

Hagyományos és megújuló energiaforrások: kihívások és tendenciák

Mika János¹ és Kertész Ádám^{1,2}

¹Eszterházy Károly Főiskola, TTK, Földrajz Tanszék, ²MTA Földrajztudományi Kutatóintézet

¹Eger, Eszterházy tér 1, 3300, e-mail: mikaj@ektf.hu, telefonszám: +3636520400/4168

²Budapest, Budaörsi út 45, 1112, e-mail: kertesza@helka.iif.hu, telefonszám: +3613092686

Keywords: energy demands, fossil fuels, renewable energy, climate change, mitigation

Abstract

World-wide fossil and renewable energy sources are introduced as contemporary bases of educational tasks concerning energy cautiousness. Having introduced these two sources of energy, further projections are also presented, together with the spatial rearrangement of energy sources and demands. The paper terminates with effects of global warming on the energy demands as less frequently analysed branch of the energy-climate interaction.

1. Bevezetés

Az energia szükséglet hosszú távú biztosítása a világ egyik legfontosabb megoldandó problémája. A közembernek is folyamatosan eszébe kell jusson ez a kérdés, hiszen folyamatosan használja az energiát, minden pillanatban szüksége van rá. A jóléti társadalom megvalósulása és fenntartása az ésszerű energia használaton alapul. A fejlettséggel való kapcsolat abban is megnyilvánul, hogy a minél fejlettebb egy ország, egy térség, annál nagyobb az egy főre jutó energia igénye, illetve felhasználása. Közismert, hogy a Föld népessége rohamosan nő, így tehát az egy főre eső energia felhasználás is nő, éspedig a népességnövekedésnél nagyobb ütemben.

A fosszilis energiák dominanciájának ténye mellett azt is hangsúlyozni kell, hogy világméretű törekvés van és kutatás folyik más, például megújuló energiák iránt, hogy a fosszilis energiákat minél nagyobb mértékben lehessen kiváltani, helyettesíteni. Ennek ellenére az várható, hogy a világ energia ellátását és piacát a z eljövendő néhány évtizedben a fosszilis energiák határozzák meg. Feltételezhető, hogy a hagyományos energiaforrások még hosszú ideig, várhatóan 2030-ig kielégítik a várható igényeket, megfelelő fejlesztés mellett (Shafiee és Topal, 2009) [3].

2. Fosszilis energia tartalékok

Az erre vonatkozó vélemények nagyon eltérők. Egy dolog biztos: egyszer, lehet, hogy hamarosan, a tartalékok ki fognak merülni. Erre vonatkozóan mellőzzük az egymásnak ellentmondó vélemények idézését. Földtudományi megközelítésből nézve a kérdést Thielemann et al. (2007) [2] például azt írják, hogy 2100 lesz az az év, amikor a széntartalék tekintetében a szűk keresztmetszet bekövetkezik. Szó szerint idéztem, tehát a szerzők sem

mérték határozottan azt állítani, hogy a készlet kiürül. Mindazonáltal a szén tűnik a leghosszabb ideig kitaró fosszilis energiának.

Az USA, Etiópia és India új szén lelőhelyek feltárására, valamint új környezetbarát szén felhasználási technológiák feltárására törekszenek. Az új eljárással működő erőművek hatékonysága is jóval, akár 50 %-kal is nagyobb lesz. Gazdaságosan kitermelhető szénkészletek világszerte, több mint 70 országban előfordulnak (WEC, 2007) [3]. Ez az olaj és gáz lelőhelyekkel szemben egy igen jelentős különbség, hiszen ez utóbbiak túlnyomó része a Közel Keleten fordul elő. Kimondhatjuk tehát a tételt, amely szerint a szén lesz a domináns fosszilis energiaforrás a jövőben. Ha visszaemlékezünk például a Magyarországi energia felhasználás történetére, amely a szocializmus időszakában az olajra való átállásról, majd a gáz domináns szerepéről szólt, a szén teljes háttérbe szorításával, a – természetesen nem mindig gazdaságosan működő - szénbányák bezárásával, akkor ez olyan, figyelemre méltó fordulat lehetőségét vetíti előre, amely alkalmasint a jövőbeli hazai energia struktúrát is befolyásolhatja.

Az 1. táblázat szerint a világ fosszilis energia készletének 65 %-a szén és közel 18-18 %-a olaj, illetve gáz. Ha most a legnagyobb készlettel rendelkező országokat tekintjük, úgy azt látjuk, hogy Oroszország vezet a készletek 24 %-ával, majd Észak-Amerika következik 20 %-kal és a Közel-Kelet 18%-kal. Ez a sorrend a világpolitika jövőbeni alakulását tekintve is rendkívül sokat mond. A szénkészletek 18 %-a Észak-Amerikában, 16 %-a Oroszországban található.

Az olajkészlet vonatkozásával a Közel-Kelet vezet a készletek 11 %-ával és az utána következők csak 1-2, illetve főként 1 % részesedéssel bírnak. A földgáz készleteket nézve ismét csak a Közel-Kelet vezet 7 %-kal, de utána Oroszország alig marad le 5,6 %-kal. A szén tekintetében Észak-Amerika (18 %) és Oroszország (16%) vezetik a mezőnyt.

1. táblázat: A világ fő fosszilis energiahordozó készleteinek eloszlása 2006-ban. Forrás: SHAFIEE S. és TOPAL E. (2009) [1]

Terület	Fosszilis energiahordozó készletek (gigatonna kőolaj-egyenérték)				Fosszilis energiahordozó készletek (%)			
	Kőolaj	Szén	Földgáz	Összesen	Kőolaj	Szén	Földgáz	Összesen
Észak-Amerika	8	170	7	185	0,86	18,20	0,75	19,81
Dél-Amerika	15	13	6	34	1,61	1,39	0,64	3,64
Európa	2	40	5	47	0,21	4,28	0,54	5,03
Afrika	16	34	13	63	1,71	3,64	1,39	6,75
Oroszország	18	152	52	222	1,93	16,27	5,57	23,77
Közel-Kelet	101	0	66	167	10,81	0,00	7,07	17,88
India	1	62	1	64	0,11	6,64	0,11	6,85
Kína	2	76	2	80	0,21	8,14	0,21	8,57
Ausztrália, K-Ázsia	2	60	10	72	0,21	6,42	1,07	7,71
Összesen	165	607	162	934	17,67	64,99	17,34	100,00

3. Megújuló és nem fosszilis energiaforrások

Rátérve a nem fosszilis energiákra, ebben a pontban előbb a megújuló energiák között elvi, vagy gyakorlati okból nem említett néhány típust tekintjük át, majd az IPCC WG3 (2007) [4] alapján, röviden bemutatjuk a megújuló energiaforrásokat.

A *nukleáris hasadáson* alapuló, ismertebb nevén atomenergia adja ma a világ elsődleges energiatermelésének 6%-át. Ezen belül, ha csak az elektromos energiára fókuszálunk, úgy ez az arány már 17%. Az előállítási költségek világ-átlagban ma még mintegy 20 %-kal magasabbak a szén-alapú áramtermelésnél, de ez a különbség tovább csökkenhet, vagy akár el is tűnhet, ha az emberiség meg tudja majd adóztatni a szén-dioxid kibocsátást. Ugyanakkor, az atomerőműveket nagyban fenyegeti a nemzetközi-terrorizmus, a fegyverként való felhasználás kísértése, valamint egy általános technikai fejlettségi, illetve politikai stabilitási szint alatt az emberiség egészét érintő kockázat lenne e technológia elterjesztése. Emiatt már jóval a Csernobil-i baleset előtt, az 1970-es évek közepén csökkenni kezdett a meglévő kapacitások bővítése, s az új atomerőművek építésének üteme.

Az *atommag-egyesülésen* alapuló, teljesen más fizikai elvű energiatermelés ma még csak elvi lehetőség, elsősorban a reakció szabályozása, mederben tartása okoz gondokat.

Az *óceánok felszín közeli rétegeiben raktározott hőtartalom* kihasználása elvben hatalmas, megújuló energia-készletet jelent. De a jól szállítható elektromos energiává való hatékony átalakítás még megoldatlan, valamint a zord óceáni környezetben a berendezések megbízható működését csak magas költségek árán lehetne fenntartani.

A *hullámok, az ár-apály ingadozás és a tengeráramlások* energiáinak kinyerése is évszázadok óta foglalkoztatja a mérnököket. Bár itt-ott már folynak kísérletek, ezen energiák sűrűsége kisebb a jól ismert megújuló energiákhoz képest. Mindaddig a magas költségek sem tették lehetővé, hogy az óceánok mechanikai energiáit érdemben használható megújuló energiaforrásoknak tekintsük.

A globális felmelegedés korlátozásának egyik eszköze a **megújuló energiaforrások** arányának növelése. Főként azoké, amelyek nyomán nem keletkezik üvegház-gáz, de a fosszilis energiákhoz képest előnyös a biomassza-égetés is, ha ez ilyen céllal ültetett növényekből történik.

A *szélenergia* ma még világszerte alig 0,05%-át teszi ki a teljes- és kevesebb, mint 0,2%-át az elektromos energia-termelésnek. Ugyanakkor, ez a leggyorsabban növekvő ütemű forrása az elektromos energiának. Az energiatermelés költségei, ugyancsak világszerte, nemrég még 20-30 %-kal magasabbak voltak a hagyományos szén-, vagy gáz alapú termeléshez viszonyítva. De az utóbbi években a fajlagos költségek jelentősen csökkentek. A különbség nemsokára úgy is eltűnik majd, ha figyelmen kívül hagyjuk az államok energiapreferencia célú hozzájárulásait (adómérséklés, preferált hatósági ár, stb.). A világszerte felhasznált szélenergia a mainak a sokszorosa lehet, bár a mérsékeltlen szeles területek, illetve az energia forrása és felhasználása közötti racionális távolság bizonyos korlátokat szab az elterjedésnek.

A *napenergia* mintegy 0,1 %-át adja a világ elektromos energia-termelésének. (Ez tehát mintegy fele a szélenergia járulékának, s még inkább eltöri a teljes energia-termelés viszonylatában.) Annak, hogy a mindenhol rendelkezésre álló napenergia esetén is csak ilyen kicsik az arányok, az a fő oka, hogy ma még drágán lehet azt elektromos energiává alakítani.

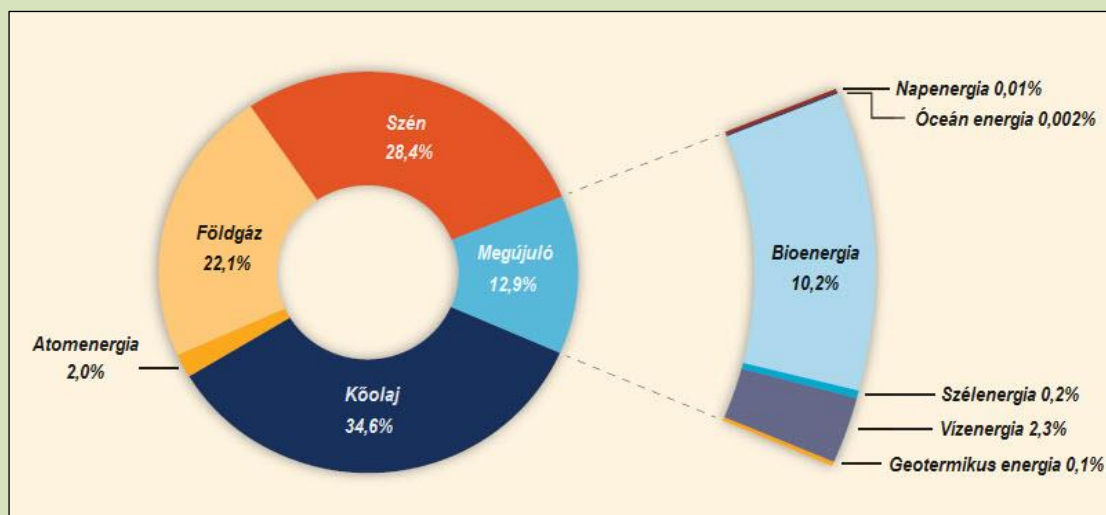
A közvetlen elektromos energiává alakítás költsége fotovoltaikus elemekkel jellemezően 3-5-szörösen, napkollektorokkal (előbb hővé alakítva) mintegy kétszerese annak, mint amennyiért hagyományos szén-alapú energiához juthatunk. Az árviszonyok átalakulása ennél a forrásnál is az energiatermelés megtöbbszörözését ígéri. A közvetlen elektromos energiává alakítási módszerek közül elsősorban a fotovoltaikus eljárások terén vannak ígéretes eredmények.

A *bioenergia*, ideértve annak hagyományos (tűzifa, terméshulladék, stb.) és az ipari jellegű (bioüzemanyag) formáját, együttesen 11%-át adja a világ energiatermelésének. Ezek az energiaformák természetesen mind széntartalmúak. Ezért, a szén-dioxid kibocsátás szempontjából csak akkor tekinthetők semlegesnek, a kibocsátást nem növelőnek, ha az e célra telepített energia-ültetvények legalább annyi széndioxidot elnyelnek, mint amennyi ezen anyagok elégetésekor a levegőbe kerül. (Nem ismert, hogy a fenti 11%-ból mennyi az energetikai céllal ültetett, CO₂-semleges források részaránya.) A bioenergia mennyisége is növekedhet, ám ennek határt szab a földterületek más irányú, a világ nagy részén még a növekvő népesség élelmiszerének megtermelésére koncentráló, kihasználtsága. További korlát lehet a rendelkezésre álló víz mennyisége, mely egyre több térségben okoz gondot. A bioüzemanyag egyszer a közlekedés energia-igényének jelentős hányadát képes lesz kiváltani, de ehhez még jelentősen növelni kell a termelés mennyiségét és a konverzió hatékonyságát.

A *vízenergia* világszerte 17%-át adja az elektromos energia-termelésnek. Az energia kinyerésének és a felhasználás helyéig juttatásának a költségei nagyon helyfüggőek. A leginkább gazdaságos helyeket ugyanakkor már nagyrészt kiaknázták, ezért, valamint az újabb gátrendszerek és tározók miatti társadalmi ellenérzések és félelmek miatt, a vízenergia maximális bővülése sem fogja elérni a mai mennyiség háromszorosát.

A *geotermális energia*, amely elsősorban hasznos hőt és gőzt biztosít egyes helyeken, de elektromosságot is termel bizonyos pontokon, összességében a világ energiatermelésének kevesebb, mint 0.1%-át szolgáltatja. Ahol bőségesen van a felszín alatt forró víz és gőz (pl. Izlandon), ott a költségek versenyképesek a fosszilis energiafajtákkal. Ám az ilyen helyek száma kevés a világon, ezért a geotermális energia kihasználása akkor fokozódhat a mai szint sokszorosáig, ha sikerül technikai és gazdasági értelemben megoldani a nagy mélységek energiájának felszínre hozatalát.

Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testülete közzé tette a Speciális Jelentését (IPCC SRREN, 2011) [5] a megújuló energiaforrások aktuális és jövőbeli helyzetéről. A Jelentés áttekinti a megújuló energiaforrások tudományos, műszaki, környezeti, gazdasági és társadalmi vonatkozásait a kormányok, kormányközi szervezetek és valamennyi érintett fél számára.



1. ábra: Az egyes megújuló energiaforrások részesedése a teljes energiatermelésből világszerte, 2008-ban. A biomasszából származó teljes energia 38 %-a korszerű gáz és folyadék, vagyis nem a zöldtömeg egyszerű elégetése.

A megújulók részesedése. A megújuló energiák részaránya terén a Világ 2008-ban átlagosan éppen azt a 13 százalékot teljesítette a teljes energiatermelésből, amit hazánkknak 2020-ra kell elérnie az EU tagjaként tett vállalásában (1. ábra). Ebből a pontosan 12,9 %-ból a legnagyobb tétel a biomassza (10,2 %), amelynek csaknem 2/3 része (62 %-a) egyszerű biomassza-égetés és csak a fennmaradó bő 1/3 a korszerű cseppfolyós és gáznemű bioenergia. Ebből az is következik, hogy a megújuló energiák csaknem fele a tűzifa és más növényi származékok elégetése! További jelentős hányadot képvisel a Világ átlagos részesedésében a vízenergia (2,3 %). Hazánkból nézve meglepő, hogy ez a szám meghaladja a nukleáris energia részesedését (amit ez a jelentés sem sorol a megújuló energiák közé). Ezekhez képest egy nagyságrenddel kisebb a közvetlen nap- és szélenergia, valamint a földhő részesedése a teljes energiakészletből. További két nagyságrenddel szerényebb az óceáni energia felhasználása.

A megújuló és hagyományos energiaforrások széndioxid kibocsátása Az elektromos energia megújuló energiaforrásokból egy-két nagyságrenddel kevesebb széndioxid kibocsátásával megtermelhető, mint a fosszilis energiaformákból. Az életciklus minden járulékos kibocsátását figyelembe vevő számítások mediánja szerinti szén-dioxid felszabadulását a 2. táblázat mutatja be. E számok nem tartalmazzák a szén-dioxid felszín alá juttatásával elérhető csökkentést, sem a bio- és a vízenergia források kihasználásával járó földhasználat kieső széndioxid lekötését.

2. táblázat: A megújuló illetve hagyományos energiaforrásokból termelt elektromos energiatermelés üvegházgáz kibocsátása, a teljes életciklus minden költségét figyelembe véve. A mediánt képező becslések száma 8–10 (földhő, óceáni energia) és 226 (bioenergia) között ingadozik. A számok a Döntéshozói Összefoglaló 8. ábrájáról leolvasott, kerekített értékek.

Energiaforma	ÜHG kibocsátás (gCO _{2eq} /kWh)	Energiaforma	ÜHG kibocsátás (gCO _{2eq} /kWh)
Szén	1000	Bioenergia	20

Kőolaj	800	Napelem	30
Földgáz	500	Földhő	20
		Vízenergia	10
Nukleáris energia	10	Óceáni energia	10
		Szélenergia	10

A potenciálisan elérhető megújuló energiakészlet. A megújuló energiaformák ún. technikai potenciáljára kapott tudományos becslések ugyan széles sávban eltérnek egymástól, de abban minden számítás közös, hogy a megújuló energiakészlet lényegesen meghaladja a jelenlegi teljes energiafelhasználást (3. táblázat). Ez a technikai potenciál a meglévő eszközök teljes elterjedése mellett kinyerhető mennyiséget tükrözi, általában nem számolva a gyakorlati akadályokkal, de a hatások majdani növekedésével sem.

Valamennyi potenciális forrás között a napenergia lehetősége a legnagyobb, de mindegyik megújuló energiaformában nagyok a tartalékok. Ugyanakkor a fenntarthatósági követelmények, a társadalmi elfogadottság, a hálózatba kapcsolhatóság, valamint az infrastrukturális- és gazdasági lehetőségek hiánya korlátozhatja a megújuló energiaformák teljes kibontakozását.

A megújuló energiaforrások nagy része függ az éghajlattól, ezért felmerülhet, hogy a várható globális klímaváltozás befolyásolhatja ezeket a potenciálokat. A fentebb ismertetett Jelentés (IPCC SRREN, 2011) [5] ezt a változást nem tartja meghatározónak a megújulók elterjedése szempontjából, bízva abban is, hogy a földi hőmérséklet nem emelkedik 2 Celsius foknál erősebben. A változás leginkább a nap- és a bioenergia területi arányait módosíthatja, míg a vízenergia talán összességében nyerhet is a víz körforgásának gyorsulása miatt. A jelentés szorgalmazza a klímaváltozás ilyen hatásainak további vizsgálatát.

3. táblázat: *A potenciálisan rendelkezésre álló megújuló energiaforrások a rájuk jellemző felhasználási módokban, a 2008-ban világszerte felhasznált összes energiaigényhez viszonyítva.*

Igények, készletek	Földhő	Víz-energia	Óceán energiája	Szél-energia	Földhő	Bio-massza	Nap-energia
(EJ/év)	Elektromos energia				Hőenergia	Közvetlen energia	
Globális energia igény 2008-ban	61				164	492	
Felső becslés	1109	52	331	580	312	500	49837
Alsó becslés	118	50	7	85	10	50	1575

4. A világ energiaigényének alakulása és területi átrendeződése

A kereslet és a kínálat alakulását illetően elmondhatjuk, hogy a kereslet 2050-ig legalábbis meg fog duplázódni a mai szinthez képest. 2020-ig több elsődleges energiára lesz szükség, bár a Föld fejlettebb régióiban az effektív technológiák alkalmazásával ez az energiaszükséglet mérsékelhető. A 4. táblázat a jövőbeli energia szükséglet kiváltó okait

tekinti át. Az alábbiakban ország csoportok szerint elemezzük a klímaváltozás energia igényekre és forrásokra gyakorolt hatását.

4. táblázat A jövőbeli várható energiaszükséglet növekedés fő kiváltó okai (2005 – 2030).
Forrás: WICKS, M. (2009)[6]

Ország	Népesség-növekedés	Népesség (millió)		GDP-növekedés	Gépjármű használat (millió)		Energiafogyasztás per fő	
	% per év	2005	2030	% per év	2005	2030	Város (mtoe)	Vidék (mtoe)
Kína	0,4	1310	1460	6,1	23	230	2,6	1,4
India	1,1	1100	1450	6,4	10	125	n/a	n/a
Közel-Kelet	1,7	190	300	4,3	18	75	n/a	n/a
USA	0,8	303	370	2,1	160	225	7,6	7,6
EU	0,0	489	505	1,8	225	295	3,5	3,7

A növekvő népesség energia igénye attól függ, hogy milyen szinten kívánja azt kielégíteni, vagyis a különböző fejlettségű országok állampolgárai különböző mértékű jólét fenntartását óhajtják. Nemcsak az igények különböznek, de a hozzáférés lehetősége is. Az egy főre eső energia fogyasztás kifejezésére a TPES (Total Primary Energy Supply – Teljes Primér Energia Ellátás) fogalmát használjuk:

$$TPES = TOE / \text{fő év},$$

ahol TOE=olaj egyenérték tonna.

A világtól 1,86, az USA-ban 7,15, Kuwaitban 12,1, Bangladshben 0,21. Amint látjuk, a különbségek óriásiak.

Ma még kétségkívül a fosszilis tüzelőanyagok játsszák a döntő szerepet a világ energia ellátásában. A World Energy Outlook (WEO 2013) [7] szerint 2013-ban 82 % volt a részesedésük. Továbbra is vezető szerepet játszanak az energiatermelésben, az erőművek vonatkozásában, ahol a 2011. évi 68 %-ról 2035-re is csak 57 %-ra csökken a részesedésük (WEO 2013) [7].

A világ energiaigénye 2011 és 2035 között a WEO New Policies Scenario szerint egyharmaddal fog nőni (WEO 2013) [7]. Ez a növekedés valamennyi energiahordozót érinti, azonban a fosszilis tüzelőanyagok aránya 82%-ról 76 %-ra fog esni 2035-ig. Ezzel párhuzamosan az alacsony széntartalmú (low-carbon) energiák – tehát a nukleáris és a megújuló energia részesedése 40%-ra fog nőni. Az elektromos energiának pedig csaknem a fele a megújulókból fog származni.

A WEO jelentés szerint a világ energiaigénye a fejlődő országok irányába mozdul. Az elmozdulás mértékére jellemző, hogy a 2035-re vonatkozó becslés szerint a nettó igénynövekedés több mint 90 %-át a fejlődő országok igénye teszi ki.

Ebben az évtizedben, Ázsiában az igény növekedés élén Kína áll, a következő évtizedben azonban India veszi át a vezetést, 2025 után pedig kisebb mértékben Délkelet-Ázsia szerepe is megnő. A Közel-Kelet belép a legnagyobb energiafogyasztók közé is. 2020-ig a második legnagyobb gázfogyasztó, 2030-ig pedig a harmadik legnagyobb olajfogyasztó lesz.

Érdekes, hogy a világ energia kereskedelmének a súlypontja is áttevődik az atlanti térségből az ázsiai csendes óceáni régióba. Kína lesz a legnagyobb olaj importőr és India a legnagyobb szén importőr a 2020-as évek elejére. Figyelemre méltó továbbá, hogy az Egyesült Államok feltehetőleg 2035-ig önellátásra lesz képes.

A fejlett országokban – az északi félgömb OECD országaiban – az előrehaladó klímaváltozás körülményei között is biztosítani kell az energiaellátást és egyidejűleg a kibocsátás csökkentésére is törekedni kell. Ezen országok többsége energia importőr (EU tagországok, Japán), a többiek pedig exportőrök (pl. Norvégia, Ausztrália, Kanada). Az exportőröknek nem csupán a hazai kibocsátást kell mérsékelniük, hanem az exportált energia kibocsátásának mértéke is őket terheli. A fejlett országok tehát a hatékonyabb energiafelhasználás, a széndioxid kibocsátás kereskedelem, a fosszilis energiák használata esetén új technológiák alkalmazása, valamint a megújuló energiák és a nukleáris energia alkalmazása által kereshetik a megoldást a klímaváltozás kihívásaira. Az USA mint energiában gazdag ország és egyidejűleg import függő, különleges helyet foglal el a fejlett országok között,

A kibocsátás csökkentést a Kiotói Egyezmény szabályozta. Az EU 15 országok az 1990-es szinthez képest 8 % csökkentést céloztak meg és tartják is magukat ehhez, ugyanakkor az Egyezményt nem ratifikáló USA kibocsátása 1990 és 2005 között 19,9 %-kal nőtt (WORLD BANK, 2009) [8]. A Koppenhágai Csúcson az USA a 2005-ös szint 17 %-os csökkentését vállalta 2020-ig, vagy az 1990-es szint 4 % -os csökkentését. Más fejlett országok (pl. Kanada) kibocsátása is nőtt. Fontos feladat tehát a fejlettek kibocsátásának 2020-ig történő stabilizálása, majd 50-80 %-os csökkentése, hogy a 2050-re megcélzott 450 ppm koncentráció megvalósuljon.

A volt szocialista országok nem mutatnak egységes képet a kibocsátás és a klímaváltozásra való reagálás szempontjából. A rendszerváltozás óta eltelt időt átugorva és az országok közötti különbségek jellemzését mellőzve a mai helyzetről azt mondhatjuk, hogy az energiaigény napjainkban itt is rohamosan nő. Sajátos probléma az orosz energia importtól való függőség szabályozásának kérdése, amelyhez kapcsolódóan nőhet az energia hatékonyság és a környezetbarát energiafajták előtérbe kerülése.

A harmadik világ országainak jövőbeli helyzete más problémákat vet fel, mint a fejlett országokéi. A gyors fejlődés energiaigénye és az ezzel kapcsolatos széndioxid kibocsátás a legnagyobb kihívás (Bradshaw, M. J. 2010) [9].

A Föld legnépesebb és nagy gazdasági potenciállal rendelkező országai, akik ugyanakkor nem rendelkeznek gazdag energia készletekkel, mint pl. Kína és India legnagyobb kihívása a gyorsan fejlődő gazdaság és a növekvő életszínvonal igényével párosuló energia szükséglet

biztosítása. A kibocsátás mérséklése érdekében tehát a jövőben az alacsonyabb kibocsátású energiaforrások (megújuló energia) felhasználása felé kellene fordulni. Hasonló a helyzet Latin-Amerika és Ázsia más rohamosan fejlődő országaival is. Brazília, a Dél Afrikai Köztársaság, India és Kína, akik az ún. BASIC csoportot alkotják, valamennyien rohamosan fejlődő gazdaságok. Kína a koppenhágai értekezleten bejelentette, hogy a GDP egységre jutó kibocsátását a 2005. évihez képest 40–50 %-kal mérsékli 2020-ra,

Az energiában szegény fejlődő gazdaságok is fenyegethetik a jövőbeli kibocsátás alakulását, mivel jelenleg a kibocsátást csökkentő intézkedések hatáskörén kívül esnek. A kevés energiát felhasználó országok helyzetét jól jellemzi, hogy 152 ország a kibocsátás 15 %-nál is kisebb részarányát adja, ugyanakkor az EU 27 országa és további 14 ország adja a maradék 85 % körüli értéket (CAIT, 2009 [10]– az adatok a 2009–2006 közti időszakra vonatkoznak). A kis energia felhasználók többsége a déli félgömbön van. Ebben az ország csoportban a legnagyobb probléma, amely a klímaváltozással összefügg, a hagyományos biomassza tüzelőanyagok (fa, trágya, növényi maradványok) használata, amellyel szükségszerű erdőirtás és táj degradáció párosul. A fejlődéssel és a fokozódó energia igénnyel párhuzamosan nő a fosszilis energiahordozók részesedése és így a kibocsátás is, ahogy az imént említettük. A klímaváltozáshoz kapcsolódó legfontosabb kérdés a déli félgömb országainak várhatóan növekvő kibocsátása. Azt is szem előtt kell azonban tartani, hogy ez bizonyosan nem mérhető a gyorsan fejlődő országok hatalmas mértékű kibocsátásához. A Világbank álláspontja szerint (WORLD BANK, 2009) [8] a fejlődő, ma még kevés energiát használó országoknak is át kell alakítaniuk az energia szerkezetüket, másképp a megcélzott 2°C szint nem lesz tartható. A déli országok a legsebezhetőbbek a klímaváltozás hatásai szempontjából és a legkevésbé alkalmasak arra, hogy alkalmazkodjanak (UNDP, 2007) [11].

5. A melegedés hatása az energiaigényekre és készletekre (IPCC WGII, 2014 alapján) [12]

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület három vonatkozásban összegezte mindazt, amit a legutóbbi jelentés óta a tudományos közlemények alapján megtudtunk. Még 2013. szeptember 27-én jelent meg a *Tudományos alapok*. A 2014. március 31-én látott napvilágot a *Hatások, alkalmazkodás, sérülékenység*, végül április 13-án a *Kibocsátás mérséklése* c. kötet. A három jelentés együttesen több mint 6 és félezer oldal, sőt a Döntéshozói Összefoglalókat, a Technikai Összefoglalókat és más mellékleteket is hozzá vesszük, akkor ez bő 7 ezer oldal.

A mostani, sorrendben 5. átfogó Jelentés kötet a tudományos közlemények bő öt évig tartó összesítése nyomán bemutatja, hogy a természet és a gazdaság különféle jelenségeit hogyan érinti már most az éghajlatváltozás, miként tudunk ezeken a többnyire kedvezőtlen hatásokon enyhíteni tervszerű alkalmazkodással. A jelentés-folyam második rámutat, hogy ez utóbbi lehetőségek ma még ritkán érvényesülnek az egyes országok és régiók fejlesztési elképzeléseiben, pedig a Jelentés konkrét példái szerint ezzel el tudnánk kerülni a káros hatások számottevő hányadát, egyszersmind fokozni lehetne a térségenként és szektoronként előforduló előnyös hatásokat is.

Amint ezt a Jelentés II. kötetének 10. fejezete összesíti, az energiaigények szempontjából a változás kétarcú: Egyértelműen csökken a fűtési hőigény, de nő a hűtéssel kapcsolatos energiaigény. Mivel térségenként ennek éves egyenlege is eltérő, s az energiatermelés egyéb körülményei miatt a költségek és a nehézségek nem egyszerűen átlagolhatók egy adott térségben, maga a jelentés nem is közöl részletes számításokat.

Az biztos, hogy mindkét energiatípusát ugyanaz a két tényező, a hőmérséklet és a légnedvesség alakulása határozza meg, de szerepe van a közvetlen sugárzási hő-bevételt befolyásoló felhőzet, sőt a szélesség is. További sajátosság, hogy a fűtési nyereség a melegedés erőteljesebb foka után egyre csökken, míg a hűtési igény a melegedés előre haladtával inkább fokozódik. Tehát, minél nagyobb melegedést kell elviselnünk, annál inkább a hűtési energiátöbblet dominálja ezt a kérdést.

Ha a kétféle igényt a fogyasztók illetve az energiaszolgáltatók szempontjából is megnézzük, akkor azt látjuk, hogy a fenti, fogyasztó-központú értékelés pontosan fordított az energiaszolgáltatók (energia-eladók) szempontjából. Számukra a fűtési energia csökkenése veszteség, a hűtési igény erősödése pedig nyereség. (Megjegyezzük még, hogy a Jelentés rendre összesíti azon nem éghajlati körülményeket, amelyek az adott kérdést befolyásolnak.)

Mielőtt rátérünk a kibocsátás-mérséklésre, jelezzük, hogy van egy érdekes ábra még ebben a kötetben, ami egy nagyon fontos közös aspektusát vázolja a két társadalmi cselekvésnek, az alkalmazkodásnak és a mérséklésnek (5. táblázat). Az ábra jobb felső sarkában két win-win stratégiára látunk példát, amelyek mindkét szempontból előnyösek. Az épületek hőszabályozása

5. táblázat: *Példák nyer-nyer, duplán rossz, illetve kevert eredményű megoldásokra az alkalmazkodás illetve kibocsátás-mérséklés terén (IPCC WGII, 2014: Fig. 2-4 nyomán)* [12]

		Kibocsátás-mérséklés	
		Hátrányos	→ Előnyös
Alkalmazkodás	Előnyös	Adaptív, de többlet kibocsátás Légkondicionálás Kiterjedt öntözési rendszerek	Fenntartható win-win Vízigény menedzsment Épületek hőgazdálkodása
	Hátrányos	Nem fenntartható Tengerpartok városi beépítése Folyamatos erdőirtás	Új sérülékenységek Monokultúrás bioenergia növények Kiterjedt vízenergia építmények

6. Epilógus

Nemcsak az IPCC szervezi a munkát a környezet és az éghajlat terén. Az utolsó kötetel szinte egy időben „*Energiafaló Bolygónk*” címmel (Our High Energy Planet) látott napvilágot [13] tizenhárom ismert amerikai kutató 28 oldalas programtervezete arról, hogy miképp lehet legyőzni az energia-szegénységet- és megakadályozni a klímaváltozás fokozódását. Hiszen,

ma több mint egy milliárd ember nem jut elektromos áramhoz, hárommilliárd ember ma is nyílt tűzön főz, mégpedig fával, állati csontokkal, szénnel és faszénnel tüzelve. A kulcs szerintük (is) az olyan innovatív rendszerek kifejlesztése, amelyekből olcsó, tiszta és megbízható energia nyerhető. (<http://thebreakthrough.org/index.php/programs/energy-and-climate/our-high-energy-planet>) [13]

7. Irodalomjegyzék

- [1] Shafiee, S., Topal E. (2009): When will fossil fuel reserves be diminished? *Energy Policy* 37. 181–189.
- [2] Thielemann T., Schmidt S., Gerling J. P. (2007): Lignite and hard coal: Energy suppliers for world needs until the year 2100 – An outlook. *Int. Journal of Coal Geology* 72, pp.1–14.
- [3] World Energy Council (2007). *World Energy Scenarios 2007: Energy Policy Scenarios to 2050*. <http://www.worldenergy.org/publications/2007/energy-policy-scenarios-to-2050/>
- [4] IPCC WG3 (2007): *Climate Change 2007: WG-III, Mitigation of Climate Change* (www.ipcc.ch)
- [5] IPCC SRREN (2011): *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* [O. Edenhofer, R. Pichs - Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1544 p.
- [6] Wicks, M. (2009): *A national challenge in a changing world. Department of Energy and Climate Change, London*
- [7] *World Energy Outlook 2013*
http://www.iea.org/newsroomandevents/speeches/131112_weo2013_presentation.pdf
- [8] WORLD BANK, (2009): *World development 2010: Development and climate World Bank, Washington DC*
- [9] Bradshaw, M. J. 2010: *Global Energy Dilemmas: A Geographical Perspective*. *The Geographical Journal*, Vol. 176, No. 4, pp. 275-290, DOI: 10.1111/j.1475-4959.2010.00375.x.
- [10] CAIT, 2009: *Climate analysis indicator tool (CAIT) World Resource Institute, Washington DC (online database available at: <http://cait.wri.org>)*
- [11] UNDP, (2007) *Human development report 2007/2008 Fighting climate change: human solidarity in a divided world United Nations Development Programme, New York*
- [12] IPCC WGII (2014): *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability 2400 pp (http://ipcc-wg2.gov/AR5/)*
- [13] (<http://thebreakthrough.org/index.php/programs/energy-and-climate/our-high-energy-planet>)