

## 1.2 | Az energiakínálat és -kereslet alakulása 1.6 | 2050-ig

*Tárgyszavak: primerenergia-kereslet; szénhidrogén-forrás; szénhidrogén-tartalék; konvencionális olaj- és gáztartalékok; a tartalékok újrabecslése; környezetvédelem; nukleáris energia; atomhulladék; urántartalék; nukleáris fűtőanyag; atomreaktorok; maghasadás és -fúzió; hosszú távú energiamérleg; CO<sub>2</sub>-kibocsátás; komplementaritás és szinergia.*

A legtöbb ipari elemző szerint a **világ primerenergia-kereslete** 2030-ig meg fog duplázódni, a 2000. évi 9 Gt/év olajegyenértékről (Gtoe) 18 Gtoe/év mennyiségre fog növekedni, és 2050-re durván a háromszorosára, évi 25–30 Gtoe/év mennyiségre fog ugrani. Ezen elemzők szerint a jelenlegi 85%-kal szemben 2050-re a fosszilis fűtőanyagok az elhasznált energiamennyiség mindössze kétharmadát fogják fedezni.

### A pontatlan olajkínálat-előrejelzések történeti bemutatása

- 1919:** „Az USA jelenlegi termelési csúcsa feltehetően 3 éven belül visszaesik.”
- 1936:** „Bizonytalan dolog csupán a múlt időszakban feltárt kőolajmennyiség alapján abban bízni, hogy az a jövőben is rendelkezésre áll majd.”
- 1981:** „Ha nincs kőolaj az adott lelőhelyen, a feltárás szolgálatába állított összes emberi leleményesség sem tud oda kőolajat „csempészni...”
- 1990:** „Az OPEC szervezetén kívüli országok termelése hosszabb távon a legjobb esetben is csak stagnálni fog, de a legvalószínűbb, hogy fokozatosan csökken a kőolajkészlet korlátozottsága miatt.”
- 1998:** „A konvencionális olaj globális termelése előbb fog csökkenni, mint ahogy azt a legtöbb ember gondolná – feltételezhetően már tíz éven belül.”

Jelen cikk célja a fentiekben vázolt, 2050-ig szóló előrejelzések felülvizsgálata, újraértékelése. Az előrejelzés egyik legbizonytalanabb tényezője az, hogy jelenleg nem lehet megítélni, hogy az emberiség hajlandó lesz-e elfogadni sokkal racionálisabb kiindulási pontokat az alapvető társadalmi döntések meghozatalához, vagy pedig továbbra is a kialakult összetett sémák érvényesülnek a jövőben is. E tényező pedig a világ energiajövőjére fontos hatással lesz. Ez egyben azt jelenti, hogy nem a tudósok által meghatározott realitásoknak van igazán jelentősége, hanem annak, hogy az emberek mit értenek meg, fogadnak el és mit akarnak. Ez a demokrácia valódi lényege, és éppen ezért a jövő különböző energiaforrásai szempontjából kulcstényezőnek számít.

Az elkövetkező 50 év során az emberiség energiafogyasztására hatni fognak azok a kockázati tényezők, amelyek a globális felmelegedésben, a nukleáris energiában és a közúti szállítóeszközök, gépjárművek használatában rejlenek. Mint ahogy az elkövetkező 50 évben a géntechnológiában rejlő kockázati tényezők meghatározzák felelősségünket a föld- és talajművelésben az olyan alternatív anyagok felhasználása terén, mint az élelmiszeripari és energiaipari biomassa.

## **Fosszilis fűtőanyagforrások, tartalékok**

A különböző energiaforrások potenciális kínálatának korlátozottságát a legtöbb tanulmány, amely e tematikával foglalkozik, alulbecsüli.

A ma divatos mondás, miszerint: „A kőkorszak nem azért ért véget, mert elfogyott a kő”, valójában arra utal, hogy a szénhidrogénkor nem az olaj- és gázforrások hiánya miatt fog véget érni, hanem a masszív használatukkal együtt járó környezeti, környezetvédelmi problémák miatt. A cikk szerzője nem osztja ezt a véleményt, és meggyőződése, hogy a világ olaj- és gáztermelésének csökkenése a tartalékok kimerülésének következménye lesz.

A fosszilis fűtőanyag-tartalékok mennyiségét számszerűsíteni nem csekély feladat és nagyon komoly problémát jelent, (a pontosítás végett: szénhidrogén-forrás alatt azt értjük, ami a föld mélyében található, míg szénhidrogén-tartaléknak számít az, amit biztosan és jövedelmezően lehet iparilag kitermelni) függetlenül azok természetes halmazállapotától: szilárd (szén), cseppfolyós (olaj), vagy gázállapotú (földgáz). Az iparág lényegében képtelen arra, hogy számszerűsítse a „koncentrált napenergia” (fosszilis biomassa) véges készleteit, ameddig azok a föld mélyében vannak, azaz „forrás” állapotban vannak, a fenti pontosítás szerint. Ez különösen igaz a szilárd halmazállapotú energiahordozó, mint pl. a szén, lignit, bitumenes agyagpala, valamint a gáz-hidrát-állapotú energia esetén. Másrészt, a cseppfolyós és gáz halmazállapotú szénhidrogén-tartalékok számszerűsítése sokkal kevesebb bizonytalansági tényezőt rejt magában.

**A források maximális mennyisége sokkal nagyobb pontossággal becsülhető**, az olaj esetén megközelítőleg 30%-os hibával, míg a gáz halmazállapotú földgáz (szemben a hidrát állapotúval) esetében 50%-os hibával.

Az ún. konvencionális olaj- és gáztartalékok esetében a tartalékok kiürülését és az új lelőhelyek feltárását az elmúlt 20-30 évben három jelenség határozta meg:

- Új övezeteket nyitottak meg a nemzetközi befektetők számára feltárás és termelés céljára,
- A nem konvencionális források (mint pl. mélyvízi olaj, ultranehez nyersolaj stb.) fokozatos konvertálása konvencionálissá,
- Mindenekfelett pedig egy komoly újrabecslése azoknak a tartalékoknak, amelyeket a már feltárt lelőhelyek tartalmaznak. Ezt az *1. táblázat* mutatja:

1. táblázat

### A bőséges tartalékok bemutatása

A világ tartalékai	1973		2000	
	Olajegyenérték, Mrd t	Ennyi évre elegendő	Olajegyenérték, Mrd t	Ennyi évre elegendő
Olaj	86	30	140	40
Földgáz	52	48	140	65

Figyelembe véve, hogy ez a jéghegy látható csúcsa, feltételezhető, hogy bőséges és gyorsan növekvő olaj- és gáztartalékokkal rendelkezik a világ, és egyáltalán nincs semmilyen probléma.

Ezzel szemben az ún. konvencionális olaj maximálisan feltárható tartalékának mennyiségi becslése az elmúlt 30 év során gyakorlatilag változatlan maradt, ezt a *2. táblázat* szemlélteti:

2. táblázat

### A konvencionális olajtartalékok növekedésének hiánya

A világ konvencionális olajtartalékának becsült mennyisége	1973	2000
Milliárd hordó	2000–3000	2000–3000

1973 és 2000 között gyakorlatilag a konvencionális olajtartalékok becsült mennyisége változatlan maradt

Kezdetben, amikor a lelőhelyeket elkezdték kiaknázni, az ott található olaj mennyiségét gyakorta alulbecsülték, és az idő haladtával a műszaki fejlődés lehetővé tette a várhatóan feltárható mennyiség pontosabb számítását.

Ha erre példaként az amerikai olajipart vesszük – figyelembe véve az összes, fentiekben vázolt tényezőt -, könnyen beláthatjuk, miért telt el kb. 30 év a között az időpont között (az 1930-as évek végén), amikor az új lelőhelyeken már nem volt elég nagy a feltárt készlet ahhoz, hogy a fogyasztásban bekövetkezett

növekedést ellensúlyozza, és a között az időpont között (az 1970-es évek elején), amikor a hazai (amerikai) termelés elkezdett csökkenni.

Mindezek alapján nagyon is ésszerűnek tűnik feltételezni, hogy ez a jelenség nemcsak Amerikában, de globális szinten is lezajlik.

Ha hosszabb távra nézünk előre, kb. 2050-ig, az energiaforrások fizikai megjelenés szerinti lebontása kevésbé lesz releváns, mivel az iparágak már most megvan az a technológiai eszközkészlete, amivel az egyik halmazállapotú energiaforrást egy más állapotúvá transzformálja, a piac kívánalmainak megfelelően. Pl. mind a szenet, mind az olajat át lehet alakítani gáz állapotúvá, és folyékony szénhidrogének állíthatók elő gázból (pl. a Fisher-Tropsch-féle eljárással olajtermékeké történő konvertálás, vagy a metanol olefinokká való átalakítása).

Még jóval 2050 előtt az egyensúly megteremtésének egyik fontos gazdasági paramétere lesz a környezetvédelem. 2010-re vagy 2020-ra talán konszenzus alakulhat ki a globális felmelegedés veszélyeivel kapcsolatban. A kormányoknak ehhez kapcsolódóan lépéseket kell majd tenniük, pl. ökoadó bevezetése, kibocsátási engedélyek kereskedelmi forgalmazása stb., azért, hogy akik felelősek az atmoszférába történő szén-dioxid, korom kibocsátásáért, azok maguk viseljék annak környezetvédelmi költségeit, ezáltal is garantálva, hogy a piac racionális úton szabályozza a szén-dioxid kibocsátását. Ez – mármint a „szennyező fizet” rendszer megvalósítása – némi akadályt gördít a szén gáz halmazállapotúvá alakítása elé, ugyanakkor nagyon komoly hátráltató tényezője lesz annak a feldolgozási eljárásnak, amely során a gázt folyékony halmazállapotúvá konvertálják. Más oldalról viszont a szén-dioxid- és koromkibocsátás „környezetvédelmi költségtételként” való számszerűsítése elősegíti egy olyan energiapolitika fejlődését, amely a hidrogénalapú feldolgozási eljárásoknak magasabb prioritást fog biztosítani, ami pedig szükségszerűvé teszi, hogy az ipar eljusson oda, hogy az alacsony költségű széndioxid-leválasztó technológiát alkalmazza.

Lényeges, hogy az energiaforrások között különbséget tegyünk az olaj és a gázforrások között, a következők miatt:

- Az olajlelőhelyekből történő elsődleges kinyerés nagyon alacsony fokú, különösen az ultranehez nyersolaj tekintetében, de átlagosan mindenfajta olajminőség esetén az elsődleges kinyerési ráta ma jóval kevesebb, mint 30%. Természetesen a jövőben a műszaki haladással együtt ez az arány javulni fog, különösen a nagy fajsúlyú vagy magas viszkozitású olajforrások esetén.
- Gáz esetében nincs szükség minőségi osztályozásra, s a marginális eseteket kivéve, a természetes kinyerési ráta általában elég magas szinten, 70–80% körül van, ezt a technológiai fejlődés is csak kis mértékben javíthatja.

A gázlelőhelyek feltárása nem olyan előrehaladott, mint az olajlelőhelyeké, így az új gázmezők felfedezése még mindig erőteljesen javítja a tartalék-

statisztikát és ez várhatóan így lesz még az elkövetkező 10–20 év folyamán is. Másrészt, ha az éves fogyasztás meghaladja az új feltárások mennyiségét, a tartalékok kimerülése gyors és feltartóztathatatlan lesz.

Sok ipari elemző a szilárd halmazállapotú olajat és gázt a „holnap tartalékai”-ként jellemzi. A kulcskérdés az, hogy 2050-re az energiatársaságok vajon olyan pozícióban lesznek-e, hogy az olyan forrásokat, mint az olajpalák és gázhidrátok, át tudják transzformálni igen jelentős mennyiségben olaj- és gáz-tartalékokká. E cikkben eléggé hagyományos megközelítésben értékelik a „szilárd” fosszilis fűtőanyagokat, ide sorolják az olajpalákat is, de a bitumenes homokot és az ultranehez nyersolajat nem, még akkor sem, ha azok „pépes” formában vannak, illetve akkor sem, ha a természetes tárlóközegben megszilárdultak (ilyennel találkozhatunk bitumenes homok esetében a kanadai Athabasca lelőhelyein). Ez a megkülönböztetés jogos, mivel jelentős különbség van a bitumenes homok és az olajpala között. Az előbbi természetes nyersanyag, amely vándorolt, és nehezebbé vált oxidáció és biodegradáció útján, míg az utóbbi valójában a kerogén egy formája, vagy más néven „kőolaj-anyakőzet”, amelynek szerves anyaga nem teljesen alakult át olajjá, így a párolgás és a migráció folyamata nem bejeződött be.

## A nukleáris energia jövője

Jelenleg a világ energiatermelésének 18%-át teszi ki a nukleáris energia-termelés, ami az összes elfogyasztott energiának kb. 6%-a. A világban ma működő atomerőművek meglehetősen homogének, azaz többségük inkább hagyományos hasadási reaktor, mint gyors neutronos tenyésztőreaktor.

Az atomerőművek nagy többségében ún. nyomottvizes reaktorokat használnak. Ezek az atomerőművek dúsítotturánium-ciklust használnak, amely vagy hagyományos fűtőanyagot (3,5% uránium-235), vagy olyan vegyes-oxid fűtőanyagot alkalmaz, amely plutóniumot és urán-oxidot tartalmaz. Ez a feldolgozási mód biztonságosnak és megbízhatónak tekinthető.

Az atomerőművek működése óta a csernobili atomerőműben történt katasztrófa volt a legjelentősebb baleset, azonban az iparág ezt inkább „szovjet balesetként”, mint „nukleáris balesetként” tartja számon. Ezzel tulajdonképpen az atomerőművek üzemeltetésének lehetséges „Achilles-sarkához” jutunk: a legfőbb kockázatot ugyanis nem a műszaki üzemzavar vagy baleset, hanem az emberi hibából vagy politikai helyzetből (pl. terrortámadás, háború, polgárháború stb.) eredő véletlen esemény jelenti. Napjainkra ugyanis a műszaki üzemzavar, baleset kockázatát más, egyéb ipari létesítmény üzemeltetésében rejlő kockázatnál alacsonyabb szintre sikerült leszorítani.

Az atomerőművek üzemeltetésével összefüggő másik gond az ún. atomhulladék elhelyezése. Hol és hogyan tárolják az atomhulladékot, amely nem más, mint a működtetés során elhasznált, radioaktív fűtőanyag? Hol és hogyan bontsák le, szereljük szét azokat az atomerőműveket és más nukleáris

létesítményeket, amelyre már nincs többé szükség? Az iparágak már jelenleg is megvannak a szakszerű módszerei, ill. hamarosan, kellő időben rendelkezésre fognak állni a megfelelő eljárások, mégpedig olyan költségszinten, amely nem fogja jelentősen emelni a nukleáris erőművekben generált villamos energia költségét.

Fontos kérdés az atomerőművek üzemeltetéséhez elsősorban szükséges fűtőanyag, az urán tartalékának mennyisége. Szerencsére a mainál még jóval szegényebb urán is felhasználható üzemanyagként anélkül, hogy a villamos energia egységköltsége jelentős mértékben növekedne. Ha az atomerőművekben előállított villamos energia költségét lebontjuk, a költségelemek között a nukleáris fűtőanyag értéke csak kis tételként jelenik meg!

Ha 15–20 éven belül a nukleáris fűtőanyagforrások annyira kimerülnének, hogy az megemelné az atomerőművekben generált villamos energia költségét, az iparágak újra kell indítani a gyorsneutronos szaporítóreaktor (FBR = Fast Breeder Reactor) programját. E reaktortípusok 30–40-szer több mennyiségű villamos energiát képesek előállítani ugyanannyi urán fűtőanyagból, mint a hagyományos uránreaktorok. E reaktortípus legfejlettebb prototípusát Franciaországban üzemeltették (neve Superphénix volt), azonban a francia kormány leállította. Ha a gyorsneutronos szaporítóreaktorok ipari szinten tudnának üzemelni, az az energiatermelő cégek számára 30–40 évnyi előnyt jelentene a hagyományos uránreaktoros atomerőművek üzemeltetésével szemben, valamint képet kapnánk működtetési és fenntartási költségeiről, a szerkezet előregedési problémáiról, megbízhatóságáról stb.

2010–2020-ra várhatóan igény lesz megbízható, könnyen üzemeltethető, kis kapacitású (100–500 MW) atomerőművekre, különösen a fejlődő gazdaságokban. A magas hőmérsékletű, héliumhűtésű reaktoroknak alkalmasnak kell lenniük erre a célra. Carlo Rubbia, Nobel-díjas fizikus kidolgozott egy javaslatot az ún. spallációs reaktorok használatára. Még hosszabb távra tekintve, számba kell venni a fúziós reaktorok ipari szintű üzemeltetését.

## A világ energiaegyensúlya 2050-ben

**A szénfelhasználás** korlátozó feltételei:

- a rendelkezésre álló tartalékok nagysága,
- a gazdaságosan előállítható mennyiség,
- a szén-dioxid kibocsátás elfogadható szintje,
- egyéb szennyezőanyagok: kén, metán, porszemcsék és hamu.

A jövő széntüzelésű erőművei már képesek lesznek kiszűrni a legtöbb szilárd szennyező részecske kibocsátást, de csak nagyon kis változást lehet majd elérni a háztartási kéményekből kiáramló részecskék tekintetében. Ugyanez igaz a kénre vonatkozóan is. Minden szénlelőhely tartalmaz széntelepi metánt, amely közvetlenül a légkörbe kerül a feltárás során.

Figyelembe véve a szénlogisztika magas költségeit (az energiaegységenkénti szállítási költségek a szén esetében sokkal magasabbak, mint a földgáz esetében), a Föld szénforrásainak nagy része 2050-ig sem tekinthető széntartaléknak, még akkor sem, ha potenciális lehetőség a szén villamos energiává történő „tisztá átalakítása”. A széniparnak világszerte erőfeszítéseket kell tennie a tartalékok és források megkülönböztetésére, ahogyan azt az olaj- és gázipari cégek teszik.

2050-re a világ szén- és lignittermelése a 2000. évi 4,8 Gt/év (4-5 Gt olajegyenérték/év) mennyiségről 8-10 Gt/év (kb. 2,2 Gt olajegyenérték/év) mennyiségre emelkedhet. Ez a becslés feltételezi – és ez jelenthet a hipotézisben egy gyenge pontot –, hogy a légkörbe kibocsátott szén-dioxidra vonatkozó korlátozásoknak nem lesz nagy kihatásuk a termelésre.

2010–2020 között az **olajfogyasztásban** a visszaesés elég gyorsan érzékelhetővé válik a tartalékok kimerülése miatt. Akkorra már a legtöbb elemző számára világossá válik, hogy az új feltárások nem lesznek képesek fedezni az elfogyasztott mennyiséget, valamint, hogy a tartalékok és a fogyasztás mennyiségének statisztikai növekedése főként két tényező eredője lesz: a már feltárt, hagyományos lelőhelyeken megnövekszik a tartalékok mennyisége, és növekedés következik be a nem-konvencionális források konvencionálissá konvertálásában, ahol főként az extra-nehéz nyersolaj és a bitumen fog szerepet játszani. Ezáltal 2050-re 500–1000 milliárd hordó új tartalék áll majd rendelkezésre, és további 100–200 milliárd hordó tartalék kínálkozik majd a mély- és ultramély vizekből. Valószínűsíthető, hogy a világ jelenlegi olajtermelése a 3,7 Gt olajegyenérték/év mennyiségről legfeljebb 5 Gt olajegyenérték/év mennyiségre kúszik fel 2010 és 2020 között, mielőtt 2030 körül visszaesne a 4,5 Gt olajegyenérték/év szintre. 2050-re minden valószínűség szerint a jelenlegi szint körüli értékre fog a teljes termelés beállni, kb. 3,5 Gt olajegyenérték/év mennyiségre.

**Földgáz** esetében a tartalékok jelenlegi bőségét vetíthetjük előre a 2010–2020 közötti időszakra. A rendelkezésre álló forrásokról nagyon pontatlanok az ismereteink; ha egyszer szükségessé válik a már feltárt lelőhelyeken lévő tartalékok újrabecslése, az sokkal nehezebb lesz, mint az olaj esetében.

Néhány példa: a hollandiai Groningenben lévő gázmezők tartalékainak mennyisége jelenlegi becslések szerint háromszorosa a 30 évvel korábbi adatnak; más gázmezők esetében azonban az újrabecslés nem eredményezett mennyiségi növekedést, pl. a Norvégiához tartozó Frigg szigeten, valamint a Franciaország-béli Lacq-ben lévő gázmező jelenlegi tartalékait könnyű számszerűsíteni, mert a mezők már most kiürültek, vagy közel vannak hozzá. Felvetődik az a fontos kérdés, hogy vajon az elkövetkező 20–30 évben hány nagy gázmezőt sikerül feltárni: ötvenet vagy egy tucatnál is kevesebbet? Valószínűsíthető, hogy a gázinfrastruktúra fizikai rugalmatlansága, valamint annak kiépítéséhez szükséges nagyobb beruházások hiánya a világ gáztermelésének csökkenését fogja előidézni. Gyakorlatban ez azt jelenti, hogy nem

épülnek jelentősebb gázvezetékek és cseppfolyósító üzemek, ha nem garantálható azok nyereséges működése 30 éven át.

Kb. 2015–2025 közötti időszakra várható a gáztermelés maximális szintjének elérése, ami eltart kb. 2050–2060-ig, onnantól kezdve visszaesés valószínűsíthető világszerte. Ez a jelenlegi termelés több mint kétszeresét jelenti, azaz kb. 4,5 Gt olajegyenérték/év mennyiséget.

Fentieket átfogóan figyelembe véve, a világ 2050-re számszerűsíthető éves fosszilis energiatermelése a következőképpen bontható le:

- széntermelés mennyisége: 4,5 Gtoe,
- olajtermelés mennyisége: 3,5 Gtoe,
- gáztermelés mennyisége: 4,5 Gtoe,

ezekből adódik össze a fosszilis fűtőanyagok 12,5 Gtoe/év termelési mennyisége.

Azonban a legélénkebb keresleti becslés szerint a világ összes energiaszükséglete 2050-re akár a 25-30 Gtoe/év szintet is elérheti. Még egy sokkal mérsékeltebb becslés szerint is (3. táblázat) – ahol azt feltételezzük, hogy a világ lakossága nem 10 milliárd ( $\pm 1$  milliárd eltéréssel), hanem csak 8 milliárd ( $\pm 2$  milliárd eltéréssel) fő lesz – a világ összes energiaszükséglete eléri majd a 18 Gtoe/év szintet, amely a jelenlegi évi 9 Gtoe/év fogyasztásnak a duplája. Ha az utóbbi, mérsékeltebb tervet fogadjuk is el, a nem fosszilis energiákra (megújuló + nukleáris) eső 2050-re becsült 5,5 Gtoe/év mennyiség még mindig nagyon jelentős lesz a fosszilis fűtőanyag-mennyiséghez képest, ezt az alábbi táblázat is mutatja:

3. táblázat

A világ hosszú távú energiamérlege

	2000		2020		2050	
	Olaj- egyenérték, Mrd t	%	Olaj- egyenérték, Mrd t	%	Olaj- egyenérték, Mrd t	%
Olaj	3,7	40	5,0	40	3,5	20
Földgáz	2,1	22	4,0	27	4,5	25
Szén (lignit is)	2,2	24	3,0	20	4,5	25
<b>Összes fosszilis fűtőanyag</b>	<b>8,0</b>	<b>86</b>	<b>12,0</b>	<b>87</b>	<b>12,5</b>	<b>70</b>
Megújuló energiák	0,7	7,5	1	6,5	1,5	8
= ezekből elektromos áram generálására használt energiák	(0,5)		(0,7)		(0,9)	
Nukleáris energia	0,6	6,5	1	6,5	4	22
<b>Összes kereskedelmi energiaforrás</b>	<b>9,3</b>	<b>100,0</b>	<b>14,0</b>	<b>100,0</b>	<b>18,0</b>	<b>100,0</b>



## Széndioxid-kibocsátás

A szén-dioxid kibocsátás szintje fontos tényező a Föld klímájának alakulásában. A fosszilis tüzelőanyagok felhasználása jelentősen növeli a kibocsátás szintjét.

1960 előtt kevesebb mint 200 év alatt a CO<sub>2</sub> koncentrációja a légkörben 280 ppm-ről 360 ppm-re növekedett, s becslések szerint 2050-re a széndioxid légköri koncentrációjának mértéke kb. az 500 ppm szintet éri el.

Ez a helyzet csaknem elkerülhetetlennek tűnik, nagyrészt a fennálló energiarendszerekből (mind az energiatermelés, mind az energiafogyasztás infrastruktúrájába hatalmas a pénzügyi investíció) eredő „tehetetlenségi hatás” miatt. A matematikai módszereken alapuló klímaváltozás-modellezés fejlődése ellenére még mindig rengeteg az ismeretlen tényező.

## A tüzelőanyagok komplementaritása

A jövőbe tekintve erősödik a fosszilis fűtőanyagok és a nukleáris energia komplementaritása, ill. szinergiájuk. A két energiaforrás egymást kiegészítő jellege már ma is evidens, eltérő karakterük miatt ma is inkább kiegészítő, mint versenytársai egymásnak. Mindegyiknek megvan a saját specifikus területe, ahol legelőnyösebb az alkalmazása.

2020-ig a fosszilis fűtőanyagok, szénhidrogének (olaj és különösen a gáz) használata fog erőteljesen növekedni, azonban 2030-tól várhatóan növekedni fog a nukleáris energia és a fosszilis fűtőanyagok szinergiája, azaz kombinált felhasználása; várható pl., hogy az olajipar – a termelékenység növelése és a szén-dioxid kibocsátás minimalizálása érdekében – fűtőanyagként nem fosszilis, hanem nukleáris reaktorokból nyert energiát fog hasznosítani.

Végző soron egy olyan jövőképpel kell szembenéznünk, ahol egymással kombinálható energiaforrássá válik a fosszilis fűtőanyag és a nukleáris energia, ezáltal biztosítva a fenntartható energiakínálatot.

**(Nyerges Dávid)**

Bauquis, P-R.: Reappraisal of energy supply-demand in 2050 shows big role for fossil fuels, nuclear but not for nonnuclear renewables. = Oil and Gas Journal, 101. k. 2003. febr. 17. p. 20–29.

Salameh, M. G.: Can renewable and unconventional energy sources bridge the global energy gap in the 21st century? = Applied Energy, 75. k. 1–2. sz. 2003. máj.–jún. p. 33–42.

Gerlagh, R.; Zwaan, B.: Gross world product and consumption in a global warming model with endogenous technological change. = Resource and Energy Economics, 25. k. 1. sz. 2003. febr. p. 35–57.