

ENERGIAGONDOK MAGYAR SZEMMEL

Energiarendszerek: gazdaság, környezet, társadalom

Vajon lesz-e elegendő energia ahhoz, hogy Magyarországon gazdasági fejlődés induljon meg? Néhány éve még evidenciának tűnt, hogy a fejlődés záloga a növekvő energiaigények állandó kielégítése. Az energiapolitika idősorokon mutatta be, hogyan növekszik évről évre az országban felhasznált energia mennyisége, és az előrejelzések hasonló tendenciát ígértek a jövőre nézve is. Újabban viszont számos jelzés, tapasztalat, nemzetközi összehasonlítás legalábbis elgondolkosztatja a szakembereket, és az is felvetődött, hogy maga a kérdésfeltevés hibás.

A nemzetközi összehasonlítás arra utal, hogy a tervgazdaságokban, így hazánkban is óriási felszabadítható energiataralékoknak kell lenniük. Kijelenthetjük, hogy nem az energiatermelés bővítése a gazdaság fellendülésének feltétele, hanem éppen fordítva, az energiatermelési beruházások erőltetése elvonja az anyagi erőket az ipari szerkezet – ugyancsak nem olcsó – átalakításától, amely szerkezetváltás viszont előfeltétele a gazdaságilag versenyképes termelésnek, ezen belül pedig a hatékonyabb energiafelhasználásnak is. A tervgazdaságok tehát, alkalmazkodva a szovjet energiaellátáshoz, az „olcsó energiaforrás” csapdájában, jövedelmük jelentős részét (és a felvett külföldi hiteleket) drága energiatermelő berendezések építésére fordították, és egyre több pénzükbe került, hogy kihasználják az „olcsó” energia „előnyeit”. Eközben nem jutottak lélegzethez, és végzetesen elmaradnak az egészen más fejlődéspályán mozgó világtól.

Közismert, hogy jó másfél évtizede világszerte megváltoztak az arányok, drágábbak lettek az energiahordozók. Talán kevésbé szokták hangsúlyozni azt a tényt, hogy az 1973-as ugrás nem eltorzította, hanem helyrebillentette az arányokat. A hetvenes évek második felében egy olcsó energiával elkényeztetett világnak a valós árakkal kellett szembesülnie.

A piacgazdaságok azonnali reakciója a rövid távú takarékoskodás volt. Később új termékeivel alkalmazkodni kezdett a kihíváshoz a feldolgozóipar,

1979-ben pedig, amikor az OPEC ismét megkétszerezte az árakat, egyszerűen gazdaságossá váltak az alternatív energiaforrások és a drágán kiaknázható olajmezők termékei is. Ez már az olajbevételekre számító országoknak nem állt érdekében, és az árak fokozatosan visszacsúsztak egy egyensúlyinak nevezhető szintre, ez év elején pedig még lejjebb, hordónként 20 dollár alá.

Kelet-Európa központilag tervezett gazdaságai képtelenek voltak az alkalmazkodásra, sőt mindmáig az energiaárak alacsonyan tartására irányult minden erőfeszítésük. Amit nem sikerült tartósítani az OPEC és a Nyugat viszonyában – azaz alacsony árakon keresztül függővé tenni a világot az olajtermelőktől, majd fenntartani ezt a függőséget egy magasabb árszinten –, az a Szovjetunió és kelet-európai partnerei eddigi kapcsolatában maradéktalanul érvényesült. Az energiafüggővé tett termelés és életvitel nem egyszerűen a monopóliárral való gazdasági zsarolhatóságot, hanem egy ennél sokkal veszélyesebb strukturális függést is eredményez, ahol az ellátó politikai kulcsszerepbe kerülve, hatalmi összefüggésekben érhet el zsarolási pozíciót. Ilyenkor nem könnyű megmondani, hogy az alacsony árakkal ki kit zsákmányol ki, mert a valódi viszonyok csak hosszabb távon mérlegelhetők.

A hazai nemzetgazdaságot tehát az energetika oldaláról egyszerre kétféle kihívás éri. A nyugati minta a fejlett országok gazdasági szerkezetéhez és energetikai arányaihoz való makrostrukturális közeledést, azaz egy hosszabb távú szerkezetátalakítást sürget. Ugyanakkor rövid távon érvényesül egy sokkhatás – az olcsó és biztos energiautánpótlás elvesztése –, amit végzetes csapásként élnek meg a döntéshozók, mert ezt a problémát lehetetlen minden más körülmény változtatlanul hagyásával megoldani.

A „strukturális beavatkozás” jelszava azonban önmagában semmit sem mond arról, hogy ténylegesen miben különböznek a kelet-európai országok és a fejlett gazdaságok energetikai viszonyai. Részletesebb összevetésekre van szükség, hogy a lényegi elemekre rá tudjunk világítani. A fejlett országokban a nehézipar, sőt általában az ipar súlya kisebb, a termelés és a termékek energiaigénye szintén kisebb, az előállítás szolgáltatástartalma nagyobb.

Ennek megfelelően a főbb energiafogyasztó csoportokat tekintve a piacgazdaságokban általában kisebb arányt képvisel az ipar fogyasztása, nagyobb a háztartásoké és a kommunális-szolgáltatói szféráé. Megjegyzendő, hogy egy gyakran hangoztatott érv szerint Magyarországon azért lesz szükség a jövőben több energiára, mert a háztartások nemzetközi összehasonlításban ma még alacsony fogyasztása nőni fog. Ezzel szemben határozottan le kell szögezni, hogy a fejlett országoknak az ábrákon bemutatott energiafelhasználási statisztikái is tartalmazzák a háztartások fogyasztását, és a teljes fajlagos energiafelhasználást úgy kell a felére csökkentenünk, hogy eközben a háztartások fogyasztásának részaránya növekedjék: az ipari fogyasztás fajlagos csökkenésének kell ezt is kompenzálnia!

Egy másik metszetben vetve össze a fejlett piac- és a tervgazdaságok iparszerkezetét, nyilvánvaló, hogy az előbbieknél termelőeszközei korszerűbbek, kisebb anyag- és energiafelhasználással termelnek. Ugyanezt mondhatjuk a termékekről is – a háztartási gépekről, a gépkocsikról, a kerti eszközökről és sok egyébéről. Mindezek gyorsabban is cserélődnek, vagyis az eszközállomány újabb és jobb állapotban van.

A fejlett országok visszafejlesztették vagy kitelepítették energiaigényes iparágukat, például a kohászatot, a hajógyártást. E bonyolult kérdéskörbe nemcsak a válságiparágak szociális kezelésének, a munkanélküliségnek a problémája tartozik bele, hanem e jelenség kapcsán az a gyanú is felmerül, hogy talán azért építhetik le egyes országok az energiaigényes termelést, mert más országok elvégzik helyettük a „piszkos” munkát. Ha valóban ez a helyzet, akkor világméretben nem hatékonyabb termelésről, hanem csupán egyfajta, a fejlett világ számára előnyös szegregálódásról van szó: az egyik ország kedvező mutatóinak árát a másik ország fizeti meg. Nekünk pedig ebben az esetben azt a (nem túl barátságos) kérdést is fel kell tennünk, hogy vajon mi az, amit mi továbbadhatunk (és kinek), ahelyett, hogy magunk használnánk a végső lepusztulásig és elértéktelenedésig minden eszékört és technológiát.

A másik tanulmányozandó elem a fejlett országokban végbement változások időbeli lefolyása. A szerkezetváltáshoz meg kell különböztetni egymástól a

rövid és a hosszú távú helyettesítési folyamatokat.

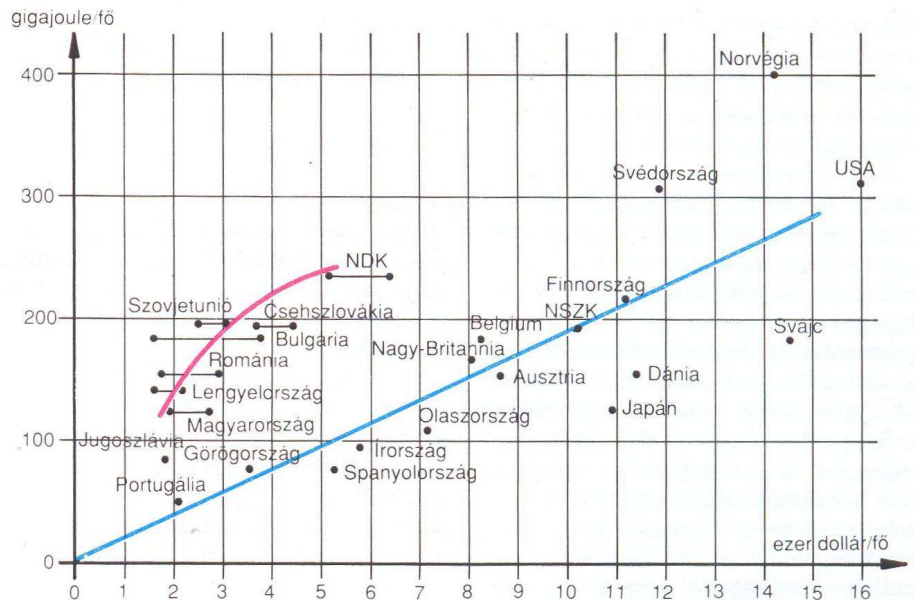
A rövid távú helyettesíthetőség elsősorban az adott időpontban meglévő ipari termelési kapacitástartalékban rejlő játéklehetőséget jelenti. Nem szükséges mindig minden energiaintenzív termelési lehetőséget igénybe venni: a piaci keresletnek és az érvényben lévő értékelési elveknek megfelelően egyes iparágakban esetleg érdemes valamely munkaintenzív, de energiatakarékos, kevésbé „korszerű” gyártástechnológiát életben tartani.

Az állam feladata a rövid távú helyettesíthetőséggel kapcsolatban mindössze annyi, hogy a mikrogazdasági szférában engedje érvényre jutni a piaci készítéseket. A tulajdonképpeni döntéseket a szereplőknek üzleti stratégiájuknak megfelelően kell meghozniuk.

Hosszabb távon a fejlett országokban az egyes iparágak termelési görbéi maguk is eltolódnak. A hatvanas évek tipikus ipari fejlesztései nagyobb termékmennyiség előállítását irányozták elő, javuló fajlagos (de nagyobb összes) energiafelhasználás mellett, kevesebb munkaerővel. A hetvenes évek közepétől a fejlesztésekben nagyobb súly helyeztek az összes energiafelhasználás csökkentésére, míg a nyolcvanas évek posztindusztriális fejlesztési elveiben megjelenik a termékmennyiség csökkentésének igénye is (csak rendelésre, szolgáltatászerűen, nem raktárra történő termelés), majd ugyancsak e szolgáltatói szemléletben teret kap a munka, a személyesség átértékelése – az emberi részvétel többé nem „leépítendő költségtenyező”, hanem a szolgáltatás minőségét javító, elvárt elem, s mellesleg a munkanélküliség problémáját kezelni képes gyakorlat.

Az egyes ágazatokat vizsgálva Nakičenič kimutatja, hogy az elmúlt száz év – a mintegy 50 éves periódusú Kondratyev-ciklusokkal jól leírható – energiafelhasználási rekordjai egybeestek egy-egy elavult energiahordozó kiszorulásának kezdetével; 1860-ban, 1910-ben, illetve 1970-ben tetőzött a nemzeti össztermékre vetített energiaintenzitás és az összes energiafogyasztás. Ugyanezekben az években a források részarányában rendre tetőzött, majd kezdte elveszteni vezető szerepét az állati vonóerő, a szén, illetve az olaj, hogy 20–25 éven belül a soron következő, divatosabb energiaforrásnak engedje át az elsőbbséget.

A hosszú távú alkalmazkodásnak a fejlesztési döntésekre ható kényszerek tanulmányozásán kell alapulnia, és nem az aktuális piaci igényeknek, hanem a keresleti tendenciák ismeretének kell e döntéseket befolyásolniuk.



A KÖZPONTILAG TERVEZETT gazdaságok energiafelhasználási hatékonysága elmarad a fejlett piacgazdaságok hasonló mutatójától. A függőleges tengelyről az egyes országok egy főre jutó elsődleges energiafelhasználását olvashatjuk le, a vízszintes tengelyen pedig az országok fejlettségét kifejezni hivatott egy főre eső nemzeti összterméket tüntettük fel. A piacgazdaságok energiafelhasználása lényegében arányos a fejlettségükkel. Jól elkülönül tőlük a kelet-európai országok csoportja, amelyek ugyanannyi energia felhasználásával feleakkora termelést mutatnak fel. (Utóbbiak helyét a statisztikai adatok és a nemzeti jövedelemből való átszámítás bizonytalanságai miatt pont helyett egy-egy szakasz jelzi az ábrán.)

Ha az energiafolyamatok másik végére, azaz a forrásoldalra vetünk egy pillantást, itt is el kell kerülnünk azt a közhelyet, miszerint fogytán az energia, és verseny folyik a szűkös készletekért. Gyakori ugyanis, hogy a nagyobb léptékű környezeti megközelítés is ilyen módon torzítva jelenik meg a technokratikus érvelésben.

Tulajdonképpen a teljes termelésorientált, nyereségcentrikus ipari kultúra, azaz a nyugati gazdálkodási rend jutott válságba, mivel nem képes együtt élni a természettel. Az emberiség olyan mértékű technológiai lehetőséget halmozott fel, hogy függetlenítse magát a természettől, hogy kétséges, vajon képes-e átprogramozódni egy gyökeresen más értékrendet kívánó szemlélet felé: megtenni a természettel azt, amit a másik emberrel, a másik néppel nem tettünk meg, azaz a másik fejével, a másik érdekeit szem előtt tartva gondolkodni?

Mivel nem feladatunk a környezetgazdálkodás átfogó kérdéskörét körüljárni, azt hangsúlyozom csupán, hogy az energiával való bánásmódunk és a környezethez való viszonyunk egy és ugyanaz. Más szóval, az energia és a környezet kapcsolata nem az erőművi kibocsátásoknál vagy a nukleáris hulladékoknál kezdődik. Nem az energiatermelés módjaitól közötti választásnak kell központi kérdéssé válnia, hanem teljes energiafogyasztásunkat, az energia körforgalmát kell vizsgálat alá venni. Környezeti szempontból nézve a probléma nem

az, hogy nincs energia, hanem az, hogy bármelyik folyamatot tekintjük is, az energia kinyerése nem választható el hordozójának egyéb funkcióitól. A biomassza megújuló energiaforrás, de ha túl sok biomassza kerül ki a természetes körforgásból, akkor a talaj veszíti el megújulási képességét. A vízenergia is megújuló energia, de ha energiatermelés céljából betonteknőkké lépcsőzzük a folyómedreket, akkor kipusztulnak a halak, nem képes megújulni a vízi és vízparti élővilág, a folyó vize.

De vajon miért van az, hogy az energiapolitikai tervekben szinte kizárólag az energiaellátás kérdése kap hangsúlyt, s alig esik szó az ésszerűbb hasznosításról? A források áttekintése és az igények észlelése között rövidre zár a technológiai típusú energetikai gondolkodás. Intézményi struktúrák és önigazoló reflexek felelősek azért, hogy örökösen néhány hibásan felállított, megoldhatatlan dilemmába ütközzünk. Ezek közé tartozik a kelet-európai és az ipari típusú gondolkodás néhány alappillére: a hierarchikus hatalmi és technológiai keresztivatközásoknak a csapdája, a nagyrendszerek sebezhetőségének a kelepcéje, vagy a túlbecsült igények dédelgetése.

Ha a hazai helyzetet vizsgáljuk, alig fér kétség ahhoz, hogy az energiatermelés – mint központosított nagyipar – rátelepedett a gazdaságra. E tekintetben persze jobbra csak eredményességével tűnt ki az egyéb monopolvállalatok, a

hírközlés, a közlekedés vagy a vízügy hasonló formációt közl. A kiszolgálás sehol sem vált szolgáltatássá, a fogyasztó „folyamodni” kényszerült, ha hozzá akart jutni valamihez.

Piac hiányában a központilag tervezett és központi újraelosztáson alapuló gazdaság jelentős része a központ döntéseitől függ. Ez a gazdálkodás résztvevőiben megteremti az igényt olyan stratégiák kialakítására, amelyekkel befolyásolhatják a döntéshozókat, ezen keresztül biztosítva saját fennmaradásukat, fejlesztéseik fedezetét. Ugyanakkor a központi pénzforrások elosztásáért folyó harcban a fogyasztói igényekre való hivatkozás ütőkártyává válik, legitimálja azokat a fenyegetéseket, amelyekkel például az energiaágazat is él, amikor csődállapottal fenyegeti a mindenkori kormányzatot arra az esetre, ha az ágazati fejlesztésekre nem jutna elegendő pénz.

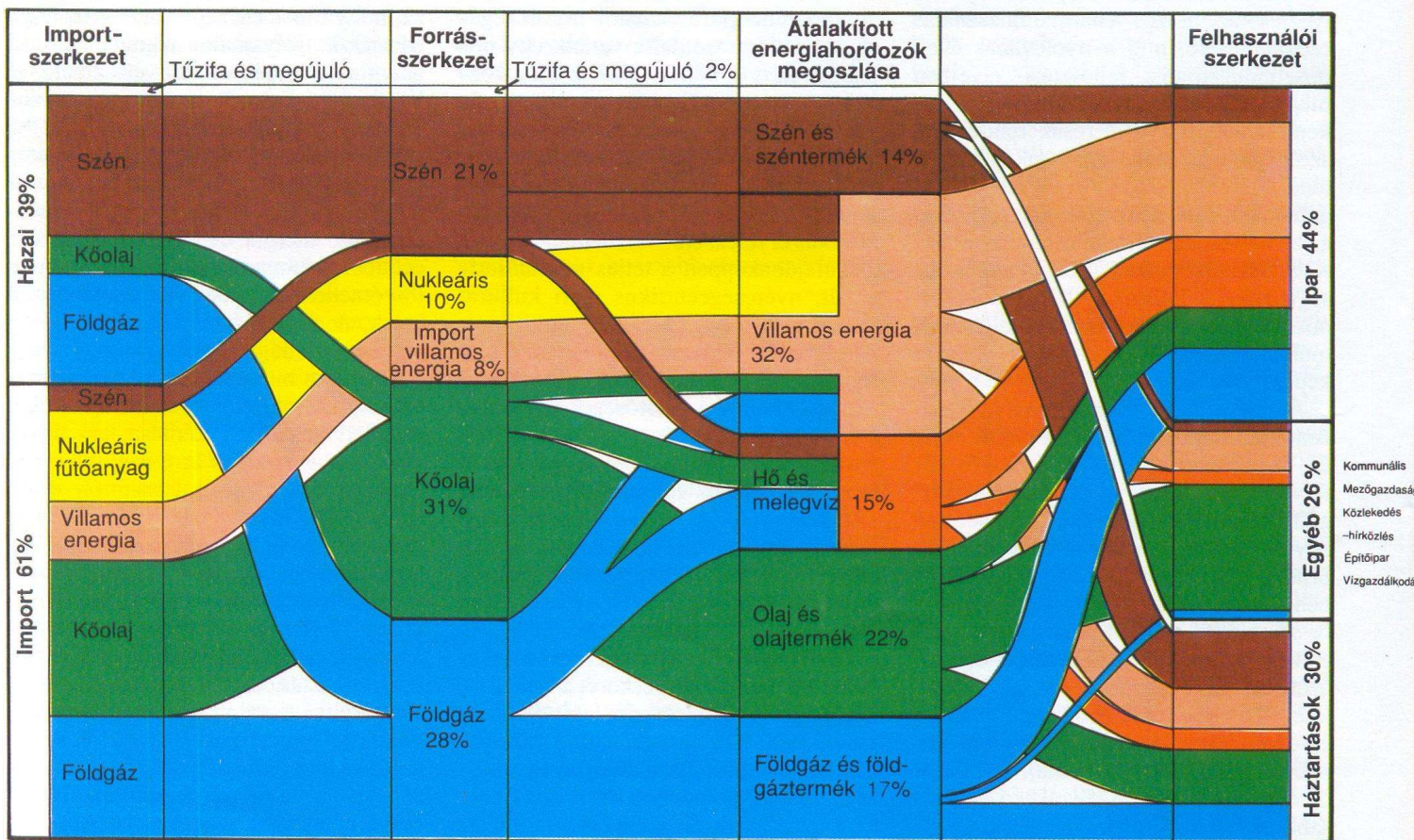
Egy olyan gazdaságban, ahol számos ágazatot látunk ehhez a fegyverhez nyúlni, ez a viselkedés nem lehet véletlen torzulás. A piacra nem figyelő – hi-

szen nem onnan élő – gazdasági alanyok jellegzetes harcmódora, hogy azokra próbálnak hatni, akik potenciális pénz-eszközök fölött rendelkeznek: központi gazdaságtervezés esetén magára az államra. Még nem dőlt el, vajon a piaczgazdaság felé való elindulást deklaráló állam képes lesz-e valóban kitenni a piac hatásainak az állami paternalizmus első számú hasznélvezőit, vagy ezek továbbra is kivételezett helyzetekben maradnak.

Tudjuk, hogy számos közszolgálati funkció, így a tömegközlekedés vagy a közművek is hasonló problémákkal küzdenek. Nincs végiggondoltan elhatárolva, mit lehet és mit nem célszerű „álmaltalanítani”. De közös az az ágazati hivatkozásrendszer is, amely műszaki szempontokkal érvel a nagy ellátóhálózatok központi kezelése és a rájuk épülő intézményi struktúrák fennmaradása mellett. Ez az érvelés azonban kifordított: éppen a központosított hatalmi-intézményi érdekek tartják fenn számos területen a hierarchikus szerveződés megváltoztathatatlanágának látszatát.

Ezzel szemben a sokközpontú hálózatok nemcsak reális technológiai lehetőséget kínálnak, hanem éppen az előrelépés hordozói. Az ilyen hálózatokban az egymás mellé rendelt irányítási gócek egy közös szabályrendszer segítségével egy nagyobb hálózat részeként, de az adott döntési térben önállóan tevékenykednek; ilyenek például az informatikai rendszerek, a nemzetközi, de egy rendszerként működő vasúti hálózatok vagy éppen a nyugat-európai energetikai rendszer.

Ahogy általában a termelés, úgy az energiatermelés esetében sem indokolt kizárólag nagy létesítményekben gondolkodni. Műszaki szempontból is nyilvánvaló, hogy ha a hazai villamosenergia-termelés felét egyetlen erőmű adja, akkor gyakorlatilag nem lehet felkészülni annak esetleges pótlására. A nagyfokú sebezhetőség tudatosodása azonban mindeddig nem a nagy centrumok leépítéséhez vezetett, hanem a biztonság, a védekezés egyre kifinomultabb (és egyre drágább) technológiáinak a bevezetéséhez. Ma már, paradox módon,



A HAZAI ENERGIAHORDOZÓK és a felhasználásukig vezető főbb átalakítási folyamatok. A mérlegben 10 százalékot képviselő nukleáris fűtőanyagot is importnak tekintve, az 1989. évi teljes energiafelhasználás 61 százaléka származik behozatalból (egyezményes energia-egyenértékben). A megújuló energiaforrásokon belül a 0,1 százalékos részesedésű vízenergia-hasznosítást nem tüntettük fel. A felhasználás ágazatok közötti arányait illetően némiképpen eltérő ér-

tékek vannak forgalomban, mert az energetikai ipar ráfordításait olykor együtt, az iparban, máskor a felhasználók között szétosztva tüntetik fel. Az ábra az utóbbi mérlegadatot szemlélteti az 1989. évi hazai felhasználás KSH-adatai alapján. Nem ábrázoltuk a készletváltozásokat, az anyagkenti (nem energetikai) felhasználást, az exportot; az átalakítási és egyéb veszteségeket pedig a fogyasztásra terheljük. Ezért a villamosenergia hőértékét kilowattóránként 10 ezer kilojoule-nak vettük.

a rendszert felügyelő biztonsági technológia költséges volta erősebb indok a nagyrendszer szükségessége, „gazdaságossága” mellett, mint a tulajdonképpeni energiatermelési technológia költségviszonyai. Kimarad a számításból, hogy a kisebb elemeknek természetes képességük, hogy szükség esetén helyettesítik egymást, ezáltal is rugalmasabb, az igényekhez jobban idomuló hálózatot alkotnak. Ennek figyelmen kívül hagyását nevezjük a nagyrendszerek sebezhetősége csapdájának.

Az „ellátásbiztonsági” filozófia egy másik dimenzióját tárja fel az a kérdés, hogy egyáltalán mely igényeket kell kielégíteni. Piacgazdaságokban az ár olyan szűrőt képez az igények útjában, amely csak a kínálattal kielégíthető keresletet engedi át. Az alacsony energiaár nagyon „demokratikus”, ám ha az ár helyett egy annál is igazságtalanabb elosztási elv szerint sorolódnak kasztokba a fogyasztók, akkor az ár kikapcsolása semmiféle előnnyel nem járt. Ugyanakkor az összesített igényszint is megfoghatatlan és kezelhetetlen kategóriává válik, és így az igényeknek elébe menni próbáló új energetikai beruházásokról szóló döntések is úgy kerülnek be egy politikai megfontolásokkal operáló kormányzati érv- és alkurendszerbe, hogy nincs mögöttük támpont, mérték. Az igényelőrebecslés a mindenkori alku szinten reálisnak látszó beruházási lehetőségek szentnek tűnő műszaki-gazdasági-tudományos alapozó érve lesz, amely azonban sikertelen alku esetén napok alatt a felismerhetetlenségig meg tud változni.

A fejlesztési döntést előkészítő ágazat számára az esetleges tévedés kockázata egyáltalán nem szimmetrikus. Új beruházások megszerzése az ágazat fennélvüléséhez vezet, és elenyésző annak a veszélye, hogy a hiánypiacon kiderüljön egy elkészült létesítményről: nem lett volna rá szükség. Ezzel szemben a felelősség elháríthatatlan, ha maga az ágazat becsülte alul az igényeket, azaz ellátási zavart okozott. A források pazarlását nemcsak a torz árviszonyok, hanem a termelőt ilyen önvédelmi viselkedésre ösztönző készletések is segítenek fenntartani. A számára legpraktikusabb taktika megalapozásához az energetikai ágazat olyan kockázati filozófiát alakított ki, ahol kizárólag az fogalmazódik meg veszélyként, hogy esetleg nem lesz elegendő energia. Nem jelenik meg kárként, ha a nemzetgazdaság felesleges kapacitásokat épít ki energiatermelésre, és ezzel a beruházható tőke jelentős része a feldolgozóiparon kívül marad, miközben a nehézipari vertikum egyre mélyebbre ássa be magát a saját méreteihez idomuló anyag- és energiaelőállítás sán-

cai mögé. Ez tehát az igények túlbecslésének a csapdája.

A hibásan felmért igények alapján kiépülő termelőkapacitások a fejlesztés idején elveszik a teret más szükséges beruházások elől. Később viszont torz öngigazolási folyamatok indulnak be: az immár adott kapacitás kihasználása érdekében további, irracionális kiegészítő fejlesztések válnak szükségessé. A jövőre vonatkozó igények vizsgálatát célszerű függetleníteni ezen érdekektől, mert ellenkező esetben a tervezés is a rövid távú érdekek kiszolgálójává válik a tényleges strukturális beavatkozás helyett.

FLEISCHER TAMÁS
MTA Világgazdasági Kutatóintézet

TUDOMÁNY

A
**SCIENTIFIC
AMERICAN**
MAGYAR KIADÁSA

Kiadó és szerkesztő: Futász Dezső

Szerkesztőség:
Budapest I., Sánc u. 3/b.
Telefon: 185-1062, 186-9171

Levél cím:
Budapest, Pf. 338. 1536

Kiadja az
Ecovit Vállalkozásszervező Kft.



A kiadást gondozza a
Computerworld Informatika Kft.
Budapest VII., Rákóczi út 16.
A kiadásért felel: a CWI Kft. ügyvezetője

A szedés a CWI Kft. Linotype 100-as
fényszedő rendszerén készült.



Népszava Kiadó Vállalat
Ságvári Nyomdája (90.0412)
Felelős vezető: Szilágyi Tamás igazgató



Nyomva a Szolnoki Papírgyár
„Hungaromatt” műnyomó papírjára.

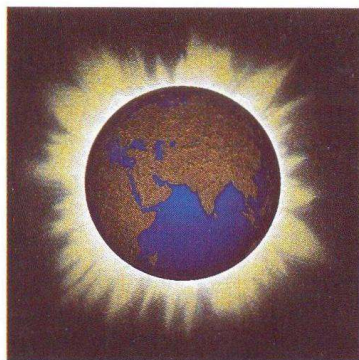
Megjelenik havonta.

A kéréstől beküldött kéziratokat a szerkesztőség nem küldi vissza, és felelősséget nem vállal értük. A szerkesztők fenntartják a jogot a nyomtatásban közölt olvasói levelek rövidítésére.

Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely hírlapkézbesítő postahivatalnál, a hírlapkézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Hírlapelőfizetési és Lapellátási Irodánál (HELIR), Budapest XIII., Lehel u. 10/a., valamint átutalással a Postabank Rt. 219-98636 021-02799 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj fél évre 768 Ft, egy évre 1536 Ft.

Hirdetésekkal kapcsolatos felvilágosítás a Tudomány szerkesztőségében.

HU ISSN 0237-322X



A CÍMLAP

Energia nélkül nincs élet, de a maga módján az energiatermelés is fenyegeti a földi életet. A népesség és az energiaigények növekedésével a környezet veszélyeztetettsége is nő. A fenntartható fejlődés legfontosabb előfeltétele az energia- és a környezetgazdálkodás összehabkítése, a technológiai újítások, valamint a takarékos felhasználás révén. E havi, tematikus számunk ezzel, a mindannyiunkat érintő témakörrel foglalkozik.

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR: Jonathan Piel
BOARD OF EDITORS: Allan Hall (Executive Editor), Michelle Press (Managing Editor), Laurie Burnham (Associate Editor), Timothy M. Beardsley, Elizabeth Corcoran, Deborah Erickson, Marguerite Holloway, John Horgan, June Kinoshita, Philip Morrison (Book Editor), Corey S. Powell, John Rennie, Philip E. Ross, Ricki L. Rusting, Russell Ruthen, Gary Styx, Paul Wallich
ART: Samuel L. Howard (Art Director), Edward Bell, Joan Starwood (Associate Art Directors), Johnny Johnson, David Stires (Photo Researcher)
COPY: Maria-Christina Keller (Copy Chief), Nancy L. Freireich, Michele S. Moise, Philip M. Yam
PRODUCTION: Richard Sasso (Vice-President Production and Distribution), Carol Eisler (Manufacturing and Distribution), Carol Hansen (Electronic Composition), Madelyn Keyes (Systems), Leo J. Petrucci (Manufacturing and Makeup), Carol Albert, William Sherman, Debra Townes
CIRCULATION: Bob Bruno (Circulation Director), Lorraine Terlecki (Business Manager), Cary Zel (Promotion Manager)
ADVERTISING: Laura Salant (Sales Services Director), Diane Greenberg (Promotion Manager), Marie Sadlier (Research Manager), Ethel D. Little (Advertising Coordinator)
BUSINESS MANAGER: Marie D'Alessandro
PUBLISHER: John J. Moeling, Jr.
SCIENTIFIC AMERICAN, INC.
415 Madison Avenue, New York, NY 10017
PRESIDENT AND CHIEF EXECUTIVE OFFICER: Claus-Gerhard Firchow
EXECUTIVE COMMITTEE: Claus-Gerhard Firchow, R. Vincent Barger (Executive Vice-President and Chief Financial Officer), Linda Chaput, Jonathan Piel, Carol Snow (Vice-Presidents)
CHAIRMAN OF THE BOARD: Georg-Dieter von Holtzbrinck
CHAIRMAN EMERITUS: Gerard Piel

Folyóiratunk megjelenését a Tudomány Alapítvány létrehozói segítik:



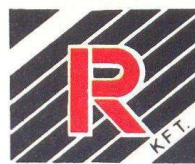
CHINOIN
Gyógyszer és Vegyészeti
Termékek Gyára Rt.
1045 Budapest, Tó u. 1-5.
T.: 169-0900



PHYLAXIA
Oltóanyagtermelő Vállalat
1107 Budapest, Szállás u. 5.
T.: 157-5311



**Computerworld
Informatika Kft.**
1072 Budapest,
Rákóczi út 16.
T.: 111-7917



**R Kutató
Fejlesztő Kft.**
1091 Budapest,
Üllői út 151.
T.: 147-2921

Vámos Mária
Budapest



META-R Kft. Kiadója
1093 Budapest, Szamuely u. 41.
T.: 117-0424, 117-7854



**Mezőgazdasági Üzemszervezési,
Számítástechnikai és Informatikai
Részvénytársaság**
1026 Budapest, Érmelléki u. 13.
T.: 135-4176, 135-0587



SZÁMÍTÁSTECHNIKAI KISSZÖVETKEZET
1116 Budapest, Hunyadi J. u. 162.
T.: 166-5322

Dr. Törő András
Budapest



VIDEOTON Elektronikai Vállalat
8000 Székesfehérvár, Berényi út 1.
T.: 22-12-730

**SCIENTIFIC
AMERICAN**

Established 1845

COPYRIGHT © 1990 BY SCIENTIFIC AMERICAN, INC.
COPYRIGHT © 1990 HUNGARIAN TRANSLATION BY ECOVIT KFT./TUDOMÁNY
THE TRADEMARK AND THE TRADE NAME „SCIENTIFIC AMERICAN” AND THE DISTINCTIVE LOGOTYPE PERTAINING THERETO ARE THE SOLE PROPERTY OF, AND ARE USED HEREIN UNDER EXCLUSIVE LICENCE FROM, SCIENTIFIC AMERICAN, INC.

TUDOMÁNY

Tematikus szám az energiáról

128 FORINT

1990. NOVEMBER

Energiával a
Földért



A
**SCIENTIFIC
AMERICAN**
MAGYAR KIADÁSA