalan ok miatt bővítik az ún. „árammixüket”, azaz az áramtermelést biztosító energiaforrás-típusok számát. A szélenergia egyik nagy vonzereje az, hogy kicsi a hatása a környezetre. Noha egy szélfarm akár több négyzetkilométer nagyságú lehet, ám maguk a szélturbinák nagyon kis helyet foglalnak el. A bekötő utakkal és egyéb állandó berendezésekkel együtt egy szélfarm ökológiai hatása a szélenergia által érintett projekt területének alig több mint 1 százalékára terjed ki.

A szélenergia hozama a szokásosnál sokkal jobb. Ha például egy észak-iowai farmer egy hektáros területen kukoricát ültet, akkor ebből annyi kukorica terem, amiből mintegy 1000 dollárért értékesíthető üzemanyag minőségű etanol állítható elő. Ha a gazdálkodó ugyanezen az egy hektáros területen egy turbinát telepített, az évente 300 000 dollár értékben állít elő elektromosságot. A farmerek általában 3-10 ezer dollár díjat kapnak, ha engedélyezik földjükön egy szélturbina felállítását.

A sűrűbben lakott területeken gyakran helyi ellenállás alakul ki a szélenergia ellen, melyet a „*Not, in my backyard!*” („Ne az én hátsó udvaromba!”) angol kifejezésből kialakított betűszóval, NIMBY-reakciónak is szoktak nevezni. De az Egyesült Államok hatalmas állattenyésztő és növénytermesztő területein a szélenergia gazdasági okok miatt roppant népszerű. A Nagy-síkság állattenyésztői és a Közép-nyugat farmerei vagy New York állam északi részének tejgazdaságai számára ott van a szélenergiára adható másik válasz: a PIMBY-válasz, mely a „*Put it into my backyard!*” (Tegyétek a hátsó udvaromba!) angol kifejezésből alkotott betűszó.

Mivel a szélfarmok nagyságához képest maguk a turbinák nagyon kicsi területet vesznek igénybe, az állattenyésztők és növénytermesztők a tulajdonukban lévő területüket kettős céllal tudják hasznosítani. Egyfelől áramot tudnak előállítani, másfelől ezzel egy időben szarvasmarháikat tudják legeltetni, illetve búzát vagy kukoricát tudnak termeszteni. Ahogy a Nagy-síkságon elterjednek a szélfarmok, a turbinák működési engedélyeiből származó, állattenyésztők által realizált bevételek meghaladják a szarvasmarha-tenyésztésből származó bevételeket.

A szélenergia, azonkívül, hogy az általa használt területet hatékonyan hasznosítja, bőségesen áll rendelkezésre. Az Egyesült Államok három, szélben gazdag állama – Észak-Dakota, Kansas és Texas – elég hasznosítható szélenergiával rendelkezik ahhoz, hogy ezek a tagállamok együtt fedezzék az egész Egyesült Államok teljes energiaszükségletét. Egy a Nemzeti Tudományos Akadémia Közleményeiben 2009-ben megjelent cikk megállapította, hogy, az egész világot figyelembe véve, a tengerparton elhelyezett szélfarmok a világ éves áramfogyasztásának negyvenszeresét, a világ teljes energiaszükségletének ötszörösét tudnák előállítani. A szél ezenkívül nem kimerülő erőforrás. Ellentétben a fosszilis üzemanyagokkal, a ma felhasznált szélenergia mennyisége semmilyen hatással nincs a holnap rendelkezésre álló szél mennyiségére.

A szél ugyanannyira bőségesen áll rendelkezésre, mint amennyire népszerű. Egy Kansas államban 2014 januárjában lezajlott közvélemény-kutatás például jelezte, hogy a szavazók 76 százaléka erősen támogatja a szélenergia kiaknázását. A *Navigant Research* egész nemzetre kiterjedő, 2013-ban lezajlott közvélemény-kutatása szerint az amerikaiak 72 százaléka helyesli a szélenergia hasznosítását. Egy 2011-es közvélemény-kutatás szerint az EU-ban a válaszadók 89 százaléka támogatta a szélenergia használatát.

A fosszilis üzemanyagokkal, illetve nukleáris hasadó anyagokkal működtetett atomerőművekkel ellentétben, a szélfarmok működéséhez nincs szükség hűtővízre. Ahogy az áramtermelésben a szélenergia felváltja a szén- és atomerőműveket, víz szabadul fel mezőgazdasági öntözésre, a lakóépületek szükségleteinek kielégítésére és környezetvédelmi célokra is. Mivel a szélenergia nem bocsát ki a levegőben terjedő szennyeződések, ezért alkalmazása csökkenti az asztma és tüdőrák gyakoriságát. A szén-erőművekkel ellentétben a szélfarmok nem szennyeznek be a vizeket.

A szélenergia egyik legnagyobb vonzereje az alacsony költség. A szélenergia esetében nincsenek üzemanyagszámlák, így tehát, ha egy szélfarm felépült, csak a működési és fenntartási költség marad. Ez a legnyomósabb indoka annak, hogy a szélfarmok építői miért tudnak a közművekkel és magáncégekkel alacsony lefixált áron hosszú távú áramszállítási szerződéseket (villamos áram értékesítési megállapodásokat) kötni.

Az Egyesült Államok középnyugati részén például a szerződéseket egy kilówhóránként (1 kWh) 2,5 centes áron kötik meg, mely az országos 10-12 centes átlagárhoz képest nagyon kedvező. Noha ez az ár nem tükrözi az szélfarmoknak nyújtott fontos, szövetségi adójóváírást, a Morgan Stanley munkatársa, Stephen Byrd megállapítja:

még akkor is, ha az adókedvezmény kedvező hatásától eltekintünk, „néhány szélerőműnek a teljes költsége alacsonyabb, mint a földgáz tüzelésű erőműveké”. A továbbiakban pedig rámutat arra, hogy a „Közép-nyugaton meglehetősen kiélezett verseny zajlik egyfelől a nagyon hatékony szélfarmok (ezek azért kapnak mindig elsőként hivatalos felkérést, mert a fix költségeiken kívül nincsenek variábilis költségeik), másfelől pedig a szén- és atomerőművek között.” Ahogy Amerikában a szélenergiával termelt áram átlagos beszerzési ára folyamatosan csökken, a földgáz-, szén- és atomerőműveknek egyre nehezebb lesz helytállni a versenyben.

A szélenergiának a hagyományos energiaforrásokkal szemben a szükséges építési idő szempontjából is előnye van. Míg egy atomerőmű megépítése egy évtizedbe vagy akár hosszabb időbe is telhet, egy tipikus szélfarm megépítése például egy évet vagy akár rövidebb időt vesz igénybe.

A szélenergia egyik nyilvánvaló hátránya, hogy változékony. De ahogy emelkedik a szélfarmok száma, ez egyre kevésbé probléma. Mivel nincs olyan két szélpark, melynek szélparaméterei azonosak, minden egyes hálózatra felkapcsolt szélfarm csökkenti a szélenergia rendelkezésre állásának változékonyságát. A Stanford Egyetem kutatócsoportja megállapítja: ha az Egyesült Államok területén található szélfarmokat egy nemzeti hálózat kötné össze, akkor a szélenergia nagyon is stabil áramforrás lenne.

Egy másik érv a szélenergiával szemben az, hogy a szélturbinák körbeforgó kerekei közé beakadva elhullanak a madarak. A szélfarmokon bekövetkező madárpusztulás tényleg aggodalomra ad okot, de az évek során javították a turbinák kialakításán: a mostani turbinák lapátja sokkal lassabban mozog, mint a korábbi modelleké. A szélturbinák helyének kiválasztásakor elfogadott gyakorlattá vált, hogy az elhelyezett turbinák elkerüljék a vándorló madarak útvonalait. A régi energiagazdasággal (pl. a szén- és atomerőművekkel) összehasonlítva a szélenergia esetében az egységnyi megtermelt energiára jutó madárpusztulás sokkal kisebb. Általánosabban tekintve a dolgot, a szélfarmok okozta madárpusztulás csak töredéke annak, mint amennyi madár az épületekkel, villamosvezetékekkel és az autókkal történő összeütközések vagy akár a macskák miatt pusztul el.

Ahogy az 1980-as évek folyamán elkezdett kialakulni a modern szélenergia-ipar, a szélenergia-kapacitások tekintetében az Egyesült Államoknak és Dániának volt domináns szerepe. (Az Egyesült Államok szélenergia-kapacitása egyértelműen nagyobb volt, mint

Dániáé.) Aztán a kilencvenes években India és az európai országok – legfőképp Németország, de Spanyolország, Olaszország és Franciaország is – szintén kétségkívül beszálltak a versenybe. 1997-ig pedig Németország elhódította az elsőbbséget.

Tíz évvel később az Egyesült Államok visszaszerezte magának az elsőbbséget, de a kínai fejlemények miatt csak egy rövid időre, néhány évre. Kínában a megújuló energiák előmozdítása érdekében 2005-ben egy törvényt fogadtak el, mely megnyitotta a kapukat a szélenergia exponenciális növekedése előtt. Kína széltermelő kapacitása minden évben megduplázódott, majd az ország 2010-ben az Egyesült Államokat lehaladva a világ legnagyobb szélenergia-kapacitással rendelkező országává vált.

2013-ban Kína szélfarmjai már több energiát állítottak elő, mint az ország atomerőművei. Feltételezhető, hogy 2014-ben a szélenergia atomenergiához viszonyított előnye tovább növekedett. A szén- és vízenergia után Kína harmadik legnagyobb energiaforrása a szélenergia. A Harvard Egyetem kutatóinak az Amerikai Tudományos Akadémia Közleményeiben megjelent adatai jelzik, hogy Kínának elegendő kiaknázzható szélenergiája van ahhoz, hogy teljes áramfogyasztását akár tízszeresére emelje.

Kína Nemzeti Energiahivatala 2008-ban nagyszámú, energiában gazdag északi tartományt választott ki, hogy hatalmas szélenergia-komplexumoknak adjanak otthont: Mindegyik óriás-szélfarm legalább 10 000 megawattos áramtermelő kapacitással rendelkezik. Ezeknek az eddig még soha nem látott méretű „szél támaszpontoknak” (*wind bases*) az összesített kapacitása a szándékok szerint 2020-ig meg fogja haladni a 100 000 megawattot.

Mivel a kínai kormány aggódik amiatt, hogy ezekben a távoli régiókban az elektromos hálózat elavult, és a gyors ütemű építkezés árt majd a projekt minőségének, a projekt indulása óta csökkentette a széltámaszpont-projekt méreteit. Ám még ezek a szerényebb számok is roppant imponálóak. A széltámaszpont-projekt első szakaszában Gansu-tartományban megépült 3800 megawattos szélerőmű Csiucsüan városában már teljesen elkészült, és a második szakaszban egy 3000 megawatt kapacitású létesítményt fognak megépíteni. A széltámaszpont-projekt Hebei tartományban történő megvalósítása során mintegy 1400 megawatt kapacitás már működik, és ennek majdnem a kétszerese már építési szakaszban van.

A széltámaszpont-projekt elkészült vagy építés alatt álló teljes kapacitása Gansu, Hebei, Belső-Mongólia és Hszincsiang tartományokban eléri a 19 000 megawattot. Figyelembe véve a tervezett és építés alatt álló erőműveket, Kína könnyedén teljesíteni fogja

hivatalos tervét, mely 2020-ra 200 000 megawatt szélenergia-kapacitást irányoz elő. A nagyságrendek érzékeltetése érdekében egy ekkora erőmű-kapacitás elegendő Brazília éves energiaszükségletének fedezéséhez

Noha Kína rendelkezik a legnagyobb felszerelt szélenergia-kapacitással, az Egyesült Államok szélfarmjai több energiát állítanak elő, mint Kína vagy bármely más ország. Ennek az az oka, hogy Kínában a szélerőművek megépítése maga mögött hagyta az energia továbbító rendszerek és az elektromos hálózat modernizálását, és emiatt arra kényszerültek, hogy sok távoli régióban lévő szélturbina ne működjön. Ezenkívül a kínai szélenergia-projektek adókedvezményei a szélenergia-erőművek megépítését ösztönzik, míg az Egyesült Államokban az adókedvezmények a tényleges áramtermelés alapján járnak.

Az Amerikai Szélenergia Egyesület információi szerint az Egyesült Államokban 2014 elején 39 államban 905 hálózatra kapcsolt szélerőmű volt. 2013-ban ezek a szélerőművek az ország elektromosság termelésének négy százalékát biztosították, és ennyi energia elegendő 15 millió amerikai otthon energiaellátásához.

A felszerelt szélenergia-kapacitás tekintetében az öt vezető tagállam Texas, Kalifornia, Iowa, Illinois és Oregon. Texas állam, mely hosszú ideig a legnagyobb olajkitermelő tagállam volt, most a szélenergiában is vezet: 2014 elején 12 400 megawatt kapacitás állt rendelkezésre. A szélenergia rendszerek megépítésében élenjáró Kaliforniában 5800 megawatt kapacitás áll rendelkezésre. Ha Texas és Kalifornia egy-egy ország lenne, akkor a világ 12 legnagyobb szélenergia termelő országa között lenne.

A dallasi központtal rendelkező *Tri Global Energy* nevű vállalat, 640 000 hektárnyi területet vett bérbe Texas állam legészakibb részében, melyen 16 szélfarm megépítését tervezi. Mire a következő évtizedben elkészülnek ezek a szélfarmok, 6600 megawatt termelési kapacitással fognak rendelkezni, és ez elegendő 1,9 millió amerikai otthon energiaellátásához. 2014 áprilisában Texas Állam Elektromosságbiztonsági Tanácsa, mely Texas állam elektromos vezetékhalózata nagy részének kezelője, rögzítette a szélenergia társaságok 27 000 megawatt szélenergiára vonatkozó hálózati csatlakozási kérelmeit.

Az Egyesült Államok kilenc tagállamában a szélenergia részesedése a teljes áramtermelésben legalább 12 százalékos, és Iowa és Dél-Dakota államok áramfogyasztásának legalább 26 százaléka a szélenergiából származik. Ha Iowa tagállamnak sikerül áramszükségletének több mint felét szélfarmokról biztosítani, márpedig a helybéli szélenergia társaságok szerint ez a megfelelő politikai környezet körülményei között 2018-ra

lehetséges, akkor Iowa lesz az az Egyesült Államok első tagállama, melynek sikerül elérnie, hogy elsődleges áramforrása a szén helyett a szélenergia legyen.

Warren Buffet cége, a *MidAmerican Energy Company* Iowa államot közelebb vitte ehhez a mérföldköhöz, amikor 2013 decemberében bejelentette, hogy a Siemenstől az állam területén való üzembehelyezés céljából 1,9 milliárd dollár értékben rendelt meg szélturbinákat. Ezeknek a fele 2014 végéig már megkezdte az üzemelést. A többi turbina pedig 2015 végére már rá lesz kapcsolva a hálózatra. Ezek a szélfarmok összesen 1000 megawatt kapacitásnövekedést jelentenek majd.

Egyre több amerikai indián törzs keresi annak lehetőségét, hogy a rezervátumaik területén kiaknázható legyen a szélenergia. A Clinton Globális Amerikai Kezdeményezés 2013. évi ülésén hat sziú indián törzs jelentette be tervét, hogy megépíti az Egyesült Államok egyik legnagyobb szélfarmját. A bejelentés óta további két törzs csatlakozott a tervhez, ami azt jelenti, hogy Dél-Dakota államban az 1000-2000 megawatt kapacitással rendelkező *Oceti Sakowin Energia Projekt* nyolc indián rezervátum területén fog megvalósulni. A külső vásárlókkal hosszú távú szerződéseket kötöttek, és az áram értékesítéséből származó bevételeket a törzsi közösségek gazdasági fejlődésére fogják fordítani. A projekt menedzsere, Caroline Herron megjegyzi, hogy sok indián törzs keresi a nap- és a geotermikus energia hasznosításának lehetőségét is.

Ezzel párhuzamosan Oklahoma államban öt indián törzs fogott össze, hogy felépítsen egy 153 megawattos szélfarmot. A létesítmény felét az irokéz nemzet fogja birtokolni, míg a másik felén a kaw nemzet, az otto-missourua törzs, a pownee nemzet és ponca nemzet osztozik. Az irokéz nemzet törzsfőnöke kijelentette: „Az irokéz nemzet arra számít, hogy törzsszerepet játszik majd Oklahoma állam kialakulóban lévő szélenergia-iparában.”

A szélenergia hasznosításában részt vesz India is, mely hamarosan a világ legnépesebb országa lesz. Az ország 20 000 megawatt szélenergia-kapacitással rendelkezik, és ezzel világrangsor ötödik helyét foglalja el. India körülbelül 8 milliárd dollárt tervez befektetni villanyvezeték-hálózatának modernizálására, hogy az képes legyen sokkal több nap- és szélenergiával megtermelt áram szállítására. Ez az erőfeszítés részben azt 300 millió indiait célozza meg, aki még nem jut hozzá az áramhoz. Naranda Modi indiai kormányfő kormánya által irányított Nemzeti Szélenergia Küldetés keretén belül India hivatalos célja lett, hogy az ország 2022-ig 60 000 megawattos szélenergia-kapacitással rendelkezzen.

Dél-Amerikában a 200 milliós Brazília az egész régióban messze az élen jár a szélenergia fejlesztésében. 2014 elején az ország 3500 megawatt szélenergia-kapacitással rendelkezett, mely 8 millió háztartás energiaellátását biztosította. Az a cél, hogy ezt a kapacitást 2022-ig majdnem ötszörösére, azaz 17 000 megawatra emeljék. Figyelembe véve azt a tény, hogy az országban bőségesen áll rendelkezésre a szélenergia (továbbá azt is, hogy a szélenergia-létesítmények építetői azért nyerik meg gyakran az új energiatermelő létesítmények építésére szóló szerződéseket, mert a szén és földgáz-projekteknel kedvezőbb ajánlatot tesznek), Brazília akár túl is szárnyalhatja ezt a célt.

Chile, melynek a hosszú tengerpartja mentén hosszan elterülő hegylanc található, szintén elkezdte kiaknázni a bőségesen rendelkezésre álló szélenergiát. A Santiagótól mintegy 250 mérföldre északra lévő *El Arrayán-szélpark* 2014 júniusában kezdte el az áramtermelést. A magas energiaárak és az ország erős függése az áramtermelésre használt energiahordozók behozatalától nagyon vonzóvá teszik a megújuló energiákat hasznosító áramtermelő-kapacitásokat. Ethan Zindler, a *Bloomberg New Energy Finance* cég elemzője egy nemrég adott interjújában rámutatott, „Sok feltörekvő piacon a zöldenergia az alacsony költségekkel járó energia-alternatíva–nem a jövőben, hanem már most.”

Késői indulás után Kelet-Európa egyes részein jelenleg gyorsan növekszik a szélenergia hasznosítása. A széntől való erős függősége miatt ismert Lengyelország már jelenleg is 3400 megawattos szélenergia-kapacitással rendelkezik, és szélenergiás áramtermelése gyorsan növekszik. Románia, a maga 2600 megawattos kapacitásával nem sokkal marad le Lengyelországtól.

Az Ázsiát és Európát összekötő Törökország ambiciózus célokat tűzött ki a szélenergia területén, mivel hosszú, szélben gazdag tengerpartja van és az Anatóliai-síkságon is sok szél áll rendelkezésre. Noha Törökország 2014 elején még csak 3000 megawatt kapacitással rendelkezett, az ország azt tervezi, hogy egy évtizeden belül szélenergia-kapacitása el fogja érni a 20 000 megawattot, és ez az energiamennyiség jelenlegi áramszükségletének egynegyedét képes lenne fedezni.

Noha a világ szélenergia-ipara főleg a szárazföldeken rendelkezésre álló szélre szorítkozott, egyre több ország a partjai közelében lévő tengerszakaszokon rendelkezésre álló erősebb szelek energiáját is hasznosítja. Dánia építette meg az első tengerre telepített létesítményt, egy 5 megawatt kapacitással rendelkező szélparkot a Balti-tengeren. 2014 elején Dánia tengerre telepített szélenergia-kapacitása közel volt az 1300 megawatthoz.

A tengerekre telepített szélfarmok tekintetében Dánia éveken keresztül vezető szerepet játszott, de 2007-ben ezt az elsőséget át kellett adnia az Egyesült Királyságnak. 2014 januárjára az Egyesült Királyság már 3700 megawatt tengeri szélenergia-kapacitással rendelkezett, ez pedig a világ teljes, tengeri szélpark-teljesítményének felét tette ki, és ezzel az energiamennyiséggel több mint 2 millió otthon energiaellátását lehetne fedezni. A tengerre telepített *London Array* a maga 630 megawattos kapacitásával a világ legnagyobb tengeri szélparkja. Más európai országok is komolyan belekezdtek a tengeri szélenergia potenciáljuk hasznosításába: Belgium jelenlegi kapacitása 570 megawatt, Németországé pedig 520 megawatt. A németek arra számítanak, hogy 2015-ig további 2500 megawatt tengeri kapacitást helyezhetnek üzembe, míg 2020-ig már 6500 megawattos célt akarják elérni.

Egy európai társaságokból és kanadai *Northland Power Inc.* nevű társaságból létrehozott konzorcium bejelentette: elindította Hollandia tengerpartjától 50 mérföldre, kint a tengeren egy 600 megawattos szélpark építését. Ez a projekt része Hollandia azon törekvésének, hogy 2020-ra az ország energiaszükségletének 14 százalékát megújuló energiaforrásokból biztosítsa.

A vezető európai országokat szorosán követi Kína: 2014 elején az ország 430 megawatt tengerre telepített szélenergia-kapacitással rendelkezett. Noha Kína csak későn kezdett bele a tengerek szélenergiájának hasznosításába, a 2014 közepén építés alatt álló létesítményeinek teljesítménye 1000 megawatt volt, és további 44 projekt volt tervezési szakaszban 10 000 megawatt teljesítménnyel. A tengeri szélenergia-létesítményeket építő országok között megemlíthetjük Japánt, Dél-Koreát és Vietnámot.

Azok az országok, melyek közelében a tenger sekély, egyértelműen kedvező helyzetben vannak a nagyméretű szélparkok építése szempontjából. Ebben a vonatkozásban megemlíthetjük az Északi-tengert, a Balti-tengert, a Mexikói-öblöt és az Egyesült Államok keleti partvidékét.

Az Egyesült Államok Energetikai Minisztériumának becslése szerint a Keleti-partvidék előtt található sekély tengervízre telepíthető szélfarmok lehetséges összteljesítménye 530 000 megawatt, mely elég, ahhoz, hogy az ország áramszükségletének 40 százalékát fedezni lehessen. Ha Keleti-part mélyebb vizeit, a Nagy Tavakat, a Mexikói-öblöt és Csendes-óceán vidékét is figyelembe vesszük, akkor a partok előtti vizeken rendelkezésre álló szélenergia-potenciálból könnyen fedezni lehetne az ország teljes áramszükségletét. Jelenleg kb. egy tucatnyi vizekre telepített szélenergia projekt van

folyamatban, noha az aktuális kezdeti építési munkálatok 2014 végéig csak két projekt esetében kezdődtek el: a Massachusetts állam partjainál lévő 470 megawattos *Wind Cape* projekten, és a Rhode Island állam partjainál lévő *Block Island* szélfarmon.

2014 júniusában az Egyesült Államok belügyminisztere, Sally Jewell és Massachusetts állam kormányzója, Deval Patrick bejelentették, hogy a Massachusetts állam partjai közelében lévő tengerszakaszon 740 000 hektár területet jelölnek ki szélfarmok építésére, és a kérdéses területeket versenytárgyaláson fogják haszonbérletbe adni. Deval Patrick kormányzó a tengerre telepített szélfarmokban lehetőséget lát saját állama számára, megjegyezve, hogy Massachusetts nem rendelkezik szén- és kőolajtartalékokkal: „Mi az energiaszállító rendszerek végén vagyunk, és bizonyos értelemben ki vagyunk szolgáltatva a fosszilis enegiahordozók szeszélyes trendjeinek. A tengerpartok közelében rendelkezésre álló szélenergia lehetőséget ad számunkra, hogy megteremtsük a saját, Massachusetts állam területén előállított energiát.”

A fenti bejelentés jelezte: a Delaware, Masachusetts, Rhode Island és Virginia államokban versenykeretek között létrejött öt haszonbérleti szerződéshez képest további haszonbérleti szerződések jöttek létre. Később, 2014 augusztusában, a belügyminisztérium további kettő, Maryland partjai előtt lévő, majdnem. 80 000 hektáros területre vonatkozó haszonbérleti szerződést kötött.

Az áram eljuttatása a tengerre telepített szélfarmokról a sűrűn lakott területekre kihívást jelent: alállomásokat kell létrehozni, kábeleket kell lefektetni, és össze kell kötnünk a tengeren lévő turbinákat. A világ jelenleg létező, legnagyobb tengerekre telepített szélfarmjait tengerfenékre fektetett nagyfeszültségű váltóáram kábelek kötik össze a szárazföldi vezetékhalózzal. Ez vonatkozik az Egyesült Királyságban megtalálható 630 megawatt teljesítményű *London Array* szélfarmra, az 500 megawatt teljesítményű *Greater Gabbard* szélparkra és Dánia 400 megawattos szélenergia-létesítményére is. Az említett szélfarmok egyike sincs 32 kilométernél távolabb a parttól.

Az Északi-tengeren és a Balti-tengeren tevékenykedő szélenergia-építő cégek most erősebb és folyamatosabban fújó szeleket keresve még messzebb akarnak menni a parttól. Ahogy nő a parttól mért távolság, úgy nő az áramveszteség a nagyfeszültségű váltóáram kábelekben, ami azt jelenti, hogy egy ponton túl a sokkal hatékonyabb nagyfeszültségű egyenáramú átvitelre van szükség. A *Navigant Research* kutatócsoport becslése szerint 2020-

ra a tengeri szélfarmokról nagyfeszültségű egyenáram vezetékeken szállítják majd az elektromosságot, és az érintett szélfarmok összteljesítménye akár 30 000 megawatt is lehet.

A *TenneT* nevű társaság, mely az Északi-tenger német felségvizein felelős az áramszállításért, több céggel kötött szerződést kilenc tengeri alállomás megépítésére, melyek fogadni fogják a körülöttük lévő szélturbina-csoportokról érkező áramot, melyet nagyfeszültségű egyenáram-vezetékeken továbbítanak a német áramhálózatba. 2014 közepére a tervbe vett alállomások közül négyet megépítettek, és a cég még egy állomásra is megbízást kapott. Ezek az alállomások összesen 3800 megawatt teljesítményű szélfarm-létesítményről lesznek képesek áramot fogadni. A svájci központú, energetikai és automatizálás területén tevékenykedő cég, az ABB kapott megbízást fennmaradó négy alállomás közül háromra, és ez a három alállomás összesen 2100 megawatt erőmű-kapacitást képes kezelni. A 400 megawatt teljesítményű BARD szélfarm, mely 2012-ben kezdte meg az áramtermelést, a tengerparttól 129 kilométer távolságból az egyik ilyen ABB-alállomáson keresztül továbbítja a partra az elektromosságot.

Ahogy Németország végrehajtja az energiapoétikai fordulatot (*Energiewende*), más szavakkal az „energetikai átmenetet” az atomenergiáról és a fosszilis energiahordozókról a megújuló energiaforrásokra, oly módon, hogy 2050-ig az áramellátásának 80 százalékát és a teljes energiaszükségletének 60 százalékát megújuló energiából fedezze, a tengerekre telepített vezetékhalózatból egy egyre inkább környezetbarát és hatékonyabb hálózatba táplálják majd be az energiát. A *TenneT* cég, Németország másik három energiaszállító-hálózatokat működtető cégével együtt, három magasfeszültségű egyenáramot használó távvezeték tervez, mely – több száz kilométeres távolságot megtéve – a szelesebb Észak-Németországból az atomenergiára nagyobb mértékben támaszkodó Dél-Németországba vezet. A Németország nyugati határához legközelebb lévő távvezeték az Északi-tenger egyik kikötővárosból, Emdenből kiindulva egy Stuttgarttól észak-nyugati irányban 64 kilométerre lévő lévő célpontig jut el, mely a tervek szerint 2019-ben működését megszüntető, philippsburgi atomerőmű közelében található.

A megújuló energiaforrásokból, főleg szél- és napenergiából, származó elektromosságot fogadni képes német villamoshálózat végül is az Európai Szuperhálózat részévé válhat. A többek között vezető energetikai cégek (Siemens, az ABB, a General Electric és az Alstom) összefogásával elképzelt Európai Szuperhálózat egy teljesen egységes európai piacon működő nagyfeszültségű, egyenárammal működtetett rendszer lenne, mely

adott esetben a spanyol naperőművekből, a norvég vízerőművekből és az északi-tengeri szélfarmokból továbbítaná az áramot oda, ahol arra éppen szükség van. Az európai országok között rengeteg egyeztetésre és a terv melletti sokkal erősebb elkötelezettségre van szükség ahhoz, hogy ebből az elképzelésből valóság legyen.

A távvezeték-hálózat kiépítése és a szélergia hasznosítása szorosan kapcsolódik egymáshoz az Egyesült Államokban is, ahol a szélergiában leggazdagabb szárazföldi területek általában a településektől távol eső régiókban vannak. Például a szélben gazdag, ám gyéren lakott Wyoming államban az olajmilliárdos Philip Anschutz által tervezett szélfarm, 3000 megawattos teljesítménnyel hamarosan a legnagyobb építés alatt lévő amerikai létesítmény lesz. A *Choke Cherry és Sierra Madre Szélergia Projekt* nevet viselő szélfarm össze lesz kötve a Wyoming állam területére tervezett egy vagy több fontos vezetékkel, és árammal fogja ellátni Kalifornia, Nevada és Arizona államok magas kereslettel rendelkező árampiacát. A szélfarm és az áramvezeték közötti összeköttetés egyik jelöltje a szintén Philip Anschutz vállalkozásában megvalósuló és a tervek szerint 1167 kilométer hosszúságú és 3000 megawatt teljesítményű *TransWest Express* távvezeték.

Texasban számos, a szélben gazdag Nyugat-Texas és Észak-Texas a sűrűn lakott területekkel, pl. Dallas-Fort Worth régióval, összekötő távvezeték készült el 2014 elejére. Az állam legészakibb részén épülő, 460 megawattos *Mariah szél-projekt* és a legújabb távvezetékek között összeköttetés lesz. A szélergia már most is Texas állam áramfogyasztásának 8 százalékát adja, de most, hogy ezek a távvezetékek megépültek, az szélfarmok készen állnak arra, hogy még inkább hozzájáruljanak az áramszolgáltatáshoz. A többi működő, amerikai távvezeték között megemlíthetjük a nagyfeszültségű egyenáramú kábelekkal működő *Pacific Intertie* nevű távvezeték, mely Washington és Oregon tagállamok szélergia és vízenergia kapacitásait köti össze Kaliforniával.

Az amerikai áramszállítási piac legambiciózusabb tervekkel rendelkező szereplői között van a houstoni székhelyű *Clean Line Energy Partners* nevű cég. A társaság öt távvezeték (köztük négy nagyfeszültségű egyenárammal működő) távvezeték megépítését javasolta: a távvezetékek összesített hossza 4828 kilométer és a vezeték 15 000 megawatt szállítására alkalmas. Az egyik ilyen távvezeték a *Grain Belt Express Clean Line* nevet kapta, és a szélben gazdag Nyugat-Kansast kötné összes Missouri, Illinois és Indiana államokkal. Egy másik távvezeték pedig az Északnyugat-Iowa síkságait kötné össze Illinois állammal és keletebbre lévő pontokkal.

Talán a legizgalmasabb, tervezés alatt álló távvezeték-hálózattal kapcsolatos projekt a *Tres Amigas SuperStation*, mely egy Új-Mexikó állam keleti részében lévő Clovis városában létrehozandó elektromosság elosztó központ. Ez a létesítmény három nagy vezetékhálózat között fogja megteremteni az összeköttetést. Az első a Nyugati-partot, Arizonát és Új-Mexikó állam nagy részét magában foglaló *Western Interconnection* hálózat, a második a Keleti-parttól a Sziklás-hegységig terjedő *Eastern Interconnection*, a harmadik pedig a *Texas Interconnection*.

A három hálózat közötti első összeköttetés lehetővé teszi azt, hogy az áram az igényeknek megfelelően az ország egyik részéből el tudjon jutni a másikba. Mérföldkőnek számít ez az új energiagazdaság kialakításában. Azzal, hogy a korábbiakhoz képest nagyobb területen lesz lehetséges a többletáramot termelő térségeket összekötni az áramhiányos területekkel, az áramvesztés és az áramfogyasztók számlaköltségei is csökkennek. Egy megnövekedett területen a megszakításokkal rendelkezésre álló energiaforrások, pl. a szél- és napenergia, jelentette áramtermelésben jelentkező ingadozásokat könnyebben ki lehet egyenlíteni.

Azonkívül, hogy új területeken jelenik meg a szélenergia, az általa termelt energiamennyiség növekedésének egyik fő oka, hogy a már létező szélenergiás létesítmények megújulnak: a régebbi turbinákat újabb, hatékonyabb turbinák váltják fel. Egy kaliforniai felújítás keretén belül 438 darab, az 1980-as évekből származó turbinát cseréltek le, és helyükre 34 darab, egyenként 2,3 megawattos turbinát helyeztek el. Noha az áramtermelő összkapacitás durván számítva nem változott, a roppant hatékony új turbinákkal több mint kétszer annyi energiát termelnek.

Valószínűsíthető, hogy a világ szélenergia-iparának imponáló növekedése az elkövetkező esztendőkből folytatódni fog, oly módon, hogy a növekedés egyre nagyobb része a fejlődő országokból fog származni. Ahogy a szélenergia-hasznosítási technológiák tovább fejlődnek, míg a költségek tovább csökkennek, a szélenergia lesz az áramtermelés legfontosabb forrása.

Az olvasó a Földpolitikai Intézet honlapján (www.earth-policy.org) további adatokat, a szöveg angol nyelvű, lábjegyzetekkel ellátott verzióját és egyéb referencia anyagokat találhat.

A Föld méhében rejlő hő kiaknázása

A Föld centrumában a hőmérséklet több mint 5700 Celsius-fok, ami durván azonos a Nap felszínén uralkodó hőmérséklettel. Ahogy ez a geotermikus energia kisugárzik a földmagból és a földköpenyből, át lehet alakítani elektromossággá vagy közvetlenül lehet használni különféle létesítmények, mint például lakóépületek vagy melegházak közvetlen fűtésére.

A Föld geotermikus erőforrásaiból ott van a legtöbb, ahol erős tektonikus (a födkéreg mozgásaival járó) tevékenység tapasztalható. Az ún. Tűzgyűrű-öv országai, mely a Csendes-óceánt veszi körül, az egyik ilyen terület. Magában foglalja az Andok-hegylánc országait, többek között Chilét, Perut és Kolumbiát, Közép-Amerikát és az Egyesült Államok és Kanada nyugati partvidékét. A Csendes-óceán túlsó peremén magában foglalja Japánt, Kínát, a Fülöp-szigeteket és Indonéziát. Egy másik, geotermikus erőforrásokban gazdag terület az afrikai Nagy Hasadék-völgy, mely magában foglalja Etiópiát, Kenyát, Ruandát, Tanzániát és Ugandát. A Földközi-tenger keleti régiójában is sok geotermikus energia található.

De a világ geotermikus fővárosa Izland. Mivel az ország a Közép-Atlanti-hátság vízfelszín fölé emelkedő része, ahol az észak-amerikai tektonikus és az eurázsiai tektonikus lemezek évi 2 centiméterrel távolodnak egymástól, ez a vulkánokban gazdag sziget a világ geológiailag egyik legaktívabbnak mondható területe. A geotermikus tevékenység az izlandi élet majdnem minden területén fontos szerepet játszik, az áramtermeléstől és az otthonok fűtésétől kezdve a zöldségtermesztésen át egészen a haltenyésztésig és a fürdőkig.

Izland sok területén a talajfelszíntől számított egy mérföldes mélységben 250 Celsius-fokos hőmérséklet mérhető, ami kiváló feltételeket teremt a geotermikus áramtermelés számára. 2014 elején, Izlandon 660 megawatt teljesítményű, geotermikus áramtermelő kapacitás működött, és ez az ország teljes áramszükségletének 29 százalékát fedezte: a geotermikus energia aránya ebben az országban a legmagasabb az egész világon. (Az áramfogyasztás nem geotermikus forrásból származó részét szinte teljes egészében a vízenergia szolgáltatja.)

A Föld felszíne alatti vízgyűjtőkből a porhanyós kőzeten keresztül megfűrt kutak segítségével forró vizet és gőzt hoznak a felszínre. A földalatti vízgyűjtőkből vagy a forró vízből származó gőzzel áramtermelő turbinákat hajtják meg. Mivel bőségesen rendelkezésre

áll az olcsó áram, Izland a roppant energiaigényes alumíniumgyártás egyik központja lett. A sziget áramtermelésének közel 70 százalékát az alumíniumgyártásban használják fel.

Izland természet adta forró víz forrásait már évszázadok óta használják, ami nagyon is valószínű, hisz a sziget benépesülése körülbelül 1100 évvel ezelőtt kezdődött. Az utóbbi mintegy 100 évben a sziget szinte összes településén épült egy pihenést és felüdülést szolgáló uszoda. A legtöbb uszoda nyilvános és egész évben nyitva tartó létesítmény. Írország leghíresebb idegenforgalmi úti célja a Kék Lagúna termálfürdő, mely minden évben Izland 330 000-res lakosságánál messze több látogatót fogad, és nagyszámú 35-47 Celsius-fokos medencével büszkélkedik. A medencék vize az elektromosságot előállító és a lakossági használatra forró vizet szolgáltató Svartsengi geotermikus erőmű által kibocsátott sóoldatot tartalmaz.

A geotermikus meleg vizet a Svartsengi geotermikus erőműhöz hasonló kapcsolt villamos- és hőenergia termelő egységekből vagy az „alacsony hőmérsékletű” (149 Celsius-foknál kisebb hőmérsékletű) geotermikus mezőkből csővezeték-hálózaton keresztül továbbítják épületfűtés céljából. Izlandon 1970-ben az épületek több mint 50 százalékának fűtését az olaj biztosította, míg a geotermikus energia részaránya 43 százalékos volt. Az izlandi kormány a hetvenes években a kőolaj-áremelkedésre úgy válaszolt, hogy elsőbbséget biztosított a távfűtés bővítésének, és napjainkra az épületek fűtésének majdnem 90 százalékát közvetlenül a geotermikus energia szolgáltatja. A fűtés fennmaradó 10 százalékát áram biztosítja, melynek egy részét azonban geotermikus energiával állítják elő, és jelenleg a kőolaj a fűtés kevesebb mint 1 százalékát adja. A főváros, Reykjavík 184 000 lakója geotermikus távhőszolgáltatással biztosítja magának a fűtést.

Izland a geotermikus energiát még sokféle módon alkalmazza. Például 1 207 740 m² járdát, parkolót és utcát, túlnyomórészt Reykjavíkban, alulról olyan meleg vízzel fűtenek, melyet már korábban épületfűtésre használtak. Geotermikus energia közvetlen ipari használatával kapcsolatban megemlíthetjük a cement kezelését és a só termelést. Izlandon 48 hektár területen geotermikus energiával fűtik a melegházakat, melyekben zöldséget, gyümölcsöt, virágokat és egyéb növényeket termesztnek. Tizenöt-husz halgazdaságban északi tavi saiblingot, lazacot és szenegáli lepényhalat tenyésztnek.

Igaz ugyan, hogy a geotermikus energia hasznosításában Izland a követendő példa, de a közvetlen célokra hasznosított geotermikus energia mennyiségét tekintve Kína vezet. Kína hálózatra kötött geotermikus áramtermelő kapacitása 6100 termikus megawatt, a világ

geotermikus elektromosság-kapacitásának 30 százaléka. Az ország az utóbbi évtizedben ötszörösére emelkedett kapacitásnak mintegy felét távfűtésre használják. A gyors növekedés részben az izlandiak szakértelmének köszönhető: a Reykjavíkban működő Orka Energy nevű társaság összefogott kínai Sinopec Star Petroleum nevű céggel, és létrehozta a Sinopec Geotermikus Zöld Energia és Geotermikus Fejlesztő Rt-t. 2013-ban a vegyesvállalat bejelentette, hogy annyi geotermikus energiát aknáz ki, amivel 14 957 390 m²-es terület fűtését tudja biztosítani. A vegyesvállalat arra számít, hogy ezt a területet 2015-ig megduplázza. Kínában előállított közvetlen hasznosítású geotermikus energia mennyiségének másik 40 százalékát forró vizű fürdők és gyógyfürdők fogják hasznosítani, míg a maradék 20 százalékot a haltenyésztésben, melegházakban és az iparban fogják felhasználni.

A geotermikus energia Kínától messze lemaradó második felhasználója Törökország, mely 2014-ben 2800 termikus megawatt közvetlen felhasználású geotermikus kapacitással rendelkezett. Ennek több mint egyharmadát az ország nagyszámú fürdőjének és gyógyfürdőjének fűtésére használják, egynegyedét távfűtésre és 20 százalékot pedig egy imponálónagy, 740 hektáros melegházi terület fűtésére.

A közvetlen felhasználású geotermikus energiafelhasználás világrangsorában a maga 2200 termikus megawattos termikus kapacitásával harmadik helyet elfoglaló Izland után Japán következik 2100 termikus megawattal. A geotermikus energiában gazdag és több ezer termálfürdőjéről ismert Japánnak korábban vezető szerepe volt a geotermikus energia hasznosításában. Az ország közvetlenül hasznosított geotermikus kapacitásának majdnem 90 százalékát 2000 gyógyfürdőben, 5000 nyilvános fürdőházban és 15 000, a természet szolgáltatta forró vizet hasznosító szállodájában használják. A ranglistában ötödik helyen szereplő India 900 megawattnyi, közvetlenül felhasznált geotermikus kapacitást épített ki, melyet gyakorlatilag teljes egészében fürdőkben és uszodákban használnak fel.

Olaszország, Franciaország és Németország szintén kiaknázzák a rendelkezésükre álló geotermikus energiát, melyet meleg víz előállítására és fűtésre használnak fel. Az Itáliában rendelkezésre álló közvetlenül felhasznált 800 termikus megawatt kapacitás felét fürdőkben és uszodákban hasznosítják. Az országban, például Toszkánában, van egy kevés távfűtés, de nem nagyon fejlesztették ki. Ennek pont az ellentéte igaz Franciaországra és Németországra egyaránt, ahol a közvetlenül hasznosított geotermikus energia legalább nyolcvan százalékát távfűtésre használják. Párizs és környéke területén a becslések szerint 170 000 háztartás

fűtését biztosítják geotermikus energiával, és ez a szám 2015-re várhatóan 10 000-rel fog emelkedni.

Európa keleti részében Magyarország kiemelkedő szerepet játszik a geotermikus energia közvetlen hasznosításában: 615 termikus megawatt közvetlen hasznosítású kapacitásából 44 százalékot fürdőkben és uszodákban hasznosítanak. A tél folyamán 1200 úszómedencét fűtenek geotermikus energiával. Százkilencvenhárom geotermikus kútjából 173 hektáron melegházak fűtését biztosítják.

Geotermikus energia közvetlen használata az Egyesült Államokban szintén 615 termikus megawattot tesz ki, és ezt az energiát melegházak számára veszik igénybe, továbbá ipari folyamatokhoz szükséges hő biztosítására és távfűtésre használják. Az első amerikai város, amelyik a geotermikus energiát távfűtésre használta az Idaho állambeli Boise városa volt 1892-ben, egy város, melyben jelenleg 214 000 ember él. A város ezt a föld méhében lévő hőforrást használja épületek százainak, köztük Idaho állam törvényhozási épületének, fűtésére. 2014-ben a Boise Állami Egyetem elkezdte használni a geotermikus energiát kilenc épületének fűtésére. Többek között az alábbi amerikai városokban van még geotermikus távfűtés: Reno (Nevada állam) és Klamath Falls (Oregon).

Az Indiana államban lévő Ball State Egyetem két utolsó széntüzelésű kazánját 2014 március 19-én zárták le, és helyükbe geotermikus energia lépett. Jim Lowe gépészeti, építési és üzemeltetési igazgató számításai szerint a geotermikus hűtés és fűtés alkalmazása évente 33 000 tonna szén elégetését váltja majd ki, és évente 2 millió tonna dollárt fog megtakarítani az egyetem számára, miközben az egyetem karbon lábnyomát felére csökkenti majd.

Az Egyesült Államok szerepel azon 21 ország között, melyben a geotermikus energiát haltenyésztésre is felhasználják. Kaliforniában például a Pacific Aquafarms nevű társaság tilápiát, harcsát, ezüstpontyot és csíkos sügért tenyészt geotermikus energiával fűtött tartályokban és mesterséges tavakban. A cég minden évben 1000 tonna halat szállít a Los Angeles-ben és San Diego-ban és a két város vonzáskörzetében található élőhal-piacokra és olyan tavakhoz, melyeket élőhallal töltenek fel a szabadidős horgászok számára.

Az izraeli Negev-sivatagban 37,7 Celsius-fokos enyhén sós talajvizet használnak tilápiára, harcsára, tengeri sügérre, vörös árnyékhalra és barramundi tenyésztésére. Ebben a vízhiányos országban a halak hulladéka miatt tápanyagokban gazdag vizet később olajbogyó ligetek, datolyapálmák és lucerna öntözésére használják.

A távfűtésen, a haltenyésztésen, a forró vizű fürdőkön kívül és a fentiekben leírt egyéb közvetlen hasznosításokon kívül léteznek a talaj hőjét összegyűjtő, más néven geotermikus hőszivattyúk is. Ezek a rendszerek azt használják ki, hogy néhány méterrel a talaj felszíne alatt a föld hőmérséklete meglepően állandó, és ezt a hőmérsékletet télen, amikor a levegő hőmérséklete alacsony, hőforrásként, míg nyáron, amikor a levegő hőmérséklete magas, hűtés forrásaként hasznosítják. Ennek a technológiának az a nagy vonzereje, hogy a hagyományos fűtő- és hűtőrendszerekhez képest 25-50 százalékkal kevesebb áramot fogyaszt. A geotermikus energia többi közvetlen alkalmazásától eltérően, a geotermikus hőszivattyúk gyakorlatilag szerte az egész világban használhatók lakóépületekben, iskolákban és más épületekben. A geotermikus hőszivattyúk egész világra kiterjedő becsült kapacitása körülbelül 50 000 termikus megawatt.

Míg 82 ország számol be a geotermikus energia közvetlen hasznosításáról, viszonylag alacsony számú, 24 ország alakítja át a geotermikus energiát árammá. A világ hálózatra kötött geotermikus áramtermelésének több mint egynegyede, 2014 elején 11 700 megawatt kapacitás, az Egyesült Államokban volt. A geotermikus áramtermelés másik negyedén a Fülöp-szigetek és Indonézia osztozott. Az első öt ország között ott van még Olaszország és Új-Zéland. A világranglistát Mexikó, Izland, Japán, Kenya és Törökország folytatja.

A geotermikus áramtermelés adott ország teljes áramtermelésben való részesedését tekintve azonban a világranglista jelentősen megváltozik. Mint ahogy már korábban megjegyeztük, a lista élén Izland áll. Nem sokkal lemaradva, a geotermikus áram a teljes áramtermelésben 26 százalékos részesedéssel bír El Salvadorban. A Fülöp-szigeteken, Costa Ricában és Új-Zélandon a geotermikus áram részesedése közel áll a 15 százalékhoz. A rangsorban elől áll még Pápua Új-Ginea, Nicaragua és Indonézia.

Az imént felsorolt országok közül több is sokkal nagyobb mértékben ki tudná aknázni a geotermikus energiát. Az amerikai központtal rendelkező Geotermikus Energia Egyesület (GEA) negyven országról állapította meg, hogy képes lenne teljes áramszükségletének egészét geotermikus áramból fedezni. Ezen államok között van Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Etiópia, Indonézia, Kenya, Peru, a Fülöp-szigetek, Tanzánia és Uganda. Ezekben az országokban 860 millió ember, a világ lakosságának 12 százaléka él.

Az Egyesült Államok 3400 megawatt hálózatra bekötött geotermikus áramtermelő kapacitással rendelkezik, mely 1,4 millió otthon áramellátását tudja biztosítani. Az amerikai geotermikus energiatermelés éveken keresztül nagyrészt a San Franciscótól északra elterülő

Geysers nevű cégre korlátozódott. A cég közel 1500 megawattos kapacitással rendelkező létesítménye a világ egyértelműen legnagyobb geotermikus erőmű-komplexuma. Az Egyesült Államokban napjainkban a geotermikus energia reneszánszát éli. Arra lehet számítani, hogy a jelenleg 12 szövetségi államban épülő 124 erőmű mintegy 1000 megawattal növeli az ország geotermikus energiakapacitását. 2014 áprilisában az alábbi szövetségi tagállamokban zajlott legalább 20 megawatt kapacitású geotermikus erőművek építése: Alaszka, Kalifornia, Colorado, Idaho, Nevada, Oregon és Utah.

Az Egyesült Államokban jelenleg építés alatt álló legtöbb geotermikus erőmű ún. bináris erőmű: a kinyert forró vízzel egy kisebb forráspontú folyadékot, izobutánt melegítenek fel, és amikor ez a folyadék gőzzé alakul, a gőz egy áramtermelő turbinát hajt meg. Míg korábban a geotermikus erőművekben 176 Celsius-foknál magasabb hőmérsékletre volt szükség, a bináris erőművek már a 99 Celsius-fokos kinyert vizet is fel tudják használni. Most már az alacsonyabb hőmérsékletű geotermikus mezőkön is lehet áramot termelni, és ez olyan országoknak, mint Németország segít abban, hogy áramtermelési energiamixüket a geotermikus energiával bővítsék.

Jelenleg Kalifornia és Nevada államban koncentrálódik az Egyesült Államok teljes geotermikus kapacitásának 95 százaléka. A maradék 5 százalék teljes egészén Utah, Hawaii, Oregon és Idaho államok osztoznak. Kaliforniában a Warren Buffett's *MidAmerican Renewables* cég leányvállalata, a *CalEnergy* 2014 májusában jelentette be 1 milliárd dolláros befektetési tervét, melynek az a célja hogy a Salton-tó körül 10 geotermikus erőművet hozzon létre. A Geotermikus Energia Egyesület (GEA) becslése szerint Kalifornia geotermikus kapacitásának mintegy 50 százaléka kiaknázatlan, míg Nevada államban ez az arány 60 százalék.

Az Egyesült Államok Geológia Hivatalának becslése szerint az egész országban 42 000 megawatt termikus kapacitás fejleszthető ki, mely 30 millió otthon ellátásához elég. Az Egyesült Államok geotermikus energia potenciáljának 90 százaléka kiaknázásra vár.

A világ második legnagyobb geotermikus áramtermelője, a Fülöp-szigetek is új projekteket tervez. A tervek szerint az ország Oriental Mindoro tartományában 2014 végén kezdték meg egy geotermikus erőmű fúrási munkálatait, mely a helyi villanyszámlákat mintegy 40 százalékkal csökkenti majd. A Fülöp-szigetek Energetikai Minisztériuma arra törekszik, hogy teljes geotermikus áramtermelő kapacitását 1900 megawattról 2030-re 3300 megawatra emelje.

Indonézia területén százhuszonhét, még működő vulkán található, és ez rengeteg még kiaknázandó geotermikus energiát jelent. Az ország eddig 1340 megawatt geotermikus áramtermelő kapacitást hasznosított. Noha az utóbbi években lassan fejlődött a geotermikus energia kiaknázása, a fejlődés üteme felgyorsult. Egy 330 megawattos projekt építését 2014 júniusában kezdték el Észak-Szumátrában. Még ugyanabban az évben a jogi szabályozás döntő fontosságú reformja a geotermikus energiaforrások felkutatásában új területeket nyitott meg, és a projekteket gazdasági szempontból vonzóbbakká tette. 2014 végén Dzsakarta bejelentette, hogy 2015-ben 25 geotermikus projektre tendert hirdet. Az ország rövid távú célja az, hogy 2019-ig geotermikus áramtermelő kapacitását majdnem négyszeresére 4900 megawatt-ra emelje. Indonézia azt tervezi, hogy 2025-ig 10 000 megawattos geotermikus áramtermelő kapacitást épít ki, mely elegendő arra, hogy jelenlegi áramfogyasztásának egyharmadát fedezze.

Indonézia hatalmas geotermikus potenciállal rendelkezik, és ez szerencsés adottságnak tekinthető, mivel az utóbbi két évtizedben az ország olajtermelése 50 százalékkal csökkent, és ennek következtében az ország az utóbbi esztendőkből olajexportálóból olajimportáló lett. Az állami olajtársaság, a Pertamina volt geotermikus erőművek legfontosabb építője. Ahogy a Pertamina fejlesztési erőfeszítéseit a kőolajról átcsoportosítja a geotermikus energiára, könnyen meglehet, hogy ez lesz az első – állami vagy államtól független – olajtársaság, amely átáll az olajról a megújuló energiaforrásokra.

Japán 80 000 megawattos geotermikus áramtermelő kapacitás kiépítésére lenne képes, és ennyi energiával az ország áramszükségletének több mint 50 százalékát lehetne fedezni. Sajnálatos módon az ország jelenleg csak 500 megawatt geotermikus áramtermelő kapacitással rendelkezik, melyet részben az okoz, hogy a geotermikus erőművek építése már jó ideje be van tiltva Japán nemzeti parkjaiban és emlékhelyein, márpedig a geotermikus erőforrások nagy része épp ezeken a területeken található. 2012-ben, egy évvel a fukusimai atomerőmű-baleset után, a kormány megváltoztatta a törvényt: szoros kormányfelügyelet mellett számos nemzeti parkban zöld utat adott a kisméretű geotermikus projekteknek. 2012-ben meghatározták a geotermikus energia betáplálási árát, mely az energia termelőjének az összes hálózatba betáplált energiáért hosszú távon garantált árat biztosít. Ennek következtében Japánban 47 geotermikus projekt van megvalósítási fázisban.

A 4,5 millió fős és a világ legnagyobb forró vizű tavával rendelkező Új-Zéland áramszükségletének mintegy 14 százalékát geotermikus erőművekből nyeri. Ez az arány

emelkedni fog, mivel egy nagy energiaszolgáltató társaság, a *Contact Energy* 2014 augusztusában az Északi-szigeten üzembe helyezte a 166 megawattos Te Mihi-erőművet. Mivel a földgáz ára folyamatosan emelkedik, a társaság földgáz alapú áramtermelésének egy részét geotermikus energiával váltotta ki. A Te Mihi-erőmű lehetővé teszi a társaság számára, hogy még kevesebb elektromosságot termeljen a földgáz elégetésére támaszkodva. A Contact vezérigazgatója, Dennis Barnes 2014 végén közölte: „Valaha a társaság földgáz-számlája 300 és 400 millió dollár között mozgott, jövőre viszont 100 millió dolláros gázszámlám lesz. A kisebb gázfogyasztást geotermikus energiával váltottuk ki.“

A Contact nem az egyetlen energiaszolgáltató Új-Zélandon, mely megszabadul a földgáztól. A Mighty River Power, egy másik nagy energiaszolgáltató társaság az utóbbi években szintén leállította a gáztüzelésű erőművi kapacitásának egy részét és a kieső kapacitást geotermikus erőművekkel és szélfarmokkal pótolta. Sőt, úgy tűnik, hogy Új-Zélandon a geotermikus energia felváltja a vízenergia után második helyen szereplő energiaforrást, a földgázt: a 2014. április 30-ikát megelőző 12 hónapban az áramtermelés energiamixében a geotermikus energia részesedése 16,3 százalék volt, és ezzel megelőzte a 15,8 százalékos részesedést elérő földgázt.

Most pedig vissza a Föld északi féltékére! Olaszország, a világ negyedik legnagyobb geotermikus áramtermelője, 2014 elején 880 megawatt hálózatra kötött kapacitással rendelkezett. Larderello, az a hely, ahol 1904-ben először fejlesztettek áramot geotermikus energia segítségével, napjainkban is helyet ad egy erőműnek, mely 1913-ban kezdte meg működését.

Törökország, mely 2014 elejéig mindössze 220 megawatt hálózatra kötött geotermikus áramtermelő kapacitással rendelkezett, imponáló ütemben fejleszti a kapacitását. 2014 végére Alexander Richter, a geotermikus energiával kapcsolatos hírekkel foglalkozó ThinkGeoEnergy.com honlap megalapítója arról tudósított, hogy Törökország elérte a 400 megawatt hálózatra kötött kapacitást, és a geotermikus erőművek építőinek tucatjai jelenleg annyi projektet terveznek, hogy ezt a teljesítményt majdnem meg fogják duplázni.

Az afrikai Nagy Hasadék-völgy országai közül Kenya játszik vezető szerepet. Jelenleg több mint 250 megawatt geotermikus áramtermelő kapacitással rendelkezik, és ezt a kapacitást hamarosan több száz megawattal fogja megnövelni. Hosszabb távra pedig Kenya azt az ambiciózus célt tűzte ki maga elé, hogy 2030-ig elérje az 5000 megawattos kapacitást.

Egy olyan országban, melyben a lakosságnak mindössze 19 százaléka rendelkezik az elektromos hálózathoz való hozzáféréssel, ez pozitív fejleményként értékelhető.

A szomszédos Etiópia is komoly célokat tűzött ki maga elé a geotermikus energia területén. A *Reykjavík Geothermal*, egy izlandi társaság, elkezdte a Corbetti geotermikus projekt első két, 500 megawattos szakaszának fúrási munkálatait. Annak érdekében, hogy érzékeltessük a nagyságrendeket, Etiópia jelenlegi, minden forrásból származó áramtermelő kapacitása körülbelül 2000 megawatt, és ennek legnagyobb részét vízenergiával állítják elő.

A közép-amerikai Costa Rica célul tűzte ki, hogy 2021-ig zéró karbon-neutrális ország lesz, azaz az áramellátásnak 100 százalékát megújuló energiaforrásokból nyeri. Mivel az áramfogyasztás több mint 90 százalékát jelenleg is megújuló energiaforrásokból állítják elő – a vízenergia aránya 70, a geotermikus energiáé 14, a szélenergiái 5 és a biomassa aránya kicsivel kevesebb mint 2 százalék – Costa Rica már most is nagyon közel áll ehhez a célhoz. De az ország erősen rá van utalva a vízenergiára, és ez azt eredményezi, hogy a száraz időszakban az elektromosságot jegyrendszer keretében értékesítik, és olajtüzelésű erőművekben állítanak elő áramot. A kormány keresi annak lehetőségét, hogy a jelenleg hálózatra kacsolt 200 megawattos geotermikus kapacitását megnövelje, hogy kezelni tudja ezt a szezonális problémát. Az ország északnyugati tartományában, Guanacaste-ban három, 55 megawatt teljesítményű geotermikus erőmű megépítését tervezik, mely 200 000 costa ricai otthon energiaellátását lesz képes biztosítani.

El Salvadorban 1968-ban kezdődtek el a kísérleti geotermikus fúrások. Az ezt követő évtizedek politikai zűrzavarai és az 1980-as évek véres polgárháborúja ellenére két fontos geotermikus területen épültek erőművek, melyek napjainkban az ország áramszükségletének 26 százalékát elégítik ki. El Salvadornak az a célja, hogy ezt az arányt 40 százalékra emelje. 2014 végén azonban az olasz *Enel Green Power* eladta a kormánynak az ország geotermikus erőműveit birtokló és működtető La Geo nevű vállalatban birtokolt részesedését, és ezzel ez a vállalat 100 százalékos állami tulajdonba került. Jelenleg még nem látható, hogy ez hogyan fogja befolyásolni az országban a geotermikus energia fejlődését.

Mivel az egész világban 2014-ben 60 geotermikus erőmű állt építés alatt, a Geotermikus Energia Egyesület (GEA) arra számít, hogy az elkövetkező néhány évben minimum 1400 megawatt teljesítményű geotermikus áramtermelő kapacitást kapcsolnak fel az elektromos hálózatokra. Az új projekteknek otthont adó országok között van Kenya, Mexikó, Új-Zéland, Nicaragua, Törökország és az Egyesült Államok. Felsoroljuk még azokat

az országokat is, melyekben a geotermikus áramtermelés tovább fejlődhet: Argentína, Ausztrália, Azerbajdzsán, Chile, Németország, Guatemala, Malajzia, Ruanda, Thaiföld, Uganda és Zambia.

A szél- és napenergiával azonos módon, a geotermikus energia kiaknázásának legnagyobb költsége az előre megfizetett költség. A geotermikus energia kiaknázásakor ez a kútfúrési költségeket jelent. A kutató fúrások gyakran körülbelül egy mérföld mélyre mennek le. A próbafúrások szakasza költséges és kimenetele bizonytalan – az adott projekt tőkeigényének akár 15 százalékát is elérheti úgy, hogy nincsen garancia az üzemeltetésre alkalmas hely megtalálására – és ez azt jelenti, hogy a finanszírozás a legtöbb esetben nehéz. A geotermikus mező felfedezését követően a legnagyobb költségtétel a fúrás, hogy eljussanak a föld felszíne alatt rejlő forró vízig és gőzig. A geotermikus erőmű megépítése után a működtetési költségek viszonylag alacsonyak – fontos kiemelni, hogy azért, mert nincsenek üzemanyag-költségek. A generátor élettartama alatt a geotermikus erőművek költsége gyakran versenyképes az összes többi energiaforrás költségmutatóival.

Az építők még napjainkban is találnak újabb, a geotermikus erőművek által hasznosítható, hagyományos forró víz- és gőz-tározó területeket, de egy viszonylag új technológia, a megerősített geotermikus technológia (EGS) jelenti szerte az egész világban a legnagyobb lehetőséget arra, hogy a Föld kérgében lévő hő segítségével növeljük az áramtermelést. Ahol a Föld mélyében forró kőzetek vannak, de a kőzetek túl szárazak vagy áthatolhatatlanok ahhoz, hogy a hagyományos geotermikus technológia működjön, az EGS-technológia azt jelenti, hogy nagy nyomású vizet juttatnak le messze a mélybe, hogy az ott meglévő repedéseket újra megnyissák, és egy új föld alatti, geotermikus tározót hozzanak létre. Egy másik kút segítségével a felforrósított vizet a felszínre hozzák, ahol az gőzzé alakulva egy geotermikus turbinát hajt meg.

Noha az EGS-módszert az kőolaj- és földgázipar hidraulikus rétegrepesztés-technikáitól vették át, mégis alapvető különbségek vannak a két módszer között. A Utah Egyetem Energetikai és Földtudományi Intézetének munkatársai, Joseph Moore és Stuart Simmons a *Science* magazin hasábjain megjelent cikkében megállapítják, hogy az EGS-módszer esetében „a célba vett geológiai alakzatok sokkal mélyebben vannak, egyáltalán nem használnak fel toxikus anyagokat, és a káros környezeti hatások kockázata sokkal alacsonyabb”, mint a kőolaj és földgáz kitermelésére használt hidraulikus törés esetében.

Ebben a korai szakaszban csak kevés, az EGS-elvet követő és hálózatra felkapcsolt erőmű létezik, és ezek mind meglehetősen kis méretűek. Az első hálózatra felkapcsolt EGS-létesítmény, egy Franciaországban található, 2 megawatt teljesítményű erőmű, 2008-ban kezdte meg működését. Ausztráliában 2013-ban egy olyan egy megawatt teljesítményű kísérleti projektet indítottak el, melynek során 4022 méter mélyre fúrtak le. Ugyanebben az évben az amerikai geotermikus energia cég, az Ormat Technologies Inc. Nevada államban felkapcsolta a hálózatra az 1,7 megawatt teljesítményű *Desert Peak* (Sivatagi Csúcs) névre keresztelt erőművét. Ezt a létesítményt egy már meglévő 18 megawattos geotermikus erőmű mellé építették, és az első eredmények azt mutatják, hogy ez az EGS-elven működő létesítmény a kelleténél kisebb teljesítményű kutak áramtermelését majdnem 40 százalékkal tudja megnövelni.

A *Desert Peak* kezdeti sikere ígéretes, de csak utalásszerűen érzékelteti, hogy az EGS-rendszerű erőművek mekkora áramtermelő potenciállal rendelkeznek. A Massachusettsi Műszaki Egyetemen (MIT) létrehozott kutatócsoport 2006-ban megállapította, hogy az EGS-technológia 2050-ig egyedül az Egyesült Államokban 100 000 megawatt áramtermelő kapacitást biztosíthat. Egyesült Államok Geológiai Hivatalának becslése szerint az ország teljes EGS-potenciálja 500 000 megawatt. Csak a nagyságrendek érzékeltésére megállapítjuk, hogy a becslések szerint az egész világ teljes hagyományos geotermikus áramtermelő potenciálja 250 000 megawatt. Az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériuma FORGE (a betűszó: a geotermikus energiakutatás határainak nyomon követése) névvel ambiciózus kezdeményezést indított el azzal a céllal, hogy az EGS-erőművek ériék el 100 000 megawattos kapacitást. Az Egyesült Államok Energiaügyi Minisztériumának irányításával a FORGE megteremti az ipar, a tudományos műhelyek és a nemzeti kutató laboratóriumok együttműködését, hogy létrejöjjön egy intézmény, ahol a kutatják, illetve bemutatják az EGS-technológiában rejlő lehetőségeket. Az a cél, hogy kipróbálják az EGS-módszereket és technikákat, hogy geotermikus gyűjtők modell-változatait elkészítsék, továbbá, hogy adatokat gyűjtsenek és osszanak meg ezzel jelentősen csökkentve az EGS kockázatait és költségeit és utat nyitva az EGS gyors fejlődésének. Bizonyos mértékig nemzetközi erőfeszítésről van szó, mivel részt vesz benne Japán, Svájc, Tajvan és más országok is.

A geotermikus energia nagy vonzereje az, hogy az áramtermelés folyamatosan és megbízható módon rendelkezésre álló energiaforrása, mely gyakorlatilag leállás nélkül működtethető. De ahogy kibontakozik az energiaátmenet, és egyre több szélenergia- és

napenergia-rendszert kapcsolnak fel az elektromos hálózatokra, még fontosabb előny, hogy a geotermikus erőművek, amikor erre szükség van, meg tudják emelni a teljesítményüket. Ez pedig csökkenti azt a kényszert, hogy fosszilis üzemanyagokkal működtetett generátorok álljanak készenlétben azokra az időszakokra, mikor a szélső van vagy beesteledik. Azokon a helyeken, ahol a Föld belsejében elegendő hő áll rendelkezésre a geotermikus erőművek kifejlesztésére a potenciális előnyök óriásiak.

Az olvasó a Földpolitikai Intézet honlapján (www.earth-policy.org) további adatokat, a szöveg angol nyelvű, lábjegyzetekkel ellátott verzióját és egyéb referencia anyagokat találhat.

A vízenergia múltja és jövője

1966-ban híres eseménynek számított, amikor az akkor hetvenkét éves Mao Ce-tung úszott egyet Ázsia leghosszabb folyójában, a Jangcén, hogy megmutassa a vitalitását és a kulturális forradalom erejét. Mikor egy évtizeddel korábban megmártózott ebben a gyorsvizű folyamban, az arra ihlette, hogy verset írjon arról, hogy egy a Jangcére épített gát – a Kínai Köztársaság alapítója, Szun Jat-szen árvízszabályozási céllal már 1919-ben megálmodott egy ilyen projektet – hogyan változtatná meg a világot. Mintegy 18 évvel Mao Ce-tung halála után, 1994-ben kezdődtek el az építési munkálatok a világ valaha épített legnagyobb vízerőművén, a Három-szurdok-gáton.

Az erőművet először 2003-ban kapcsolták rá a hálózatra, és teljesen 2012-re készült el. A 181 méter magas erőmű összesített teljesítménye 22 500 megawatt. Az erőmű mintegy nyolcvanhárom millió megawattóra áramot termel évente, ami 45 millió tonna szén energiájának vagy 12 atomerőmű teljesítményének felel meg. Hatalmas áramtermelő kapacitása ellenére, ennek a gigantikus méretű gátnak – a szerte az egész világban megtalálható nagy gátakhoz hasonlóan – nagyon erős környezeti, társadalmi és gazdasági hatása volt.

A Három-szurdok-gáttal kapcsolatos problémák nagyonis láthatóak. Az építési munkák során 632 négyzetkilométer területet árasztottak el és több mint 1,4 millió ember kényszerült lakhelye elhagyására. A kínai kormány azon ígérete, mely szerint ezek az emberek az átköltöztetés után a korábbi életkörülményeikhez hasonló otthont kapnak és életet élhetnek, egyszerűen nem valósult meg. Az újonnan keletkezett víztározó a csak Kínában megtalálható növény- és állatfajok számát megtizedelte, és folyamatosan szeizmikus mozgásokat és halálos áldozatokat követelő földcsuszamlásokat okoz. A környezeti hatások okozta költségeket még nem fizették ki, de ezek a költségek elérhetik az 88 milliárd dollárt, noha ebben még nincs benne a teljes környezeti és emberek által elszenvedett kár.

Kína kormánya, az Államtanács, mely az Egyesült Államok elnöki kabinetjének felel meg, nyilvánosan elismerte a gát néhány hiányosságát, megállapítva, hogy „noha a Három-szurdok-gát hatalmas és átfogó előnyökkel rendelkezik, sürgős problémákat kell megoldani az érintett lakosság zökkenőmentes áttelepítésével, a környezetvédelemmel és geológiai katasztrófák megelőzésével kapcsolatban.”

Szerte az egész világban, miközben hasznosítják a lefelé áramló víz energiáját, több mint 150 kormány küszködik a vízerőművek költségeivel és előnyeivel: A világon található 45 000 nagy gát (ezek egy négyemeletes háznál magasabbak) közül mintegy 8600-ban találhatóak áramfejlesztésre alkalmas generátorok. 1980-ban a világ teljes áramtermelésén belül a vízenergia aránya 20 százalékos volt. Azóta ez az arány 16 százalékra csökkent, de ez annyi energia, amennyi fedezni tudná az Egyesült Államok áramfogyasztását.

Az egész világ teljes vízerőmű-kapacitása 1 millió megawatt volt. Az újonnan felépülő gátak évente mintegy 30 000 megawattal növelik a világ összkapacitását. 1965 óta a világ vízerőművi kapacitása négyszeresére emelkedett, ami azt jelentette, hogy 2003-ig évente azonos mértékben, 2,8 százalékkal növekedett a kapacitás, majd 2003 és 2013 között a növekedési ütem 3,7 százalékra gyorsult. A legutolsó idők növekedési ütemének gyorsulása pedig annak köszönhető, hogy Kínában egy sor megépített erőművet kapcsoltak rá a hálózatra.

Noha a vízenergia hasznosítása meglehetősen elterjedt, a vízenergiával termelt elektromosság legnagyobb része néhány nagyobb országban koncentrálódik. A világ nagyméretű gátjainak felével rendelkező Kína a többi nemzetet messze maga mögé utasítva vezet a vízenergiában, mivel 2000 és 2012 között majdnem megnégyszerezte a vízenergiával előállított energia mennyiségét. Kína a vízenergiát hasznosítva majdnem annyi energiát termel, mint az utána következő három ország, Brazília, Kanada és az Egyesült Államok, összesen. E három országot Oroszország és India követi, majd utána Norvégia, Venezuela, Japán és Franciaország következik.

Sok olyan kicsi ország létezik, mely teljes vagy majdnem teljes áramellátását a folyókból nyeri. Paraguay áramellátását 100 százalékban vízerőművek biztosítják. Etiópia esetében ez az arány 99 százalékos. Mivel a Kék-Níluson jelenleg is folyik a 6000 megawattos Nagy Etiópai Reneszánsz Gát, Afrika egyik legköltségesebb infrastrukturális beruházásának megépítése, az ország vízenergiától való erős függősége továbbra is fennmarad, miközben ezzel párhuzamosan nő az energia iránti kereslet. További országok melyek áramszükségletük majdnem 100 százalékát vízenergiából nyerik: Bhután, a Kongói Demokratikus Köztársaság, Lezotó, Mozambik, Nepál, Norvégia és Zambia.

Venezuela áramellátásának 60-70 százalékát vízerőművek biztosítják, melyen egy kicsit csodálkozni lehet, mivel a világ egyik vezető olajexportőre. Az országban található, 1963 és 1986 között két szakaszban megépített Guri-gát több mint 10 000 megawattos

termelőkapacitással rendelkeznek. Venezuela számára előnyös a vízenergiával termelt elektromosság legnagyobb mennyiségben történő használata, mert így az ország exportálni tudja a kitermelt olajat. A hegyvidékesnek számító Ausztriában, Ecuadorban, Új-Zélandon, Peruban és Svájcban az áramfogyasztás több mint 50 százalékát vízerőművek biztosítják.

Brazília roppant előkelő helyen áll a vízerőművek alkalmazásában, mivel az országban rengeteg folyó van, köztük az Amazonas-medencében lévő folyók hatalmas hálózata, mely az Andes-hegységből az Atlanti-óceánba szállítja a vizet. A vízerőművek általában az ország aktuális villamosenergia-fogyasztásának 80 százalékát fedezik. Köztük van az ország északi részében található Itaipu-gát a világ egyértelműen legnagyobb erőműve. Az erőmű húsz áramtermelő egységének mindegyike 700 megawatt kapacitással rendelkezik. Az Itaipu-erőmű teljesítménye kisebb, mint a kínai Három-szurdok gáton lévő erőműé, de az előbbi erőmű az egész évben folyamatosan üzemel, így általában több áramot termel. Az Itaipu-erőmű 2013-ban minden rekordot megdöntő, 98,6 millió megawatt óra energiát termelt, és ekkora mennyiségű energiával a világ teljes gazdaságát majdnem két napig lehetne energiával ellátni. Az Itaipu-gát Brazília villamos áram-szükségletének 17 százalékát, a szomszédos Paraguay-énak pedig a 75 százalékát biztosítja.

Brazíliához hasonlóan Kanadának is sok folyója van a keleten lévő Új-Fundland tartománytól egészen a Csendes-óceán partvidékénél lévő Brit Kolumbiáig. Az ország áramfogyasztásának majdnem 60 százalékát vízerőművek biztosítják, és Kanada számos vízerőműve a világ legnagyobb vízerőművei között van. A La Grande folyón található Robert-Bourassa-Gát olyan magas, mint egy 53 emeletes épület, és teljes kapacitása 5616 megawatt. A Brit Kolumbia tartományban lévő 2790 megawatt kapacitással rendelkező W.A.C. Bennet Gát 1960-ban történő megépítésekor keletkezett a Williston-tó. Ez az erőmű csak az egyike a tartományban lévő, és a tartomány áramszükségletének 91 százalékát fedező 31 vízerőműnek.

Mivel Kanada hatalmas földrajzi területtel, ám mindössze 35 millió lakossal rendelkező ország, nagyon jó helyzetben van ahhoz, hogy a többlet-áramtermelését az Egyesült Államokba exportálja: az export áram legnagyobb részét a kanadai Ontario tartományból Új-Angliába (Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, Rhode Island és Vermont államokba) és a sűrűn lakott New York államba szállítják. A kanadai export mintegy 10 millió amerikai áramszükségletét fedezi.

Nemcsak Kanada exportálja áramfeleslegét. A Kelet-Himalájában található, kicsi és ritkán lakott, mindössze 766 000 lakossal rendelkező Bhutánban a vízerőművek által termelt elektromosság a nemzeti termék egyötödét teszi ki. Mivel sokkal több áramot termel, mint saját fogyasztása, a többlet energiát a nagy energia kereslettel rendelkező Indiába exportálja. Bhután az áramexport növelése érdekében további gátakat épít. Bhután gazdaságának legfontosabb exportterméke és az ország devizabevételeinek legfontosabb forrása az áramtermelés.

A víztározó nagysága alapján a világ két legnagyobb gátja Oroszországban található. Az ország teljes áramfogyasztásának fedezésében a vízerőművek részesedése 17 százalékos. Oroszország legnagyobb vízerőműve a Jenyiszej folyóra épített, 6000 megawattos Krasnojarszki-vízerőmű. A Jenyiszej Oroszország legtöbb folyójához hasonlóan észak felé folyik és a Jeges-tengerbe torkollik. A Szibériában található Bratszki-gát magassága több mint 125 méter. Az 1954 és 1964 között létrehozott gát teljes teljesítménye 4500 megawatt.

A világ legnagyobb víztömegű víztározója a Kariba-tó, melyet Zimbabwében, a Zambézi folyón épített duzzasztógáttal hoztak létre. A gát segítségével 1470 megawatt kapacitás jött létre, mely a zimbabwei és zambiai, áramfogyasztás legfontosabb forrásának számító, vízerő művi áramtermelés mintegy 60 százalékát adja.

A világ egyik legnagyobb felületű víztározója a Volta-tó, melyet az Akosombo-gát megépítésével hoztak létre a Volta folyón. A kb. 114 méter magas gát mögött létrejött hatalmas tóban rengeteg hal él, és így 300 000 helybéli halásznak biztosít megélhetést. Noha a víztározó hatalmas, a gát áramfejlesztő kapacitása csak 1020 megawatt.

Minden országnak megvan a vízüggyel kapcsolatos történelme. Az Egyesült Államokban létező tíz legnagyobb vízduzzasztó gát közül az összes 1930 és 1975 között épült. A Nevada államban, a Colorado folyón épített Hoover-gát 1936-ban készült el a nagy gazdasági világválság közmunka-programjainak keretében. Az ország legnagyobb vízduzzasztó gátja, a Grand Coulee-gát 1941-ben készült a Washington államban lévő Columbia folyón. Áramtermelő kapacitása 6800 megawatt, és mintegy 2,3 millió otthon áramellátását tudja biztosítani. E két duzzasztógát megépítése az Egyesült Államok gazdaságtörténetének fontos része, mivel megépítésük a nagy gazdasági világválság idején munkahelyeket hozott létre.

Az Egyesült Államok teljes áramtermelésében a vízenergia részesedése 7 százalék, míg a megújulónak tekintett energiaforrásokon belül részesedése 51 százalék. A legnagyobb

vízerő művi kapacitással rendelkező államok: Washington, Oregon, Kalifornia és New York, melyet Alabama, Tennessee, Montana és Idaho követ. Regionálisan az ország északnyugati részén hasznosítják a legtöbb vízenergiát. A vízenergia segítségével termelt áram nagy részét a – kanadai Sziklás-hegységből eredő és a Csendes-óceán felé vezető útján Washington és Oregon államokat átszelő – Columbia folyó duzzasztógátjain állítják elő. A Columbia folyó és mellékfolyóinak teljes áramtermelő kapacitása, beleértve ebbe a Grand Coulee-gátat is, 29 000 megawatt és ez 2012-ben az Egyesült Államok vízenergia- kapacitásának 44 százaléka volt.

Az Egyesült Államokban több mint 80 000, különböző nagyságú folyamokra és folyókra épített duzzasztógát van. Ezeknek azonban kevesebb mint 3 százaléka termel áramot. A gátak túlnyomó részét árvízvédelmi, öntözési céllal vagy már nem működő malmok kerekeinek forgatására építették. Ha turbinák beszerelésével az áramló vízből elektromosságot állítanak elő, akkor ez az összes, rendelkezésre álló energiaforrás közül az egyik legolcsóbb. Massachusetts állam szenátora, Ed Markey, aki a Szenátus Környezetvédelmi és Közmunkabizottságának tagja, megállapította: „Figyelembe véve, a jelenleg áramot nem termelő gátak ezreit, a felújításra szoruló gátakat, illetve a jelenleg kifejlesztés alatt álló, új biztonságos folyami áramtermelő berendezéseket, a következő 15 évben 60 000 megawatt vízenergia kapacitást lehet létrehozni.” A nagyságrendek érzékeltetése céljából, ez 60 atomreaktor áramtermelő kapacitásának felel meg.

Az Oak Ridge Nemzeti Laboratórium sokkal óvatosabb becslése szerint az Egyesült Államokban 54 000 olyan turbinákkal még nem felszerelt duzzasztógát van, melyet fel lehetne újítani, hogy további 12 000 megawatt áramot termeljen. Ennek a termelési potenciálnak a nagy része az ország dél-keleti, illetve a közép-nyugati régió déli részében koncentrálódik, ahol sem a napenergia, sem a szélenergia kapacitásokat nem építették még ki.

Azzal párhuzamosan, hogy az amerikai kormány mérlegeli annak lehetőségét, hogy a már meglévő áramtermelő duzzasztógátak turbináit teljesen kicserélje vagy felújítsa, a régebbi gátak megszüntetése néhány nem szabad folyású folyót szabaddá tesz. Az *American Rivers* nevű környezetvédő csoport számításai szerint az utóbbi huszonöt évben majdnem 900 duzzasztógátat bontottak le az országban. 2007 óta az Egyesült Államok folyói átlagban hetente legalább egy gátat vesztek el, legfőképp Új-Angliában és a Nagy Tavak környékén. A lebontott gátak általában kisebb méretűek, és kevés áramot termelnek, vagy nem termelnek áramot, és ezen létesítmények fenntartása gyakran költségesebb, mint az elbontásuk.

A duzzasztógátak lebontását követően, a vizekben élő halak és egyéb fajok ismét megjelentek. Az eddig lebontott két legnagyobb gát Washington állam Elwha folyóján volt: a 33 méter magas és 2011-ben lebontott Elwha-gát és a 2014-ben lebontott, 64 méter magas Glines-kanyon-gát. Azután, hogy ez a két gát a folyó folyását több mint száz évig akadályozta, a gátak megszűnése után reménykedhetünk abban, hogy az Elwha-folyóban ismét megjelennek a lazacok. Európában is egy sor olyan folyó létezik, melynek folyását visszaállítják a régi állapotba. Köztük vannak a Franciaország leghosszabb folyóján, a Loire-on, illetve Spanyolország egyik nagy folyóján, a Douron lévő gátak megszüntetése.

Ezen gátak lebontása arra sarkall bennünket, hogy alaposabban gondoljuk át a vízenergia melletti, illetve az ellene szóló érveket. A vízenergia legfontosabb előnye, hogy általában megbízható és megújuló energiaforrás. Jó összhangban a szél- és a napenergiával, mivel, ha az időjárás megengedi, szinte folyamatosan üzemeltethető, illetve teljesítménye gyorsan felfuttatható, hogy ezzel ellensúlyozzák a szél- és napenergia ingadozásait. Az áramtermelésen kívül, a gátak alkalmasak víz tárolására, az árvízvédelemre és az öntözővíz biztosítására. Ez azt jelenti, hogy egyes esetekben az energiabiztonságon kívül az élelmiszerbiztonsághoz is hozzájárulhatnak.

A vízenergia hátrányai azonban egyeseket ezen energiaforrás szerepének felülvizsgálatára sarkallják. A vízerőművek duzzasztógátjai és a velük együtt keletkező víztározók általában hatalmas vízzel elárasztott területeket hoznak létre, egész települések lakosságát kényszerítik lakóhelyük leahagyására, és történelmi nevezetességek és a kulturális örökség részei kerülnek víz alá. Az elárasztás megsemmisítheti a helyi növény- és állatfajokat, és ezzel csökken bolygónk biológiai sokszínűsége. A duzzasztógátak csökkentik a folyók ökológiai rendszereinek ellenállóerejét, csökkentik a lerakodott üledék mozgását, és veszélyt jelentenek a duzzasztógát alatti folyószakasz-területek stabilitására. Hatásukra előfordulhat, hogy a gát alatti folyamrészek tavainak vagy mocsarainak területei zsugorodnak vagy akár teljesen eltűnnek, és a gátak megzavarhatják halak és más folyami fajok folyón való mozgását. A duzzasztógátak által lelassult folyású folyókban és víztározókban lévő víz gyorsabban melegszik fel, mint az akadály nélküli folyók vize, és veszélyt jelent a hőmérsékletre érzékeny vízben élő fajokra. Igaz ugyan, hogy a víztározókból nyert öntözővíz növelni tudja a növénytermesztés hozamait, de maga a duzzasztógát a fehérje fontos forrásaként szolgáló halállomány pusztulásához vezethet.

A vízerőművek működését megzavarhatják az aszályos időszakok. Ezt nemrég Braziliában lehetett tapasztalni: 2014-ben kiesések következhetnek be a villamosenergia-ellátásban, amikor az országot az utóbbi nyolcvan esztendő legsúlyosabb aszálya sújtotta. Ugyanebben az évben a Kaliforniában bekövetkező súlyos aszály 50 százalékkal csökkentette az állam teljes áramtermelésében a vízerőművekből származó áram mennyiségét. A csapadékhullás szélsőséges eseményei, mind az aszályok, mind az áradások, növelik annak kockázatát, hogy a vízerőművek nyereségük után nem fizetnek osztalékot. A Nigériában található Kainji-gát az aszályok és áradások számlájára írható vízszint mozgások miatt a tervezetthez képest 70 százalékkal kevesebb áramot termelt.

Igaz ugyan, hogy a vízenergia megújuló erőforrás, ám maga a vízenergiára támaszkodó áramtermelés már nem az. Egy hatalmas duzzasztógát megépítéséhez hatalmas mennyiségű betonra van szükség, és az ezzel kapcsolatos karbonkibocsátás jelentős. Kevésbé ismert, hogy a rendkívül erős üvegház-hatással rendelkező metánkibocsátás, mely az elárasztott víztározókban lévő található és a gátak mögött felgyülemelő, növényi anyagok lebomlásából származik. Ennek teljes hatása a földrajzi és helyi körülményektől, függően változó, de néhány tanulmány kimutatta, hogy a vízerőművekhez tartozó tározók éghajlatra gyakorolt hatása adott esetben nagyobb, mint a fosszilis energiahordozókat elégető erőműveké.

Ezenkívül a gátépítés és a hozzájuk tartozó tározók megépítése következtében szeizmikus mozgások alakulhatnak ki. Az egész világban a víztározók által kiváltott szeizmikus tevékenységgel 100 földrengést hoztak összefüggésbe, köztük a kínai Szecsuan tartományban 2008 májusában bekövetkezett földrengést is, mely 80 000 áldozatot követelt. A *Think Geohazards* nevű üzleti tanácsadó cég tudományos munkatársa, Christian Klose kijelentette: egy fontos földtani törésvonaltól alig egy mérföldre található Zippingpu-gát mögött felduzzasztott hatalmas mennyiségű víztömeg „magnöveli a földkéregre nehezedő nyomást”. Kínai és más tapasztalatok alapján amerikai és kínai tudósok számos tanulmányban egyetértenek abban, hogy a kormányprojektként épült duzzasztógát akár egy 7,9 erősségű földrengést is okozhatott volna. Ugyanezen a törésvonalon 2013-ban 7-es erősségű földrengés volt, melyet feltehetőleg szintén a gát hatására következett be.

A gátépítés az adott országok gazdaságát és geológia rendszereit is megterheli. Az Oxfordi Egyetem kutatócsoportjának 2013-ban elkészült tanulmánya figyelmezteti a fejlődő országokat, hogy vízenergia igénybevétele rendkívül kockázatos. Brazília gigantikus

nagyságú, 20 milliárd dollárba kerülő Itaipu-gátjának költségei 1984-ig, az erőmű hálózatra kapcsolásáig 240 százalékkal lettek magasabbak az eredeti költségeknél, és ez az óriási összeg, Brazília pénzügyi pozícióját három évtizedig negatívan befolyásolta. Az Oxfordi Egyetem 2013-ban született tanulmánya 245, szerte az egész világban 1934 óta épített erőművet tekint át, és rámutat arra, hogy az erőművek általában kétszer annyiba kerülnek, mint az eredeti költségvetésükben előirányzott összeg. Ezen kívül a projektek 80 százalékában képtelenek voltak betartani az építkezés egyes szakaszainak határidejét.

A tanulmány két szerzője a *Wall Street Journal*-ban megjelent véleménycikkében külön hangsúlyozza ezt a két kockázatot, és megállapítja: „Mivel az óriás duzzasztógátak megépítése átlagosan 8,6 évet és gyakran tíz évnél is több időt vesz igénybe, ezek a projektek nem jelentenek könnyítést a sürgető energiaválságok esetében. A hosszú átfutási idők az alábbiak miatt teszik sebezhetővé a beruházásokat: változhatnak a devizaárfolyamok és az infláció, a politikai feszültségek adódhatnak, és változás következhet be rendelkezésre álló vízmennyiségben és az áramárakban.” A végkövetkeztetés tehát az, hogy az atomerőművekhez hasonlóan, a vízerőművek megépítése során a költségűllépések és a köztes határidők be nem tartása nem számít kivételes eseménynek, hanem szinte mindig bekövetkezik. A kormányok feltételezhetően jobban járhatnak, ha a fejlődés előmozdítása érdekében olyan rugalmasabb infrastruktúrát vesznek igénybe, mint a szél és napenergia.

Hátrányai ellenére az új vízerőmű-projektek száma feltételezhetően emelkedni fog. A Tübingeni Egyetem Christiane Zarfl által vezetett kutatócsoportja és a Berlieni Szabadegyetem munkatársa, Alexander Lumsdon számításai szerint szerte az egész világban 3700 olyan vízerőmű van tervezési vagy építési szakaszban, melyek kapacitása 1 megawattnál magasabb. Ha ezek az erőművek mind megépülnek, a világ vízerőmű-kapacitása a jelenlegi közel 1 millió megawattról 1,7 millió megawattra emelkedik majd. Igaz ugyan, hogy ezen erőművek többsége kicsi vagy közepes méretű lesz, de a potenciális kapacitásnövekedés 93 százalékát adó 847 erőmű kapacitása meghaladja a 100 megawattot.

A fenti adat megfelel a Nemzetközi Energiaügynökség előrejelzésének, mely szerint a vízenergiával előállított elektromosság 2040-ig 70 százalékkal fog nőni. Arra lehet számítani, hogy a növekedés egyötöde Kínában fog bekövetkezni: az országban, főleg a dél-keleti területeken 200 potenciális vízerőműprojekt van a megvalósítás különféle szakaszaiban. Az előre jelzett vízenergiakapacitás-növekedés fennmaradó része Brazíliában, Pakisztánban,

Törökországban és a szubszaharai Afrikában épülő nagyméretű erőmű, valamint Ázsiában és Latin-Amerikában épülő nagyszámú, kisméretű vízerőmű.

Brazília az Amazonas-vidéken számos erőművön dolgozik. A három nagyméretű építés alatt álló erőmű közül a Belo Monte várható kapacitása 14 000 megawatt lesz. A tervbe vett Amazonas vidéken épülő sok erőműhöz hasonlóan, a projekt nagy vitákat váltott ki, mivel a bennszülött lakosság kényszerül majd lakóhelye elhagyására, és a hihetetlenül gazdag biodiverzitású területek életét fogja megzavarni. Ha az Amazonas-vidéken a vízerőművi gátak megépítése miatti infrastrukturális fejlesztések elárasztások miatt további erdők vesznek el, ez rendkívül nagy befolyást gyakorolhat az egész régió hidrológiai rendszereire. Az Amazonas-vidék hidrológiai szivattyúként működik: az Atlanti-óceán partján lehulló esőt továbbjuttatja a szárazföld belsejébe. Ha erdők elvesztése, az összefüggő erdős területek széttöredezése és a kiszáradás elér egy olyan pontot, hogy az Amazonas-vidék esőt szállító képessége csökken, akkor nemcsak a rendelkezésre álló vízenergia potenciál csökken majd, hanem az ökológiai rendszer egésze kerülhet veszélybe. Előfordulhat, hogy az őserdő hatalmas karbont-megkötő képessége megszűnik és ehelyett a karbon-kibocsátás jelentős forrásává válik.

A vízerőmű-beruházások egyre nagyobb része lesz nemzetközi beruházás. Például braziliai és indiai vállalatok szerte az egész világban építenek vízerőműveket. Dél-koreai vállalatok Pakisztánban fektetnek be vízerőmű-létesítményekbe. De egyetlen ország sem rendelkezik annyi nemzetközi vízerőmű-beruházással, mint Kína. Miután a kilenvenes évek során olyan hagyományos finanszírozók körében, mint pl. a Világbank a vízerőművek már nem voltak népszerűek, beléptek a képbe a kínai hitelezők és társaságok, melyek jelenleg – az *International Rivers* nem kormányzati szerv adatai szerint – országok tucatjaiban több mint 200 vízerőmű-projektben vesznek részt. A jelenleg futó projektek több mint fele Délkelet-Ázsiában van. Például Laosz kormányszervezete 2011-ben hozzáférést biztosított a Sinohydro nevű cégnek a Nam Ou folyó völgyének teljes területén, ahol a kínai társaság hét vízerőmű-gát megépítését tervezi.

A kínai Három-szurdok Társaság, mely Kína egyik legnagyobb vízerőmű építő társasága, szintén ott van aközött a sok kínai cég között, melyek a vízerőművek építésében szerzett tapasztalatait külföldön kamatoztatják, és jelenleg megvalósítási szakaszban lévő projektjei vannak Pakisztánban, Mianmarban, Laoszban és Oroszországban. Ahogy az új vízerőművek piaca Kínában telítetté válik, a társaság tevékenységi köre magában foglalja az új energiaforrásokat, és ebben fontos szerepe van a szél- és a napenergiának. A Három-

szurdok Társaság arra számít, hogy vízerőmű-projektjeinek villamoshálózatra kötött kapacitása 70 000 megawattot fog kitenni, és ezt az értéket a szélfarmok és más „új energiák” 20 000 megawattal fogják megnövelni.

2014 végén a kínai társaságok erősen versenyeztek más országok, többek között spanyol és Kínával együttműködő dél-koreai társaságokkal, hogy megszerezzék a világ egyik még fennmaradt, vízerőművek építésére alkalmas területén, az afrikai Kongó-folyón építendő óriásprojekt építési engedélyét. A Kongói Demokratikus Köztársaság nyugati részében, az Inga-vízeséseknél két duzzasztógát épült meg 1972-ben, illetve 1982-ben: az *Inga 1* és az *Inga 2*. Az új, *Grand Inga* névre elkeresztelt projektnek a becslések szerint hatalmas, 40 000 megawattal becsült várható áramtermelő-kapacitása van.

Ha hasznosítják, a Kongó folyó energiája nagymértékben megnövelné Afrika áramtermelését. A Világbank, az Afrikai Fejlesztési Bank és más finanszírozók ezt a projektet a gazdasági fejlődés fellendítőjének tartják, mely a régióban megemeli az életszínvonalat.

Egyfelől a folyó energiája megújuló energia és bőségesen áll rendelkezésre a világ egy olyan régiójában, mely szinte ki van éhezve az energiára. Más felől azonban olyan környezetvédő csoportok, mint az *International Rivers* rámutatnak arra, hogy a Grand Inga projekt keretében előállított energiát valószínűleg a távol fekvő városokban lévő iparágak fogják hasznosítani és nem a Kongói Demokratikus Köztársaság állampolgárai, akik közül sokan vidéki területeken laknak, messze minden elektromos hálózattól. Már most jelentkezett Dél-Afrika, mely meg akarja vásárolni az új projekt első szakasza. az *Inga 3* erőmű által előállított áram több mint felét. Aztán ott vannak még a nagy erőművek szokásos árnyoldalai többek között az, hogy nagy területek kerülnek víz alá, az ott élő emberek lakóhelyük elhagyására kényszerülnek, továbbá a folyami szállításban bekövetkező nehézségek. Egy másik aggodalom abból fakad, hogy az *Inga 1* és *Inga 2* karbantartása nem volt megfelelő, és ez a két erőmű csak 40 százalékát termeli meg annak az energiamennyiségnek, amelyre a kezdetekben számítottak. A Világbank hozzájárul a két erőmű felújításának finanszírozásához, de még ez munka is többször késedelmet szenvedett. és költség-túllépések voltak. Az a tény, hogy a világ legnagyobb erőműrendszerét a világ legszegényebb országában építik meg, egy olyan országban, melyet állandóan gyötör a korrupció, nem mentes a kockázatoktól.

A Világbank Csoport elnökhelyettese és klímakövete, Rachel Kyte úgy véli, hogy a tíz évvel korábbi elfordulás a vízenergiától, egy olyan időben, amikor a vízerőművek hasznát és

hátrányait összegezve sokan kételkedtek ebben az energiaforrásban, hibás volt. Figyelembe véve, hogy oly sok fejlődő országban szükség van az áramra, a szakértő úgy véli, hogy a vízerőmű-projektek finanszírozása indokolt lehet. Ez biztosan elképzelhető, de az is nagyon valószínű, hogy – mivel a napenergiát hasznosító áramtermelés költségei annyira alacsony szintre süllyedtek – a fejlődő világban sokkal olcsóbb lehet és kevesebb negatív mellékhatással járhat, ha vízenergia helyett napenergiával termelik meg az áramot. A napenergia pénzügyi kockázatai pedig biztosan kisebbek.

Noha a mostanság a Világbank, álláspontját módosítva, már kedvezőbb véleménnyel van a nagyméretű vízerőművekről, az utóbbi évtizedben a szervezet a vízerőmű-projektekre történő hitelkihelyezéseinek több mint 60 százaléka kisméretű projekteket finanszírozott, ideértve a folyó vízáramába behelyezett berendezéseket is, melyek a vízben elhelyezett és az áramló víz energiáját hasznosító telepített turbinák–ilyenkor nem jönnek létre víztározók. Ezeknek a kisméretű projekteknek a nagy erőművekkel szemben megvan az az előnye, hogy tőkebefektetési igényük alacsony. Ezenkívül a szükséges mérnöki munka viszonylag egyszerű, és el lehet kerülni a víztározó létrehozásának környezeti hatásait, és az érintett lakosság nem kényszerül lakhelye elhagyására. Azzal, hogy közösségi szinten fedezik a napi áramszükségletet, a kisméretű hidroprojektek segítenek a szegénység csökkentésében, és előmozdítják a gazdasági fejlődést.

Kína vezető szerepet játszik a kisméretű vízerőművek kifejlesztésében, mivel ezen több évtizeddel ezelőtt kezdett el dolgozni. Az ország teljes vízerőművi kapacitása 249 000 megawatt. Ebből 65 000 megawatt áramtermelő kapacitás 45 000 viszonylag kis méretű, 50 000 megawattos vagy annál kisebb teljesítményű áramtermelő létesítményből származik.

Ahogy egyre több folyóvízbe behelyezett turbinákkal működő létesítmény készül el, valószínűsíthető, hogy a kisméretű vízerőművek hatását világosabban látjuk majd. Sok kisméretű vízerőmű összesített hatása már jelentős lehet, és ez egyes vízügyi szakembereket arra sarkall, hogy ezt a hatást „az ezer vágással okozott halálhoz” hasonlítsák. Észak-Indiában például egy folyón egymás után következő kisméretű duzzasztógátákat összefüggésbe hozták az egyre súlyosabb áradásokkal. A Berlinben található Édesvízi Ökológia és Belvízi Haltenyésztés Leibniz Intézetének munkatársa, Klement Tockner megállapította: „Látjuk, hogy óriási számú kisméretű vízerőmű rengeteg szabadfolyású folyóra hatást gyakorol, de nem termel sok áramot.” Végül is a kisméretű vízerőművek hatalmas segítséget jelenthetnek mindenképp a fejlődő országokban, ahol 1,3 milliárd ember él áramellátás nélkül és további

1 milliárd ember áramellátása megbízhatatlan, de csak akkor, ha ezeket az erőműveket megfontoltan telepítik.

Még tisztázatlan kérdés az, hogy a kisméretű vízerőművek képesek-e minimalizálni azokat a nagy erőművek után következő folyószakaszokon érvényesülő negatív hatásokat, melyek az eddigi történetük során csak fokozták az egyes közösségek közötti konfliktusokat, kiváltképp akkor, ha egy folyó több országon folyik keresztül. Kína vízerőmű-kapacitásának legnagyobb része nagyon erősen támaszkodik a Jangcére és a Sárga-folyóra, illetve annak mellékfolyóira. De az ország olyan folyókat is hasznosít, melyek más országok számára fontosak.

2014 novemberében Kína befejezte a Tibetből eredő Brahmaputra folyóra épített vízerőművének első szakaszát. Annak ellenére, hogy ígéretet hangoztak el azzal kapcsolatban, hogy a projekt későbbi szakaszaiban a folyó szabad folyását nem zavaró projektek fognak megvalósulni, az egész építkezés aggodalmakat váltott ki a Brahmaputra folyó alsóbb szakaszain található Indiában és Bangladesben. India jelenleg vizsgálja annak lehetőségét, hogy több száz új vízerőművet épít, és ezek többsége a Himalája-régió folyóinak sodrába telepített erőmű lesz, egy olyan régióé, ahol a legtöbb vízerőmű-kapacitást még ki kell építeni. Úgy tűnik, Kína egyre közelebb kerül ahhoz az időponthoz, amikor a Salween-folyóként is ismert Nu-folyón is vízerőművet épít. Ez a Tibetből eredő és Mianmaron is keresztül haladó folyó Kína legnagyobb még mindig szabad folyású folyama.

Kína duzzasztógátat épít a Mianmaron, Laoszon, Kambodzsán és Vietnámon keresztül folyó Mekong folyó felső szakaszán, és emiatt kapcsolata feszült a folyam lejjebb lévő szakaszain lévő országokkal, ahol mintegy 60 millió ember élete függ a Mekong vizétől. 2012-ben Vietnam elnöke, Truong Tang San elmondta a Szabad Ázsia Rádióknak, hogy, miután az első erőműveket megépítették, a folyó vize és talajvizek is „komolyan csökkentek, miközben az áradások, a tenger vízszintjének emelkedése, az árvizek, a folyópartok eróziója... egyre súlyosabbá vált.” Amikor a folyó vizének hozama csökken, akkor ez lehetővé teszi a sótartalmú vizeknek, hogy felszivárognak a folyón, miközben a duzzasztógátak akadályozzák az üledékek továbbjutását, és emiatt a világ egyik legtermékenyebb rizstermelő területe, a Mekong-delta zsugorodik. Ahogy a folyam feljebb lévő szakaszain lévő duzzasztógátak építése befejeződik, Délkelet-Ázsia legnagyobb tava, a Kambodzsában található Tonle Sap tó területe tovább zsugorodhat, noha a tó fontos forrása a

fehérjéknek egy olyan országban, ahol az emberek táplálkozása nagymértékben a halaktól függ.

Nem lehet azonban megfélekezni arról, hogy a Thaiföldről, Malajziából, Kínából és Vietnamból befektetéseket fogadó Kambodzsa és Laosz is keresi annak lehetőségét, hogy gátak sorát építse meg a Mekong folyón. Az így előállított áram legnagyobb részét Tájföldre és Vietnamba exportálnák, és a befektetéseket fogadó két ország az előállított áram 10 százalékát kapja majd. A nem kormányzati szervként működő Környezetgazdálkodási Nemzetközi Központ egyik tanulmánya jelzi, hogy az áramtermelés más megújuló forrásai, így a fontos szerepet játszó napenergia jóval meghaladhatja a tervbe vett vízerőművek áramtermelő kapacitását.

A vízmegosztással kapcsolatos viták másik helye a Nílus völgye, mely jelenleg 600 millió ember otthona. A folyam alsó szakaszán található Egyiptom vízmegosztással kapcsolatos jogait egy olyan szerződésre alapozza, melyet 1929-ben írt alá Kelet-Afrika akkori brit gyarmataival. 1959-ben Egyiptom és Szudán aláírta „Nílus Teljes Hasznosításáért” elnevezésű megállapodást, mely Egyiptomnak adta Nílus vízhozamának 75 százalékát, míg Szudán 25 százalékot kapott. A Nílus eredeténél található Etiópiát kihagyták az egyezményből. Az Egyiptom és Szudán határán található, a Nílus folyását elrekesztő és jól ismert Asszuáni-főgát áramtermelő kapacitása 2100 megawatt.

Ez a vízerőművi kapacitás csökkenhet, ha a Nílus vízellátásában nagy szerepet játszó Kék-Níluson a Nagy Etiópiai Reneszánsz Gát víztározóját feltöltik vízzel. Etiópia, mely a maga 96 milliós, még ma is nagyrészt szegénységben élő lakosságával Afrika második legnépesebb országának számít, már eddig is 1 milliárd dollárt költött a projektre, noha az az előrejelzések szerint minimum négyszer többre fog kerülni, a projekt érdekében az ország sok más állami kiadást feláldozott, és hatalmas állami adósságteher felhalmozódását kockáztatja. A cél az ország áramtermelő kapacitásának megháromszorozódása, mely azt is lehetővé tenné, hogy Etiópia a szomszédos országokban is értékesíthessen áramot. Kína 1 milliárdos kölcsönt adott Etiópiának az áramvezetékek megépítésére, de Egyiptom vízvesztéssel kapcsolatos aggodalmai miatt a projekt nemzetközi finanszírozásától a legtöbb nemzetközi hitelező eláll. A Nílus vízéért zajló versenyfutásban részt vesznek azok az országok (Dél-Korea, Szaúd-Arábia és India), melyek a Nílus völgyében földművelés céljával földeket szereztek.

A vízerőmű-építés – különösképp a folyók felső szakaszán lévő Törökország miatt – súlyosbította az Irakban és Szíriában tapasztalható vízhiányt. 2014-ben Törökországban 478 vízerőmű volt. További 160 vízerőmű építése zajlott, többek között a Tigris folyón lévő 135 méter magas Ilisu-gáté. A vízerőmű része a Délkelet-Anatolia Projektnek, melynek az a célja, hogy mintegy 16 834 km² területen biztosítson áramellátást és öntözővizet. Sajnos az erőmű duzzasztótava a becslések szerint 313 km²-es területet fog elárasztani – többek között a már 12 000 esztendeje folyamatosan lakott Hasankeyf települést is –, míg a folyó lejjebb lévő területeire kevesebb víz jut majd el.

Észak-Amerikában az Egyesült Államok és Mexikó közötti vízmegosztási tárgyalások, melyek során a Rio Grande és a Colorado folyók vízhozamát osztották meg egymás között, először az 1800-as évek végén kezdődtek el. Az 1944-es Vízmegosztási Szerződés értelmében a vízhasználat hierarchikus sorrendjében az áramtermelés a háztartási és önkormányzati hasznosítás, valamint a mezőgazdasági és állattenyésztéshez kötődő vízhasznosítás után következik. A szerződés előírásai között nem szerepel a természet számára biztosított víz. A Colorado vizének elterelései és a folyamon épített erőművek következtében sok olyan év volt, amikor a Colorado vize már kiszáradt, mielőtt elérte volna a tengert. 2014-ben a két ország első alkalommal a folyó vízhozamának megnövelt részét biztosította a környezet számára, és ez lehetővé tette a folyam számára, hogy elérje a Kaliforniai-öblöt. Tudósok folyamatosan megfigyelik ezt a régiót, hogy megtudják, hogy a gátak időről időre történő megnyitása, vajon segíti-e folyó partjain lévő ökológiai rendszerek visszaállítását.

Azt hogy milyen előnyökkel jár az országok együttműködése, meglehetősen jól lehet látni Közép-Amerikában. Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua és Panama nemrég fejezték be a Közép-Amerikai Elektromos Összeköttetési Rendszer építését, mely egy 1100 mérföld (1770 kilométer) hosszú, magasfeszültségű vezeték, mely az érintett országok nemzeti vezetékhalózatait egy regionális hálózattá alakítja át. Ez a regionális hálózat lehetővé teszi az áramkereskedelmet Kolumbiával és Mexikóval. A piacnak ezt a kibővítését, mely előmozdította a régióban bőségesen rendelkezésre álló vízenergia kiaknázását, részben az Amerika Közti Fejlesztési Bank finanszírozta.

A folyókon kívül a vízenergia más formáit hasznosító befektetések között megemlíthetjük az árapályban és hullámokban rejlő energiák hasznosítását. A hullámok energiáját felhasználó projektek még jelenleg is nagyrészt a teszt-szakaszban vannak, és a legtöbb ilyen kísérlet Európában és Ázsiában zajlik. Sok tengerparttal rendelkező ország

mérlegeli az óceánok ár-apály tevékenységében rejlő energia hasznosítását, de eddig csak kettő ért el komoly haladást ezen a területen. A 254 megawatt ár-apály energiatermelő kapacitással rendelkező Dél-Korea és a 250 megawattos kapacitással rendelkező Franciaország együtt a világ teljes ár-apály energiatermelő kapacitásának 90 százalékát teszi ki. A maradék 10 százalékon Kanada, Kína és az Egyesült Államok osztozik meg. A világ teljes ár-apály energiakapacitása 530 megawatt volt.

A német Siemens becslése szerint végül is mintegy 250 millió otthon energiaellátását lehet majd az ár-apály energiájával biztosítani. Skócia tervbe vett ár-apály hasznosítási projektje az első szakaszban a Pentland Firth-ben várhatólag 86 megawatt kapacitással fog rendelkezni, és létesítmény teljesítménye potenciálisan felfuttatható 398 megawatra. Kanada és az Egyesült Államok energetikai minisztériuma egy ár-apály turbinával kísérleteznek a Maine állam partjához közel levő Fundy-öböl bejáratánál. Kína kormánya pedig elkezdte legnagyobb ár-apály projektjét Shanghai közelében. A Kínában tervbe vett, más vízenergiát hasznosító projektek között megemlíthetjük azt a 10 000 megawattos projektet, melyet a tervek szerint a globális biztonsági, légiközlekedési és űrhajózás cég, a Lockheed Martin fog létrehozni, és az az óceán termikus energiájának átalakításával termel energiát. Ez a technológia a meleg, felszíni vizek és a hűvösebb vízrétegek közötti hőmérsékletkülönbséget kihasználva egy turbinát működtet. Indulási fázisában az óceánok termikus energia különbségeit kihasználó áramtermelés még jelenleg is költséges, de nem kizárható, hogy végül is olcsóbb lehet, mint a tengerpartok közelében működtetett szélenergia.

A vízenergia hasznosításának jobban kialakult formája, melyre az utóbbi években erősen felfigyeltek, a vízszivattyús-tározós energiatároló. Amikor az áramkereslet alacsony, a többlet energiát arra használják, hogy egy magasabb fekvő tározóba szivattyúzzák fel a vizet, és amikor az energiára szükség van a leengedett vízzel termelnek áramot. Ezeket a létesítményeket rá lehet csatlakoztatni a meglévő vízerőművekre, de a folyóktól távol, egyedül is állhatnak zárt rendszerben. Az egész világot tekintve vízszivattyús-tározós energiatárolók teljesítménye 130 000 megawatt. Az összkapacitásból több mint 50 000 megawatt Európában található, és a tervek szerint további 11 500 megawattos kapacitást fognak kiépíteni. A további kapacitás egy része régi létesítmények átalakításaként, míg a másik rész teljesen új beruházások eredményeként jön létre. Japánnak, Kínának és az Egyesült Államoknak külön-külön több mint 20 000 megawatt vízszivattyús-tározós energiatároló kapacitásuk van. A tervbe vett amerikai projektek ezt a kapacitást több mint

megkétszerezik majd. A vízszivattyús-tározós energiatárolók egyik nagy vonzereje az, hogy szinte azonnal létre lehet hozni őket, annak érdekében, hogy kiegyenlítsék a szél- és napenergia-teremlésben bekövetkező ingadozásokat. Így ez az energiaforrás segít abban, növekedjék a villamoshálózatba betáplálható szél-és napenergia mennyisége.

Összefoglalóul elmondható: a vízerőművek szolgáltatják a világ elektromosságának tekintélyesnek mondható egy hatodát. De a teljesen iparosított országokban található folyókon már alig lehet vízerőműveket építeni. Azon alacsony jövedelmű országokban, melyekben a folyók még nem hasznosított energiával rendelkeznek, az egyéb megújuló energiaforrások költséghatékonyabb választást jelenthetnek. A vízerőművek finanszírozásával kapcsolatos történelmi döntések közül sok még azelőtt született meg, hogy a nap- és a szélenergia megjelent volna színen. A napenergia alkalmazásával, az emberek birtokosai lehetnek és ellenőrizhetik saját energiaforrásukat, és ezzel a fejlesztési folyamatokba közvetlen beleszólást kapnak. A vízenergia továbbra is fontos lesz, de a nagyméretű vízerőművek megépítése legnagyobbbrészt már csak a múlté.

Az olvasó a Földpolitikai Intézet honlapján (www.earth-policy.org) további adatokat, a szöveg angol nyelvű, lábjegyzetekkel ellátott verzióját és egyéb referencia anyagokat találhat.

Az átmenet felgyorsítása

A jelenleg nagyrészt szén és olaj által működtetett energiagazdaságot egyre inkább felváltja a nap- és szélenergia. A legutóbbi száz esztendőben a világ roppant erősen támaszkodott a szénbányákra és az olajmezőkre. A 21. században azonban a megújuló energiákra való átállás tanúi vagyunk.

Több tényező együttes ereje hajtja ezt a nagy átalakulást. Gazdasági szempontból a megújuló energiaforrások hasznosításának csökkenő költsége. Technikai szempontból az, hogy a járművek a szénhidrogének helyett elektromossággal is meg lehet hajtani. Társadalmi szempontból az a tény, hogy a lakosság egyre inkább ellenzi a szén és az atomenergia használatát. Geológiai szempontból pedig az a tény, hogy a karbonban gazdag fosszilis energiahordozók a föld méhéből való kibányászása egyre nehezebbé válik. A fenti tényezők és az, hogy légkörbe még mennyi korbont lehet kibocsátani anélkül, hogy a felmelegedés miatt a Föld éghajlata ne legyen veszélyesen kiszámíthatatlan, olyan kihívás, mellyel a civilizáció még sosem szembesült.

Az átmenetnek sok szereplője van: környezetvédelmi csoportok, vezető egyetemek, előrelátó vállalatok és kormányzatok és lelkes befektetői csoportok. Mindenki számára fontos ez a folyamat. A legszélesebb értelemben mindenki, aki tisztább levegőt szívhat, tisztább vizet ihat, és élvezheti a stabilabb éghajlat előnyeit, nyertese lesz a kibontakozó energiaátmenetnek.

A gyors változás mindennapi életünk része. Az energiagazdaság földrajzi vonatkozásai is megváltoznak. A régi energiagazdaságban a világ erősen függött az olajtól, melynek nagy része a Közel-Kelet néhány országában koncentrált. Sok ország energiaellátása a világ túlsó végében lévő energiaforrásoktól függött.

Évszázadunkban azonban, ahogy a világ kezd átállni a nap- és szélenergiára, az energiagazdaság egyre inkább lokális lesz. A felhasznált energia forrása olyan közel lehet hozzánk, mint a felettünk lévő háztető. Ahelyett, hogy a társaságok és országok egy kicsiny csoportja állítaná elő és tartaná kezében a világ energiafogyasztásának legnagyobb részét, az emberek mindenhol szereplői lesznek az energiagazdaságnak, és saját energiaszükségletüket napelemekkel biztosítják.

Mint minden jelentős és korszakváltó változás esetében, lesznek a változásnak nyertesei és vesztesei is. A gazdasági életben a napelemeket és szélturbinákat gyártó és beszerelő társaságok gyorsan növekednek. A napelemek piaca szinte hihetetlen, évi 50

százalékos ütemben növekszik. Ahogy folyamatosan csökken a napelemek ára, az árampiacok gyökeresen átalakulnak. Egyre több olyan hely van, ahol napelemekkel termelt elektromosság ára kedvezőbb, mint az átlagos hálózati áramár–sőt akár fele annyiba vagy még kevesebbe kerül, mint a hálózatból származó áram. Olyan régi energiahordozók, mint pl. a szén elkezdtek veszíteni a jelentőségükből. A *Rocky Mountain Institute* munkatársa, Amory Lovins így írja le a helyzetet: „Figyelembe véve a megújuló energiaforrásokra adott megbízásokat és kialakuló emisszió kereskedelmet, az új szénerőművek megépítése olyan, mintha lovas kocsikat gyártó cégeket vásárolnánk abban az időszakban, mikor a gépkocsik megjelenése Londonban már elkezdte csökkenteni a ló pizsok jelentette hatalmas problémát.”

A nagy átmenet a városokban változásokkal jár. Ez azt jelenti majd, hogy az utóbbi évszázadban az ipari országokra, és különösképpen az Egyesült Államokra jellemző szinte általános függőség a személygépkocsiktól lassan megszűnik. A hangsúly áthelyeződik a gépkocsik közös használatára, a közbringarendszerekre és az olyan városokra, melyekben gyalog is lehet közlekedni. A városi szállítás fejlett megtervezése nem az autók igényeire, hanem az emberek szükségleteire és fog koncentrálni, és nemcsak a buszok, a metró és helyi érdekű vasút használatát fogja módszeresen növelni, hanem a kerékpársávokat, járdákat és a gyalogosok és kerékpárosok részére készített utakat is épít.

Ahogy csökken a gépkocsik iránti kereslet, és a világ gépjármű-ipara elmozdul a belső égésű motorok gyártásától a háromszor hatékonyabb elektromos meghajtású gépkocsik irányába, az olajforgalmazás piaca csökkenni fog. Az olajmezőket az olajfinomítókkal összekötő olajvezetékek egy napon teljesen értéktelenné válnak. Az olajfinomítók száma csökkenni fog, ahogy a kevésbé hatékony, régebbi finomítókat bezárják. A sarkon lévő benzinkút helyére az elektromos gépkocsik akkumulátor újratöltő állomásai lépnek.

A kormányok politikája továbbra is fontos alkotóeleme az energiapolitikai átmenetnek. A kormányok eddig is számos alapvető politikai eszközt használtak annak érdekében, hogy támogassák az átállást a karbonkibocsátás nélküli megújuló energiaforrásokra. Az egyik ilyen politikai eszköz a betáplálási tarifa (FIT), mely a megújuló energiát használó áramtermelők részére, ideértve a tetőkre szerelt napelemek tulajdonosait és nagyméretű szélfarmok működtetőit is, garantálja a hozzáférést az elektromos hálózathoz, és hosszú távon fix áron veszi át tőlük az elektromosságot. 2014 elején mintegy 70 ország, köztük sok európai ország is, alkalmazta a megújuló energiák fellendítése érdekében a betáplálási tarifát. Indiában az egész országban érvényes betáplálási tarifán kívül 14

szövetségi állam szintű tarifa is létezik. A Gudzsarát államban 2009-ben hatályba lépett Napenergia Politika legfontosabb alkotóeleme a betáplálási tarifa, mely segített abban, hogy ez az állam legyen India vezető, napenergiát hasznosító állama: 2014 elején az Gudzsarát államban működő napelem-kapacitás 825 000 otthon áramellátását biztosította.

Egy másik kormányzati intézkedés az, amikor kötelező jelleggel előírják, hogy a villamos áram-termelés bizonyos mennyiségének megújuló energiaforrásból kell származnia. Az intézkedést megújuló energia portfólió szabványnak (RPS-nek) vagy kvótának hívják és nemzeti szinten húsznál is több államban van érvényben. Nagyobb országokon belül szerte az egész világban több mint ötven állam és tartomány alkalmazza ezt a kvótát, köztük az Indiai Köztársaság 15 állama, az Amerikai Egyesült Államok 29 tagállama és az egyik államhoz sem tartozó Washington D.C. is. Iowa állam, mely jelenlegi áramfogyasztásának több mint 25 százalékát szélenergiából nyeri, a világon elsőként 1983-ban vezette be a megújuló energia kvótát.

Az Egyesült Államokban érvényben levő kvóták kötelező jelleggel írják elő a közművállalatok számára, hogy az általuk értékesített áram bizonyos százalékának (a lehetséges minimum 10, a maximum 40 százalék) megújuló energiaforrásokból kell származnia. A megadott sávon belül Kalifornia és Hawaii tagállamokban a legmagasabb a megújuló aránya. Kalifornia állam kormányzója, Jerry Brown 2015 elején tartott beiktató beszédében azt javasolta, hogy a jelenlegi, 2020-ra 33 százalékot megkövetelő arányt emeljék meg oly módon, hogy 2030-ig a megújuló kötelezően előírt aránya 50 százalék legyen.

A szél- és napenergiás rendszerek felszerelését adókedvezményekkel is támogatják. Az amerikai szélenergia rendszerek telepítése évek óta akkor volt a legmagasabb, amikor kilowattóránként néhány cent adókedvezményt biztosítottak, és akkor csökkent, amikor a Kongresszus, az Egyesült Államok törvényhozó testülete, hagyta, hogy ez a kedvezmény lejárjon. Ami a napenergiát illeti, elmondható, hogy a lakóházakra és ipari épületekre felszerelt napelemek teljes költségének 30 százaléka után járó befektetési adókedvezmény jár, és ez a legutóbbi időkben lendületet adott a napelemek gyors elterjedésének. Mintegy 36 más országban is jár a megújuló energiaforrásokra termelési vagy befektetési adókedvezmény.

Ezek a megújuló energiákat támogató kormányzati intézkedések biztosítják, hogy az energiapiac minden szereplője azonos feltételeket kapjon, mivel a mesterségesen olcsó fosszilis energiahordozók az energiapiacra való megjelenésüktől számítva hosszú ideig támogatást élveztek. Az energiaátmenet óriási lendületet kapna, ha fosszilis energiahordozók

árát megemelnék, hogy az pontosabban tükrözze a szén, az olaj és a földgáz elégetésének igazi társadalmi és környezetvédelmi költségeit.

Ha jól csinálják, a karbon valódi árának érvényesítése, roppant erős piaci jelzés, és megmutatja a döntéshozók számára az utat a környezetvédelmi szempontból fenntarthatósághoz hozzájáruló választásokhoz. Képzeljük el, milyen hatást gyakorolna, ha a fosszilis energiahordozók társadalom számára jelentett teljes árát beépítenék ezen energiahordozók árába. Tudjuk ugyanis, hogy fosszilis energiahordozókra való támaszkodás roppant költséges, hiszen a tájakat tönkreteszi a víz- és levegőszennyezés és az éghajlatváltozás.

A karbonra kivetett ár jelentheti a karbonra kivetett adó bevezetését, vagy az emissziós limitek és emisszió kereskedelem bevezetését vagy a kettő kombinációját. Ezeket az eszközöket a kitermelési pontokon, vagy bányákban, vagy azon a ponton alkalmazzák, ahol a fosszilis energiahordozókat feldolgozzák vagy felhasználják. A karbonadóból származó jövedelmet környezetvédelmi, zöld energia vagy energiahatékonyságot javító programokra lehet használni, a megnövekedett adóterhelést pedig a munkavisztonnyal kapcsolatos adók és járulékok csökkentésével lehet ellensúlyozni, vagy osztalék formájában magukhoz a fogyasztókhoz lehet visszajuttatni. Ha valamilyen eszközzel a karbonadó-jövedelmet az emberekhez juttatjuk vissza, ez segít biztosítani, hogy a legtöbb család, különösképp az alacsonyjövedelmű családok, a karbonadó bevezetése után jobb anyagi helyzetbe kerülnek, mint előtte.

Sok olyan közgazdász létezik, aki helyesli a karbonadót, mert az kijavítja a tisztán piaci mechanizmusok által okozott kudarcot. N. Gregory Mankiw, aki George W. Bush elnöksége idején a Gadasági Tanácsadók Tanácsának Elnöke volt, ezt írja: „A jövedelemadók csökkentése, miközben növelik a benzinre kivetett adókat, gyorsabb gazdasági növekedéshez, kevesebb forgalmi dugóhoz, biztonságosabb utakhoz és a globális felmelegedés kockázatának csökkenéséhez vezetne—mindezt pedig anélkül, hogy veszélybe kerülne a hosszú távú fiskális fizetőképesség. Talán ez emlékeztet leginkább a közgazdaságtanban oly sokat emlegetett ingyen ebédre. Lawrence Summers, korábbi amerikai pénzügyminiszter a *Financial Times*-ban 2005 elején megjelent cikkében kiáll az Egyesült Államokban bevezetendő karbonadó mellett: indításkor minden tonna szén-dioxid kibocsátásra 25 dollár adót kellene kivetni, ami egy gallon (3,8 liter) benzinre 25 cent adót jelentene, és a befolyt adóbevételt infrastruktúra korszerűsítésre és munkajövedelmekre kivetett adócsökkentésre fordítanák.

A Világbank 2014 májusában megjelent jelentése szerint, mintegy negyven olyan ország létezik, mely már megvalósított a karbonárakkal kapcsolatos intézkedéseket, vagy ilyenek bevezetésére készül. Ezek az intézkedések egy vagy két gazdasági területet vesznek figyelembe; az energetika és az ipar majdnem mindig érintett. A Világbank megállapította, hogy további 23, országokon belüli közigazgatási egység létezik, melyekben a szén valós költségeit beárazzák. Kínában már hét regionális emissziós limiteket alkalmazó és emissziós kereskedelmet bevezető próbaprogram van kipróbálási szakaszban. Amikor Kína az egész országban bevezeti a 2016-ra tervezett emisszió limitet és emisszió kereskedelmet, akkorra a világ összkibocsátásának mintegy negyven százaléka be lesz árazva.

A politikusok gyakran figyelmeztetnek, hogy a karbonadók kivetése vagy a kibocsátási limitek meghatározása és ez ehhez kötődő emisszió kereskedelem gazdasági teher lesz, de bőségesen léteznek ezzel ellentétes példák is. Írország 2010-ben karbonadót vetett ki a földgázra és az olajfogyasztásra, mely durván az ország jelenlegi üvegház kibocsátásának 40 százalékát érintette. 2013-ig az emisszió mintegy 6 százalékkal csökkent, noha ezzel párhuzamosan a gazdaság növekedett. Még ugyanebben az évben, májusban Írország kiterjesztette karbonra kivetett adót a tőzegrre és a szénre is. Eamon Ryan, Írország korábbi energiaügyi minisztere így foglalta össze a helyzetet: „Épp most hoztunk létre az árakban egy figyelmeztető jelet, ami jelentős állami bevételt hozott, és megváltoztatta az emberek viselkedését. Jelenleg a saját magunk által meghatározott környezetvédelmi célkitűzéseket is teljesítjük és meghaladjuk.

Kanada Brit Columbia tartományában 2008-ban az egész gazdaságra érvényes 10 dolláros karbonadót vezetnek be, mely 2012-ig tonnánként 30 dollárra emelkedett. Az adó úgy van kialakítva, hogy nem függ attól, hogy milyen jövedelemmel kapcsolatos: a fosszilis energiahordozók árának növekedését más adók, pl. a személyi jövedelemadó vagy társasági adó csökkenése ellensúlyozza. A karbonadó hatályba lépése óta Brit Columbia tartomány egy személyre jutó benzin és más olajtermék fogyasztása 15 százalékkal csökkent, ez pedig az egész Kanada fogyasztáscsökkenésének háromszorosa, miközben Brit Columbia növekedése nem maradt el az ország többi részein tapasztalt növekedéstől.

Az Egyesült Államokban a 2013-ig feljegyzett adatok tanúsága szerint a Regionális Üvegházgáz Kezdeményezéshez (RGGI) tartozó kilenc szövetségi állam (Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New York, Rhode Island, és Vermont) kibocsátási limiteket és emisszió kereskedelmet létrehozó programja 2009 óta az

érintett államok energiatermeléséből származó kibocsátását 18 százalékkal csökkentette. Ugyanebben az időszakban a fenti kilenc szövetségi államgazdasági növekedése gyorsabb volt, mint a többi államé, ahol kibocsátás csak 4 százalékkal csökkent. Ha a Regionális Üvegházgáz Kezdeményezéshez (RGGI) tartozó kilenc szövetségi állam a kibocsátási engedélyek árveréseken történő értékesítéséből származó jövedelmet hatékonyságot növelő intézkedésekre költik, ennek nettó gazdasági hozadéka 2020-ig elérhető a 8 milliárd dollárt.

Az energiahatékonyságba történő befektetés általában gazdaságilag hasznosnak ígérkezik. Izgalmas fejlemény ugyan, hogy a szél- és napaenergia költségei egyre inkább versenyképesek a fosszilis energiahordozókkal és az atomenergiával, általában elmondható, hogy olcsóbb beruházni az energiahatékonyságba, mint új energiatermelő-kapacitásokat építeni. A Nemzetközi Energiaügynökség 2011-ben arról számolt be, hogy a szervezet 11 tagnemzetében, köztük Ausztráliában, Japánban, Németországban és az Egyesült Államokban, több mint 740 milliárd dollár megtakarítást értek el az energiahatékonyság növelésével elkerült energiafogyasztás-csökkentésével.

Hatalmas energia megtakarítási potenciál rejlik az összes fontos energiafogyasztási szektorban, tehát a világításban, az épületek fűtésében és hűtésében, az elektromos eszközökben, az iparban és a szállításban. Például a globális áramfogyasztás 20 százalékát világításra fordítják. Ha a világ összes égőjét lecserélnék a hagyományos izzókról a 75 százalékkal kevesebbet fogyasztó kompakt égőkre, mintegy 270 széntüzelésű erőművet lehetne becsukni. És ez a váltás már elkezdődött. Ha pedig tovább lépve a hagyományos izzókat LED-es fényforrásokra cserélnék, akkor az áramfogyasztás akár 90 százalékkal csökkenthető. Hogy érzékeltessük a nagyságrendeket, ha egy 100 wattos hagyományos izzót élettartama alatt egy LED-es égővel váltunk fel, akkor az ezzel megtakarított energiamennyiség elég ahhoz, hogy egy hibrid meghajtású Toyota Prius-szal elmenjünk New Yorkból San Francisco-ig.

Az energiahatékonyság javításának világon legdinamikusabban fejlődő programja a Japánban elindított „Kövessük a legjobb megoldást!” nevű program. Ebben az 1999-ben bevezetett rendszerben a napjainkban forgalmazott leghatékonyabb termékek határozzák meg a jövőben értékesített termékek standardjait. A társaságoknak egy új szabvány meghatározásától számított 3-10 éven belül kell kötelező jelleggel igazodniuk az új szabványhoz. Az adott technológia függvényében a termékek energiahatékonysága minimum 22 százalékkal maximum pedig akár 99 százalékkal javult. Például 2005 és 2010 között a

Japánban eladott hűtőszekrények energiahatékonysága 43 százalékkal javult. 2014 végén mintegy harminc termékcsoportha voltak érvényesek a „Kövessük a legjobb megoldást!” szerint meghatározott előírások, többek között légkondicionálók, számítógépek, háztartási gépek, ipari motorok, világítóberendezések sőt még személygépkocsik és kisteherautók is. „A kövessük a legjobb megoldást!” jelzi, hogy Japán már évtizedek óta elkötelezte magát az energiahatékonyság mellett, és ezért nem csodálkozunk azon, hogy amikor a fogyasztók szerte az egész világban a japán autó, háztartási gép és elektronikus termékmárkákról hallanak, akkor a hatékonyság jut az eszükbe.

Egyes nemzetek kormányai fontos változtatásokat terveznek annak érdekében, hogy csökkentsék a fosszilis energiahordozók használatát. India például 26 millió meglehetősen alacsony hatékonyságú dízelolajjal, illetve az elektronikus hálózatból származó árammal működtetett öntözőpumpát napenergiával működtetett pumpákra akarja felcserélni, és ezzel a kormány az üzemanyagokra és áramtámogatásra kifizetett támogatások milliárdjait takaríthatja meg. A terv a programban való részvétel előfeltételeként előírja a mezőgazdasági termelők számára, hogy álljanak át a csepegtetési öntözési rendszerekre, ez pedig azt jelenti, hogy csökkenni fog mind a fosszilis energiahordozók, mind a víz fogyasztása. Arra számítanak, hogy az új pumpák ára egy-négy éven belül megtérül. Az a tény, hogy hatalmas méretekben át akarnak térni a karbonkibocsátás mentes és vizet takarékosan hasznosító, öntözést szolgáló szivattyúzásra az új világgazdaság szerkezetének új alkotóeleme lesz.

Az indiai kormány számos állami tulajdonban lévő vállalatot, köztük a fosszilis energiahordozókat és a vízenergiát hasznosító társaságokat is, arra ösztönöz, hogy kezdjenek befektetésekbe a napenergia-szektorban. Ha a napenergiás rendszereket növekvő mennyiségben telepítik, akkor a méretgazdaságosság elérésével a napenergia költsége tovább fog csökkenni. Az egyik ilyen állami vállalat, a világ legnagyobb szénkitermelőjének számító *Coal India* 2014 végén kötelezettséget vállalt arra, hogy Andra Pradesh és Telengana és máshol is 1000 megawattos teljesítménnyel napenergiás rendszereket épít. A *Coal India* a projektszerződést egy másik állami vállalattal, az Indiai Szoláris Energiatársasággal kötötte meg, melyik majd fel fogja építeni és működtetni fogja ezeket a napelemes rendszereket.

Még a sivatagi országnak számító, 29 milliós lakosú olajexportáló Szaúd-Arábia is azt tervezi, hogy nagy méretekben hasznosítani fogja a bőségesen rendelkezésre álló napenergiát. Ha 41 000 megawatt teljesítménnyel rendelkező működő, jelenleg építés alatt álló és a tervbe

vett napelemes és termikus rendszerek már ma mind rá lennének kapcsolva a hálózatra, akkor Szaúd-Arábia áramfogyasztásának már kétharmadát napenergiával termelné meg.

Egyes európai vezetők még ennél is messzebbre akarnak előrejutni az energiaátmenetben. Dánia áramtermelésének 39 százalékát 2014-ben a szélenergia adta, és a tervek szerint ez az arány 2020-ra 50 százalékra emelkedik. 2035-re pedig már az összes áram és hőtermelés megújuló energiaforrásokból származhat. A nettó energiaexportőrnek számító Skóciában az áramtermelés 30 százalékát megújuló energiaforrásokból nyerik. A cél pedig az, hogy 2020-ra a megújulókból annyi energia származzon, ami megfelel Skócia teljes áramfogyasztásának.

Írország, mely jelenlegi áramfogyasztásának 17 százalékát szélenergia segítségével állítja elő, azt tervezi, hogy 2020-ra már áramtermelésének 42 százalékát fogja megújuló energiaforrásokból, főleg szélenergiából, fedezni. Európa legnagyobb gazdasága, Németország azt tervezi, hogy a 2013-ban mintegy 23 százalékban megújulókból származó áramtermelésében a megújuló energiaforrások aránya 2025-re minimum 40 százalékra fog emelkedni. Németország el akarja érni, hogy 2052-ig a megújulók adják áramtermelésének 80 százalékát.

Sok város saját maga határozza meg a megújulókkal kapcsolatos, ambiciózus céljait – ezzel példát nyújtva a nemzeti kormányoknak, hogy határozottabb lépésekkel szüntessék meg lépésről-lépésre haladva a fosszilis energiahordozók használatát. San Francisco például azt tervezi, hogy teljes áramszükségletét 2020-ra megújulókból fedezi, miközben a gazdaságot átállítják egy olyan rendszerre, hogy az ne termeljen hulladékot. Új-Zéland fővárosa, 2020-ra áramellátásának 78 százalékát akarja megújuló energiaforrásokból fedezni. München városa 2025-re azt tervezi, hogy áramellátásának 100 százaléka megújulókból fog származni.

Az államok is lendületet adnak az energiaátmenetnek. Németországban jelenleg négy tartomány áramellátásának felét vagy annál is nagyobb részét szélenergia felhasználásával fedezi. Az Egyesült Államokban négy tagállam, Texas, Kalifornia, Iowa és Dél-Dakota játszik vezető szerepet a szélenergia hasznosításában. Japán Fukusima prefektúrája, mely még mindig a 2011. évi nukleáris katasztrófa helyreállítási munkálatait végzi, felajánlotta, hogy 2040-ig teljes áram- és hőfogyasztásának 100 százalékát megújulókból fedezi, részben azzal, hogy a part közeli tengeren telepít szélturbinákat.

2014-ben három tartomány és három jelentős város önkéntes vállalást tett arra, hogy az energiahasznosítás történetét visszafordítva 2017-ig lényegesen csökkenti a

szénfogyasztást. Tiencsin városa 19 százalékos, Csungkin városa 21 százalékos és Peking 50 százalékos csökkentést vállalt. Ezen a csökkentések segíthetnek Kínának abban, hogy 2020-ig vagy akár még hamarabb elérje, hogy legyen a szénfogyasztásnak egy kitűzött maximuma.

Noha a szénfogyasztás tervbe vett csökkentése Kínában hatalmas és eddig példa nélküli, ennek az irányváltásnak nagyon is kézenfekvő oka van: a légszennyezés következményei. Sokak számára, ideértve az időseket, kisgyermeket, és a légzőúti megbetegedésekben és a szívbetegségben szenvedőket, a légszennyezés annyira súlyos, hogy a légzés a szó szoros értelmében életveszélyt jelent. Peking már sokszor előfordult olyan nagy légszennyezés, hogy a légszennyezés mértéke jóval magasabb volt, mint a biztonsági határértékek, és ezt a tömeghírközlés ezeket az időszakokat „levegő apokalipszisnek” hívja. Ahogy a világhálón egyre hozzáférhetőbbé váltak a szennyezéssel kapcsolatos adatok, egyre nőtt az arra irányuló nyomás, hogy csökkenjen a szén hasznosítása. A Greenpeace Kína így foglalja össze a helyzetet: „Az állampolgárok elkezdtek olyan életminőséget követelni, melyet nem lehet pénzben mérni: tisztább levegőt és gyermekeiknek egészségesebb jövőt követeltek. Az, hogy mennyi időbe telik majd, hogy a kínai városok levegője tényleg tiszta legyen, a változást követelőktől függ majd.”

A kínai társadalom minden rétegéből származó emberek, akik belefáradtak abba, hogy olyan városokban éljenek, ahol még levegőt venni is veszélyes, az energiaellátással kapcsolatban változást követelnek. Kína azonban a piacokról is ébresztőt kap. A levegőminőség javítását és az éghajlat stabilizálását követelő új szabályozások nehezebbé teszik a szén eddig megszokott módon való elégetését. A *South China Morning Post* 2014 júliusában arról tudósított, hogy a Kína szénbányászatával kapcsolatban kibocsátott kötvények hozadéka kifizetése veszélybe került, mivel a szén használatának növekedése lelassult. Vannak bankok, amelyek most ébrednek rá arra, hogy az energiaátmenetben való részvétel nagyon nagy nyereséggel jár. Olyan nagy befektetési bankok, mint a Morgan Stanley és a Goldman Sachs több tíz milliárd dollárt fektetnek be a megújuló energiákba. Stuart Bernstein, aki a Goldman Sachs ezen a területen eszközölt beruházásait koordinálja, „az átalakulás döntő időszakáról” beszél, mivel a megújuló energiák napjainkban jönnek lendületbe.

Ha hosszú távon gondolkodva a tisztább energiajövőbe való átmenetbe fektetünk be, akkor az, mondja a szakértő, „fontos lesz társadalmi szempontból, és cégünk és ügyfeleink számára jó üzletnek fog bizonyulni.”

Az energiátmenetnek lendületet ad az a tény, hogy több milliárdos is elkötelezte magát a karbonkibocsátástól mentes energia mellett. Ezen befektetői csoport leggazdagabb tagja, Warren Buffet, 2014 elejéig mintegy 15 milliárd dollárt fektetett be a nap- és szélenergia fejlesztésébe. A befektetések között van egy gigantikus méretű napenergia-létesítmény, mely 2015-ben, elkészültekor a világ legnagyobb naperóműve lesz. Még 2014 júniusában Warren Buffett bejelentette: „Egy másik 15 milliárdos összeg is készen áll egy zölberuházásra.” A napenergiába fektet be az a Ted Turner is, aki a szénben nagyon is érdekelt energiacég, a *Southern Power* leányvállalatával, a *Southern Power* nevű céggel fogott össze annak érdekében, hogy megszerezzen hét naperóművet. Ted Turner a szélenergiára alapozott áramtermelés iránt is érdeklődik.

A Denverben élő Philip Anschutz, aki az olaj és földgáz üzleten milliárdokat keresett, elkötelezte magát egy 3000 megawattos szélfarm megépítése mellett Wyoming állam déli régiójának közepén, továbbá a széllal megtermelt energia szállítására épített egy egy több mint 700 mérföld hosszú áramvezetékét Kalifornia, Arizona és Nevada államokba. A szélben nagyon gazdag, de csak 580 000 lakossal rendelkező Wyoming államban működő szélerómű építők számára Kalifornia a maga 38 milliós lakosságával nagyon vonzó piac.

Michael Bloomberg, generációjának egyik legsikeresebb üzletembere, továbbá New York háromszor újraválasztott volt polgármestere szintén segíti az energiaátmenetet. 2011-ben a Sierra Club *A szén utáni korszak* (Beyond Coal) névre elkeresztelt kampányának adományozott 50 millió dollár megerősítette a széntüzelésű erőművek bezárására irányuló erőfeszítéseket. De, figyelembe véve Bloomberg üzleti világban élvezett presztízsét, talán magánál az adománynál is fontosabb volt az adomány tényében rejlő szimbolikus üzenet: ha már Bloomberg is azt mondja, hogy a széntől meg kell szabadulni, akkor az emberek odafigyelnek.

A politikai térben függetlennek számító Bloomberg összefogott demokrata párti milliárdos barátjával, Tom Steyer-rel és a republikánus párthoz tartozó Hank Paulsonnal, aki George W. Bush elnöksége idején pénzügyminiszter volt, hogy együtt legyenek elnökei a Kockázatos Vállalkozás (Risky Business) névre elkeresztelt projektnek. A projektnek az a célja, hogy számokban kifejezve határozza meg, milyen kockázatokkal jár a változó éghajlat. A korábban egy befektetési alap menedzsereként tevékenykedő Tom Steyer mára már éghajlatvédelmi aktivista lett, és egy az egész nemzetre kiterjedő éghajlatváltozással kapcsolatos ismeretterjesztő kampányt indított el abban a reményben, hogy az

éghajlatváltozás tényét tagadókkal szembeszálljon. Így akar támogatást mozgósítani ahhoz, a mindenre kiterjedő és radikális erőfeszítéshez, melynek karbonkibocsátástól mentes, megújuló energiákra való áttérés a célja.

A megújuló energiákat igénybe vevő társaságok pénzt takarítanak meg. Számos vezető társaság csökkenti az áramköltségeit, mivel a telephelyeiken emisszió mentes napenergia áll a rendelkezésükre. 2014-ben a egy telekommunikációs óriáscég, a Verizon 10 megawatt teljesítményű napelemes rendszereket szerelt fel nyolc különböző telephelyén California, Maryland, Massachusetts, New Jersey és New York államokban. Ez a 40 millió dolláros beruházás a telephelyeken 2013 óta létrehozott energiatermelő kapacitások teljesítményéhez képest majdnem megkétszerezte a napelemes energiatermelő kapacitásokat.

Amerika legnagyobb kiskereskedő cége, a Walmart szintén gyorsan fejleszti napenergiás kapacitásait. A társaság 2014 végéig mintegy 260 napenergiás rendszert telepített az Egyesült Államokban lévő épületeire, és minden ilyen rendszer az adott létesítmény áramfogyasztásának 10-30 százalékát állítja elő. A társaság célul tűzte ki, hogy az elkövetkező négy évben amerikai telephelyein további, mintegy 400 napelemes rendszert szerel fel. 2014-ben a társaság vezérigazgatója, Bill Simon így nyilatkozott a Walmart napenergiás programjáról: „Üzleti döntésről van szó. Az általunk előállított energia annyiba kerül, mint a hálózati energia, vagy annál olcsóbb.” Azzal, hogy a társaság kiterjeszti a megújuló energiával és energiahatékonysággal kapcsolatos céljait az egész világban lévő összes áruházára, a Walmart becslési szerint 2020-ig összesen 1 milliárd dollár értékű megtakarítást ér el az energiaköltségeiben.

Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (EPA) negyedévente adja ki a zöld energiát használó cégek, iskolák és önkormányzatok rangsorlistáját. 2014 végén a lista élén álló öt cég, az Intel, a Kohl-áruházak, a Microsoft, a Google és a Walmart volt. Az Intel, a Kohl-áruházakak, a Staples és a Unilever szerepelt azon 600, listán szereplő intézmény között, mely saját maga állított elő vagy vásárolt annyi megújulókból származó áramot, hogy teljes áramfogyasztását ebből fedezze. Az Apple nem maradt el messze ezektől a cégektől, hiszen áramfogyasztásának több mint 90 százalékát megújulókból fedezte.

A Google egyik legújabb energetikai beruházása egy 82 megawatt teljesítményű napenergia-erőmű Dél-Kaliforniában, mely roppant jól szemlélteti az energiaátmenetet. Ez a szoláris energiát hasznosító projekt egy elhagyott olaj- és földgázmezőn valósul meg, ahol a kitermelés meredeken csökkent és már nem volt többet nyereséges. Így az a rohamosan

csökkenő olajkészleteket kitermelő nyikorgó furótornyok helyett, ezen a 700 hektáros telephelyen nemsokára napelemek lesznek, melyek csendesen működve fogják szén-dioxid-kibocsátás nélkül átalakítani a Nap energiáját árammá.

A megújuló energiát egyre növekvő mértékben felhasználó nagyvállalatok között van a hatalmas repülőgépgyártó cég, a Boing is. A cég a működése során felhasznált elektromosság majdnem fele megújuló energiaforrásokból, köztük vízenergiából, származik. A Boing Dél-Karolina államban lévő North Charleston városában lévő telephelyén a szükséges áramellátás 100 százaléka megújulókból származik részben az egyik összeszerelő csarnok tíz hektáros nagyságú, tetőszerkezetekben elhelyezett napelemekből, és megvásárolt megújuló energia tanúsítványokból.

Egy másik, megújulókat hasznosító nagyvállalat a globálisan működő Johnson Controls, amely az építkezések hatékonyságával és gépjármű-technológiával foglalkozik. A társaság áramfogyasztásának közel 20 százaléka megújulókból származik, és gépkocsiparkját is elkezdte átállítani a hatékonyabb hibrid és tisztán árammeghajtású járművekre, és 2013-ra üzemanyaga költségéből már évente 1,4 millió dollárt takarított meg.

Az EPA megjelenti azon társaságok és intézmények listáját, melyek hosszú távú szerződéseket írnak alá megújuló energiaforrásokból származó áramra. Ezen szerződések közül sok a szélenergiával előállított áramra vonatkozik. Ezen vásárlási szerződések jelentős előnye az, hogy a vásárló garantáltan alacsony árat tud biztosítani magának. A zöldáram készsége vásárlói között van a Google, mely összesen évi 720 millió kilowatt órára kettő, húsz évre szóló szerződést kötött az Iowa és Oklahoma államokból származó szélenergiával termelt áramra, tovább egy tíz esztendő szerződést is kötött Illinois állam kormányzatával évi mintegy 50 millió kilowatt órára.

The University of Oklahoma, mely az energiaátmenet egyik élen járó intézményének tekinti magát, annyi megújulókból termelt áramot vásárol, mellyel áramfogyasztásának háromnegyed részét tudja fedezni. Ez adott lendületet annak, hogy megépítsék az Oklahoma állambeli Woodward városában az OU Spirit nevű szélfarmot. Oklahoma Állam Egyeteme pedig jelenleg áramellátásának 71 százalékát szélfarmokról szerzi be. Keletebbre, Ohio Állami Egyetem áramellátásának 23 százaléka zöld forrásokból származik. Az egyetem azt a ambiciózus célt tűzte ki, hogy zéró karbonkibocsátású intézmény legyen.

Azonkívül, hogy a szükséges energiapolitika alakítói is, a kormányok maguk is nagy energiafogyasztók. Az amerikai kormányzat 500 000, különböző méretű épületben van, és

majdnem 600 000 gépjárművel rendelkezik. Mivel az állam az ország és a világ messze legnagyobb fogyasztója, mely évente mintegy 500 milliárd dollárt költ termékekre és szolgáltatásokra, vásárlóerejét felhasználhatja arra, hogy felgyorsítsa az energiaátmenetet. Számatalan jogszabály és előírás létezik, mely megköveteli az államtól, hogy épületei, gépjárműparkja és informatikai beszerzései megfeleljenek bizonyos hatékonysági előírásoknak, melyek nemcsak energiával, hanem az adófizetők pénzével is takarékosan bánnak.

2013 decemberében Barack Obama amerikai elnök bejelentette, hogy a szövetségi kormányzat megköveteli majd, hogy 2020-ig áramfogyasztásának 20 százaléka megújulókból származzon. Ez majdnem háromszorosa az eredetileg kitűzött 7,5 százalékos célnak. Az Egyesült Államok törvényhozó testületének, a Kongresszusnak tartott egyik korábbi beszédében Barack Obama elismerte, hogy az energiaátmenet gazdasági és geopolitikai jelentőségét: „Az az ország lesz a 21. század vezető ereje, amelyik a tiszta és megújuló energia erejét hasznosítja. Így van, de mégis Kína indította el a történelem legnagyobb erőfeszítését, hogy gazdaságát energia hatékonyra tegye. Mi találtuk fel a napenergiás technológiát, de a napenergiás berendezések gyártásában Németország és Japán mögött vagyunk. Az amerikai futószalagokról egymás után gördülnek le a hibrid üzemeltetésű gépkocsik, de a bennük lévő akkumulátorokat Koreában gyártották.”

Az amerikai kormányzat erős befolyást gyakorol a piacra, mert minden gépkocsigyártónak előírta az üzemanyag-hatékonyság javítását. 2013-ban egy átlagos új gépkocsi egy liter benzinnel 10,2 kilométert tudott megtenni. Törvény írja elő, hogy 2025-ig ennek a hatékonyságnak egy liter/22,9 kilométerre kell emelkednie, tehát 12 év alatt kétszeresére kell emelkednie. Az üzemanyag-hatékonyság növekedése részben az értékesített hibrid meghajtású és a teljesen elektronikus meghajtású autók számának növekedéséből fog adódni. Az elektromos meghajtású autókra való átállást segíti, hogy az Egyesült Államok egyéb ösztönzők mellett, maximum 7500 dolláros adójóváírást biztosít a csak árammeghajtású és a részben az elektromos hálózatról feltöltött elektromos meghajtású gépkocsikra. Az adókedvezményt tovább növeli, hogy egyes tagállamok további adókedvezményt nyújtanak.

Kína lassan kezdett el foglalkozni az elektromos meghajtású gépkocsikkal, de jelenleg nagy előrelépést tervez. 2013-ban az országban 14 600 elektromos autót értékesítettek, és az elektromossággal és benzinnel működtetett hibrid gépkocsik száma mindössze 3000 volt. De

figyelembe véve azt a tényt, hogy minimum 12 különféle új hibrid modell fog a piacra kerülni a következő években, Kína az értékesítés területén hatalmas növekedésre számít.

Az elektromos gépjárművek elterjedésének támogatásában élen járó Norvégiában az eladott elektromos meghajtású gépkocsik száma meghaladta összes értékesített gépjármű a 6 százalékát. Hollandiában, ahol a kormány az elektromos meghajtású gépkocsik vásárlása után 10-12 százalékos adókönyítést ad, és több mint 600 töltőállomás részére nyújt támogatást, ugyanez a szám 4 százalékos. Franciaországban illetéket vetettek ki a nem hatékony gépkocsikra, és az ebből származó bevétellel finanszírozzák az elektromos gépkocsikra adott árengedményt. Az EU által támogatott próba projekt keretében az ország közutjai mentén hamarosan 200 új töltőállomás lesz.

Végül az elektromos meghajtású (EV) és az elektronikus hálózatról is tölthető hibrid járművek (PHEV) megkérdőjelezik a hagyományos, benzinnel vagy dízelolajjal működtetett járművek egyeduralmát, és ez hamarabb megtörténhet, mint azt a legtöbb ember gondolná. A globális pénzügyi szolgáltatásokat nyújtó, svájci UBS bankcsoport előrejelzése szerint 2020-ig az akkumulátorok ára felére csökken, és ezzel az elektromos gépjárművek versenyképesek lesznek a hagyományos gépkocsikkal. Mivel egy elektromos gépkocsival akár évi 2400 dollárt takaríthatunk meg az üzemanyag-költségeken, a logikus választás az elektronikus gépkocsira esik.

Ahogy javulnak a napenergia alkalmazásának gazdasági feltételei, ez szintén szerepet játszik majd az elektromos gépkocsik jövőjében. Ahogy az elektromosság akkumulátorokban való tárolása és az otthoni napenergiás rendszerek ára csökken, a UBS bankcsoport arra számít, hogy Európa nagy részén az átlagos vevő számára roppant vonzóak lesznek majd az otthonok tetőire szerelt napenergiás rendszerek, az elektromosság akkumulátoros tárolása és az elektromos meghajtású gépkocsik. 2020-ig eljön az a helyzet, hogy ezek a befektetések 6-8 éven belül megtérülnek, és ezt követően a háztartásban használt, illetve a gépkocsik feltöltésére használt áram, a napenergiás rendszerek még fennmaradó működési idejében, kb. 12 évig vagy akár még tovább, gyakorlatilag ingyenes lesz. A UBS óvatos előrejelzése szerint könnyebb lesz megoldani a napenergiával való „feltöltést”, mivel egy évtized múlva minden Európában regisztrált gépkocsi közül egy teljesen elektronikus meghajtású lesz.

Az energiaátmenetet egy nagyon erős mozgalom is támogatja, mely arra irányul, hogy mindenki szabaduljon meg a szén-, olaj és földgáz-társaságokban birtokolt befektetéseitől. Ez az eredetileg Bill McGibben és az általa párhuzamosan alapított szervezet, 350.org által

kezdeményezett kampány segített abban, hogy széles fronton induljon meg a fosszilis üzemanyagok használatának fokozatos megszüntetése. Ezek az erőfeszítések termékeny talajra találtak az egyetemeken. A kampány először arra irányult, hogy az egyetemi alapítványok szabaduljanak meg a fent megnevezett társaságokban birtokolt befektetéseiktől, majd nyugdíjalapokra és magánszemélyekre is kiterjedt. A befektetési alapok vezetői egyre erősebb nyomás alá kerülnek, mivel arra ösztönzik őket, hogy adják el a szén-, olaj és földgáz-társaságokban birtokolt részvényeiket, és fektessenek be a jövő energiaforrásaiba.

Az energiaellátással kapcsolatos közhangulat megváltozik, a szén-, olaj és földgáz-társaságokban érdekeltségekkel bíró társaságok hírneve csorbát szenved. Pont úgy, ahogy egy évtizeddel korábban a dohányipari vállalatok a dohányzás egészséget károsító hatásai miatt rossz hírnevet szereztek maguknak, a fosszilis energiahordozók Föld éghajlatára gyakorolt káros hatása rontani fogja az érintett társaságok hírnevét. Míg a dohányzás elleni kampány az egyének egészségére koncentrált, ennek az új kampánynak tétje a civilizáció fennmaradása.

Az energiaátmenet a globális gazdaság nagyszabású átalakítását jelenti. Az induláskor a kormányok adtak lendületet ennek az átmenetnek, de napjainkra már piaci erők is ösztönzik. Mivel a mai piacok sok helyen mind a nap-, mind a szélenergiának kedveznek, az átmenet gyorsul és üteme a vártnál sokkal gyorsabb.

A legutóbbi időkben egyre nagyobb számú országban növekedett a megújuló energiaforrásokra támaszkodó energiatermelés egyértelművé teszi, hogy a nap- és a szélenergia már nem mellékes energiaforrások. Ha Dánia képes arra, hogy egy egész hónapon át áramtermelésének több mint 50 százalékát szélenergiából nyerje, akkor más, szélben gazdag területek is megtehetik ugyanezt. Ha az Egyesült Királyságban vannak olyan napok, melyeken a szélenergiával termelt energia mennyisége nagyobb, mint a szénből nyert energia, akkor ez is érzékelteti a lehetőségeket. És amikor, úgy mint Kínában, a szélenergiával előállított energia mennyisége nagyobb, mint az atomerőművek által termelt áram mennyisége, akkor világossá válik, hogy a szélenergia bekerült az energiaellátás főáramába.

A világ minden részén különbözőek lesznek az energiaellátási rendszerek. Ezek a rendszerek napelemek millióiból fognak állni. Ezeket sok esetben egy olyan okos és rugalmas elektromos hálózat köti majd össze, melynek az energiaellátását szélturbinák, valamint geotermikus és vízenergia biztosítja. Bizonyos értelemben a fejlődő országok előnyben vannak a fejlettekkel szemben, mert rövidebb úton juthatnak el az új energiagazdaságba, hiszen azt fejlődésükkel párhuzamosan tudják kiépíteni. Ezeknek az országoknak nem kellett

vezetékes telefonvonalakat kiépíteniük, hiszen rögtön mobiltelefonokat használtak, és pont így, elkerülhetik az elektromos vezetékhalozatok kiépítésének kényszerét, mivel rögtön elkezdhetik a tetőre szerelt napelemek használatát.

A civilizáció előtt tornyosuló legnagyobb kérdés pedig az, hogy az energiaátmenet elég gyorsan zajlik-e majd ahhoz, hogy el lehessen kerülni a katasztrofális következményekkel járó klímaváltozást. Senki sem tud erre a kérdésre biztos választ adni. Csak az idő során derül ki a válasz. De izgalmas változás zajlik. Az ipari forradalom alakította ki azokat a körülményeket, melyek megzavarták a Föld éghajlatát. A napjainkban zajló energiaforradalom pedig az éghajlat stabilizálásnak körülményeit hozza létre. Már amúgyis nagyratörő energiapolitikai célokat a tervezettnél évekkel hamarabb érnek el. Rendszeresen fordul elő, hogy a nemzeti szél- és napenergia-céloknál jelentősen jobb eredmények születnek. Mivel egyre többször járnak sikerrel a szénerőművek bezárását célul kitűző törekvések, mivel megépülnek a kibocsátásmentes, zöld energiarendszerek, és a szállítási rendszerekben is átállnak az áramhasználatra, lehet, hogy az energiaátmenetben hamarosan fordulat következik be.

Az energiaforradalom nemcsak világszemléletünket változtatja meg, hanem azt is, hogy hogyan tekintünk saját magunkra. Az otthonok áramellátását és a gépkocsik akkumulátorainak újratöltését egyaránt biztosító, tetőre szerelt napelemekkel, az egyes személy energiafüggetlensége olyan magas lesz, mint generációk óta még soha. A természethez fűződő kapcsolatunk meg fog változni: míg korábban konfliktusban álltunk a természettel, addig a jövőben nagyobb harmóniában leszünk a természettel. A szénerőművek kéményeiből kijövő, levegőt beszennyező és az éghajlatot megváltoztató emissziót felváltják majd a háztetőkre szerelt napelemek és a messzeségben méltósággal forgó szélturbinák. Üdvözöljük az új energiakorszakban!

Az olvasó a Földpolitikai Intézet honlapján (www.earth-policy.org) további adatokat, a szöveg angol nyelvű, lábjegyzetekkel ellátott verzióját és egyéb referencia anyagokat találhat.

További irodalom és honlapok

Az éghajlat, a karbon és a értékesíthetetlen vagyontárgyak

Atif Ansar, Ben Caldecott, and James Tilbury, *Stranded Assets and the Fossil Fuel Divestment Campaign: What Does Divestment Mean for the Valuation of Fossil Fuel Assets?* (Oxford, U.K.: University of Oxford, 2013).

Jessica Blunden and Derek S. Arndt, eds., "State of the Climate in 2013," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 95, no. 7 (July 2014).

T. A. Boden, G. Marland, and R. J. Andres, "Global, Regional, and National CO₂ Emissions," in *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (Oak Ridge, TN: Carbon Dioxide Information Analysis Center, 2013).

Carbon Disclosure Project, at www.cdp.net.

Carbon Tracker Initiative, Unburnable Carbon, at www.carbontracker.org.

Climate Progress Blog, at thinkprogress.org/climate.

Fossil Free, at Gofossilfree.org.

Kate Gordon et al., *A Climate Risk Assessment for the United States* (New York: Risky Business Project, 2014), at riskybusiness.org.

Global Carbon Project, at www.globalcarbonproject.org.

Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2014: Synthesis Report* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2014).

Bill McKibben, "A Call to Arms: An Invitation to Demand Action on Climate Change," *Rolling Stone*, 21 May 2014.

World Bank, *State and Trends of Carbon Pricing 2014* (Washington, DC: 2014).

World Bank, *Turn Down the Heat: Confronting the New Climate Normal* (Washington, DC: 2014).

A szén

Carbon Tracker Initiative, *Carbon Supply Cost Curves: Evaluating Financial Risk to Coal Capital Expenditures* (London: September 2014).

Yuyu Chen et al., "Evidence on the Impact of Sustained Exposure to Air Pollution on Life Expectancy from China's Huai River Policy," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 110, no. 32 (6 August 2013), pp. 12,936–41.

Paul R. Epstein et al., "Full Cost Accounting for the Life Cycle of Coal," *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1219 (February 2011), pp. 73–98.

Lesley Fleischman et al., “Ripe for Retirement: An Economic Analysis of the U.S. Coal Fleet,” *Electricity Journal*, vol. 26, no. 10 (December 2013).

Christian Lelong et al., *The Window for Thermal Coal Investment Is Closing* (Goldman Sachs, July 2013).

Conrad Schneider and Jonathan Banks, *The Toll from Coal: An Updated Assessment of Death and Disease from America’s Dirtiest Energy Source* (Boston, MA: Clean Air Task Force, September 2010).

Li Shuo and Lauri Myllyvirta, *The End of China’s Coal Boom* (Greenpeace East Asia, April 2014).

Sierra Club, *Beyond Coal*, at content.sierraclub.org/coal.

Ailun Yang and Yiyun Cui, *Global Coal Risk Assessment: Data Analysis and Market Research* (Washington, DC: World Resources Institute, 2012).

Anthony Yuen et al., *The Unimaginable: Peak Coal in China* (Citi Research, September 2013).

Az energiahatékonyság

Advanced Energy Economy, *Advanced Energy Technologies for Greenhouse Gas Reduction* (Washington, DC: 2014).

Sara Hayes et al., *Change Is in the Air: How States Can Harness Energy Efficiency to Strengthen the Economy and Reduce Pollution* (Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy, 2014).

International Energy Agency, *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency* (Paris: 2014).

International Energy Agency, *Energy Efficiency Market Report* (Paris: 2014).

International Energy Agency, *Light’s Labour’s Lost: Policies for Energy-Efficient Lighting* (Paris: 2006).

Rocky Mountain Institute, at www.rmi.org.

A geotermikus energia

Magnus Gehringer and Victor Loksha, *Geothermal Handbook: Planning and Financing Power Generation* (Washington, DC: Energy Sector Management Assistance Program, June 2012).

Geothermal Energy Association, at www.geo-energy.org.

Juliana Glenn and Benjamin Matek, *The Status of Geothermal Power in Emerging Economies* (Washington, DC: Geothermal Energy Association, October 2014).

Roland N. Horne and Jefferson W. Tester, “Geothermal Energy: An Emerging Option for Heat and Power,” *The Bridge*, vol. 44, no. 1 (Spring 2014), pp. 7–15.

International Geothermal Association, at www.geothermal-energy.org.

John W. Lund and Tonya L. Boyd, “Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review,” prepared for World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19–25 April 2015.

Joseph N. Moore and Stuart F. Simmons, “More Power from Below,” *Science*, vol. 340, no. 6,135 (24 May 2013), pp. 933–34.

Árni Ragnarsson, “Geothermal Development in Iceland 2005–2009,” presented at World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 25–29 April 2010.

Jefferson Tester et al., *The Future of Geothermal Energy: Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century* (Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2006).

ThinkGeoEnergy, at thinkgeoenergy.com.

U.S. Department of Energy, Frontier Observatory for Research in Geothermal Energy (FORGE), at energy.gov/eere/forge.

A vízenergia

American Rivers, at www.americanrivers.org.

Atif Ansar et al., “Should We Build More Large Dams? The Actual Costs of Hydropower Megaproject Development,” *Energy Policy*, vol. 69, no. 2 (June 2014), pp. 43–56.

International Commission on Large Dams, at www.icold-cigb.org.

International Energy Agency, *Hydropower Technology Roadmap 2012* (Paris: 2012).

International Rivers, *State of the World’s Rivers* (Berkeley, CA: 2014), at www.internationalrivers.org.

Ruud Kempener and Frank Neumann, *Tidal Energy Technology Brief and Wave Energy Technology Brief* (Abu Dhabi, United Arab Emirates: International Renewable Energy Agency, 2014).

Heng Liu, Lara Esser, and Diego Masera, eds., *World Small Hydropower Development Report 2013* (Vienna and Hangzhou, China: United Nations Industrial Development Organization and International Center on Small Hydro Power, 2013).

Andreas Maeck, “Sediment Trapping by Dams Creates Methane Emission Hot Spots,” *Environmental Science and Technology*, vol. 47, no. 15 (25 June 2013), pp. 8,130–37.

U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, “Hydropower Explained,” at www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=hydropower_home.

Christiane Zarfl et al., “A Global Boom in Hydropower Dam Construction” *Aquatic Sciences*, vol. 77, no. 1 (1 January 2015), pp. 161–70.

Az atomenergia

Mark Cooper, *Public Risk, Private Profit; Ratepayer Cost, Utility Imprudence* (South Royalton, VT: Institute for Energy and the Environment, Vermont Law School, March 2013).

Henry Fountain, “Chernobyl: Capping a Catastrophe,” *New York Times*, 27 April 2014.

International Atomic Energy Agency, *Power Reactor Information System*, database at www.iaea.org/pris.

Amory B. Lovins, “The Economics of a U.S. Civilian Nuclear Phase-out,” *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 69, no. 2 (March/April 2013).

Oliver Morton, “Special Report: Nuclear Energy—The Dream That Failed,” *The Economist*, 10 March 2012.

Mycale Schneider and Antony Froggatt, *The World Nuclear Industry Status Report 2014* (Washington, DC: July 2014).

Union of Concerned Scientists, “Nuclear Power,” at www.ucsusa.org/our-work/nuclear-power.

U.S. Nuclear Regulatory Commission, “Backgrounder on Chernobyl Nuclear Power Plant Accident,” “Backgrounder on Nuclear Insurance and Disaster Relief,” and “Backgrounder on the Three Mile Island Accident,” at www.nrc.gov.

World Nuclear Association, at www.world-nuclear.org.

Az olaj és a földgáz

Concerned Health Professionals of New York, Compendium of Scientific, Medical, and Media Findings Demonstrating Risks and Harms of Fracking (Unconventional Gas And Oil Extraction) (New York: 2014).

Russell Gold, *The Boom: How Fracking Ignited the American Energy Revolution and Changed the World* (New York: Simon and Schuster, 2014).

Robert W. Howarth, “A Bridge to Nowhere: Methane Emissions and the Greenhouse Gas Footprint of Natural Gas,” *Energy Science and Engineering*, vol. 2, no. 2 (June 2014), pp. 47–60.

Mason Inman, “How to Measure the True Cost of Fossil Fuels,” *Scientific American*, vol. 308, no. 4 (April 2013).

Michael Klare, *The Race for What's Left: The Global Scramble for the World's Last Resources* (London: Picador, 2012).

A megújuló energiák—Általános információk

Bloomberg New Energy Finance, Multilateral Investment Fund, U.K. Department for International Development, and Power Africa, *Climatescope 2014: Mapping the Global Frontiers for Clean Energy Investment* (London: 2014).

Bloomberg New Energy Finance, United Nations Environment Programme, and Frankfurt School of Finance & Management, *Global Trends in Renewable Energy Investment 2014* (Frankfurt, Germany: 2014).

Database of State Incentives for Renewables & Efficiency, at www.dsireusa.org.

Mark A. Delucchi and Mark Z. Jacobson, "Providing All Global Energy with Wind, Water, and Solar Power, Part II: Reliability, System and Transmission Costs, and Policies," *Energy Policy*, vol. 29 (2011).

Justin Gillis, "Sun and Wind Alter Global Landscape, Leaving Utilities Behind," *New York Times*, 13 September 2014.

Greentech Media, at www.greentechmedia.com.

International Energy Agency, *Energy Technology Perspectives 2014* (Paris: 2014).

International Energy Agency, *World Energy Outlook 2014* (Paris: 2014).

International Renewable Energy Agency, *REthinking Energy 2014* (Abu Dhabi: 2014).

Mark Z. Jacobson and Mark A. Delucchi, "Providing All Global Energy with Wind, Water, and Solar Power, Part I: Technologies, Energy Resources, Quantities and Areas of Infrastructure and Materials," *Energy Policy*, vol. 29 (2011).

Lazard, [Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis](#) (New York: 2014).

REN21, *Renewables 2014 Global Status Report* (Paris: 2014).

Sven Teske et al., *Greenpeace, Energy [R]evolution* (Washington, DC, and Brussels: Greenpeace and Global Wind Energy Council, 2014).

U.S. Environmental Protection Agency, "Green Power Partnership," at www.epa.gov/greenpower.

Ethan Zindler et al., [2014 Sustainable Energy in America Factbook](#) (Bloomberg New Energy Finance, 2014).

A napenergia

David Biello, "Solar Wars," *Scientific American*, vol. 311 (November 2014).

European Photovoltaic Industry Association, *Global Market Outlook for Photovoltaics 2014–2018* (Brussels: May 2014).

GTM Research and Solar Energy Industries Association, *U.S. Solar Market Insight*, quarterly and annual reports at www.seia.org/research-resources/us-solar-market-insight.

Franz Mauthner and Werner Weiss, *Solar Heat Worldwide: Markets and Contribution to the Energy Supply 2012* (Gleisdorf, Austria: International Energy Agency, Solar Heating & Cooling Programme, June 2014).

John Perlin, *Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy* (Novato, CA: New World Library, 2013).

[David Roberts, "Utilities for Dummies" series, at grist.org/series/utilities-for-dummies.](http://grist.org/series/utilities-for-dummies)

Vishal Shah, Jerimiah Booream-Phelps, and Susie Min, *2014 Outlook: Let the Second Gold Rush Begin* (New York: Deutsche Bank Markets Research, January 2014).

Solar Energy Industries Association, at www.seia.org.

UBS Ltd., "Will Solar, Batteries and Electric Cars Re-shape the Electricity System?" (Zurich: 20 August 2014).

U.S. Department of Energy, "2014: The Year of Concentrating Solar Power," fact sheet (Washington, DC: May 2014).

U.S. Department of Energy, SunShot Initiative, at energy.gov/eere/sunshot.

A szállítás és a városok

Bike Share World Map, at www.bikesharingworld.com.

Benjamin Davis and Phineas Baxandall, *Transportation in Transition* (Boston: U.S. PIRG and Frontier Group, December 2013).

Tony Dutzik and Phineas Baxandall, *A New Direction: Our Changing Relationship with Driving and the Implications for America's Future* (Boston: U.S. PIRG Education Fund and Frontier Group, 2013).

Institute for Transportation and Development Policy, at www.itdp.org.

International Energy Agency, "Transport," at www.iea.org/topics/transport.

Janet Larsen, "Bike-Sharing Programs Hit the Streets in Over 500 Cities Worldwide," *Plan B Update* (Washington, DC: Earth Policy Institute, 25 April 2013).

National Complete Streets Coalition, at www.smartgrowthamerica.org/complete-streets.

John Pucher and Ralph Buehler, eds., *City Cycling* (Cambridge, MA: The MIT Press, 2012).

Susan Shaheen and Adam Cohen, *Innovative Mobility Carsharing Outlook* (Berkeley, CA: Transportation Sustainability Research Center–University of California, Berkeley, Summer 2014).

Michael Sivak, *Has Motorization in the U.S. Peaked?* (Ann Arbor, MI: University of Michigan Transportation Research Institute, 2014).

U.S. Environmental Protection Agency, *Light-Duty Automotive Technology, Carbon Dioxide Emissions, and Fuel Economy Trends: 1975 through 2014* (Washington, DC: December 2014).

A szélenergia

American Wind Energy Association, at www.awea.org.

Cristina L. Archer and Mark Z. Jacobson, "Supplying Baseload Power and Reducing Transmission Requirements by Interconnecting Wind Farms," *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, vol. 46 (November 2007), pp. 1,701–17.

Global Wind Energy Council, *Global Wind Report: Annual Market Update 2013* (Brussels: 2014).

Xi Lu, Michael B. McElroy, and Juha Kiviluoma, "Global Potential for Wind-Generated Electricity," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, no. 27 (7 July 2009), pp. 10,933–38.

Navigant Consulting, Inc., *Offshore Wind Market and Economic Analysis: 2014 Annual Market Assessment* (Burlington, MA: September 2014).

Christian von Hirschhausen, “The German 'Energiewende'—An Introduction,” *Economics of Energy & Environmental Policy*, vol. 3, no. 2 (2014), pp. 1–12.

Ryan Wiser and Mark Bolinger, *2013 Wind Technologies Market Report* (Washington, DC: U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, August 2014).

Justin Wu, “BNEF University: How Innovation is Driving System Change,” presentation at The Future of Energy Summit 2014, New York, 7 April 2014.

Köszönetmondás

A könyv három társszerzője (Janet Larsen, kutatási igazgató, továbbá kutató kollégáim J. Matthew Roney és Emily E. Adams) nemcsak segítettek nekem a könyv megírásában, hanem a kutatások nagy részét is ők végezték el. A társszerzők a könyvben tárgyalt sok problémával már sok éve foglalkoznak, és tapasztalataik roppant hasznosnak bizonyultak, hiszen az energiapolitikai átmenet hajtóerői roppant gyorsan fejlődő technikák. Munkánkat Lindsay Garten kutatási asszisztens is segítette.

Mivel a Földpolitikai Intézet globális problémákkal foglalkozik, és olvasóközönsége szerte az egész világban megtalálható, nagymértékben támaszkodunk a könyvkiadók 34 nyelven publikáló, gyakorlatilag összes nyelvet magában foglalozó nemzetközi hálózatára. A Földpolitikai Intézet számára szerencsés módon munkáink más nyelvekre történő lefordítását és kiadását sok olyan külföldi kiadó végzi, melyekkel baráti viszonyt ápolunk. Az ő erőfeszítéseinek köszönhetően 13 könyvünk különféle nyelveken kiadott fordításai majdnem egy teljes könyvespolcot megtöltöttek. Ezek a kiadók önmagukban többszörösére növelték olvasótáborunkat. Mi és az egész világ hálás lehet ezeknek a kiadóknak.

Az adminisztratív tevékenységekkel kapcsolatban meg kell említenünk Reah Janise Kauffmant, intézetünk elnökhelyettesét, aki hatékonyan irányítja a Földpolitikai Intézet kapcsolatait, könyvértékesítési menedzserünket, Millicent Johnstont, aki egyben az intézet gondnoka és könyvtárosa, és Julianne Simstont, webkommunikációs informatikusunkat, aki társadalmi kapcsolattartásunkat és kommunikációnkat segíti.

Segítséget nyújtva, a könyv egészét, illetve annak egyes fejezeteit a megírás során az alábbi személyek tekintették át: Bill Brown, Gail Gorham, Linda Harrar, Maureen Kuwano Hinkle és Jessie Roberts. Hálás köszönet az alább felsoroltaknak, akik bizonyos információk rendelkezésre bocsátásával segítettek: Kara Choquette, Scott Cohen, James Critchfield, Paul DeMaio, Brett Fleischman, Karl Gawell, Nicole Ghio, Justin Guay, Caroline Herron, Mary Anne Hitt, Dough Hollett, Rudhdi Karnik, Melissa Klein, Kim Kohl, Xiupei Liang, Kimberly Lucas, John Lund, Vrinda Manglik, Benjamin Matek, Russel Meddin, Shyam Mehta, Peter Midgley, Jay Nathwani, Liming Qiao, Surabhi Rajagopal, Alexander Richter, Anastasia Schemkes, Mycle Schneider, Jim Swafford, Carsten Vittrup és Mark Wakefield.

Mint mindig, hálával tartozunk könyvünk szerkesztőjének, Linda Starke-nak, aki több mint harminc éves, nemzetközi tapasztalattal rendelkezik környezetvédelemről szóló

könyveink és jelentéseink kiadásában. Biztos kézzel szerkesztette meg nemcsak ezt a könyvet, hanem ebben a harminc éves időszakban megjelent összes könyvemet.

Maggie Powell a levonatokat nagyon szoros határidők betartása mellett ellenőrizte, és az ő lelkiismeretes erőfeszítéseinek köszönhetően a könyv rekordsebességgel jelent meg. A tárgymutató gyors elkészítése Kate Mertes szakértelmét dicséri.

Intézetünk anyagi támogatásáért hálával tartozunk az ENSZ Népesedési Alapjának, valamint a Farvue-, Shenandoah- és a Wallace Genetic-alapítványoknak. A magánszemély támogatók közül külön szeretnék köszönetet mondani Fred Stanchbank-nek nagylelkű támogatásáért. Intézetünket segíti a Laney Thorntontól, Peter Seideltől és John Robbinstól kapott folyamatos anyagi támogatás.

Végül pedig köszönet illeti a W. W. Norton & Company Kiadóvállalat kiváló csapatát, különösképp Amy Cherry-t, könyvünk kiadási menedzserét, Louise Parasmó-t, aki könyv munkálatainak ütemezését felgyorsította, Chin-Yee Lait, a könyvborító tervezőjét, Bill Rusint, a kiadó értékesítési igazgatóját, és külön mondunk köszönetet Drake McFeely-enk, a Kiadó elnökének. Nagy öröm ilyen nagyszerű csapattal együtt dolgozni és annak is örülök, hogy a W. W, Norton Kiadóvállalat negyven éve adja ki munkáimat.

És köszönet illeti olvasóinkat is, hisz könyvünk sikere tőlük függ.

Lester R. Brown

Lester R. Brown, a Földpolitikai Intézet (*Earth Policy Institute*) elnöke. A 2001 májusában alapított Földpolitikai Intézet nem nyereségorientált, interdiszciplináris kutatóintézet, melynek székhelye Washingtonban található. A Földpolitikai Intézetnek az a célja, hogy tervet dolgozzon ki a fenntartható civilizáció létrehozására, és megmutassa az utat, hogy hogyan lehet a mostani helyzetből a fenntartható civilizációig eljutni.

A *Washington Post* Lester Brown-t a „világ egyik legbefolyásosabb gondolkodójaként” jellemezte. A *Telegraph of Calcutta* pedig a „környezetvédelmi mozgalom gurujának” nevezte. 1986-ban a Kongresszusi Könyvtár állományába vette Lester Brown kéziratait, mert szeretné őket a könyvtár archívumában megőrizni.

Mintegy negyven éve volt, hogy Lester Brown segített megismertetni a környezetvédelmi szempontból fenntartható fejlődés fogalmát, egy olyan fogalomét, amelyet a B-terv testesít meg. Lester Brown egy másik intézet alapítója is: a Világfigyelő Intézetről (*Worldwatch Institute*) van szó, amelynek elnöke volt az Intézet működésének első 26 évében. Brown pályafutása legelején mezőgazdasági vállalkozóként paradicsomtermeléssel foglalkozott, de a későbbiekben 53 könyv könyv szerzője, illetve társszerzője volt, és teljesítményéért 25 egyetem választotta meg díszdoktorának. Mivel művei több mint negyven nyelven olvashatók, Lester R. Brown a világ egyik leggyakrabban kiadott szerzője.

Lester Brownt MacArthur-ösztöndíjban részesítették, és számtalan díjat és elismerést kapott, többek között 1987-ben az ENSZ Környezetvédelmi Díját, a WWF 1989. évi Természetért Aranyérmét, továbbá a „globális környezetvédelmi problémák megoldásához való kivételesen fontos hozzájárulásáért” Japán 1994. évi Kék Bolygó Díját. Lester Brownt nemrég tüntették ki Olaszország Elnöki Érmével. Lester Brownt Kínában három intézmény, köztük a Kínai Tudományos Akadémia, avatta tiszteletbeli professzorává.

Janet Larsen az Earth Policy Institute (Földpolitikai Intézet) kutatási igazgatója és egyik alapítója. Ő irányítja az Intézet kutatási programját, és interdiszciplináris megközelítést alkalmazva egy sor folyamat elemzésével foglalkozik: energiapolitikai kérdések, az éghajlat, népesépgy politika, valamint a víz- és élelmiszerellátás problémái. Korábban a *Worldwatch Institute* (Világfigyelő Intézet) munkatársa volt. Janet Larsen a Stanford Egyetemen interdiszciplináris környezetvédelemből szerzett diplomát.

J. Matthew Roney vezető kutatási munkatárs 2007-ben kezdett el az Intézetben dolgozni. Környezetvédelemből a New Hampshire Egyetemen szerzett alapidiplomát, majd a John Hopkins Egyetemen szerzett mesterfokozatot környezetvédelemből és környezetvédelmi politikából. A megújuló energiák és az atomenergia kérdésein kívül foglalkozik még a szállítás, a halászat és a haltenyésztés kérdéseivel.

Emily E. Adams kutatási munkatárs 2012-ben csatlakozott a Földpolitikai Intézethez. A Duke Egyetem Nicholas Környezetvédelmi Karán környezetgazdálkodásból szerzett mesterdiplomát, és tanulmányai során a tudományos eredmények és politika kapcsolódási pontjai játszottak fontos szerepet. Alapidiplomát környezetvédelemből szerzett a washingtoni American University-n.