

8. Energiabiztonság

Deák András György

Ellátásbiztonság – keresletbiztonság – OPEC – „4A” – elsődleges energiamérleg – erőforrás-ellátottság – energiafüggőség – forrásdiverzifikáció – piaci erőfölény – Nemzetközi Energia Ügynökség – olajszektor – földgázszektor – nukleáris szektor – villamosenergia-szektor – megújuló erőforrások

8.1. Az energiabiztonság jelentősége a 21. században

A 20. században bekövetkezett gazdasági-technológiai fejlődés egyik velejárója, hogy a modern ipari energetika egyre meghatározóbb szerepet tölt be társadalmunk életében. A gazdasági tevékenységek, a jóléti vívmányok vagy akár az ipar és a hadászat egyre magasabb szintű elvárásokat fogalmaz meg az energetikai rendszerekkel szemben, amelyek révén azok komplexitása nő. Az energia esetenként bekövetkező hiánya egyre fájóbb és érzékelhetőbb a mindennapi életünkben. A kőolaj a második világháborúban, legfőképp Németország és még inkább Japán veresége révén mutatta meg, hogy nélkülözhetetlenné vált a hadászat számára. Az 1970-es évek olajválságai már a fejlett ipari államok civil lakossága számára is egyértelművé tették, mennyire életük részévé vált a motorizáció. A 2006-os nagy európai áramszünet idején egyetlen folyami híd tervszerű felnyitása fosztott meg 15 millió háztartást két esti órára nemcsak a világítástól, de már a kommunikáció legtöbb formájától is. Végezetül a 2009. januári orosz–ukrán gázválság idején a legsúlyosabban érintett balkáni országok panellakásainak tulajdonosai tapasztalták meg a civilizációs vívmányként bevezetett gázfűtés korábban rejtve maradt hátrányait.

Nem véletlenül, az energetikai szolgáltatások kapcsán legitim társadalmi igény, hogy azok megbízhatók maradjanak, hiszen az alternatíva megteremtése hatalmas infrastrukturális beruházást, gazdasági ráfordítást és rendkívül sok időt igényel. Magyarországon az egyéni gázkazánok elterjedtsége miatt a családi és nem panel társasházak körülbelül felében kellene alternatív és hosszú távú fűtési megoldásokról gondoskodni egy hosszabb gázhiány esetén. (Energiaklub 2011) A 2011-es fukusimai katasztrófa után Japánban leállították az ország energiaszükségletének 15%-át fedező nukleáris reaktorokat. Bár ezt azért teheték meg, mert az ország hagyományos erőművi kapacitásai képesek voltak ellensúlyozni a kiesést, Japán kereskedelmi szaldója hosszú évtizedek után passzívvá vált, és több mint 50%-kal növekedtek a háztartásiáram-árak. (VORA–SAXENA 2015) Éppen ezért a meglévő ellátási módokatok iránti társadalmi bizalom fenntartása, az energiabiztonság megteremtése és kezelése össztársadalmi szinten is fontos és kifizetődő szempont. E fejezetben az energiabiztonság fogalmának és alterületeinek különböző vetületeit járjuk körül. Ezt követően a legfontosabb energiaszek-

torok (például nyersolaj, földgáz, nukleáris energia, villamosenergia-, megújulóenergia-szektorok) fő jellegzetességeit összegezzük.

8.2. Az energibiztonság fogalma

Az energiabiztonság (*energy security*) kapcsán eleve érdemes megkülönböztetni a termelők keresletbiztonsági (*demand security*) és az importőrök ellátásbiztonsági (*supply security*) szempontjait. A legtöbb kőolaj- vagy földgázexportőr ország számára a keresletbiztonság túlmutat a hagyományos szektorális kereteken, legfőképp eminens jóléti-pénzügyi kérdés. 2013-ban az OPEC-országok összesített GDP-jének 31,5%-át adták kőolaj- és földgázexport-bevételeik (OPEC 2014), amely kereskedelmi függés az importpiacoktól jellemzően messzemenően meghaladja a fejlett ipari államok pénzügyi értelemben vett függését a termelőktől: az EU27-ek 2007 és 2011 közötti átlagos szénhidrogénimportja csak az éves GDP-jük 2,6%-át tette ki. (EC 2013) Nem véletlenül az Obama-kormányzat iráni szankciós politikája elsősorban az olajexport ellehetetlenítését célozta, amelynek révén pár év alatt sikerült újra tárgyalóasztalhoz kényszeríteni Teheránt. Mindez jól rávilágít a nemzetközi energiarendszer interdependens voltára, ahol a kölcsönös függőség esetenként nemcsak aszimmetrikus, de az ahhoz kapcsolódó elvárások és célok eltérő minőségűek is: az importőröket szektorális biztonsági megfontolások, az exportőrök jelentős részét azonban általános gazdasági, társadalmi és jóléti megfontolások vezérlik. Az exportőrök keresletbiztonsági céljai a kereslet tartós és folyamatos kielégíthetőségére irányulnak, hogy termékeiket el tudják juttatni a fogyasztókhoz, és azt hosszabb távon is kedvező áron tudják értékesíteni.

Olajexportáló Országok Szervezete (OPEC)

Az olajpiac egyensúlyának legfőbb öre az 1960-ban létrehozott Olajexportáló Országok Szervezete (*Organization of Petroleum Exporting Countries*), az OPEC. Főleg közel-keleti és latin-amerikai országok alkotják, 12 tagországa a világ termelésének körülbelül 40%-át tartja ellenőrzése alatt. Az OPEC egyfajta kartell, amely a termelésből kivont többletkapacitásokkal rendelkezik. A piacra vitt mennyiség növelésével/csökkentésével tudja csökkenteni/növelni a világpiaci olajárát, másfelől válsághelyzetekben és olajpiaci kiesések esetén ellensúlyozni a kiesést. (CLAES 2001) Az első esetre a 2008-as pénzügyi válság egy ragyogó példa, amely eddig az OPEC legnagyobb kvótacsökkentését eredményezte: a teljes globális kínálat majdnem 5%-os csökkentésével húzták vissza a mélybe zuhanó árakat. Hasonlóképp, az 1979-es iráni forradalom és az 1980-as Irak–Irán-háború eredményezte eddig a világ legnagyobb volumenű termelés kiesését, amelyet a szervezet meghatározó szereplője, Szaúd-Arábia próbált meg ellensúlyozni.

Ehhez képest az ellátásbiztonság a fogyasztó-importőr országok szempontrendszere. Az ellátásbiztonságra több különböző definíciót ad a szakirodalom (CHERP–JEWELL 2011; BOHI–TOMAN 1996; KRUYT et al. 2009), de legtöbbjük három főbb kritériumot fogalmaz meg azzal kapcsolatban: (1) megfelelő mennyiségben, (2) elfogadható áron, (3) folyamatosan érkezzenek az energiahordozók a fogyasztókhoz.

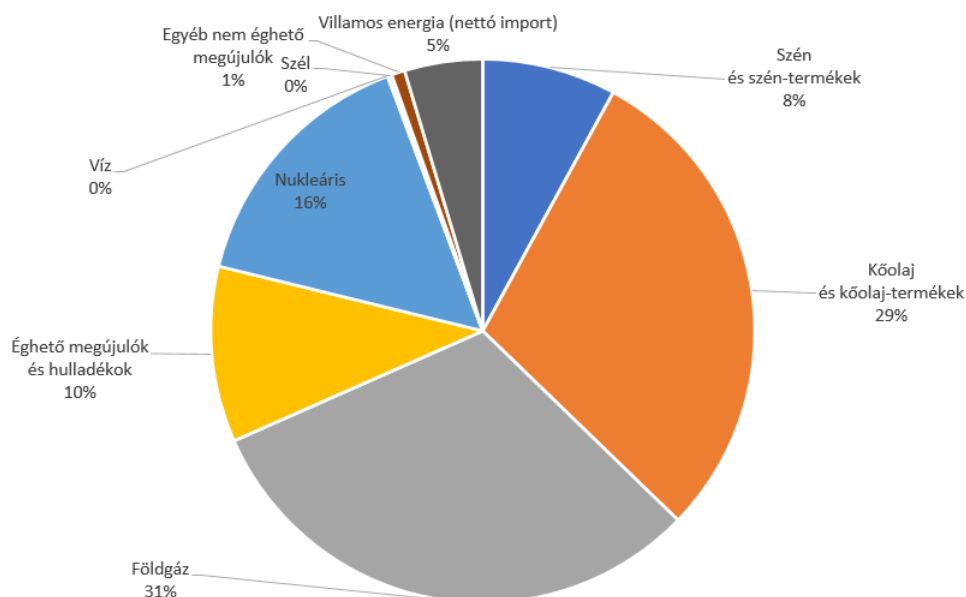
Az egyik legegyszerűbb definíció a Nemzetközi Energia Ügynökségé, amely szerint „az energiabiztonság az energia megszakítatlan rendelkezésre állása elfogadható áron”. (IEA 2015) Ugyanez a szervezet esetenként ehhez hozzáteszi a környezetileg elfogadható módot is. Ezen meghatározások némileg más szempontú és gyakori formája az úgynevezett „4A”-konceptió (KRUYT et al. 2009), amely a geológiai rendelkezésre állást (*availability*), a geopolitikai hozzáférhetőséget (*accessability*), a gazdasági értelemben vett elfogadhatóságot (*affordability*), végül a környezeti és társadalmi elfogadhatóságot (*acceptability*) említi fontos kritériumként.

„4A”

Érdeemes néhány példát említeni ezen fogalmak értelmezésekor. A magyar nem konvencionális gázkészlet példa arra, hogy bár ez a készlet létezik, eddig műszaki lehetőségek híján nem tudtuk kellő mennyiségben kiaknázni. Az iráni földgázkészletek kiváló példái a geopolitikai korlátoknak: a világ egyik legnagyobb készletével rendelkező állam alig exportál földgázt, egyes években még importra is szorul – éppen ezért geopolitikai akadályai vannak a készletekhez való hozzáférésnek. A szubszaharai afrikai társadalmak számára egy sor energiahordozó, a földgáz, a nukleáris energia nem megengedhető kiépítésük relatív költségei miatt. Ugyanígy a magyar lignitvagyont csekély fűtőértéke miatt aligha lehetne gazdaságosan kiaknázni jelen árszintek mellett. Végül a német társadalom számára a nukleáris energia társadalmilag nem volt elfogadható, ezért a teljes kivezetése mellett döntöttek.

Az érdemi kihívást nem is annyira az ellátásbiztonság definíciója, hanem az ahhoz kapcsolódó mérhetőségi szempontok képezik. Mikor tekinthető egy energiarendszer biztonságosnak? Ennek eldöntésekor eleve figyelembe kell venni, hogy az energetikai rendszer mind a felhasznált energiahordozók, mind azok felhasználási módja szerint szegmentált. Ebből következik, hogy az energiának egyes fogyasztói csoportokhoz meghatározott formában kell eljutnia, a helyettesíthetőség gyakran nem vagy csak részlegesen megoldható. Klasszikus példa erre az olajtermékek piaca: a kőolaj és a közúti közlekedés között közel kizárólagos kapcsolat áll fenn: az olajfogyasztás jelentős része ebbe a szegmensbe áramlik, és ebben a szegmensben egyelőre szinte kizárólagosan csak olajtermékeket használunk. Ennek megfelelően egy esetleges olajhiány nem ellensúlyozható például nukleáris termeléssel vagy földgázzal, annak kezelését az olajipari vertikumon belül kell biztosítani. Hasonló a helyzet a fogyasztási szegmentációk esetében is. Így például a 2009-es gázhiány különbözőképpen érintette a gázalapú áramtermelésen keresztül a villamosenergia-piacot, illetve a lakossági fűtést és felhasználást, valamint az ipari fogyasztókat. A villamosenergia-vertikumon belül a kieső gázkapacitás helyettesíthető volt, miközben az ipari felhasználók egy részét átmenetileg le kellett kapcsolni a hálózatról. Mindez arra mutat rá, hogy az energetikai rendszerekben komplex vertikumokra, alrendszerekre kell kidolgozni a biztonsági stratégiákat. Ez érinti a mérhetőséget is, hiszen azokat egy-egy vertikumra lehet csak jellemzően meghatározni. Így például a hegyi-karabahi háború idején Örményországban nehézségek árán ugyan, de stabilizálni tudták a villamosenergia-rendszert, miközben az azeri olajblokádnak miatt átmenetileg összeomlott a helyi közlekedés.

Egy-egy ország vagy felhasználó energiafogyasztásának jellemző indikátora az úgynevezett elsődleges energiamérleg (*total primary energy supply*, TPES). Ez egy ország egy adott időszakban, jellemzően egy év során felhasznált energiamennyiségét mutatja meg az energiahordozók típusa szerint. Ez a mérleg az energiahordozók eredeti, elsődleges formája szerint osztályoz. Tehát például nem a villamos energia szerepel benne, hanem annak forrása (nukleáris, gáz vagy egyéb). Az energia fogyasztásának formáját az úgynevezett másodlagos energiamérleg adja meg, amelyben már értelemszerűen szerepel a villamos energia is, de nem szerepelhet például a nukleáris komponens, mert az közvetlenül, átalakítás nélkül nem alkalmas a fogyasztásra. Ahhoz, hogy a különböző energiahordozók összehasonlíthatók legyenek, a bennük rejlő energiamennyiséget mérjük össze egy közös mértékegységre átszámítva. Ez lehet az energia SI-egysége, a joule, de gyakorta használjuk az úgynevezett olajegyenérték (*oil equivalent*) fogalmát is. Ez utóbbi azt mutatja meg, hogy mennyi olajra lenne szükség a más hordozókból előállított energia termeléséhez.



8.1. ábra

A magyar primer energiamérleg (%), 2018

Forrás: MEKH 2018

A vertikális megközelítésből fakadóan egy biztonsági stratégiának többszörös iparági korlátokkal kell számolnia. Az országba beérkező energiahordozót el kell juttatni a fel-

használás helyére, adott esetben át kell azt alakítani. Így például ahhoz, hogy folyamatos legyen a magyar villamosenergia-ellátás, szükség van a csúcsigényeket meghaladó termelő-/határátviteli kapacitásokra, és ezzel párhuzamosan megfelelő kapacitású nagyfeszültségű átviteli, majd elosztóhálózatokra. Bármelyik szegmens legszűkebb pontja képezi az egész vertikum legszűkebb keresztmetszetét. Éppen ezért a hálózatos iparágak (villamos energia és földgáz) jellemzően sérülékenyebbek, mint többi társuk, mivel itt a termelési, illetve importkapacitások és a hálózat együttes biztonságáról is gondoskodni kell. Azonban még ezen belül is lehetnek többszörös keresztmetszetek. Közismert a gáztárolás kettős korlátja: egy gáztárolóban nemcsak a betárolt mennyiség, de a kítárolási volumen is meghatározó lehet. Hasonlóan a palancsintasütéshez, ahol nemcsak az előre bekevert térsza mennyisége számít, hanem az is, hogy elég gyorsan tudjuk-e azt a vendégeknek megszűtni.

Éppen ezért az energiarendszerek biztonsági specifikálására képzett kritérium, az ellenálló képesség (*resilience*) nem egy konkrét kvantitatív mutató, sokkal inkább egyes vertikumokra adott értékelések összessége. Ennek mérésekor azt modellezik, hogy egy elképzelt válságszituáció teremtette új körülményekhez mennyiben és milyen gyorsan képes adaptálódni az ország energiarendszere (úgynevezett stressztesztet). Még ha nem is teljes biztonsággal, de ezek a modellek képesek kimutatni bizonyos különbségeket, rámutatni a szűk keresztmetszetekre és a sérülékenységre. Így például egy finn és egy magyar gázellátási válság esetén az előbbi rendszer ellenálló képessége minden körülmények közt jobb. Ennek az az egyszerű oka, hogy bár Finnország gázvertikuma sokkal jobban ráutalt Oroszországra, mint régióink többi államában, geológiai-technikai okokból tilos az egyéni gázfűtés használata, azt csak erőművekben használják, ahol kötelezően rendelkezésre áll a fűtőanyagváltáshoz szükséges technológia és tartalék. Finnország hosszabb távon tudja úgy közel nullára csökkenteni a gázfogyasztását, hogy azt a felhasználók meg sem érzik. Ezzel a magyar gázrendszer még teli tározókkal sem tudja felvenni a versenyt.

Ilyen modelleknél kritikus kérdés, hogy mik azok a válságszituációk, amelyekre teszteljük a rendszert. Értelemszerűen a biztonsági tervezésnél gyakran a „legutóbbi válságra” készülnek fel, ami újszerű krízishelyzetekben nem biztos, hogy elégséges. A 2006-os rövid és mérsékelt ukrán–orosz gázválság bizonyos mértékben elaltatta a félelmeket, így annak alapján 2009-ig a legtöbb közép-európai gázipari mérnök elképzelhetetlennek tartotta, hogy a teljes ukrán tranzit leálljon. Vannak esetek, amikor a rendszer paraméterei változnak oly módon, hogy már nem képesek a korábbihoz hasonló krízishelyzetekre hatékonyan reagálni. Ilyen volt az 1973-as olajválság: a közel-keleti arab államok már korábban is többször próbálkoztak embargóval 1949-ben, 1956-ban, kiváltképp 1967-ben – azonban részesedésük ekkor még nem volt elégséges a globális olajpiacon, illetve az amerikai termelés rendre ellensúlyozni tudta ezeket a kieséseket. Pont ezen válságok sikeres kezelése tette komolytalanná az OPEC fenyegetőzéseit, és okozott meglepetést az 1973-as arab–izraeli háború folyamán, amikor a világ olajtermelésében a kartell részesedése már meghaladta az 50%-ot.

Válságszituációk kezelésénél eleve érdemes megkülönböztetni a külső és belső energiabiztonság (*external and internal energy security*) fogalmát. Az első esetben az országon kívüli események okoznak változást a hazai energiarendszer működésében. Ezen esetek többségükben – de nem feltétlenül – valamilyen importkiesést jelentenek. Ilyen kivételes, nem importhiányos problémára példa, hogy napjainkban a német „Energiewende” (energiafordulat), a nap- és szélenergia kapacitások gyors növelése komoly túlfeszültséget okoz a környező államok hálózatain egyes, főleg éjszakai

időszakokban. Ezt az érintett országok európai szinten is rendszerkockázatként említik. Ugyanakkor a külső energiabiztonság kezelése sem kizárólag külpolitikai kérdés, a belső adaptáció itt is meghatározó, főleg a válságok kezdő szakaszaiban: az 1948-as berlini blokád idején is bő fél évig az angolszász légihíd képtelen volt kellő mennyiségű szénét szállítani a városba, így mind a gyári termelés, mind a villamos energia vonatkozásában korlátozásokat kellett bevezetni.

A belső energiabiztonság az országhatárokon belül kialakult válságokat jelenti. Így például egy angliai gáztározóban bekövetkezett tüzeset és a létesítmény ebből fakadó leállása majdnem az ország gázrendszerének összeomlásához vezetett a 2000-es években. Ezek kezelése sem feltétlenül kizárólagosan belső regulatív és rendszerirányítási feladat, a kormányzat kérhet és kaphat külső segítséget. Így a 2005-ös Katrina hurrikán miatt, amely átmenetileg lebénította az Egyesült Államok legfontosabb olajipari régióját és finomítói kapacitásainak nagyobbik felét a Mexikói-öbölben, az OECD-tagállamok hozzájárultak stratégiai készleteik egy részének piacra bocsátásához az amerikai kereslet kielégítése és a piaci pánik enyhítése érdekében.

A biztonsági politikák kialakításakor egy másik nagyon fontos szempont az időtáv megállapítása: a rövidebb válságok alapvetően más kezelést igényelnek, mint az elhúzódó vagy ismétlődő krízishelyzetek. A kettő közötti fő különbség, hogy a rövid távú biztonság-nál csak a meglévő infrastruktúrára és szakpolitikai eszközökre támaszkodhatunk (ez áram esetében pár órá, földgáz vagy kőolaj esetében jellemzően legfeljebb pár hetes válságokat jelent), míg a hosszú táv esetén mindezek szintén változók és változtathatók (REKK 2009). A kettő közötti választás, egy energiabiztonsági kockázat vagy fenyegetés ilyen jellegű minősítése nagyon komoly költség- és beruházási vonzatokkal jár. Az energiarendszereknek jellemzően magas az útfüggősége (*path dependence*): a meglévő ipari rendszerek, gyakorlat és intézmények valószínűsítenek, illetve befolyásolnak bizonyos jövőbeli döntéseket. Az ezekből a helyzetekből való kilépés relatíve drága és társadalmilag költséges. Franciaország az 1973-as olajválság után egyszerre alakította ki stratégiai olajkészleteit (rövid táv) és a Messmer-terv keretében állt át 80%-ban nukleáris villamosenergia-generációra (hosszú táv). Értelemszerűen míg az előbbi költségei ritkán haladják meg a nemzeti össztermék (GDP) pár tized százalékát, és egy-két év alatt felépíthető, addig az utóbbi még a jóhiszemű francia kormányzati becslések szerint is messze többbe került a nemzeti össztermék 10%-ánál, és bő évtizedes folyamat volt. (GRUBLER 2012) Az egyik válaszadási képességet teremtett az olajipari vertikumon belüli rövid távú kihívásokra, a második egy koncepcionális váltást jelentett a teljes energiapolitikán belül.

Főleg a hosszú távú energiabiztonság kialakításakor egy fontos mérőszám az úgynevezett energiafüggőség (*energy dependency*). Szűkebb értelmezésben ez az import arányát jelenti a teljes, az országban felhasznált mennyiségen belül. Így például 2013-ban Lengyelország fogyasztásának csak 25,8%-át, míg Németország 62,7%-át importálta. Ugyanakkor a függőség értékelésekor még egy sor másik szempontot is érdemes figyelembe venni. Fontos mutató a *forrásdiverzifikáció* mértéke. Így míg a lengyel kőolaj- és földgázimport szinte teljes egészében Oroszországból érkezik, addig a német behozatal diverzifikált, érkeznek szállítmányok az Északi-tenger térségéből és a Közel-Keletről is. Térségünkben a gázellátás hosszú távú biztonságának javításakor leginkább más, nem orosz források behozatalában gondolkodunk. Ugyancsak fontos szempont, hogy az import mennyire diverzifikált az energiahordozók szintjén. Így az Egyesült Államok 2008-ban

csak fogyasztásának alig több mint negyedét importálta. Azonban eltekintve kevés kanadai gázimporttól, szinte az összes többi olajbehozatalt jelentett, ami abban a vertikumban kiszolgáltatottá tette Washington. Finnország bár statisztikai értelemben sokkal ráutaltabb az orosz importra, mint közép-európai társai, energiatermelése a kőolaj, földgáz, nukleáris, fa és egyéb biomassza között oszlik meg, a magas függőséghez képest relatíve javítva ellátásbiztonságát.

Energiafüggetlenség, mint ahogy a közbeszédben gyakran előkerül, nem létezik. Még a nettó exportőrök is, mint Oroszország, Azerbajdzsán vagy Szaúd-Arábia importálnak egyes energetikai termékeket vagy célszerűségből, vagy mert otthon nem képesek azt előállítani. A függőség természetes jelenség, annak mértéke az esetek jelentős részében geológiai adottság, természeti erőforrásbőség vagy -szűkösség kérdése (*resource abundance / scarcity*), ami ellen egy bizonyos határon túl az adott technológiai-gazdasági feltételek mellett nem lehet tenni semmit. Ebből fakadóan a függőséget minden esetben kezelni kell (*dependency management*), az importhányad csökkentése csak az energiabiztonság kezelésének egyik lehetséges módja.

Az energiafüggőség csökkentésének igénye és kezelésének módja, csakúgy, mint az energiabiztonság jelentősége, hagyományosan társadalmi preferenciák függvénye. Mint minden biztonsági kérdésnek, ennek is az adott társadalom és elit percepciói képezik a kiindulási pontját. Ez utóbbi pedig korántsem pusztán szektorális tényezőkön múlik. A lengyel energiabiztonsági elvárások és az ügyben tanúsított érzékenység elválaszthatatlan Oroszország mint nagyhatalom és külpolitikai szereplő varsói megítélésétől. Ezért az energiafüggőség vonatkozásában fokozottan állami kontroll alatt igyekszik tartani az ágazatot, és a lehetőségek szintjén önellátásra törekszik. Ezzel szemben Szlovákia vagy Magyarország esetében egy, a lengyelnél arányaiban sokkal nagyobb gázfüggés mellett privatizálták az ágazatot, növelték a gázfogyasztást és tartottak fenn kiegyensúlyozott viszonyt Moszkvával. Fehéroroszország számára, amelynek Moszkvával szembeni szuverenitási fenntartásai mérsékeltek, nem okoz problémát, hogy Európa legmagasabb gázfelhasználási arányával rendelkezik. Cserébe a német importárnál harmadával olcsóbban kapja azt.

Ehhez hasonlóan sokat számíthat az energiafüggőség történeti háttere, elfogadottsága. Míg Kína az 1990-es évek közepéig nettó energiaexportőr volt, mára a világ legnagyobb kőolajimportőrévé vált. Bár importfüggősége statisztikai értelemben még mindig rendkívül alacsony, a probléma újszerűsége, a szektorális sérülékenység érzete miatt agilis módon próbálja diverzifikálni ilyen jellegű kockázatait. Az ehhez hasonló „kormányzati sokkon” Nagy-Britannia már a 20. század elején átesett, amikor flottáját a hazai szénről a külföldi olajra kellett átállítania. Az európai államok legtöbbje számára az energiaimport a motorizáció elterjedése óta kényszerű és természetszerű jelenség, megtanultak vele élni. Mindez messze túlmutat az energiabiztonság szakpolitikai keretein, és rávilágít annak mély társadalmi beágyazottságára.

8.3. Szektorális biztonsági politikák

Mint ahogy a fent leírtakból is következik, az energiabiztonságnak nincs nemzetközileg általánosan elfogadott módszertana, és csak mérsékelt számban léteznek olyan nemzetközi, jellemzően kormányközi szervezetek, amelyek érdemben megszabhatnák az ilyen jellegű

szakpolitikák irányait (főleg a nukleáris szektorban, kisebb részben az olajpiacon). Az energiabiztonság jobbra továbbra is a nemzeti szuverenitás alá tartozik, ahol a kormányok bizonyos, viszonylag laza nemzetközi jogi és politikai korlátok között dönthetnek annak kezeléséről. Továbbá, ellentétben például a védelempolitikával, az energetikai rendszereken belül nem egyértelmű a felelősségvállalás kérdése sem. Miközben a hadsereg vagy a rendszet esetében állami erőszak-monopólium érvényesül, és egyértelmű, hogy a költségvetésből finanszírozzák ezeket a szervezeteket, valamint utasításokat is csak a végrehajtó hatalmi ág képviselői adhatnak, az energetikában a kormányzatok előszeretettel osztoznak az ágazat vállalataival a feladatokon és a költségeken egyaránt. Ennek megfelelően a következőkben energiahordozók szerint csoportosítva mutatjuk be az egyes energetikai alrendszerek főbb jellemzőit, termelési, értékesítési és piaci sajátosságait, illetve az azokra vonatkozó jellegzetes biztonsági politikákat.

8.3.1. Nyersolaj- és olajtermékszektor

A kőolaj ipari szintű termelése 1859-ben kezdődött az Egyesült Államokban. Hosszú ideig, nagyjából a 2. világháború időszakáig az Egyesült Államok volt az olajtermelés meghatározó központja, mind Ázsiát, mind Európát ellátva exportjával. 1945 és 1973 között ezt váltotta fel egy olyan rendszer, amelyben nyugati, főleg amerikai cégek közel-keleti koncessziói exportáltak Európába, kisebb, de növekvő részben az Egyesült Államokba, miközben Washington igyekezett fenntartani otthoni termelését. Ez az úgynevezett „háború utáni olajrendszer” legalább annyira fontos eleme volt a második világháború utáni nemzetközi rendszernek, mint a Bretton Woods-i pénzügyi vagy a NATO által nyújtott biztonsági garanciák. 1973 és 1979 között ezeket az amerikai vállalatokat az OPEC-tagállamok nacionalizálták, és azóta a kartell játssza az „árirányító” szerepet a világpiacon.

A kőolaj egy mobil termék, amelynek szállítása sokkal kevésbé infrastruktúrához kötött, mint a földgázé vagy a villamos energiáé. Ennek megfelelően egy-egy lokális, regionális hiány viszonylag könnyen pótolható. Ugyanezen okokból a kőolaj piaca globális, ahol a különféle olajfajták (Brent, WTI, Urals) árjegyzése egymással összhangban mozog, és nem alakulnak ki nagyobb regionális árkülönbségek. Magyarország, akárcsak a kelet-közép-európai régió többi országa, a világpiaci árakkal összhangban lévő jegyzésárak mellett importál Oroszországból. A magyar kőolajellátás diverzifikált, bármilyen kiesést tud pótolni az Adria-csővezeték révén, kisebb mennyiségek versenyképes áron behozhatók folyami uszályokon vagy akár közúton is.

Mindebből az következik, hogy a kőolajhoz kapcsolódó ellátásbiztonsági kockázatok jellemzően globálisak. Pár rendkívüli esettől eltekintve (az Egyesült Államok a második világháború elején olajembargó alá vette Japánt, lassítva terjeszkedését) nem alakulnak ki egyes térségekben regionális hiányhelyzetek, hanem bármilyen ellátási probléma a teljes világpiacon érezteti a hatását. Az 1973-as olajválság idején nemcsak a nemzetközi olajárak mentek fel mindenhol, de egyformán hiánycikké vált a benzin az embargó által külön sújtott Egyesült Államokban és Hollandiában is, csakúgy, mint az arab embargó által amúgy megkímélt Japánban vagy Németországban. Így a hosszabb távú olajpiaci egyensúly csak globális szinten értelmezhető biztonsági stratégiákkal kezelhető.

A globális kőolajpiac főszereplői

A kőolajpiac szinte a kezdetektől erősen koncentrált és oligopol működésű volt. A 19. században a Rockefeller fémjelezte Standard Oil kvázi globális monopóliumként irányította azt, majd az annak utódvállalatai által dominált úgynevezett „Hét Nővér” kartellként szabta meg az árakat és osztotta fel a piacokat. Ezek az Anglo-Iranian Oil Company (ma BP), a Gulf Oil (ma a Chevron része), a Royal Dutch Shell, a Standard Oil Company of California (ma Chevron), a Standard Oil Company of New Jersey (ma az ExxonMobil része), a Standard Oil Company of New York (ma az ExxonMobil része) és a Texaco (ma a Chevron része) voltak, és az 1973-as olajválság előtt a világ kőolajtartalékának közel 85%-át ellenőrzésük alatt tartották. Érdemi változást az 1929-es gazdasági világválság hozott, amikor a kereslet csökkenése egybeesett egy hatalmas texasi olajmező felfedezésével, összeroppantva a világpiaci árakat. Ekkor vezette be a washingtoni kormányzat a New Deal keretében az úgynevezett „*economic rationing*” (tulajdonképpen „gazdasági adagolás”) rendszerét, amelynek keretében szövetségi szinten meghatározták a maximális termelést az Amerikai Egyesült Államok tagállamaiban, leállítva a kutak egy részét, így emelve, később befolyásolva az árakat. Ezt a rendszert vette át gyakorlatban az OPEC 1973-at követően, amikor ez a termelésből kivont úgynevezett „*swing capacity*” (tartalék termelési kapacitás) átkerült Szaúd-Arábiába és az Öböl-menti államokba. 2007-ben a *Financial Times* az OPEC-államok meghatározó kőolajipari vállalatait nevezte az „új Hét Nővérnek”, ezek: az Aramco (Szaúd-Arábia), a Gazprom (Oroszország), a China National Petroleum Company (Kína), a National Iranian Oil Company (Irán), a PDVSA (Venezuela), a Petrobras (Brazília) és a Petronas (Malajzia). (Hoyos 2007)

Az olajvertikum másik meghatározó ellátásbiztonsági intézménye az OECD alá tartozó Nemzetközi Energia Ügynökség (*International Energy Agency*) 1974-ben létrehozott harmonizált válságmenedzselési rendszere (*Response System for Oil Supply Emergencies*), köznapi nevén a stratégiai olajkészlet. (IEA 2012) Mint neve is elárulja, ennek központi eleme, hogy a tagállamok, túlnyomórészt fejlett ipari államok, a kereskedelmi készleteken felül 90 napi importjuknak megfelelő nyersolaj- és olajtermékkészletet tárolnak országuk területén. Ehhez csak minősített esetekben szabad hozzányúlni; az első ilyen eset a már említett 2005-ös, a Katrina hurrikán okozta ellátási válság idején volt. Ennek a szervezetnek Magyarország is tagja. Összességében a teljes stratégiai készlet elegendő lenne egy közepes termelő, például Irán termelésének pótlására egy teljes éven keresztül. A kereskedelmi készleteket is idesorolva a tagállamok készletei a legnagyobb termelők, Oroszország vagy Szaúd-Arábia egy teljes éves termelésével egyenlők.

Kevésbé közzismert, de ugyanez a rendszer egy sor egyéb logisztikai, készletmegosztási, fogyasztáskorlátozó intézkedést és konzultációs mechanizmust foglal magában, amelyek mind az optimalizált és koordinált reagálást, a pánik elkerülését segítik elő a válsághelyzetekben. Történetileg ezek voltak a rendszer legkorábbi elemei, amelyeket a második világháborúban az Egyesült Államok alkalmazott Nagy-Britannia és a Szovjetunió olajjal való ellátására. A lend-lease keretében minden második hajótonna kiszállított áru olajszármazék volt, és a termelési-szállítási kapacitások csak szűkösen voltak elegendők a front ellátására. Ugyanezt az optimalizálási mechanizmust alkalmazták az 1956-os és 1967-es olajválságok

idején is. Ugyanakkor az 1973-as válság mutatta meg igazán, hogy a nem koordinált fellépés és a pánik mennyire meghatározóvá válhat a piacon. Mivel minden szereplő, kormányzat, cég, fogyasztók elkezdtek felhalmozni az olajat, a valós kereslet sokkal nagyobb volt, mint amennyit ezek a szereplők elhasználtak. Így az OPEC termeléskorlátozása, bár nem is tartott sokáig, de majd tíz éven keresztül magasan tudta tartani az olajárát, részben a fogyasztói társadalmak tömegpszichózisa miatt. A stratégiai készletek és a koordinált fellépés egyik küldetése épp az ilyen olajpiaci pánikok megakadályozása.

Az olajpiacon jelentkező biztonsági kockázatok két nagyobb válfaja érdemel említést. Az egyik egy jelentősebb termelő kiesése lenne. Három ország, az Egyesült Államok, Szaúd-Arábia és Oroszország bír akkora, nagyjából 11-12 millió hordós napi felhozattal (a globális termelés 2014-ben napi 88,7 millió hordó volt), amelynek teljes kiesése nem lenne rövid időn belül pótolható más forrásokból. Bár értelemszerűen ezen országok egyike sem lenne érdekelt termelésének leállításában, főleg a szaúdi esetben az olaj meghatározó stratégiai tényező a térség biztonságának kezelésekor. A másik fontos tényezőcsoport a szállítási utak védelme. Itt néhány tengerszoros (Hormuzi, Malaka, Boszporusz), illetve két csatorna (Suez és Panama) érdemel említést. (EIA 2017) Az első két szoroson 2016-ban napi 18,5 millió, illetve 16 millió hordó olaj haladt át, így ezek akárcsak időleges lezárása is komoly problémákat okozhat, veszélyeztetésük pedig árfelhajtó hatású. (EIA 2017) Az 1956-os szuezi válság idején az ellátási krízis lényegét a szállítókapacitások hiánya okozta. A Szezi-csatorna lezárása miatt a tankereknek meg kellett kerülniük Afrikát, a hosszabb út viszont több hajót feltételezett volna. Az Irak–Irán-háború idején Irán tett kísérletet a Hormuzi-szoros veszélyeztetésére, ami az amerikai flotta beavatkozásához vezetett. Jelenleg a szómáliai és a szumátrai kalózkodás jelent veszélyt a térségben hajózó tankerekre: jellemző, hogy az előbbi esetben a hajózási utak védelmét biztosító flottakötelékek felállításához több tucatnyi, a legkülönbözőbb kontinenseken fekvő ország fogott össze és küldött egységeket.

Olajhozamcsúcs

A közvéleményben népszerű a King Hubbert amerikai geológushoz köthető úgynevezett „olajhozamcsúcs” (*peak oil*) elmélet. Hubbert a második világháborút követően helyesen jóslta meg, hogy az Egyesült Államok termelése 1965 és 1970 között éri el a csúcst, és azt követően törvényszerűen csökkenni fog. Ennek alapján sokan számítanak arra, hogy valamikor a közeljövőben a világ olajtermelése is elér egy hasonló szintet, ahonnan az már nem növelhető tovább. A valóság ezzel szemben az, hogy a Föld fizikai olajkészletei kimeríthetetlenek. A kérdés sokkal inkább az, hogy rendelkezünk-e olyan technológiákkal, hogy azt elfogadható áron felhozzuk a felszínre. Maga Hubbert is hangsúlyozta, hogy az elmélete csak az adott technológiai és árszinteken értelmezhető. Így pont Amerikában egy technológiai újítás, az úgynevezett palaolaj-termelés és az árszint nominálisan mintegy ötszörös emelkedése döntően hozzájárult ahhoz, hogy 1998 óta az ország termelése 45%-kal, tartalékai 70%-kal növekedjenek. Nem véletlenül mondta Ahmed Zaki Yamani szaúdi olajminiszter, aki 1962 és 1986 között irányította az ország ágazatát és az OPEC politikáját, hogy „a kőkorszak sem a kő hiánya miatt ért véget, az olajkorszaknak is sokkal korábban vége lesz, mintsem hogy a világon elfogyna az olaj”. (The end of the Oil Age 2003)

8.3.2. A földgázszektor

A földgáz előfordulása és bányászata lényegében azonos a kőolajével, azzal a meghatározó különbséggel, hogy halmazállapota miatt nehezebben kezelhető és szállítható. Nem véletlenül nagyobb mértékű felhasználása és nemzetközi kereskedelme is csak a második világháborút követően kezdődött meg. A nyugati világban az 1973-as olajválság kirobbanásával nyert teret, kiszorítva a szenet és az olajat a fűtésből, illetve részlegesen a villamosenergia-termelésből. A hatvanas évek végén, hetvenes évek elején épültek ki a Szovjetunió és Európa közötti vezetékrendszer első elemei is, máig meghatározva Európa gázpiacát.

Ellentétben az olajpiaccal, a gázpiacok a csővezetékes összeköttetések mentén alakultak ki, és sokáig regionálisak maradtak. Így fordulhat elő, hogy míg 2014-ben az Egyesült Államokban 4,35 dollárba került egy egységnyi földgáz (millió brit hőegység), az Egyesült Királyságban 8,22, Japánban 16,33 dollárt kértek érte. (BP 2016) E regionális különbségeket csökkenti az 1990-es évektől kezdődően egyre terjedő úgynevezett cseppfolyósított földgáz (*Liquified Natural Gas – LNG*) kereskedelme. Ennek előállítása során a földgázt –162 Celsius-fokra hűtik, cseppfolyósítják, és különleges tankerekben az olajhoz hasonló módon szállítják. Ma már ez adja a nemzetközi kereskedelem harmadát és egyben legdinamikusabban növekedő szegmensét. Ettől függetlenül fizikai karakterisztikája miatt a földgáznak az olajhoz képest mindig nagyobb infrastrukturális igénye lesz.

A földgázellátás hálózatos iparág, és folyamatosan biztosítani kell a rendszer egyensúlyát. Egy hálózat összeomlása rendkívüli gazdasági károkat jelent; magának a rendszernek az újraindítása is – ellentétben a villamosenergia-hálózattal – napokba kerülhet. Éppen ezért különös, hogy bár a földgázzal szemben támasztott biztonsági követelmények meghaladják az olajszektorét, mégis a legutóbbi időkig csak az utóbbiban alakultak ki érdemi biztonsági politikák. Ennek okai főleg történetiek, mert az olajágazattal ellentétben a földgáziparban nagyon sokáig nem voltak nagyobb ellátási válságok. Továbbá a gázellátásnak nincs kitüntetett és pótolhatatlan szerepe egyetlen fogyasztási szegmensben sem; ha aránya az energiamérlegben mérsékelt, a válságokkal jó eséllyel kisebb kieséssel megbirkóznak az energiarendszerek.

A földgázhálózatok biztonságát ezért sokáig csak úgynevezett keresletoldali szabályozással védték. Ennek lényege – csakúgy, mint az olaj- vagy villamosenergia-piacon – egy koordinált fogyasztókapcsolási sorrend. Ez megszabja, hogy hálózati nyomáscsökkenés esetén kiket és milyen sorrendben kell kiiktatni a rendszerből. Magyarországon ennek legálján, utolsó lekapcsolandó csoportként a lakossági fogyasztók állnak. Esetenként ehhez kapcsolódhat tartalékolási kötelezettség. Egyes nagyfogyasztók, jellemzően gázbermúvek régebben fűtőolajat tároltak, hogy gázhiány esetén ne kelljen leállnia a termelésnek. Ennek és az alternatív üzem fenntartásának költségét közvetlenül az erőmű állja, amit szabályozástól függően beépíthet a fogyasztói árakba.

A 2000-es évek második felének orosz–ukrán gázháborúi azonban új helyzetet teremtettek, rákényszerítve a kelet-közép-európai országokat, illetve az Európai Unió szerveit is rugalmasabb kezelési módok kialakítására. A 2009-es konfliktus, amikor három hétig teljesen leállt az Ukrajnán keresztüli tranzit, egyformán megkérdőjelezte az ukrainai szállítási útvonal és az oroszországi forrás megbízhatóságát is. A térség földgázbiztonságának megőrzésére négy nagyobb megoldási út kínálkozott.

Orosz–ukrán gázháborúk

Az orosz–ukrán gázháborúk egyfajta „róka fogta csuka” (közgazdaságtani megközelítésben „bilaterális monopólium”) helyzetben alakultak ki. Ukrajna egyszerre importál és tranzitál nagy mennyiségű földgázt Oroszországból. A Szovjetunió felbomlásakor Oroszország még szinte kizárólagosan Ukrajnán keresztül érthette el európai piacait, miközben utóbbi fogyasztása is hatalmas volt, kétszerese a német szintnek. Így a Gazprom technikailag csak úgy exportálhatott és exportálhat jórészt még ma is főleg a kelet-közép- és dél-európai országoknak, ha közben ellátja a hatalmas ukrán piacot. A konfliktus közvetlen kirobbantója a gázárak ugrásszerű növekedése volt a 2000-es években, ami mellett a durván Magyarországgal meg egyező GDP-vel rendelkező, de gázból annak ötszörösét fogyasztó Kijev nem kívánta, részben nem is tudta kifizetni az importszámlát. Mivel Fehéroroszországgal ellentétben politikailag sem működött együtt Moszkvával, nem volt hajlandó eladni például az ország vezetékhálóját a Gazpromnak, az orosz fél 2009-ben nem tehetett mást, mint hogy lekapcsolta Ukrajnát, majd a rajta keresztül futó tranzitot. Ezáltal egy sor európai ország önhibáján kívül esett áldozatul a két ország vitájának, a Gazprom formailag szerződészegést követett el velük szemben.

Az egyik rövid távú válaszadási lehetőség az olajpiachoz hasonlóan a stratégiai gáztárolás megteremtése vagy a kereskedelmi tárolás bővítése. Ezt megkönnyíti, hogy a földgáztárolók amúgy is szükséges részei a legtöbb rendszernek, és jellemzően a szezonális (nyáron betárolnak a téli fűtési szezonra) kiegyenlítést ezekre támaszkodva végzik. Magyarországon is 2006 után hozták létre a stratégiai földgáztárolás intézményét, Szerbia a 2009-es tapasztalatokból okulva építette ki első kereskedelmi tárolóját.

A másik kettő, immár hosszabb távú kezelési mód az interkonnektivitás növelése és a forrásdiverzifikáció. Mindkettő szükségszerűen határokon átvívelő, nemzetközi dimenzióval rendelkező, tőkeigényes fejlesztéseket feltételez. Nem véletlenül az Európai Unió is felkarolta ezen törekvések jelentős hányadát. Az interkonnektivitás növelése a kelet-közép-európai régióban a szomszédos országok közti kapcsolatok megteremtését, illetve a nyugat-európai piacokkal való szorosabb összefonódást jelenti. A régióban 2009 előtt döntően a szovjet/orosz tranzitlogikának megfelelő kelet–nyugati vezetékek futottak, és például Szlovákia nem rendelkezett vezetékes kapcsolattal sem délen (Magyarországgal), sem északon (Lengyelországgal). Így ezek a cégek normál körülmények között nem tudtak kereskedni, válsághelyzet esetén pedig nem tudtak egymásnak segíteni. Nem véletlenül a visegrádi országok egy észak–dél irányú vezetékes kapcsolat kiépítését kezdték meg, amely a Balti-tengertől az Adriáig teremtené összeköttetést. A nyugat-európai piacokkal való szorosabb összekapcsolódás pedig lehetővé teszi, hogy nem orosz eredetű földgáz nagyobb mennyiségben el tudjon jutni ezekbe a régiókba. Mindez olyan, határokon átvívelő vezetékek építését feltételezi, amely befektetések nem feltétlenül térülnek meg (hiszen jelentős részük csak válsághelyzetben üzemelne teljes kapacitással), így piaci szereplők azokat nem építenék meg. Az Európai Unió ezért szubvenciókkal segíti a hálózatfejlesztést, jelentős összegekkel támogatja ezeket a programokat. 2009-et követően egy sor infrastruktúra-fejlesztési „biztonsági küszöböt” alakítottak ki, amelyekhez ezeket a forrásokat rendelik. Ezek közül is a legfontosabbak, hogy ne legyenek Európában úgynevezett „szigetek”, azaz olyan országok, amelyek hálózata nem kapcsolódik az európaihoz (főképpen a balti államok),

illetve az úgynevezett „N-1 kritérium”, miszerint ha egy ország meghatározó vezetékes importkapacitása ellehetetlenül, rendelkeznie kell annyi alternatív behozatali lehetőséggel, hogy önmagát zavartalanul ellássa. Magyarország 2009-ben még nem, ma már eleget tesz ennek a követelménynek.

A forrásdiverzifikáció értelemszerűen új, régiókban nem orosz eredetű földgáz behozatalát vagy a szükséges infrastruktúra, az arra szolgáló képesség megteremtését jelenti. Így például Lengyelország a Balti-tengeren uniós támogatással felépítette saját LNG-importőr terminálját (Swinoujście), ahova a jövőben katarai vagy amerikai földgáz érkezik. Hasonló, magyar érdekeltségű projekt az adriai Krk szigetén létesítendő LNG-importkapacitás. Bár ezek a megoldások hozzáférést teremtenek a dinamikusan növekvő cseppfolyós földgázpiacokhoz, költségük dimenzionálisan drágább az interkonnektivitást biztosító kisebb fejlesztéseknél, és ritkán jelentenek teljes értékű megoldást. Ennél egy fokkal jelentősebb előrelépést jelentett volna a Nabucco projekt, amely az azeri és egyéb közel-keleti földgáz tranzitútvonalára helyezte volna a Balkánt és Magyarországot. Ez valóban áttörést jelentett volna mind a földgázbiztonság, mind a piaci helyzet vonatkozásában. Az úgynevezett Déli Folyosó (*Southern Gas Corridor*) Törökország felől hozott volna olyan mennyiségben földgázt a régióba, amely gyökeresen átalakítja a fennálló helyzetet, megtörve az orosz gáz regionális hegemoniáját. Ugyanakkor ilyen jellegű fejlesztéseknél a termelő-exportőr mondja ki a végső szót, a potenciális importőrök pedig saját terveikkel versengenek a lehetőségért. Így az azeri kormány és a társult cégek 2012-ben a dél-olaszországi exportút-vonal mellett kötelezték el magukat, hosszú időre levéve a nagy ívű forrásdiverzifikáció lehetőségét a magyar napirendről.

Nem a forrást, csak a tranzitútvonalat diverzifikálták volna a Gazprom és Oroszország által ajánlott projektek, így például a Török Áramlat (*Turkish Stream*). Az orosz értelmezésben a 2009-es válság kizárólagosan ukrán politikai probléma, amelyet teljes értékűen pótolna Ukrajna kiiktatása az európai tranzitrendszerből. Mint ahogy ez már az olajpiacokon a 2000-es évek elejére bekövetkezett, és a földgázpiacokon egy ideje zajlik (a Jamal vezeték és az Északi Áramlat I-II. vezetékek kialakításával), Oroszország céltudatosan csökkenti vagy szünteti meg a posztszovjet országoktól való ilyen jellegű függését. Ugyanakkor egy jelentősebb kapacitású, az országon áthaladó tranzitvezeték sem pusztán gázbiztonsági szempontból értékelhető: a tranzitországok számára egy sor járulékos gazdasági előnnyel jár a felépítése. Így értelemszerűen egy tranzitdiverzifikációs megoldás kevesebb hozadékkal bír, mint forrásdiverzifikációs társa, ugyanakkor mivel már egy, az európai piacokon bejáratott, létező portfólióval rendelkező szereplő ajánlott fel egy ilyen lehetőséget, a megvalósítás is egyszerűbb és kockázatmentesebb lett volna.

Az orosz gázzal összefüggő másik jelentős, már nem a fizikai biztonsággal kapcsolatos probléma a Gazprom piaci erőfölénye (*market power dominance*) a régióban. Mivel a kelet-közép-európai országokba szinte kizárólagosan az orosz fél szállít gázt, a Gazprom magasabb áron adja azt a versenyzőbb, nyugat-európai szállításainál. Ez a fajta ársziskrimináció, az orosz gáz piaci erőfölényével való visszaélés szigorú versenyjogi értelemben szankcionálható. Tekintettel a földgázimport esetenként nemzetgazdasági szinten is jelentős mértékére (magyar esetben a 2010-es évek elején nagyságrendileg a GDP 2,5%-ának megfelelő költséget jelentett a gázimportszámla), az így keletkező különbségek makrogazdaságilag is érzékelhetőek, illetve lehetőséget teremtenek Moszkva számára a puha politikai nyomásgyakorlásra. Így például Litvánia 2012-ben a Gazprom érdekeit sértően alkalmazott

egy uniós jogszabályt, amire válaszul az ország importárai évekig a legmagasabbak maradtak a kontinensen. Értelemszerűen a versenyszerűbb piacok megteremtése nem pusztán gazdasági cél a régióban. Ugyanakkor egy termelő számára a piaci szegmentációk kihasználása, egy magasabb árszint elérése természetes és normális jelenség, saját társadalma felé egyfajta kötelezettség is. Így a közel-keleti termelők számára normális gyakorlat, hogy a távol-keleti piacokra az európai árak többszöröséért adják el a földgázt, és csak a maradékot értékesítik Európában.

A piaci erőfölényes helyzetek kezelése már összetettebb intézkedéseket feltételez mind a nemzetállami, mind az európai szinten. Ugyan az infrastruktúra-fejlesztés itt is egy fontos szempont, de itt nemcsak a fizikai helyettesíthetőséget kell megoldani egy válsághelyzet esetén, hanem azt is, hogy az alternatív beszállítók versenyképesek legyenek a Gazprom árszintjével. Ez azonban az orosz árdiszkrimináció ellenére egy sor jogi és technikai akadályba ütközik napjainkban is. Az uniós szakpolitika a már az 1990-es évek óta megindított gázpiaci liberalizáció és egységesítés révén igyekszik ezen a helyzeten változtatni. A liberalizáció a földgázpiac hagyományosan kötött, és hosszú távú szerződések révén rugalmatlan rendszerét hivatott oldani likvid és a gáz piaci árát jobban követő tőzsdei platformok létrehozásával és megerősítésével. Az egységes piac megteremtése főleg a nemzeti határok és az infrastruktúrák különböző szabályozásainak összehangolásával igyekszik egy mobilisabb európai piacot létrehozni.

A hosszú távú, olajindexált szerződések

Mivel a gáziparban az 1960-as évektől hatalmas, zöldmezős befektetésekkel vezetékes rendszereket építettek fel, az exportőröknek és az importőröknek is biztosnak kellett lenniük, hogy ezek a beruházások megtérülnek, és nem lesznek később kereskedelmi problémák. Ezért a megtérülési időszakot lefedő, gyakran 20-30 éves szerződéseket kötöttek, amelyben az exportőrnek úgynevezett „szállíts vagy fizess” (*deliver-or-pay*), míg az importőrnek átvételi (*take-or-pay*) kötelezettsége volt. Továbbá, mivel akkoriban főleg olajtermékeket váltottak ki a földgázzal, célszerűségből egy olajárképlettel, olajtermékek árából levezetve számították ki a földgáz mindenkori értékét. Magyarországnak is 1996 és 2015 között ilyen 20 éves szerződése volt. Ugyanakkor mára a nagy hálózati rendszerek már kiépültek, a beruházási szükséglet jóval kisebb, és a földgáz sem az olajtermékekkel áll versenyben. Nyugat-Európában, Hollandiában vagy az Egyesült Királyságban olyan tőzsdei kereskedelem honosodott meg, ahol az olajpiachoz hasonlóan az ár a földgáz kereslete és kínálata mentén alakul, és akár egyszeri ügyletek is köthetők. Ezzel szemben az amerikai LNG-szerződések vagy az orosz–kínai exportszerződések továbbra is jellemzően hosszú távúak (bár már jellemzően nem olajindexáltak), mivel itt jelentős befektetésekkel új kapacitásokat kell létrehozni.

Értelemszerűen ezen uniós intézkedések jelentős része egyoldalú, a Gazprommal nem egyeztetett lépés, ami erősen megterheli a két fél közötti kölcsönös függőséget és korábbi viszonylagos bizalmat. A gázellátás ennyiben biztonsági dilemma: az egyik fél saját helyzetének erősítésére tett egyoldalú lépéseit a másik fenyegetésként vagy alkuerejének aláaknázására tett kísérletként élheti meg. Jelenleg az EU gázfogyasztásának közel 30%-a

származik Oroszországból, míg az orosz gázipari bevételeknek becslések szerint 40–45%-a jön az unióba irányuló kivitelből. Ez egy viszonylag erős összefonódás, amelyet szemmel láthatóan szakpolitikai szinten mindkét fél oldani, de legalábbis a maga módján alakítani szeretne a jövőben. Moszkva részéről ez az ázsiai és kínai piacra lépésben manifesztálódhat, a megkötött szerződések alapján Kína egy csapásra átveheti Németországtól az első helyet a célpiacok ranglistáján. Európában a cseppfolyósított földgáz, illetve annak különböző szállítói (Egyesült Államok, Katar, Norvégia, Nigéria) vehetik át részlegesen Oroszország helyét, amennyiben az importőrök felvállalják a magasabb árszintű ázsiai piacokkal a versenyt. Ugyanakkor, ha csak a piaci folyamatok érvényesülnének, és szakpolitikai szinten nem lennének komoly biztonsági ellentétek, a Gazprom képes lenne tovább növelni részesedését az európai piacokon. Az orosz exportmonopólium azon kevés termelő egyike, amely viszonylag alacsony áron jelentős többletvolument lenne képes az öreg kontinensre szállítani.

8.3.3. A nukleáris szektor

A nukleáris energia a második világháborút követően a nukleáris fegyverkezés eredményeként terjedt el. A nukleáris fegyverek előállításához szükséges úgynevezett nukleáris fűtőkör (*nuclear fuel cycle*) kiépítése és fenntartása a szektoron belül az egyik legköltségesebb beruházásokat igényli az uránbányásztól kezdődően, annak kivonásán, dúsításán keresztül a használat utáni kezelésével bezárólag. A hidegháború fegyverkezési versenye kikényszerítette ezeket a befektetéseket, de a robbanófejekhez szükséges urán/plutónium mennyiség előállítását követően ezeket a kapacitásokat jórészt kihasználatlanul kellett fenntartani. Ezekre támaszkodva az 1950-es évek közepétől kezdődően építették ki az első kísérleti reaktorokat, amelyek pár évvel később léptek be a villamosenergia-szektorba. Nem véletlenül az első nukleáris szállítók az atomhatalmak közül kerültek ki (Egyesült Államok, Franciaország, Nagy-Britannia, Szovjetunió és Kína). Jelenleg a világ nagyjából 30 országában majdnem 440 reaktor van üzemben.

A békés célú nukleáris energia egyik komoly biztonsági kihívása éppen ezért a proliferációs kockázat. A nukleáris fegyver és a fűtőelem előállításának technológiai vertikuma jelentős részben azonos. A legfontosabb különbség a maghasadáshoz szükséges izotópok, jellemzően az urán 235-ös izotóp aránya: katonai alkalmazásnál ez jellemzően 85% fölött van, miközben polgári célú felhasználás esetén 3–4% elegendő. A természetes uránból való előállításuk mindkét esetben urándúsítást feltételez, éppen ezért a kritikus elem a fűtőelemgyártás. Az iráni nukleáris programnál sem a Busherben felépített nukleáris reaktor okozott nemzetközi feszültséget, hanem Teherán azon törekvése, hogy maga legyen képes az ahhoz szükséges fűtőelemeket előállítani. A két alkalmazás közti különválasztás nemzetközi jogi értelemben is kidolgozott és felügyelt. Legfőbb intézménye az 1957-ben létrehozott Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (*International Atomic Energy Agency*), amely egy sor kritériumot állított fel a proliferációs kockázatok csökkentése céljából, és rendszeresen ellenőrzi az iparág objektumait. A szervezetnek a világ legtöbb országa a tagja, de például a nukleáris programjáról elhíresült Észak-Korea 1994-ben kilépett abból.

Mindezekből következik, hogy a nukleáris szállítók listája, akik képesek egy reaktort és a hozzá szükséges fűtőelemeket előállítani, erősen korlátozott, jellemzően rövidebb, mint

az olaj- vagy gázexportőröké. Az egy-egy reaktortípus mellett való elköteleződés nagyon hosszú távú együttműködést feltételez: az engedélyeztetés és az építés jellemzően másfél évtizedes folyamatát követően a reaktorok élettartama 50–60 év, amely során az eredeti szállító, ha nem is kizárólagos, de meghatározó partner kell hogy maradjon. Ez önmagában is komplex szerződéses-engedélyeztetési kívánalmakat támaszt, de jelentős bizalmi viszonyt is feltételez a felek között, kiváltképp az építés során.

A nukleáris iparban csekélyek a rövid távú ellátásbiztonsági kockázatok: több évre való fűtőelem elfér pár szobányi területen. Ugyancsak relatíve alacsonyak az üzemanyag költségei a teljes költségstruktúrában, jócskán 10% alatt maradnak, szemben például egy gázerművel, ahol az ilyen kiadások 60–70% között mozognak. Ugyanakkor a különböző gyártók fűtőelemei sok szempont miatt nem feltétlenül helyettesíthetik egymást, így a közép- és hosszabb távú ellátásbiztonság nem feltétlenül kedvezőbb, mint a homogénebb termékek, a földgáz vagy az olaj piacán. A különböző orosz reaktorok fűtőelemeinek helyettesítésére ugyan már történtek kísérletek, de máig nem született teljes értékű megoldás.

További, szélesebb értelemben vett biztonsági problémát vethet fel az ilyen jellegű beruházások finanszírozásának kérdése. A nukleáris erőművek tulajdonképpen „tőkeerőművek”: hatalmas befektetést igényelnek a létesítésük éveiben, majd nagyon hosszan és olcsón termelnek. Így például a paksi bővítés két új blokkja már a tervek szerint is (átlagosan egy nukleáris erőmű a tervezettnél 20%-kal többbe kerül, és két évvel később adják át) egyévnnyi magyar GDP 11–12%-ába fog kerülni, amit a 2020-as évek közepéig úgy kell előteremteni, hogy abból addig semmi bevétel nem származik. Ezek a beruházások túl nagyok és kockázatosak vállalati szereplők számára, ezért kevés kivételtől eltekintve valamilyen formájú állami részvétellel zajlanak. Így itt valószínűleg kormányzatok egymás között kötött, makrogazdaságilag is hatalmas jelentőségű közös projektjeiről van szó, ami nem kevésbé kockázatos, mint a hagyományos energetikai függés. A paksi bővítés példáján az építkezés folyamán a magyar kormány az éves nemzeti össztermék közel 10%-ának megfelelő devizaadósságot vállalt fel Oroszország felé egy bonyolult ipari kölcsön keretében. Ez politikai értelemben kimagaslóan erős kötődés, amelynek zavartalan kezelése komoly erőfeszítéseket igényel mindkét részről.

Végezetül a nukleáris ipar meghatározó biztonsági kockázata a környezeti. Ezek érinthetik a reaktort magát, mint történt az az 1986-os csernobili vagy 2011-es fukusimai balesetnél. Ezek jellemzően kis valószínűségű, de nagy intenzitású események, amelyek egy-egy sűrűn lakott vidéken beláthatatlan anyagi és társadalmi károkat okozhatnak. Csernobil esetében egy 30 kilométeres körben ki kellett üríteni a területet (a „Zóna”), ahova ma sem engednek állandó jelleggel letelepülni senkit. A fukusimai reaktor négy évvel a balesetet követően is szennyezi a Csendes-óceánt, jelentős károkat okozva mind a japán halászatnak, mind a partvidéken. Nem véletlenül több állam, mint például Németország, az ipari nukleáris termelés kivezetése mellett döntött. A másik jelentős költségű és közép- vagy hosszabb távon megoldatlan kérdés a nukleáris hulladékok kezelése. Ezek lebomlási ideje emberi léptékben kezelhetetlen, több százezer év, miközben állandó jelleggel való biztonságos elhelyezésük vagy újrafelhasználásuk jelenlegi műszaki tudásunk szerint gyakorlatilag nem megoldott.

8.3.4. A villamosenergia-szektor és a megújuló erőforrások

A villamosenergia-rendszerek a földgázhoz hasonlóan hálózatos iparágak, ahol a rendszeregyensúly megteremtése még nagyobb figyelmet igényel: nem órák, hanem adott esetben percek kérdése. Éppen ezért a rövid távú ellátásbiztonság átfed a rendszerszabályozással, jól kialakult rendszere van. Erőművi szinten eleve két jelentős kapacitástartalékkal rendelkeznek a nemzeti rendszerek. Egyrészt mivel minden hálózatot a csúcsfogyasztásra terveznek, vannak úgynevezett csúcserőművek (jellemzően földgáz- és vízerőművek), amelyek csak a nap és az év rövidebb időszakaiban működnek, amikor megnő a fogyasztás (általában munkaidőben, vagy nagy hőség vagy hideg idején). Amennyiben termelési problémák lépnek fel, jó eséllyel vannak ilyen szabad kapacitások. Ezen túlmenően azonban rendelkezésre állnak tartalékkapacitások is, amelyeket egy-egy termelő blokk kiesésekor be lehet állítani a rendszerbe. Így például Magyarországon a paksi 470–500 MW-os nukleáris blokkok jelentik a legnagyobb termelési egységeket, következésképp fel kell készülni egy olyan esetre, ha valamelyiküket le kell állítani. A 2003-as paksi balesetnél, amikor másfél évre le kellett állítani az egyik reaktort, ez a kötelezően megépítendő tartalékkapacitás gond nélkül át tudta volna hidalni a kiesést.

A villamosenergia-termelés ellátásbiztonsági értelemben decentralizált, sok száz különböző típusú erőmű termel Európában, szemben a tucatnyi gáz- vagy olajexportőrrel. Az áram piacán erőművek és energiahordozók kiélezett versenye folyik, ennyiben a helyettesíthetőség a többi vertikumhoz képest jobb, a verseny relatíve erős. Éppen ezért érdemi import az EU-n kívüli térségekből nincs, Magyarország is az európai piacról hozza be a szükséges áramot, amit elősegít az is, hogy a kontinens árampiaca pár fokkal integráltabb, mint a földgázé. Az áramszektorban az importfüggőség ezért közvetett, az erőművek számára szükséges fűtőanyag behozatalán keresztül érvényesülhet. 2012-ben az unióban csak az elektromos termelés adta a teljes energiafogyasztás majdnem ötödét, ennek egyes szegmensei (gázerőművek, nukleáris termelés) komoly tételek az importszáldóban.

Az áramtermelés magas fokú diverzitásából adódik, hogy egy hosszabb távú áramkimaradás valószínűsége csekély, szinte kizárt. Az áramszünetek is jellemzően hálózati problémákból adódnak, amikor az egy-egy ponton megszakad, vagy az úgynevezett rendszerirányításban alakul ki kommunikációs zavar. Ezeket a problémákat általában az interkonnektivitás előmozdításával, a hálózati sűrűség növelésével és az erőművi kapacitásállomány rugalmasabbá tételével lehet kezelni.

Az utóbbi évtizedben, főleg a klímaváltozással összhangban előtérbe kerültek a megújuló energiahordozók (*renewables*). Ez egy gyűjtőnév: olyan energiatermelési módok tartoznak ide, amelyek nem bocsátanak ki üvegházhatású gázokat (víz-, nap-, szél-, geotermikus energia), vagy azok legjava visszaforgatható a természetbe (biomassza). Európai elterjedésüket az Európai Unió klímavédelmi programja is segíti, amelynek során az üvegházhatású gázok kibocsátásának az 1990-es szinthez képest 40%-os csökkentését irányozták elő 2030-ig. Ugyancsak itt köteleződtek el a megújuló erőforrások 27%-os szintjének elérése mellett, amelyben kiemelt szerep jutna a nap- és szélenergiának. Ezek az energiatermelési módok perspektivikusan csökkenthetik az importfüggőséget (bár más, technológiai vonatkozásokban új függőségeket teremtenek – így például

a napelemgyártáshoz szükséges ritkaföldfémeket jelenleg szinte kizárólag Kínában bányásszák)²⁶, amennyiben az importfüggő termelési módokat váltják.

A német energiafordulat (Energiewende)

Németország 2010-ben hirdette meg hivatalosan is az energiafordulatot, amely során az európai célokkal összhangban 2050-ig radikálisan, 80–95%-kal csökkenteni szeretnék az üvegházhatású gázok kibocsátását. Ennek során jelentős rész hárulna az energiahatékonyság növelésére és a megújulók elterjedésére. Nem véletlenül a 2010-es évek elején Németországban volt a világ napelem-kapacitásának harmada. Ez a célkitűzés összemosódott a fukusimai baleset után hozott döntéssel, miszerint fokozatosan kivezetik a nukleáris energiát a német rendszerből. A német energiafordulat meghirdetésében kulcsszerepet játszott a Zöld Párt (*Die Grüne*), amely képes volt mind kormányon, mind ellenzékben elfogadtatni saját programjának vonatkozó elemeit a társadalom túlnyomó többségével.

Ezzel párhuzamosan azonban a nap- és szélenergia gyors elterjedése kihívást intéz a meglévő európai rendszerirányítási gyakorlat felé. Ezen kapacitások nem menetrendtartók, teljesítményük a természeti körülményektől, és nem emberi döntésektől függ. Ahhoz, hogy a hálózat befogadjon egy szeles, napsütéses időszak áramtöbbletét, vagy pótolja egy éjszakai szélcsend következményeit, jelentős többletberuházásokra van szükség kiváltképp a hálózat, de a tartalékkapacitások terén is. Nem véletlenül a német energiafordulat komoly konfliktusokat generált Berlin és a környező országok fővárosai között, mivel az a felesleges villamosenergia-többletét kiszámíthatatlan módon rázúdította azok hálózataira. Ennek nemcsak súlyos költségvonzatai vannak (például az érintett területeken erőműveket kell leállítani), de növelik a rendszerszabályozás bizonytalanságait és az áramszünetek valószínűségét.

A kőszén mint biztonságos energiahordozó

A különböző szénfajták (fekete-, barnakőszén, lignit stb.) termelése az esetek többségében az országon belül zajlik, a szénerőműveket gyakran telepítik a bányák mellé. Bár nemzetközi kereskedelmének a fogyasztáshoz viszonyított aránya alacsony, források vonatkozásában diverzifikált a rendszer. Így például, amikor a 2014-es kelet-ukrajnai harcok során Kijev elvesztette a donyecki és luhanszki, termelésének kétharmadát adó bányákat, Dél-Afrikából és Oroszországból importált szenet. Hagyományos ellátásbiztonság vonatkozásában tehát a szén kedvező tulajdonságokkal bír. Ugyanakkor környezeti kockázatok vonatkozásában a szén rendkívül szennyező, a globális klímaváltozás egyik fő okozója. Ennek ellenére használati aránya a világ energiatermelésében a legutóbbi időig növekedett, egyfajta rekarbonizáció zajlott a 2000-es évek eleje óta. Ennek szinte kizárólagos okozója Kína, amely egyedül termeli és használja fel a teljes globális fogyasztás felét.

²⁶ Bővebben lásd tankönyvünk 3. fejezetében.

8.4. Kitekintés

A megújuló erőforrásokhoz, azok technológiai és iparági fejlődéséhez fűzött remények alapján egy-két generáción belül fundamentálisan alakulnának át a világ és azon belül Európa energiarendszerei. Belátható időn belül eltűnnének a fosszilis energiahordozók. Az olajat az elektromos autók, a szén a villamos erőműveknek a megújulókra való áttállítása helyettesítené, míg a földgázt komplex technológiai megoldásokkal lehetne kiiktatni. Mindez azonban egy sor, ma még nem létező újítást feltételez az olcsó áramtárolás, az úgynevezett „okos elektromos hálózatok” és a megújuló villamosenergia-termelés területén. Az utóbbi években az ezeken a területeken bekövetkezett radikális költségcsökkenés, a társadalmak/kormányzatok széles körű elkötelezettsége és legfőképpen az éghajlatváltozástól való féltélem az, ami ezt a folyamatot indukálja.

Mindezek más jellegű, ma még nem feltétlenül előre jelezhető biztonsági problémákat vethetnek fel, miközben a régi kihívások eltűnnek, vagy jelentőségükből vesztenek. Mindez értelmezhető úgy is, hogy a környezeti biztonság szempontrendszere felülír egy sor más, hagyományos biztonsági megfontolást. A változás nagyságrendjének érzékeltetéséhez érdemes megjegyezni, hogy a nem biomassza jellegű megújuló források (hidro- és az összes modern megújuló) 2015-ben a globális fogyasztás mindössze 4%-át képezték. Ugyanakkor az eredeti célkitűzés, miszerint a globális felmelegedést 2 Celsius-fok alatt tartjuk, ma már nem tűnik elérhetőnek.

Felhasznált irodalom

- BOHI, Douglas R. – TOMAN, Michael A. (1996): *The Economics of Energy Security*. Springer Netherlands.
- BP (2016): *BP Statistical Review of World Energy*. Elérhető: http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/burke1/docs/bp_2016.pdf (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- CHERP, Aleh – JEWELL, Jessica (2011): The three perspectives on energy security: intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 3. No. 4. 202–212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.001>
- CLAES, Dag Harald (2001): *The Politics of Oil-producer Cooperation: The Political Economy of Global Interdependence*. Oxford, Westview Press.
- The end of the Oil Age (2003). *The Economist*, October 23, 2003. Elérhető: www.economist.com/leaders/2003/10/23/the-end-of-the-oil-age (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- EIA (2017): *World oil transit chokepoints*. U. S. Energy Information Administration. Elérhető: www.eia.gov/international/analysis/special-topics/World_Oil_Transit_Chokepoints (A letöltés dátuma: 2017. 07. 29.)
- Energiaklub (2011): *NEGAJoule 2020. A magyar lakóépületekben rejlő energiahatékonysági lehetőségek*. Kutatási jelentés. Elérhető: https://energiaklub.hu/files/study/negajoule2020_pdf.pdf (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- EC (2013): *European Economy. Member States' Energy Dependence: An Indicator-Based Assessment*. European Commission. Occasional Papers 145, April 2013. Elérhető: https://ec.europa.eu/economy_finance/publications/occasional_paper/2013/pdf/ocp145_en.pdf (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)

- HOYOS, Carola (2007): The new Seven Sisters: oil and gas giants dwarf western rivals. *Financial Times*, March 12 2007. Elérhető: www.ft.com/content/471ae1b8-d001-11db-94cb-000b5df10621 (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- GRUBLER, Arnulf (2012): *The French Pressurized Water Reactor Program*. Historical Case Studies of Energy Technology Innovation. International Institute of Applied Systems Analysis. Yale University. Elérhető: <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/11077/1/The%20French%20Pressurised%20Water%20Reactor%20Programme.pdf> (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- IEA (2012): *IEA Response System for Oil Supply Emergencies 2012*. International Energy Agency, Paris. Elérhető: www.iea.org/reports/iea-response-system-for-oil-supply-emergencies-2012 (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- IEA (2015): *Energy Security*. Elérhető: www.iea.org/topics/energy-security (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- KRUYT, Bert – VAN VUUREN, Detlef P. – DE VRIES, H. J. M. – GROENENBERG, Heleen (2009): Indicators for energy security. *Energy Policy*, Vol. 37. No. 6. 2166–2181. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.02.006>
- MEKH (2019): Országos egyszerűsített IEA típusú energiamérleg (éves) 2014-2019. Magyar Energetikai és Közmű-Szabályozási Hivatal Elérhető: www.mekh.hu/eves-adatok (A letöltés dátuma: 2020. 06. 12.)
- OPEC (2014): *Annual Statistical Bulletin*. Elérhető: www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/ASB2014.pdf (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- REKK (2009): *Measures and indicators of regional electricity and gas supply security in Central and South-East Europe*. Regional Centre for Energy Policy Research – Corvinus University of Budapest. Elérhető: www.rekk.eu/sos/images/stories/download/sos_indicators_study_secured.pdf?14c7e2ee2520855d5ac98ec049c29945=9744db9ca4867c41aa13a8a337201dc7 (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- VORA, Tanay – SAXENA, Sharad (2015): *Japan's uncertain energy future in the post-Fukushima era*. McKinsey & Co. Elérhető: www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Oil%20and%20Gas/Our%20Insights/Japans%20uncertain%20energy%20future%20in%20the%20post%20Fukushima%20era/Japans%20uncertain%20energy%20future%20in%20the%20post%20Fukushima%20era.ashx (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)

Ajánlott irodalom

- Gazprom (2014): *Gazprom in Figures*. Elérhető: www.gazprom.com/investors/disclosure/reports/2014/ (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- GIDDENS, Anthony (2011): *The Politics of Climate Change*. Cambridge, Polity.
- KARL, Terry Lynn (1997): *The Paradox of Plenty: Oil Booms and Petro-States*. Berkeley, University of California Press. (Studies in International Political Economy)
- MAVIR (é. n.): *A magyar villamosenergia-rendszer adatai*. Elérhető: <http://mavir.hu/web/mavir/a-magyar-villamosenergia-rendszer-statisztikai-adatai>
- Nemzetközi Energia Ügynökség, www.iea.org (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- Oxford Institute for Energy Studies, www.oxfordenergy.org (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- US Energy Information Agency, www.eia.gov (A letöltés dátuma: 2017. 10. 12.)
- YERGIN, Daniel (2008): *The Prize: The Epic Quest for Oil, Money & Power*. New York, Free Press.