

## Az energetika elmúlt 10 évi eseményeinek összegzése és a jövő kilátásai

„A jövő az energetikában is érdekesnek ígérkezik” címen 10 éve írtam egy cikket – amely az az Energiagazdálkodásban jelent meg -, amelyben készítettem egy összegzést az energetika általam természetesen nagy szubjektivitással megjelölhető és szerintem megoldandó legfontosabb feladatairól. Úgy vélem nem érdektelen 10 év elteltével áttekinteni és számba venni mindazt, ami azóta történt. Valóban lényeges kérdéseket sikerült-e megjelölnöm, a fejlődés milyen irányban haladt és ma milyen válaszokat tudunk adni ezekre a kérdésekre? Mely területeken van változatlanul bizonytalanság?

A 10 évvel ezelőtti bevezetőmben megállapítottam: „Úgy vélem a jövő általában is és az energetikában is érdekesnek ígérkezik.” Ezt a véleményemet ma is fenntartom. Szerintem a bizonytalanság az elmúlt 10 évben nem csökkent, hanem inkább növekedett. Ezt támasztja alá a következőkben kifejtett értékelésem, amely szintén elkerülhetetlenül sok szubjektív elemet is tartalmaz.

Értékelésem során a 10 évvel ezelőtt megjelent cikknél alkalmazott decimál számozáshoz kapcsolódok, visszahivatkozva az egyes konkrét kérdések számozására is. Dőlt betűkkel a 10 éve leírt kérdések szövegét ismétlem meg.

### 1. Az energiafogyasztás várható alakulása

Kérdés 1. *A múltban az egyes országok energia felhasználása és GDP-jük változása (növekedése) között mindig pozitív korreláció volt. Ez az összefüggés a jövőben is érvényesülni fog, vagy megvalósítható a GDP tartós növelése az energiafelhasználás csökkenése mellett? (Az EU már elkövetkező tíz évre ezt tervezte be: 20% energiafelhasználás csökkenés a GDP növekedése mellett. Más országok, bár ilyen egyértelműen ezt nem deklarálták, de valószínű reménykednek a megvalósítás lehetőségében.)*

Értékelés: Az elmúlt 10 évben a világ energiafelhasználása tovább növekedett. A növekedés azonban lelassult. A világ összesített GDP-je gyorsabban nőtt, mint az energiafelhasználás, így az energiahatékonyság javult. A nagy térségek közül egyedül az EU-nak sikerült számottevő energiafogyasztás csökkenés mellett GDP növekedést produkálnia. Az USA-ban az utóbbi években jelentős GDP növekedést sikerült elérni stagnáló energia felhasználás mellett. Ez jellemző Japánra is, bár Japán GDP-je az utóbbi tíz évben szinte stagnált.

Kínában és Indiában mind a GDP, mind az energia felhasználás dinamikusan növekedett, de valamelyest javult az energiahatékonyság. Lényegében ez állapítható meg az úgynevezett harmadik világra is. (Bár itt nagyon nagyok az egyes országok közötti eltérések.) Az EU-ban sem sikerült azonban elérni a 2010 és 2020 közötti időszakra előirányzott 20%-os energiafelhasználás csökkenést.

Kérdés 2. *Kínában és Indiában évek óta gyors gazdasági fejlődés és ennek hatására nagymértékű energia felhasználás növekedés folyik. Megáll-e vagy lényegesen lelassul a gazdasági fejlődés az elkövetkező évtizedben, ebben a két országban, esetleg folytatódik, és az egy főre eső energiafelhasználásuk megközelíti a „fejlett” országokét? (Ez utóbbi egymaga megkétszerezné a világ energiafelhasználását.)*

Értékelés: Kínában és Indiában a gyors gazdasági fejlődés nem állt meg, de Kínában valamelyest lelassult. A gazdaság az extenzív fejlődési szakaszból (évi 9-11%-os fejlődés) egy gyors intenzív szakaszba lépett (évi 6-7% növekedés). India még az extenzív szakaszban van. Az utóbbi 4-5 évben évi 7-8%-os fejlődést produkált, jelenleg ez valamelyest csökkent. (2020-ra 4,9%-os GDP növekedést prognosztizálnak). India 1 főre eső fogyasztása még nagyon messze van a fejlett országokétól, Kína határozottan közeledik a fejlett országok szintjéhez. Így az utóbbi 10 évben a világ messze legnagyobb energia fogyasztójává és CO2 kibocsájtójává vált. A koronavírus járvány hatásai Kínában és Indiában is érzékelhetőek lesznek. (Az előrejelzések szerint Kína nem kerül recesszióba, de a GDP növekedése 2020-ban jelentősen kisebb lesz. India valószínűleg súlyos recessziót fog elszenvedni.)

Kérdés 3. *A világ népességének további jelentős hányada - kb. 3 milliárd ember – gazdaságilag elmaradott társadalmakban él. Egy főre eső energia felhasználásuk a fejlett országokénak töredéke. Megindul-e ezeknek az országoknak számottevő részében – 1-2 évtizeden belül – valami Indiához, esetleg Kínához hasonlítható gazdasági fejlődés és energiafelhasználás növekedés., vagy nagyrésztük elmaradottsága több évtizeden keresztül is fennmarad? (A kérdés által érintett bizonytalanság összevethető a világ jelenlegi teljes energiafelhasználásával.)*

Értékelés: E területen az utóbbi években nem történt lényeges változás, nem indult meg az elmaradott világ gyors gazdasági fejlődése és energia felhasználásuk is csak mérsékeltten növekedett.

### 1.1 A szénfelhasználás alakulása

Kérdés (4): *Van-e esély legalább a szénfelhasználás növekményének más energiahordozókkal – biomassza, hasadóanyag – a kiváltására? (Kína és India és néhány más ország erőmű építési gyakorlata nem ezt valószínűsítik.)*

Értékelés: A világ szénfelhasználása az elmúlt 10 évben mérsékeltten növekedett. Kína dominanciája maximálisan érvényesült. (A világ széntermelésének a felét Kína használja fel zömmel villamos energiatermelési célokra, de nagyon jelentős tétel a vaskohászati felhasználása is. Így nagyon nagy a jelentősége Kína döntésének miszerint befejezi a szénerőművek építését. Helyettük megújuló energiával szél és naperőművekkel valamint atomerőművekkel fogja fejleszteni erőműparkját. A meglévő széntüzelésű erőművek így is még 30-50 éven keresztül működni fognak. Kína nyersvas termelését sem tervezi csökkenteni. Nyersvas,

illetve acéltermelése a világ termelésének a fele, így Kína szénfelhasználása lehet, hogy már nem fog lényegesen növekedni, de hosszabb távon is csak nagyon lassú csökkenés várható.

Roszbabb a helyzet Indiában. India gyors energiaigény növekedésének nagy részét széntermelésének növelésével elégíti ki. Az Indiai széntermelés az elmúlt évtizedben nagy mértékben nőtt és a belátható jövőben ez a növekedés folytatódik. (A 2020. év a koronavírus járvány miatt bizonytalan.)

Az elmúlt évtizedben az USA-ban és Oroszországban lényegében változatlanul nagy mennyiségben folyt a széntermelés és felhasználás. Az EU, bár a széntermelés és szénfelhasználás teljes leépítését tűzte ki célul csak fél sikerről adhat számot. Változatlanul folyik a lengyelországi és csehországi széntermelés, sőt a magát a CO<sub>2</sub> kibocsátás „élharcosának” tekintő Németország is – alapvetően atomerőműveinek leállításai miatt – jelentős mértékben szenet, illetve lignitet kénytelen termelni és eltüzelni. Mindezek ellenére az EU az a térség, ahol a szénfelhasználás az utóbbi években jelentősen visszaszorult.

Kérdés 5. *Sikerül-e gazdaságos megoldást találni, és áttörést elérni a széntüzelésű erőművekből kikerülő CO<sub>2</sub> elhelyezésében? Ha nem sikerül, úgy kikényszeríthető-e a CO<sub>2</sub> kibocsátás mérséklése miatt a széntüzelés csökkentése, vagy az érintettek döntő része nem tesz eleget ezen elvárásoknak?*

Értékelés: Az erőművekből kikerülő CO<sub>2</sub> leválasztására és földalatti elhelyezésére az utóbbi 10 évben nem sikerült kielégítő megoldást találni. Néhány ilyen kísérleti, illetve demonstrációs projekt megvalósult, de a technológia olyan drága és olyan sok problémával jár, hogy megvalósítását lényegében feladták. A széntüzelés csökkentésének valamelyest kikényszerítésére tulajdonképpen csak az EU-ban került sor. Ott se teljes értékűen. Figyelmet érdemel Kína önkorlátozása, de ennek eredményei csak nagyon hosszú távon, 30-40 év múlva lesznek jelentősek. Kétségtelenül siker, hogy Kína legalább megállítja szénfelhasználásának növekedését. Az USA és Oroszország szénfelhasználása remélhetőleg továbbra is stagnálni, esetleg kismértékben csökkenni fog, Indiáé azonban várhatóan továbbra is dinamikusan növekszik. Mindezek eredőjeként a világ szénfelhasználása mindeztáig folyamatosan nőtt. (2008-ban 3503, 2018-ban pedig 3772 millió tonna olaj egyenértéket tett ki.) Mértékadó csökkenéssel a közeljövőben nem számolhatunk. Hosszabb távon 2050-ig esetleg kismértékű csökkenő szénfelhasználás prognosztizálható, a keletkező CO<sub>2</sub>-t azonban úgy tűnik teljes egészében kibocsátják. A „karbon semleges” világ 2050-re illúzió, valószínűleg még az EU-ban sem fog megvalósulni.

## 1.2. A kőolaj felhasználás alakulása

Kérdés 6. *Az olajtermékeket döntően a közlekedés használja fel. Folytatódik-e, illetve lelassul, vagy esetleg felgyorsul a világ gépkocsi állományának eddigi dinamikus növekedése? (A lelassulás akkor következhetne be, ha végül eredményessé válna az a*

*több évtizede tartó, eddig teljesen meddő erőfeszítés, hogy a személy és teherszállítást jelentős részben a közútról a vasútra tereljék. A felgyorsulás elsősorban Kína, de számottevő mértékben India, illetve más fejlődő országok gépkocsiállományának növekedésétől származhat. Kínában már 2009-ben több személygépkocsit értékesítettek, mint az USA-ban.)*

Értékelés: A világ gépkocsi állományának növekedése nem lassult le (igaz talán nem is gyorsult). Évi kereken 100 millió gépkocsi készül és a gépkocsi állomány már megközelíti az 1,4 milliárdot. Kína mind a gépkocsigyártásban, mind a gépkocsi állomány évi növekedésében átvette a vezető szerepet. Érdekes azonban, hogy ezideig lényegében gépkocsit nem, illetve alig exportált. (Magának gyárt.) Ugyanakkor ma Kína a világ legnagyobb gépkocsi importőre és nagyon sok gépkocsit gyártanak Kínában más országok nagy autógyártó társaságai is. (Kínában 2018-ban kereken 28 millió új gépkocsit helyeztek üzembe. 2020-ban lehet, hogy lesz egy megtorpanás, esetleg kismértékű visszaesés, de utána még hosszú növekedési időszak várható.)

A személy és teherszállítás vasútra térése világszerte nem nagyon haladt előre. Talán egyedül Kína ért el ebben számottevő sikereket. TGV vasúthálózata meghaladta a 35 ezer km-t. Ezzel több, mint kétszer annyi expressz vonalat épített ki, mint a világ többi országa együtt véve. A teherszállítás a világon túlnyomó mértékben közúton történik. Érdekes fejlemény, hogy állítólag Kína óriási mértékű vasútfejlesztést tervez, illetve erre már megállapodásokat is kötött Afrikával. – Egyes hírek szerint mintegy 700 milliárd USD értékben. Ezen kívül körülbelül 300 milliárd USD-t szán a „selyemút programhoz” kapcsolódó vasút fejlesztésekre. Az elmúlt 10 évben ebből még kevés valósult meg, de ha a következő évtizedben akár csak részben realizálódnak ezek az elképzelések, azoknak a vasúti személy és teherszállítás arányára számottevő hatása lehet.<sup>1</sup>

Kérdés 7. *Mekkora hányadot képes fedezni a világ üzemanyag fogyasztásából a biodízel és a bioetanol? (Képes-e legalább a növekmény fedezésére vagy részaránya továbbra is jelentéktelen marad?)*

---

<sup>1</sup> A kérdés konkrétan nem utalt rá, de itt kell kitérni a repülés és a hajózás kőolaj felhasználására. A repülőgépes közlekedés teljesítménye és így annak kerozin felhasználása dinamikusan növekszik. (A koronavírus járvány a polgári légiközlekedést gyakorlatilag összeomlasztotta. Kérdéses az újraindulás üteme. A hatás tovább fog tartani egy évnél, de az újraszerveződés szinte biztos.) A távolsági személyszállítás és ezen belül a turizmus lényegében repülőgépek igénybevételével történik. A repülőgépek kizárólag kerozinnal, illetve a kisgépek benzinnel működtethetők. Ennek kiváltása hosszabb távon is lehetetlen.

A hajózás döntően dízel motorokkal hajtott hajókkal folyik. A legnagyobb hajóknál alkalmazott gázturbinák pedig kerozint használnak. A szállítási teljesítmény és a felhasznált üzemanyag mennyisége a világkereskedelem dinamikus növekedése miatt meredeken emelkedik. Jelentős és gyorsan növekvő az üzemanyag felhasználása a szaporodó, turisztikai célt szolgáló hatalmas „úszószállodáknak” is. (Az „úszószálloda” hajóknak valószínűleg sokáig nem lesz jelentős szerepe.)

A hajók meghajtásáról az óriás hajók (tankerek, konténerszállítók) esetében CO<sub>2</sub> kibocsátás mentes meghajtási lehetőséget nyújtana – a már repülőgép anyahajóknál (USA), illetve jégtörő hajóknál (Oroszország) használt és bevált – atomreaktorok alkalmazása. (Csak kérdés, hogy mit szólnának hozzá a környezetvédők, illetve az antinukleáris szervezetek?)

**Értékelés:** Ez egy nagyon kényes és ellentmondásos kérdés. Az elmúlt évtized elején ambiciózus törekvések voltak a bioetanol és biodízel üzemanyagok felhasználásának növelésére. Az ennek megvalósítására irányuló erőfeszítések azonban súlyos problémákat hoztak felszínre. A bioetanol és biodízel üzemanyagok előállításához szükséges növények termelése vagy élelmiszertermelésre alkalmas földterületeken történhet vagy kipuhtított (felégetett) esőerdők helyén. Az első esetben csökkentik az élelmiszer termőterületet, miközben a világ lakosságának jelentős része alutáplált vagy éhezik. A második esetben pedig valószínűleg nagyobb mértékben rontják a föld CO<sub>2</sub> körforgásának mérlegét, mint amennyivel az ezúton nyert bioüzemanyag javíthatja. A bioetanol és biodízel „eufória kipukkadt”. Ennek ismeretében kétségeim vannak az EU erőfeszítéseivel kapcsolatban. Vajon indokolt e ennek a bioetanol és biodízel felhasználásnak az erőltetése. (2020. január 1-től írta elő az EU a bioüzemanyag arányának az emelését az 5%-tól 10%-ig terjedő arány tartományába. Tudtommal Magyarország kb. 6,5%-ra fogja például a 95-ös benzinen a bioetanol arányt növelni.) Az úgynevezett „második generációs”, tehát nem cukorból, hanem cellulózból, illetve ligninből történő bioetanol előállítás viszont nem haladt előre.

Meggyőződésem, hogy a benzin, illetve dízelolaj kiváltásának megkísérlése bioetanolal és biodízellel tévút. Szerintem az EU-nak sem szabadna ezt erőltetni.

*Kérdés 8. Hogy alakul a villamos-gépkocsik megjelenése? Lesz-e áttörés ezek elterjedésében? (Ez jelentős részben technológiai fejlesztés és olajár függő, tehát más bizonytalanságokkal szoros kölcsönhatásban lévő probléma, ld. 50. kérdés is.)*

**Értékelés:** A villamos gépkocsik eddigi szerepének és különösen jövőbeni perspektívájának elemzése legalábbis egy külön tanulmány, de inkább egy szakkönyv terjedelmét igényelné. Megkíséreltem az általam vélt legfontosabb problémákat, összefüggéseket tömören felvázolni.

A villamos gépkocsikról sok szó esik, de jelenleg a világ gépkocsi állományának talán 1%-át teszik ki. Ettől még jövőben szerepük lehetne nagyon jelentős. Csakhogy: egyáltalán nem felel meg a valóságnak, hogy a villamos gépkocsik CO<sub>2</sub> kibocsátása nulla. A kibocsátás – ha figyelmen kívül hagyjuk is a gyártás és forgalmazás során elkerülhetetlen CO<sub>2</sub> keletkezést – az akkumulátor töltéséhez használt villamosenergia termelésének és szállításának a CO<sub>2</sub> kibocsátásaként jelenik meg. Attól függ tehát, hogy az adott ország villamosenergia rendszerében működő erőművek a villamos gépkocsik akkumulátorainak töltését biztosító „többlet energiát” milyen erőműben termelik meg.

Norvégiában például, ahol gyakorlatilag minden villanyt vízerőművekben termelnek a villamos gépkocsi valóban közel nulla CO<sub>2</sub> kibocsátással működtethető, míg például Lengyelországban, ahol a villanyt nagyrészt szén-erőművekben termelik egy villamos gépkocsi CO<sub>2</sub> kibocsátása meghaladja egy benzin vagy dízelmotoros gépkocsiét.

Érdeemes néhány példát végig gondolni. Az EU-n belül Franciaországban, ahol a villany kereken 75 százalékat atomerőművekben termelik a villamos gépkocsik CO<sub>2</sub> kibocsájtása nagyon kicsi. A globális felmelegedés elleni harc élén haladó, illetve haladni akaró Németországban, ahol az atomerőművek leállítása miatt részben újra széntüzelésű erőművek működtetésére kényszerülnek és természetesen nagy részben gáztüzelésű erőművek is üzemelnek, a villamos gépkocsik CO<sub>2</sub> kibocsájtása – egy nagyon körültekintő alapos tanulmány szerint – legalább annyi, mintha benzin vagy dízelmotorral működne. Ezek után ellentmondásosnak tűnik, hogy szinte saját gépkocsi iparát is feláldozva Németország akar a villamos gépkocsigyártás „élharcosa” lenni.

Talán még Németországnál is ellentmondásosabb Kína helyzete. Kína nemcsak deklarált szándékában, hanem ténylegesen is a villamos gépkocsik gyártásának „élharcosa”. Kínában az elmúlt két évben több villamos gépkocsi készült, mint máshol az egész világon és ezeket mind otthon használják. Ugyanakkor a széntüzelésű erőművekben fejlesztett villamos energia arány Kínában a legmagasabb a világon. Így egyértelmű, hogy a Kínában használt villamos meghajtású gépkocsik CO<sub>2</sub> kibocsájtása jóval nagyobb, mintha benzinnel vagy dízel olajjal működne. (Bizonyos előnyt jelent azonban, hogy ez a CO<sub>2</sub> és szennyező anyag kibocsájtás nem a városokban, hanem az erőművek magas kéményein történik.)

A villamos gépkocsik nagyméretű elterjesztése a fent vázoltakon kívül még több további problémát is felvet. Csak a legfontosabbak: a lítium ion akkumulátorok gyártásának ötvenszeresére, sőt százszorosára történő felfuttatása, az ehhez szükséges lítium és egyéb ritka fémek rendelkezésre állása és ára? Az elhasznált lítium ion akkumulátorok feldolgozása, újrahasznosítása. A feltöltés időigénye sokszorososa az üzemanyag tankolásnak, ami rengeteg töltőállomás létesítését teszi szükségessé. Az akkumulátorok nagy súlya növeli a gépkocsi meghajtásához, gyorsításához szükséges energia mennyiségét, bár a fékezési energia felhasználása ezt pótolja. Az akkuk magas ára miatt a villamos gépkocsi ára több, mint másfélszerese a benzinüzeműének. Ráadásul az akkut a gépkocsi élettartama során legalább egyszer cserélni kell. Ezek talán a legfontosabb problémák, amelyek a villamos gépkocsik áttörését akadályozzák, de legalábbis nagyon nehezítik. Úgy vélem, a villamos gépkocsik elterjedése, illetve az elterjedés mértéke és gyorsasága egyike az energetika jövőbeni fejlődése legnagyobb bizonytalanságainak.

*Kérdés 9. Megjelenik-e, és mikor válik gazdaságossá, majd számottevő súlyúvá valamelyik alternatív mesterséges üzemanyag: metanol vagy hidrogén? (Ez jelentős részben technológiai fejlesztés és olajár függő, tehát más bizonytalanságokkal szoros kölcsönhatásban lévő probléma, ld. 52. kérdés is)*

Értékelés: Erre a kérdésre, ami az elmúlt 10 évet illeti rövid válasz adható. Kutatáson és kísérletezgetésen kívül tulajdonképpen nem történt előrelépés. Az elkövetkező tíz vagy húsz év fejlődése szerintem bizonytalan. Én magam Oláh

György magyar származású Nobel-díjas kémikussal értek egyet, és a metanolt preferálnám. Az indoklás messze vezetne, de ebből talán annyit megjegyzek, hogy nagy előny lenne a benzinkút hálózat fenntarthatósága és a fokozatos átmenet megoldhatósága. Mindezeknek a fejlesztéseknek a gazdaságossága elsősorban olaj ár függő. Az utóbbi időszak viszonylag alacsony olajára és olaj túlkínálata – ami jelentős részben az USA nagymértékben növekedő palaolaj termelésének a következménye – nem kedvez az olaj kiváltásának. Az EU-n kívül más országok, illetve energia fogyasztó régiók nem is igazán törekszenek erre, az USA kifejezetten keresztezi ezeket az EU törekvéseket.

### 1.3 A földgáz felhasználás alakulása az elmúlt 10 évben, illetve a jövő perspektívái

*Kérdés (10): Sikerül-e az elkövetkező években jelentős mértékben csökkenteni az épületfűtési hő szükségletet? (Itt nagyok a potenciális tartalékok – teljes értékű passzív épület kb. 1/10-ére csökkenti a fűtési igényeket - de az épületek élettartama, így lecserélésük időhorizontja 100 év nagyságrendű. A gazdaságosság döntően gázárfüggő, így más bizonytalanságokkal van kölcsönhatásban. ld. 52. kérdés is)*

Értékelés: Az épületfűtési hő szükségletek csökkentésében az elmúlt tíz évben, ha nem is meghatározó mértékű, de számottevő előrelépés történt. A jól tömítő műanyag nyílászárók elterjedése, a régi nyílászárók nagy részének ilyenekre történő cseréje jelentősen csökkentette a lakások hő veszteségét. Érzékelhető hatása volt a házak külső hőszigetelésének is. Nincs azonban érdemi előrelépés a passzív házak elterjedésében. A hőszivattyús rendszerek alkalmazása megindult, de jelentős előnyt ezzel a passzív házakkal lehet elérni. Ez a fejlődés az elkövetkezendő 10 évben minden bizonnyal tovább fog folyni. Nagy kérdés, hogy az új lakások hő veszteségének nagymértékű csökkentését előíró követelmények 2021. január 1-i hatályba lépése sikeres lesz e? Mindennek szerepe van abban, hogy az EU országok földgáz felhasználása az elmúlt években stagnált, egyes országokban például Magyarországon jelentősen csökkent is. A jövő fejlődésében sok a bizonytalanság, de azt szinte lehetetlen, hogy 2050-ig – tehát 30 év alatt – a „karbonsemlegességet” elérjük, ami a fűtési célú földgázfelhasználás megszűnését tenné szükségessé. (Csak a villamos hőszivattyús rendszerek maradhatnak.<sup>2</sup>)

Más régiók, illetve országok ilyen célokat ki se tűztek maguknak. ( Az USA például nagy erőfeszítéseket tesz „palagázának” exportálása érdekében.) A gázkiváltás többnyire nem gazdaságos, a földgáz túlkínálat és a viszonylag alacsony gázárak miatt nagy támogatást igényel.

### 1.4 A megújuló energiák elmúlt 10 évi fejlődése és kilátásai

*Kérdés (11): Folytatódik, esetleg lelassul vagy leáll-e a gáztüzelésű erőművek létesítése? (Ma sokhelyütt ezek építése a leggazdaságosabb. Gazdaságosságuk döntően gázár illetve CO2 kibocsátási díjfüggő.)*

---

<sup>2</sup> Konkrétan minden gázfűtő rendszert hőszivattyúra kellene lecserélni. Ez a villamosenergia fogyasztást körülbelül 40 százalékkal megnövelné. A fő fogyasztási többlet a téli, sötét, ködös, esetleg havas időszakban jelenne meg, amikor a naperőművek teljesítménye 0 vagy minimális. Miközben fosszilis tüzelésű erőművek már nem üzemelhetnének, az atomerőműveket pedig leállítjuk, de legalábbis csökkentjük?

*Kérdés (12): Biztosítható-e a mindenkori olaj, illetve gázár függvényében olyan mértékű támogatás, ami a megújuló energiák felhasználását kifizetődővé és kívánatossá teszi?*

Értékelés: Az EU-ban a gáztüzelésű erőművek építése az elmúlt 10 évben lelassult, majd lényegében leállt. Óriási mértékű szélerőmű és napelem létesítésre került sor. Az egész folyamatnak fő mozgatója Németország. Németországban évi mintegy 23 milliárd euró támogatás biztosításával (ami két paksi bővítés ára és ez csak a működéshez szükséges támogatás) a rendszer csúcsigényét meghaladó szélerőmű és napelem kapacitást hoztak létre.

Ezek kedvező körülmények (erős napsütés és jó szélviszonyok) mellett a teljes német villamosenergia igény kielégítésre is képesek, de kedvezőtlen esetben (például télen sötétben vagy ködben, esetleg hóesésben és szélcsendes időben) teljesítményük gyakorlatilag nulla. Ilyenkor a gáz és széntüzelésű, valamint a még működő atomerőműveknek és importból kell ellátni az ország teljes villamosenergia igényét. Szerencséjükre konvencionális erőművekben óriási tartalékok álltak és még ma is állnak rendelkezésre. Így eddig a fogyasztók ellátását sikerült biztosítani. A fosszilis tüzelőanyaggal működő erőművek üzemeltetése – főleg a csökkent kihasználás és a „hektikusan” változó igénybevétel miatt – gazdaságtalanná vált. Új gáztüzelésű erőművet pedig nem érdemes létesíteni. (A bankok nem is adnak rá hitelt.) Az atomerőművek folyamatban lévő leállítása tovább súlyosbítja a helyzetet. Így ez az állapot hosszabb távon valószínűleg fenntarthatatlanná válik.

A megújuló energiák – különösen a napelem panelek – lényegesen olcsóbbak lettek, de változatlanul csak támogatás mellett versenyképesek és életképesek. A legfontosabb támogatás az általuk termelt villamosenergia kötelező átvétele, „ha kell, ha nem”. Kérdéses, hogy a fent kifejtettek tekintetével ez meddig fenntartható. Az EU országai – élükön Németországgal – eddig állták a támogatási költségeket, ami természetesen áthárítanak az „öntudatos” lakossági fogyasztókra.

Nagyon nehéz megítélni, hogy ez a rendszer mikor kerül súlyos válságba. A többi EU országok helyzete kevésbé kiélezett, mint Németországé, de ezek a problémák máshol is felmerülnek. A CO<sub>2</sub> mentes, lényegében kizárólag megújuló energiával történő villamos energiatermelés megvalósítása az EU-ban is minden bizonnyal illúzió.

Más térségek és országok is alkalmazzák a megújuló energiákat, de ezek kizárólagosságára egyáltalán nem törekszenek és fel sem merül talán sehol az EU-n kívül olyan törekvés miszerint 2050-re a villamosenergia termelésben meg kellene szüntetni a fosszilis tüzelőanyagok – lényegében a szén és a földgáz - felhasználást. A „karbonsemlegesség” ezt igényelné.

*Kérdés (13): Igazolja-e a jövő azokat a prognózisokat, amelyek a megújuló energiák hasznosításának csökkenő költségével és így a támogatási terhek csökkentésének lehetőségével számolnak?*



Értékelés: Megújuló energiatermelő berendezések, nevezetesen a szél erőművek és napelem telepek beruházási költségei az elmúlt 10 évben kétségtelenül nagymértékben csökkentek. Figyelembe véve azonban a lényegesen kisebb kihasználtságukat (szél erőműveknél 1/4 esetleg 1/3-a, napelem erőműveknél 1/4, de inkább 1/5-e egy fosszilis tüzelésű erőműének) háromszor-öttször akkora teljesítményt kellene belőlük beépíteni és meg kellene oldani a gazdaságos villamosenergia tárolást, ami mindezekig lényegében technikailag megoldatlan. A jelenlegi energiátárolási lehetőségek messze drágábbak, mint maga a szél erőmű, illetve a napelem telep. Így az egész megújuló energiatermelő rendszer változatlanul csak masszív támogatással működtethető. Ugyanakkor a fosszilis, elsősorban gáztüzelésű erőművek fenntartása és csökkent kihasználással, így romló gazdaságossággal történő működtetése nem nélkülözhető.

Kérdés (14): *Biztosítható-e olyan mértékű támogatás, ami az EU tagországokban a megújuló energiák kitűzött célok szerinti felhasználás növekedéséhez szükséges? (Az eddigi célok sorra elérhetetlennek bizonyultak. Fontosak a technológiai, olaj-, gázár függő, illetve mezőgazdasági kölcsönhatások. Ld. 53. kérdés is)*

Értékelés: Az eddigi tapasztalatok ellentmondásosak. Néhány gazdag ország „öntudatos” fogyasztói – például Németország és még szélsőségesebb mértékben Dánia fogyasztói – szinte „zokszó nélkül” vállalják a megújuló energiatermelés erőltetett megvalósításához szükséges magas villamosenergia árakat. (A német villamosenergia kb. kétszer, a dániai pedig háromszor annyiba kerül a lakosságnak, mint amennyi a megújuló energiák erőltetett alkalmazása nélkül lehetne. Más országok fogyasztói már nem ennyire öntudatosak és türelmesek.) A legnagyobb baj azonban valószínűleg az, hogy a fosszilis tüzelőanyagok, elsősorban a földgáz kiváltásának költségei a kiváltás mértékének növelésével meredeken emelkednek. (Lásd. a mellékletet.) A teljes kiváltás pedig csak a villamosenergia tárolás óriási mértékű növelésével, horrorikus költségek vállalásával lenne megoldható.

### 1.5 A villamosenergia igények növekedésének bizonytalansága

Az országok egy főre eső villamosenergia fogyasztásában nagyon nagyok a különbségek még az EU tagországok között is.

Kérdés (15): *Várható-e, és milyen ütemben a villamosenergia-felhasználás behatolása a közlekedés, illetve a helyiségfűtés területére? (Villanyautók, hőszivattyús rendszerek. A két fogyasztói terület primer energiafelhasználása meghaladja a villamosenergia-termelés jelenlegi teljes primerenergia-felhasználást.)*

Értékelés: A kérdés nehezen megválaszolható. Ezekből a célokból – villanyautók elterjedése, hőszivattyús fűtési rendszerek nagymértékű használata – az elmúlt években kevés valósult meg, bár a legutóbbi időszakban ezek a folyamatok felgyorsultak. A világ teljes gépkocsi állományának ma körülbelül 1%-a villamos autó. Ez a kis hányad azonban az utóbbi években saját bázisához viszonyítva arányaiban gyorsan növekszik. Kérdés, hogy meddig? Az EU 2050-re „közfelkiáltással” elfogadott „karbonsemlegességi” programja lényegében azt irányozza elő, hogy 30 év alatt, 2050-re az EU országaiban használt autók

meghatározó többségét, illetve teljesen villamos hajtására kellene kicserélni. Megítélésem szerint ez 30 év alatt végrehajthatatlan. Ha valami „csoda folytán” ezt megvalósítanák az is csak akkor biztosítaná a közlekedés „karbonsemlegességét”, ha a villamosenergia termelésből 2050-ig kiiktatnánk minden fosszilis tüzelőanyagot. Csak a megújuló energiák – ami lényegében szél és napenergiát jelent – és az atomerőművek maradhatnának. Ugyanakkor ez utóbbiak perspektívái az EU-ban nagyon rosszak. Atomerőmű nem, illetve alig épül. Németország határozatot fogadott el atomerőműveinek leállításáról, amit „tűzön-vízen” keresztül végrehajt, több EU ország bejelentette atomerőmű parkjának leépítését, csökkentését. Például Spanyolország mind a 7 atomerőművét le akarja állítani, sőt az atomenergia „élharcosának” tekintett Franciaország is visszafejlesztést tervez. Véleményem szerint ezzel a közlekedés karbon semleges működtetésére irányuló törekvések zátonyra futnak. Csak az a kérdés, hogy a szakma és utána a közvélemény ezt mikor fogja felismerni és főleg elismerni.

A helységfűtés „karbonsemlegessé” tételénél lényegében ugyanezek a problémák jelennek meg. Az elmúlt években az EU országokban jelentős haladást sikerült elérni a fajlagos fűtési hőveszteségek csökkentésében. Ennek eredményeit mérsékli a fűtött épület térfogat növekedése. (Például a lakások átlag mérete és légtérfogata folyamatosan növekszik.) A már megelőzően az EU országokban uralkodóvá vált földgázfelhasználást teljesen ki kellene váltani és helyettük 30 év alatt hőszivattyús rendszereket kiépíteni. Ez szerintem kizárt, de ha valami „csoda folytán” mégis sikerülne, akkor még a villamosenergia termelés teljes karbonsemlegességét is meg kellene valósítani miközben a villamosenergia igények a villamos gépkocsik és a hőszivattyúk fogyasztása miatt közel megduplázódnának.

Az EU országai 2010-ben közel 15%-al részesedtek a világ CO<sub>2</sub> kibocsájtásából. Az elmúlt évtizedben az EU-nak egyetlen térségként a világon sikerült CO<sub>2</sub> kibocsájtását valamelyest (kerekén 16%-al csökkenteni). Mindeközben a világ CO<sub>2</sub> kibocsájtása 12%-al nőtt. (Ebben természetesen az EU is benne van.) Így a világ CO<sub>2</sub> kibocsájtásából az EU részesedése 2018-ban már alig haladja meg a 10%-ot. A világ tehát az elmúlt 10 évben nem követte az EU-t. Úgy vélem szinte biztosnak vehető, hogy a következő időszakban sem fogja követni. Az talán feltételezhető, hogy a világ CO<sub>2</sub> kibocsájtásának növekedése az elkövetkezendő években leáll és 2050-ig sem növekszik tovább. (Ez elsősorban Kína atomerőmű építési programjának és megújuló energiatermelési programjának sikerességétől függ. Ebben a sorrendben!) Ennél több eredmény reálisan nem remélhető.

*Kérdés (16) Várható-e a legfejlettebb országokban a villamosenergia-fogyasztásban telítődés, vagy a GDP növekedése, mint eddig, úgy ezután is jelentős villamos energiafogyasztás többlettel fog járni?*

Értékelés: A legfejlettebb országokban a villamosenergia fogyasztás növekedése az elmúlt években lelassult, néhol leállt. Az EU országok jelentős részében sikerült

szerény, de tartós GDP növekedést elérni stagnáló villamosenergia fogyasztás mellett. Lényegében ez jellemző az USA-ra is. Ez jó hír.

*Kérdés (17): Várható-e és milyen ütemben, az egyes országok közötti kiegyenlítődés – utolérési effektus - az egy főre eső villamosenergia-fogyasztásban?*

Értékelés: Kiegyenlítődés, utolérési effektus az egy főre eső fogyasztásban csak mérsékelten észlelhető, illetve nagyon lassú. Úgy vélem az elkövetkező 30 évben sem várható jelentős változás, bár némelyik fejlődő ország elképzelhető, hogy képes lesz gyors gazdasági fellendülést produkálni. Ez azonban nem fogja jelentősen megváltoztatni a jelenlegi arányokat.

*Kérdés (18): Az elsősorban Kínában tapasztalható, de Indiára is jellemző gyors villamos energia felhasználás növekedés meddig fog tartani? Az egy főre eső villamosenergia-fogyasztás ezekben az országokban esetleg meg fogja közelíteni a fejlett országokét? (Ez a jelenlegi (2010-es) világfogyasztás kb. megkétszerezését jelentené.)*

Értékelés: Az elmúlt 10 év fejlődése azt mutatta, hogy Kína egy főre eső villamosenergia fogyasztása gyorsan közeledik a fejlett országokéhoz és ez az elkövetkező évtizedre is ez valószínűsíthető. Kína ma már a világ messze legnagyobb villamosenergia termelője és fogyasztója. Az utóbbi években Indiában is ez a tendencia érvényesült. Ugyanakkor az egy főre eső villamosenergia fogyasztásban India még nagyon le van maradva, az utoléréshez az utóbbi néhány év tendenciájának, illetve eredményeinek még évtizedekig érvényesülni kellene. Ez szerintem bizonytalan. A koronavírus járvány valószínűleg nagy megtorpanást fog Indiában okozni.

## 2. Az energiatermelés jövőbeni alakulása és bizonytalanságai

### 2.1 A széntermelés lehetőségei és perspektívái

*Kérdés (19): Fenntartható-e a széntüzelésű erőművek gazdaságossága CO2 kvóta vásárlás mellett, illetve CO2 leválasztás és elhelyezés esetén?*

Értékelés: Az EU-ban bevezetett és egyre határozottabban érvényesülő kvótarendszer és büntető intézkedések mellett a széntüzelésű erőművek lényegében nem működtethetők. A CO2 leválasztás és elhelyezés nem gazdaságos. Az EU-n kívüli más térségek viszont nem csatlakoztak a kvótarendszerhez.

*Kérdés (20): Rászoríthatók-e a szénerőművek nagy részét üzemeltető országok (pl. Kína, USA, India) hogy a CO2 leválasztást és elhelyezést a belátható jövőben (30-40 éven belül) megoldják?*

Értékelés: A széntüzelésű erőművek nagy részét üzemeltető országok semmiféle CO2 leválasztásra és elhelyezésre eddig nem voltak rászoríthatók. És szinte biztos, hogy a belátható jövőben sem lesznek. Egyedül a kiemelkedően legnagyobb (a világ szénfelhasználásának a felét fogyasztó Kína) jelentett be érdemi jövőbeni korlátozó intézkedéseket szénfelhasználásának visszafogásáról. A világ szénfelhasználása az elmúlt 10 évben közel 8%-al nőtt. Csökkenni valószínűleg a következő 10 évben sem fog. Talán stagnálásra lehet számítani. Ez alapvetően Kínától függ, hogy hajlandó-e és tudja-e annyival csökkenteni a szénfelhasználását amennyivel India meg esetleg mások növelik.

## 2.2 Az olajtermelés kilátásai

*Kérdés (21): Döntő fontosságú, hogy valóban bekövetkezik-e a közeljövőben a világ olajtermelésének tetőzése?*

*Kérdés (22): Van-e lehetőség arra, hogy a csökkenő olajtermelés és valószínűleg tovább növekvő olajszükséglet közötti hiányt olajpalából, vagy olajhomokból nyert olajjal gazdaságosan fedezzék?*

*Kérdés (23): Az elkövetkezendő „átmeneti” időszakban az olajárat befolyásoló sok tényező – gazdasági fellendülés, recesszió, válság; politikai krízisek kialakulása, lefutása; természeti jelenségek, esetleges katasztrófák hatásai; spekuláció; stb. – bonyolult összhatásának eredményeként milyen szélsőségek között fog ingadozni a kőolajár? (2008-2009-ben 140 USD/barell és 30 USD/barell között ingadozott, romba döntve mind az energiatakarékossági, mind a megújuló energiák felhasználására irányuló fejlesztések üzleti terveit.)*

Értékelés: a 21. kérésre rövid, határozott válasz adható. Nem tetőzik a belátható jövőben a világ olajtermelése. Az amerikai palaolaj technológia alapvető változást eredményezett. Számottevő palaolaj (és palagáz) termelésre eddig csak az USA-ban került sor, de már ez is alapvetően átalakította a világ olajpiacát és földgázpiacát. A legnagyobb importőr az USA, gyakorlatilag önellátóvá vált, illetve válik. Ez mind az olajpiacon, mind a földgáz piacon (elsősorban az LNG forrásoknál tartós túlkínálatot és viszonylag alacsony árakat eredményezett). A palaolaj és palagáz készletekre csak bizonytalan becslések vannak, de valószínű, hogy összességükben jóval meghaladják a konvencionális olaj és földgázkészleteket.

Eddig az USA-n kívül más országokban nem valósult meg számottevő palaolaj és palagáz termelés. Feltételezhetően három okból: az alacsony olaj és gázárak nem ösztönöznek erre, mások ma még nincsenek a szükséges technológia birtokában, a környezetvédők – okkal vagy esetleg indokolatlanul – vehemensen tiltakoznak ellene.

Mindenesetre az nagy biztonsággal állítható, hogy az olaj és gáztermelést a belátható jövőben a készletek elégtelensége nem fogja akadályozni és a kínálat szűkülése sem

fog valószínűleg jelentős áremelkedést előidézni.<sup>3</sup> (Az utóbbi hónapokban további árzuhanás következett be és kaotikussá vált az olajpiac, minden megelőző racionális prognózis összeomlott.)

Olajpalából, illetve olajhomokból történő olajtermelésre a belátható jövőben valószínűleg nem lesz szükség. Az olajár változások megjósolása az elkövetkezendő időszakra sem lehetséges. Ennek az oka azonban nem a készletek miatti bizonytalanság, hanem a kiszámíthatatlan politikai és manipulatív tényezők.

### 2.3 A földgáztermelés lehetőségei és kilátásai

*Kérdés (24): Lépést tud-e tartani a belátható jövőben a földgáztermelés a kereslettel? (Ez külön-külön választ igényel minden nagy ellátási régióra. A probléma legnagyobb mértékben az EU ellátásban jelenhet meg.)*

*Kérdés (25): Hogy alakul a jövőben a cseppfolyós földgázzsállítás gazdaságosságossága, illetve versenyképessége? Alkalmas-e arra, hogy a vezetékes ellátás teljes értékű alternatívájának szerepét betöltse?*

*Kérdés (26): Hogy alakul a jövőben Oroszország földgáztermelése?*

*Kérdés (27): Milyen ütemben növekszik Kína földgázkereslete? Az oroszországi földgáz kínálat mekkora hányadára lesz Kína a vevő?*

*Kérdés (28): Hozzá fér-e az EU jelentős közép-keleti –iráni, katari – gázkészletekhez? Megoldható-e ezek független elszállítása? (Nabucco vagy LNG)*

Értékelés: A 21.,22.,23. kérdésekkel kapcsolatos értékelés nagyrészt a földgáz ellátásra is vonatkoztatható. A földgáz termelés lépést tud tartani a kereslettel. A fosszilis energiahordozó közül a földgázfelhasználás nőtt a világon az elmúlt 10 évben a leggyorsabban, több mint 28%-al. Valószínűleg az elkövetkező évtizedben ez a dinamika folytatódni fog. A nagy elhatározások ellenére valószínűleg az EU földgáz felhasználása sem fog jelentősen csökkenni. A földgáz felhasználás megszüntetése az EU-ban 30 év alatt 2050-re – amit a karbonsemlegesség elérése igényelne – teljességgel illuzórikus. Egyébként az EU ez irányú erőfeszítései a világ más térségeiben a földgázfelhasználás további dinamikus növelését egyáltalán nem befolyásolják.

---

<sup>3</sup> Miközben karbonsemlegességről álmodozunk tulajdonképpen senki sem gondolja komolyan az EU országokban a teljes olajellátási és gázellátási infrastruktúra felszámolását. Változatlanul folyik a gázzsállító vezeték hálózat fejlesztése (Északi Áramlat II., Török Áramlat, stb.), a kőolaj vezetékek létesítése, az olajfinomítók modernizálása, az LNG fogadó terminálok kiépítése. Euro száz, de inkább ezermilliárdokat költenek olyasmire, aminek a felszámolását legkésőbb húsz év múlva meg kellene kezdeni ahhoz, hogy harminc év múlva (2050-ben) már befejezett tény lehessen megszűnésük.

A cseppfolyós földgázszállítás jelentősége már az elmúlt 10 évben is nagymértékben nőtt. Ebben az USA palagáz termelésének nagy szerepe volt. Az LNG alkalmassá vált a vezetékes ellátás alternatívájának szerepére.

Oroszország földgáztermelésével valószínűleg ki fogja tudni elégíteni a belátható jövőben az EU országok gázigényének ráeső részét. Az EU gázigénye lehet, hogy valamelyest csökkenni fog, de valószínűleg még 30 év múlva is jelentős lesz. Oroszország és Kína nagy gázvezeték építésbe kezdett, így Oroszország függése az EU országok fogyasztásától csökkenni fog.

A már a megvalósulás végső fázisában lévő Északi Áramlat II. vezetékrendszer üzembe vétele, valamint a Török Áramlat vezeték megvalósulása megteremti az EU országok ellátás biztonságát. (Nem valószínű, hogy az USA erőfeszítései a már előre haladott projektek befejezését meg tudnák akadályozni. Időkésést okozhatnak az Északi Áramlat II. vezetékrendszer befejezése az USA és Németország talán legnagyobb politikai konfliktusa.)

A 10 éve még reálisnak tűnő Nabucco vezetékrendszer – amelyen Oroszország megkerülésével lehetett volna az ázsiai régióból földgázt behozni – nem volt megvalósítható. Az EU a Közép-keleti gázkészletekhez csak LNG formájában fér hozzá. Megjelenik azonban, mint LNG az USA palagáz kínálata. Oroszország azonban a „nyomott” LNG áraknál is jelentősen kedvezőbb gázárat tud ajánlani. Így az USA törekvése arra, hogy az orosz gázt az EU országaiból kiszorítsa eddig nem járt eredménnyel.

Az energetikában bekövetkezett talán legnagyobb és előre nem látott változás a palaolaj és palagáz „robosztus” megjelenése az USA-ban. Ez a primer energiaforrások rendelkezésre álló készleteinek teljes újra értékelését igényli. A palaolaj és a palagáz az USA vezető elitje számára egy nagyon fontos befolyásolási lehetőséget adott. Az USA az utóbbi években nagymértékben manipulálni tudta és tudja az energetika legfontosabb és a világgazdaság működésének egyik legfontosabb paraméterét, az olajárakat. Az USA a palaolaj és palagáz termelés masszív felfuttatásával lenyomta az olajárakat, az LNG piacon pedig megszűnt vevőként megjelenni, sőt eladóként lép fel. Ezzel itt is tartós túlkínálatot hozott létre.

Az alacsony olaj és gázárak fájó bevétel kiesést okoztak az USA egyik fő ellenfelének, Oroszországnak. Dél-Amerikában pedig lényegében véget vetettek a baloldali kormányok működésének. Erre a legjellemzőbb példa Venezuela. Az ország a világ legnagyobb konvencionális olajkészletével rendelkezik, de az USA bojkottja - amit az olajpiac túlkínálata tesz lehetővé - teljes csődbe vitte a rezsimet. Az olajpiac nélkülözni tudja az USA másik nagy ellenfelének, Iránnak az olajtermelését is.

Az utóbbi hónapok irracionális olajár esése végül az USA palaolaj termelését is nagymértékben veszteségessé tette. Ugyanakkor a palaolaj termeléssel – szemben a

konvencionális olajtermeléssel – gyakorlatilag nem lehet leállni, mivel ez esetben nem vagy csak óriási költségekkel lehet újra indulni. Így valószínűleg az USA az olajpiac összeomlásával saját magának is nagy károkat okozott.

Ennek a „játszmának” a legnagyobb nyertesei az olajimportőr országok, így elsősorban a legnagyobb olajimportőr Kína, amely ország azonban egyben az USA legnagyobb ellenfele is.

Valószínű ez az oka annak is, hogy Kína „dúskálva” az olcsó olajban nem tett ez ideig erőfeszítéseket a minden bizonnyal nagyon jelentős palaolaj és palagáz készleteinek feltárására.

*Új kérdés: Várható-e a palaolaj és palagáz termelés beindulása az USA-n kívül más országokban is?*

**Értékelés:** Az EU területén – ismereteim szerint elsősorban Franciaországban és Lengyelországban – jelentős palaolaj és palagáz készletek vannak. Feltételezhetően máshol is, de ezek még kevésbé ismertek. Az európai palaolaj és palagáz feltárást és kitermelést több tényező is akadályozza. Olcsón lehet olajhoz és gázhoz jutni; az EU elszánta magát a karbonsemlegesség megvalósítására, ezzel szöges ellentétben lenne elkezdni a palaolaj és palagáz készletek feltárását; a környezetvédők „lángpallossal” harcolnak a palaolaj és palagáz termelés ellen. Mégis nagyon bizonytalan, hogy mit hoz a jövő.

## 2.4 A megújuló energiaforrások helyzete és kilátásai

*Kérdés (29): Sikerül-e megvalósítani a megújuló energiák felhasználásában 2020-ra az EU programjában szereplő 20%-kos részarányt? (Rövid időn belül kiderül, hogy bekövetkezik-e a program időarányos teljesülése.)*

**Értékelés:** a 10 évvel ezelőtt kitűzött 20% körüli részarány a megújuló energiákban 2020-ra lényegében teljesíthető. Ebben természetesen benne van a meglévő vízerőművek termelése és jelentős biomassza tüzelés. Óriási beruházások történtek szél- és naperőművek és napelemek létesítésére. Németországban például a szél- és naperőművek összesített névleges teljesítménye már meghaladja a villamosenergia csúcsigényt. A kis kihasználás miatt viszont a fejlesztett villamos energiának csak körülbelül 25%-át képesek kielégíteni. A további beruházások egyre nagyobb részben a kihasználhatatlan kapacitásokat növelik. (A melléklet bemutatja a német megújuló energiából történő villamosenergia termelés térszámait 2019. októberében, amelyek a fentieket alátámasztják.)

*Kérdés (30): Bekövetkezik-e számottevő áttörés a megújuló energiák hőtermelési célú felhasználásában, elsősorban a napenergia és/vagy a biomassza alkalmazásában?*

*Versenyképessé tehetők-e a megújuló energiák a földgázzal szemben, vagy változatlanul csak folyamatos támogatással működtethetők ezek a rendszerek?*

Értékelés: A hőtermelés területén a megújuló energiák használata alig nőtt. A meleg víz előállító napkollektorok helyett inkább napelemek létesültek. A fűtésben a földgázt nem sikerült számottevő mértékben megújuló energiával kiváltani.

*Kérdés (31): Folytatódik-e a szélerőművek teljesítményének dinamikus növekedése, vagy a hátrányok miatt lelassul?*

Értékelés: A szélerőmű építés az EU-ban lelassult. A vezető szerepet Kína vette át, de ott a széntüzelésű erőművek kiváltásában még nagyon nagyok a lehetőségek. Kínában a szél és naperőművek összteljesítménye még csak töredéke a teljes villamos energia csúcsgénynek. Németországban szerintem már behatárolt a szélerőmű építés lehetősége, az EU más országaiban is egyre több akadályba fog valószínűleg ütközni a szélerőmű építés, így világviszonylatban is várhatóan lelassul.

*Kérdés (32): A biomassza tüzelés súlya jelentőssé válik-e? A növekvő biomassza felhasználás, milyen mértékben emeli a biomassza árát?*

Értékelés: A biomassza tüzelés felhasználása lelassult. Az energetikai célú növénytermesztés nem gazdaságos. Az elmúlt 10 évben jelentős fejlődés volt, amely az alapanyag korlátok miatt nem folytatható.

*Kérdés (33): Sikerül-e számottevő szerephez jutni egyéb megújuló energiákból történő villamosenergia-termelésnek? (Pl. napelemek, naperőművek, geotermikus erőművek, stb. Eddig ezek lényegében kuriózumként jelentek meg.)*

Értékelés: A napelemek áttörtek, árak – főleg a kínai fejlesztések eredményeként – nagymértékben csökkent. A napelem rendszerek költségeit azonban egyre inkább a villamos átalakítók és a vezeték hálózat, valamint a tartószerkezetek költségei határozzák meg, amelyeknek az ára lényegesen nem csökkenthető. A tükrös – tornyos naperőművek létesítésével nem sikerült jelentős előrelépést elérni. A geotermikus erőművek nagymértékű építéséhez fűzött remények nem teljesültek.

Egyre nyilvánvalóbbá válik az a korlát, hogy bármennyi szél és naperőművet építünk a villamosenergia rendszer nem tudja nélkülözni a teljes csúcsterhelés ellátására képes konvencionális – nem időjárásfüggő – erőműpark meglétét és működtetését. (A villamosenergia csúcsgények idején szinte mindig sötét van, így a napelemek teljesítménye nulla. Ha szélcsend is van, úgy a teljes fogyasztói csúcsgényt időjárás független erőművekkel, lényegében gáztüzelésű berendezésekkel, esetleg ha van még és nem állították le, úgy atomerőművekkel kell ellátni. Ezt a korlátot csak óriási mértékű villamosenergia tárolással lehetne feloldani, amihez nem áll rendelkezésre elfogadható költségigényű technológia.)



## 2.5 A nukleáris energia jövője

A nukleáris energia felhasználásának jövője jelenleg is kérdéses. Az atomerőművek üzembe helyezése az egyik ígéretes lehetősége a CO<sub>2</sub> kibocsátás mentes energia termelésnek. Ugyanakkor a CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentéséért küzdő környezetvédők többnyire az atomenergia felhasználásának legfőbb ellenzői.

*Kérdés (34): Általánossá válnak-e az USA-ban, néhány EU tagországban és Japánban folyamatban lévő üzemidő hosszabbítási programok más – esetleg eddig az atomerőművek leállítását tervező – országokban is?*

Értékelés: Más országokban nem váltak általánossá az üzemidő hosszabbítási programok, bár van erre is példa. A 2011-ben Japánban, a Fukusimában működő erőmű cunami miatt bekövetkezett súlyos balesete tovább erősítette a fejlett országokban az antinukleáris mozgalmakat. Japánban válságba került az atomenergetika. Valószínűleg csak azért nem állították le az összes atomerőművet, mert jelenleg nem tudnák nélkülözni azokat. Németország folyamatosan hajtja végre atomerőmű leállítási programját. Spanyolország is bejelentette, hogy mind a hét atomerőművének leállítását tervezi, sőt még Franciaország is csökkenteni szándékozik az atomerőművek részarányát a villamosenergia termelésben. Ezen döntések következtében a nyugati országok atomerőmű építő társaságai gyakorlatilag tönkrementek. Ezzel szemben a világon Oroszországban, Kínában és a fejlődő országokban sok atomerőmű épül és még több atomerőmű építését tervezik. A fejlődő országokban létesülő atomerőművek döntő részét a Rosatom építi, illetve fogja építeni. (Talán egyetlen kivételként említhető a dél-koreai KEPKO, amely társaság francia licence alapján építi atomerőműveit. Folyamatban van például az Arab Emírátságokban egy négyszer 1400 megawattos ilyen atomerőmű létesítése.) Kína szoros együttműködést folytat a Rosatommal. Kínában kereken egy tucat atomerőmű már üzemel, legalább két tucat épül és kb. 20 éves távlatban mindegy száz atomerőmű megépítését tervezik.

*Kérdés (35): Belekezdnek-e atomerőmű építésbe olyan országokban ahol eddig ezt elutasították, vagy nem tervezték? (Például Olaszország, Lengyelország)*

Értékelés: Ismereteim szerint a nyugati világban egyedül Lengyelország jelentette be, hogy ha széntüzelésű erőműveinek leállítására kényszerül, úgy csak atomerőművekkel tudja pótolni azokat. (Mivel – politikai okokból – kizártnak tartom, hogy Lengyelország Rosatom atomerőművet vásároljon a még vegetáló nyugati társaságok pedig nem ajánlat képesek, így az EU esetleg kénytelen lesz engedélyt adni Lengyelországnak a széntüzelésű erőműveinek további üzemeltetésére. A bejelentésnek valószínűleg ez a célja.) Néhány atomerőmű még „nyögve nyelősen” épül a nyugati világban, de új kezdeményezés nagyon valószínűtlen.

*Kérdés (36): Mennyire lesz eredményes az antinukleáris csoportoknak az a törekvése, hogy amennyiben nem tudják megakadályozni az atomerőmű építés engedélyezését,*

*úgy a biztonsági követelmények szigorításával olyan létesítési költségnövekedést generáljanak, ami gazdaságtalanná teszi az atomenergiát?*

Értékelés: Az antinukleáris csoportoknak ez a törekvése nagyon sikeres volt. Nagyrészt erőfeszítéseik eredményeként az épülő atomerőműveknél a beruházási költségek messze meghaladják a tervezettet, az üzembe helyezések pedig sok évvel eltolódnak. Így a projektek gazdaságtalanná válnak, jelentős részben csődbe mennek. Ezek az erőfeszítések azonban nem hatásosak a fejlődő országokban és természetesen teljesen hatástalanok Oroszországban és Kínában.

*Kérdés (37): Ha esetleg hirtelen több atomerőmű építésére lenne igény, úgy az időközben leépített és elégtelen gyártókapacitások miatt nem következik-e be olyan beruházási költségnövekedés, ami gazdaságtalanná teszi a fejlesztéseket?*

Értékelés: Ez a kérdés a nyugati atomenergetika az utóbbi évtizedben bekövetkezett leépülése miatt részben értelmét veszítette. A Harmadik Világban folyó atomerőmű építés jelenleg szinte egyetlen vállalkozója a Rosatom, a rengeteg megrendelése miatt kapacitás hiánnyal küzd.

*Kérdés (38): Beváltják-e a hozzájuk fűzött reményeket a 3. illetve 4. generációs – ma még kevés, illetve minimális üzemi tapasztalattal rendelkező - atomerőmű típusok?*

Értékelés: A Rosatom ajánlata egy úgynevezett 3+ generációs 1200 megawattos atomerőműre vonatkozik. Ebből akar a fejlődő világban több tucatot eladni és felépíteni. Négy ilyen blokk létesítését a Rosatom az EU-n belül is vállalta (Paks II két blokk, Hankihivi Finnország 2 blokk.)

*Kérdés (39): Hogy dönt Kína? Mekkora szerepet szán villamosenergia-termelése eddig sehol nem tapasztalt gyors fejlesztésében az atomerőműveknek? (A kínai döntésekre lényegében nem tudnak befolyást gyakorolni az antinukleáris szervezetek. A nukleáris energia melletti kínai döntés esetén számottevő annak a valószínűsége, hogy az elkövetkezendő 25-30 évben Kínában több atomerőmű épüljön, mint amennyi jelenleg az egész világon működik. Ilyen helyzetben antinukleáris politikát folytatni illuzórikussá válhat.)*

Értékelés: Az atomenergetika kínai fejlesztési stratégiájára megelőzően már kitértem. Ha a döntéseiket nem változtatják meg és a terveik megvalósulnak úgy 2050-re a világ atomerőműveinek több, mint a fele Kínában fog üzemelni.

*Kérdés (40): Milyen eredményeket hoznak, és mikorra realizálódnak a fúziós energiatermeléssel kapcsolatos erőfeszítések, fejlesztések? (Nem elég néhány demonstrációs erőmű létesítése, az a mértékadó, amikortól ilyen erőművek a gyártótól korlátlanul megrendelhetők.)*

Értékelés: A fúziós energiatermeléssel kapcsolatos kutatások lényegében alap kutatási fázisban „takaréklángon” folynak. Úgy vélem még az sem egyértelmű, hogy a feladat egyáltalán belátható időn belül megoldható-e? A legújabb hír a Franciaországban épülő fontos kísérleti erőmű létesítéséről tájékoztat, amely nemzetközi együttműködésben készül. Úgy vélem, még siker esetén is csak több évtized múlva juthat el a fejlesztés oda, hogy a gyártó fővállalkozótól fúziós erőművet lehessen rendelni.

*Kérdés (41): Szükség lesz-e a hasadóanyag készletek fogyása miatt a gyors-szaporító reaktorok használatára áttérni, vagy esetleg ez a lépés a fúziós energiatermelésre való közvetlen átállással kihagyható?*

Értékelés: A gyors szaporító reaktorok fejlesztésére 2019-ben Oroszország (Rosatom) és Kína együttműködési megállapodást kötött. Oroszországban Bjelojarszkban működik egy 800 MW-os demonstrációs erőmű, Kínában építenek egy 600 MW-osat. (Nyugaton az 1200 MW-os francia Szuper Phenix leállítását és a program lezárását követően ilyen tevékenység nem folyik.)

A kezdetben a szaporító reaktorok kereskedelmi célú működtetését csak egy fissziós atomerőművekből álló nagy rendszer részeként lehet megvalósítani. Erre valóban csak egy Oroszország és Kína által kialakított együttműködés keretében van esély.

A szaporító reaktorokra való áttérés nem sürgős. A hasadóanyag készletek még nincsenek elfogyóban. A hasadóanyag felhasználás a nyugati atomenergetika leépülése miatt most inkább csökken.

Elgondolkodtató annak a szerintem „bizarr” helyzetnek a kialakulása, hogy a nyugat egy ilyen fontos energetikai technológiai területéről, mint az atomenergetika önként kivonult és átadta a „terepet” Oroszországnak és Kínának. Ugyanakkor ezzel sem egy katasztrofális nukleáris baleset lehetőségét – amire az antinukleáris érdekcsoportok ismétlődően hivatkoznak – sem a nagyaktivitású radioaktív hulladékok keletkezését – ami a másik hivatkozási alap – nem tudják kiküszöbölni. Mindkét kockázat Oroszországban és Kínában, valamint a fejlődő világ egyre több országában változatlanul fennmarad, miközben a nyugat befolyásolási lehetőségei – éppen önkéntes kivonulása miatt – nagymértékben csökkennek. Mi ez, ha nem tipikus kontra produktivitás?

### 3. A klímaváltozással kapcsolatos kérdések

A klímaváltozás mérséklésének, elviselhető szinten tartásának a követelménye az utóbbi 10 évben sokak szerint elsőrendű megoldandó feladattá vált. Vészjósló prognózisok jelentek meg. A szakmai körök többsége és az általános közvélekedés meghatározó része türelmetlenül sürgeti a döntéshozókat arra, hogy sürgősen tegyenek hathatós

intézkedéseket a globális felmelegedés fő okozójának tartott CO<sub>2</sub> kibocsájtás csökkentésére, végül megszüntetésére, a „karbonsemlegesség” elérésére.

E rövid értékelés keretei nem adnak lehetőséget a folyamatosan vitatott igények és az indokoltnak vélt programok vázlatos áttekintésére sem, így ezzel nem is próbálkozom.

Kétségtelen tény azonban, hogy bár az emberek túlnyomó többsége egyetért azzal, hogy sürgős hathatós változásokra és cselekedetekre lenne szükség a valóságban azonban a kitűzött célok megvalósításában alig történik előrehaladás.

A világ CO<sub>2</sub> kibocsájtása mindeközidig folyamatosan növekedett. A legutóbbi 10 év alatt például 30300 millió tonnáról 11 százalékkal 33900 millió tonnára.

Úgy vélem a „patthelyzet” alapvető oka az, hogy a CO<sub>2</sub> kibocsájtás érdemi csökkentése csillagászati összegekbe kerülne, miközben alapvető életviteli változásokkal, életminőség romlással, következményekkel járna. Irtózatossá sok pénzt kellene elkölteni és egyidejűleg elfogadni, hogy rosszabbul kell élnünk. (Legalábbis a jelenleg általánosan elfogadott életminőségi kritériumok szerint.)

A továbbiakban visszatérek a 10 éve feltett kérdésekre és ezek jelen helyzet szerinti értékelésére.

*Kérdés (42): Talán a XXI. század emberiségének legdöntőbb kérdése, hogy a klímaváltozási modellek melyike írja le helyesen a föld éghajlatának jövőbeni alakulását? (Ha a „10 °C-os” modell a helyes, akkor a legdrasztikusabb CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentési erőfeszítésekkel sem lehet ma már elkerülni a katasztrófát. Ha az „1 °C-os” modell a jó, a reálisan végrehajtható programok teljesítésével – valamint az olaj és földgáz készletek elfogyásával - a folyamatok elfogadható keretek között tarthatók, ill. maradnak. Természetesen a „10 °C-os” és az „1 °C-os” modellek közötti bármilyen globális felmelegedési „forgatókönyv” megvalósulása elképzelhető. A felmelegedés mértékének növekedésével a kezelhetőtől az egyre katasztrófálisabbá váló következményekig.)*

*Kérdés (43): Képes lesz-e az EU ambiciózus klímaprogramjával számottevő befolyást gyakorolni a világ CO<sub>2</sub> kibocsátásának alakulására? (Erre csak akkor van esély, ha jelentős követőkre talál, mivel az EU a világ energiafogyasztásának, így CO<sub>2</sub> kibocsátásának (2010-ben) is csak kb. 15%-át produkálja.)*

*Kérdés (44): Tudja-e teljesíteni az EU az általa kitűzött célokat? (Ez a részcélok teljesüléséből már néhány éven belül láthatóvá válik.)*

*Kérdés (45): Követik-e más nagy energiafogyasztó országok az EU példáját, vagy az EU lényegében egyedül marad?*

*Kérdés (46): Ha a 45. kérdésre negatív választ ad a jövő, meddig folytatja az EU a világ helyzetét érdemben befolyásolni nem képes „önfeláldozó” erőfeszítéseit?*

*Kérdés (47): sikerül-e rászorítani elsősorban Kínát, másodsorban Indiát, harmadsorban az összes fejlődő országot, hogy szigorú CO<sub>2</sub> kibocsátás mérséklő intézkedéseket vezessenek be annak ellenére, hogy az egy főre eső kibocsátásuk lényegesen alacsonyabb, illetve a töredékét teszi ki a fejlett országokénak, különösen az USA-énak? (Feltételezhetően akkor van erre esély, ha a klímaváltozás következményei – tengerszint emelkedés, és az elviselhetetlen meleg – számukra is súlyos konkrét problémát okozna. Valószínűleg ez már késő.)*

*Kérdés (48): A CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkentése céljából megtett intézkedések mennyire lesznek valóban eredményesek? A másodlagos, harmadlagos hatások nem semmisítik-e meg a várható eredmények jelentős részét? (Pl. a biometanol és biodízel olaj termelés növelése céljából erdőterületek kivágására – esetleg felégetésére – kerülhet sor, amelyek CO<sub>2</sub> nyelése nagyobb volt, mint a bioüzemanyag révén elérhető CO<sub>2</sub> kibocsátás megtakarítás, stb.)*

Összefoglaló értékelés: Remélhetőleg a 10 fok Celsiusos hőmérséklet növekedés valóban irreális. De a jelenlegi modellek nagy része, ha nem történik hathatós ellenlépés úgy az évszázad végére legalább 4 fok Celsius átlagos hőmérséklet növekedést jelez. Jelenleg az 1,5-2 fok Celsius maximális hőfoknövekedést vélik még elviselhetőnek, de ehhez a CO<sub>2</sub> kibocsátás drasztikus csökkentésére volna szükség. Ezt mindeközül csak az EU országok vállalták fel „közfelkiáltással”. Ez az EU 2050-re elérendő karbonsemlegessége. Személy szerint úgy vélem, ezt az EU országok 30 év alatt messze nem fogják és nem is tudják teljesíteni.<sup>4</sup>

Más régiók, országok nem tettek ilyen „ígéretet”. Ezt a legutóbbi madridi konferencia egyértelműen bizonyítja. Az USA lényegében kiszállt a programból. Kína talán valamelyest tudja csökkenteni CO<sub>2</sub> kibocsátását, de lehetséges, hogy csak a stagnálást tudja elérni. India továbbra is gyorsan növeli CO<sub>2</sub> kibocsátását, hogy csak a legnagyobbakat említsem. A világ CO<sub>2</sub> kibocsátása jó esetben 2050-ig stagnálni fog, hogy ez hány fok Celsius átlaghőmérséklet növekedést okoz, azt majd az emberiség meglátja. Másodlagos és harmadlagos hatások nehezen mérhetők fel, de ezekre mindig igaz a „nem szándékolt hatások törvénye”, miszerint: a nem szándékolt hatások szinte mindig a szándékolt hatás érvényesülését csökkentik. Mindez nem sok alapot ad az optimizmusra.

#### 4. A várható technológiai fejlődés további kérdései

---

<sup>4</sup> Az is elgondolkodtató, hogy az EU országok igyekeznek azokat a tevékenységeket, amelyek nagy CO<sub>2</sub> kibocsátással járnak (például kohászat, nehézipar, stb.) a Harmadik Világ országaiba „kiszervezni”. Ezzel természetesen a globális felmelegedés nem befolyásolható, de az EU elégedettebb lehet önmagával.

*Kérdés (49): Sikerül-e gazdaságos és lényegében korlátmentesen alkalmazható technológiát kifejleszteni a fosszilis energiahordozókkal működő erőművek CO<sub>2</sub> kibocsátásának leválasztására, elszállítására és végleges – a légkörbe való kijutás megakadályozását hosszú távon garantáló – elhelyezésére?*

Értékelés: Amint erre már a megelőzőekben is utaltam az ezzel kapcsolatos 10 évvel ezelőtti remények lényegében nem teljesültek. A technológia – a füstgázból a CO<sub>2</sub> leválasztása és földalatti rezervoárokba préselése – tulajdonképp adott, meg is lehet valósítani, csak elviselhetetlenül költséges. Néhány demonstrációs projekt elkészült, de elterjedésére nem lehet számítani.

*Kérdés (50): Sikerül-e jelentős előrelépést elérni a jelenlegieknél lényegesen könnyebb, több töltést és kisütést elviselő nagyon nagy mennyiségben is kedvező költséggel gyártható akkumulátorok kifejlesztésében? (Ma a villamos gépkocsik elterjedésének fő akadálya az, hogy nem áll rendelkezésre olyan akkumulátor, amellyel a benzin, illetve dízel üzemű autóknál gazdaságosabban működtethető, külső forrásból – konnektorból – tölthető villamos gépkocsit lehetne nagy sorozatban gyártani.)*

*Kérdés (51): Megteremthető-e annak a feltétele, hogy a szélerőművekben termelt villamos energiát a szélmentes időszakokra gazdaságosan tárolni lehessen? (A szivattyús-tározós erőművek nem elég gazdaságosak, létesítésük ellen a környezetvédők tiltakoznak, és inkább csak a napi csúcs illetve kisterhelésű időszak villamosenergia-igényeinek kiegyenlítésére alkalmasak, az esetleg hosszabb, szeles és szélmentes időszakok kiegyenlítésére kevésbé.)*

Értékelés: A lítium ionos akkumulátor technológia már 10 éve is ismert volt, de az akkuk döntően kis méretekben a híradástechnikai eszközök működtetésére készültek.

Azóta lényeges fejlődés következett be. Ez a technológia vált uralkodóvá az energetikai célú villamosenergia tárolásban is. A lítium ion akkumulátorokkal hajtott jó hatásfokú kisméretű villanymotorok robbanásszerűen elterjedtek. A lítium ion akkumulátorok tömege ugyanannyi tárolt villamosenergia esetén körülbelül 1/3-a az ólom akkumulátorokénak, de még így is elég nehezek. Fajlagos költségük a fejlesztés első időszakától – mint ahogy ez várható volt – jelentősen csökkent. A csökkenés mára lelassult. A közeljövőben várható ár egy kWh tárolókapacitásra esően kereken 100 USD. Ez alá nem nagyon lehet lemenni. Ezek az energetikai célt szolgáló akkuk még elég újak, élettartamukra csak előzetes becslések vannak. Valószínűleg élettartamuk nem haladja meg a 10 évet. Jelenleg a világ lítium ion akku termelése kereken évi 200 GWh kapacitás. A teljes gépkocsi park működtetéséhez ezt közel meg kellene százszorozni. Az időjárásfüggő – szél és naperőművekben történő – villamosenergia termeléshez szükséges energiatároló kapacitás még a gépkocsik teljes villamosításához szükséges igényeket is messze meghaladná. Az alapanyag ellátás, illetve az elhasznált akkuk újra hasznosítása – amint már erre a megelőzőekben is utaltam – gigantikus feladat lenne előre át nem látható akadályokkal. Más akkumulátor technológiák kutatása

és fejlesztése nagy erővel folyik, de nem mutatkozik esély belátható időn belüli áttörésre, illetve ezek kereskedelmi megjelenésére.

Más energiatárolási lehetőségek kutatása és vizsgálata is intenzíven folyamatban van. Visszatérő javaslat, hogy az energia bőség időszakában (a szél és naperőművek megközelítőleg névleges teljesítményükkel működnek) hidrogént kell fejleszteni, amiből az energia hiányos időszakban vagy hőerőművekben vagy energiatermelő cellákban villamosenergia fejleszthető. Az alapvető baj, hogy ezek a tároló rendszerek a bevitt villamosenergia és a kivehető villamosenergia arányait tekintve körülbelül 40 százalékos hatásfokúak. Beruházási költségeik pedig óriásik. Ezek a technikai lehetőségek jelenleg kísérleti stádiumban vannak az energetikát érdemben érintő kereskedelmi elterjedésük 10-20 éven belül nem várható.

A szivattyús tározós erőművek értékelésébe itt nem megyek bele, csak annyit róluk, hogy nagyon drágák és megvalósításuk ellen a környezetvédők szinte minden esetben hevesen tiltakoznak.

Megállapítható tehát, hogy a nagymennyiségben történő villamosenergia tárolás terén az elmúlt 10 évben nem történt érdemi előrelépés és a belátható jövőben sem ígérkezik kielégítő megoldás.<sup>5</sup> Így a villamosenergia rendszert tápláló erőműveknek változatlanul lényegében percenként annyi villanyt kell termelniük, mint amennyi a fogyasztás.

*Kérdés (52): A fosszilis üzemanyagok és a földgáz kiváltására gazdaságosan alkalmas-e a hidrogén, vagy inkább a metanol illetve a szintetikus metán használata a megoldás? A hidrogén, illetve a metanol és szintetikus metán előállításához szükséges primer energia megtermelése biztosítható-e gazdaságosan atomerőművekben? (Az atomerőművekkel kapcsolatos technológia-fejlesztési kérdések a 2. fejezetben szerepeltek.)*

Értékelés: Elvileg mind hidrogénnel, mind metanollal, mind pedig szintetikus metánnal felépíthető egy olyan rendszer, amely megfelelő CO<sub>2</sub> kibocsájtás mentes primer energiaforrás rendelkezésre állása esetén – ez lehet megújuló energia, de lehet atomerőmű is – többlet CO<sub>2</sub> kibocsájtás nélkül „körforgásos” rendszerben alkalmas a belső égésű motorok üzemanyagának biztosítására. Lényegében ugyanez a rendszer a földgázfogyasztók gázszükségletének kielégítésére is képes lehet. Az alapvető probléma a rendszer kiépítésének és működtetésének költsége, illetve gazdaságossága. Ennek megvalósításával kapcsolatos problémáknak és feladatoknak a legfontosabb összefüggéseit is csak egy hosszabb tanulmány keretében lehetne áttekinteni, amire nincs lehetőség. Ez irányú kutatások és kísérleti programok folynak, de az megállapítható, hogy e technológiáknak a kereskedelmi szintű megvalósítására az elkövetkezendő évtizedekben – például 2050-ig – valószínűleg nem kerül sor.

---

<sup>5</sup> Ahhoz, hogy egy villamos akkumulátor valóban alkalmas és gazdaságos legyen a szél és naperőművekben időjárás, illetve napszak függően termelt villamos energiának a fogyasztói igények szerinti kiegyenlítésére a jelenlegi lítium-ion akkumulátorokhoz viszonyítva az egységnyi villamosenergia tároláshoz szükséges akkumulátor tömeget kb. 1/5-ére, az akku árát 1/10-ére és az élettartamát kb. ötszörösére kellene növelni. Erre szerintem semmi remény nincs.

Egy lényeges tényre azonban érdekes kitérni. Ha egy ilyen energia átalakító komplexumot időjárásfüggő megújuló primer energiákkal (szél, nap) működtetünk, úgy háromszor, négyszer akkora kapacitására kell kiépíteni, mintha a primer energiát atomerőművel biztosítjuk. Az atomenergia ugyanis folyamatos működést tesz lehetővé még a szél, illetve naperőművek azonos beépített teljesítmény esetén ennek csak a harmadát, negyedét termelik. Ez a megújuló energiák használata esetén a beruházási költségeket ilyen arányban, tehát háromszorosára vagy négyszeresére növeli. Ugyanakkor az EU országokban, illetve a nyugati világban az atomenergetika leépül.

*Kérdés (53): Sikerül-e gazdaságos megoldást találni a bioüzemanyagok, döntően cellulóz alapú mezőgazdasági melléktermékekből történő előállítására? (Így nem gyakorolnának negatív hatást az élelmiszer kínálatra és árakra.)*

Értékelés: Ismereteim szerint az elmúlt 10 évben nem sikerült ez ügyben érdemi előrehaladást elérni és nincs információ arról, hogy ez a belátható jövőben számottevő mértékben várható lenne.

*Kérdés (54): Megvalósul-e, illetve számottevő szerephez jut-e az „extrém” energiatermelési technológiák valamelyike? (Pl. saharai naperőmű telepek létesítése, és a villamos energia Európába történő szállítása, vagy a tengeri hullámmás energiájának számottevő mértékű hasznosítása, stb.)*

Értékelés: Bombasztikus ötletekben az elmúlt 10 évben sem volt hiány. Ezekből szinte semmi nem realizálódott. Úgy vélem ez az elkövetkezendő években is így lesz. Mint egy érdekes megoldandó problémát mégis megemlítem a következőt: kétségtelen tény, hogy a legjobb kihasználású napelem telepeket a Szaharában lehetne megvalósítani (itt közel 50 százalékos kihasználás lenne elérhető). Ahhoz hogy az EU villamosenergia igényeinek jelentős részét onnan fedezzük több ezer négyzetkilométer nagyságrendű napelem telepet kellene létesíteni. Kérdés: mit lehetne tenni, ha egy saharai homokvihar (számum) a több ezer négyzetkilométer területű napelem telepeket homokkal beteríti? Talán mérsékelni kellene az álmodozást.

Összegző megjegyzések

A 10 éve leírt kérdések nagy része ma is aktuális. Többségükre a ma adható válaszok is sok bizonytalanságot tartalmaznak. Ma természetesen több új kérdés is feltehető lenne, de kerülni akartam az értékelés túlkomplikálását, így csak egy új kérdést fogalmaztam meg (a palaolaj, illetve palagáz technológia elterjedéséről). Úgy vélem végül a feltett 55 kérdésben az utóbbi 10 év előrehaladásának értékelése, valamint a további kilátások áttekintése lényegében elég jól jellemzi az energetika egész rendszerét. **Érdekes talán kiemelni azokat az alapvető fontosságú változásokat, amelyek bekövetkezését 10 éve még nem lehetett előre felmérni.**



**A világ jövőbeni energia ellátását talán legnagyobb mértékben befolyásoló – 10 éve még alig érzékelhető – új technológia a palaolaj és palagáz termelés elsöprő mértékű felfutása az USA-ban. Ennek a technológiának a robbanásszerű elterjedése az USA-ban lényegében az egész olaj és gázpiacot átrendezte. Kérdéses, hogy mind az olaj mind a gázpiacon megvalósult tartós túlkínálat és ebből eredő árcsökkenés mekkora hatást fog gyakorolni a világ CO2 kibocsájtására?**

**Érdekes – és 10 éve még előre nem látható – változás a nukleáris energiatermelés perspektívájának teljesen eltérő megítélése a fejlett világban (a nyugati országokban és Japánban), illetve ezzel szemben Oroszországban és Kínában, valamint hatásukra a fejlődő világ egyre több országában. Az atomerőművek építése a fejlett világban lelassult, sőt megállt, míg Oroszországban, Kínában és több fejlődő országban nagymértékben előrehaladt és felgyorsult. Kérdés kinek lesz igaza?**

**Az utóbbi 10 évben ugrásszerűen fejlődött a napelemek létesítése. Néhány országban a beépített naperőmű teljesítmény a villamos teljesítmény csúcsgények felét is meghaladja. (Az 1-es melléklet például Németország esetében ezt egyértelműen mutatja.) Erre az adott lehetőséget, hogy a napelemek beruházási költsége óriási mértékben, közel két nagyságrenddel csökkent. Tulajdonképpen Kína árasztotta el olcsó napelemekkel a világpiacot. Ezzel lehetőséget teremtve a nagymértékű napelem építésnek, de a nyugati országok napelem gyártó iparát lényegében tönkre tette. A naperőművek beruházási költsége természetesen nem tudott a napelem árral arányosan csökkenni, mivel a villamos berendezések és tartószerkezet ára már nem volt tovább jelentősen csökkenthető. Az óriási napelem kapacitás által termelt villamosenergia relatíve kevés, mivel a naperőművek kihasználása körülbelül az ¼-e a konvencionális erőművekének. (Éjszaka eleve nulla a termelésük, a borús, ködös, esetleg havas időszakban nulla vagy minimális.) A teljesítmény kiegyenlítéshez szükséges gazdaságos villamosenergia tárolás azonban megoldatlan. Mindez világosan mutatja a naperőmű építés korlátait.**

**Rendkívüli ellentmondást jelent szerintem a CO2 kibocsájtás csökkentését, sőt megszüntetését követelő igény és az ennek teljesítését lehetővé tevő elégtelen cselekvések egyre fokozódó ellentéte. Kérdés, hogy ez a feszültség még meddig növelhető? Bekövetkezik e és mikor valami egyértelműen a klímaváltozáshoz köthető elsöprő erejű katasztrófa, ami áldozat vállalásra kényszerítené az emberiséget? Ha egyszer bekövetkezik úgy nem lesz-e már túl késő?**

Wiegand Győző  
2020. szeptember 14.

## Melléklet

A német megújuló áramtermelés tényadatai 2019 októberében					
2019. október	Teljesítmény igény	Szél	Nap	Szél+Nap	A beépített teljesítmény, ill. az energia felhasználás százalékában
<b>Beépített teljesítmény</b>		60 080 MW	48 807 MW	108 887 MW	
<b>Max.</b>	69 404 MW	39 665 MW	21 291 MW	48 387 MW	44,44 %
<b>Átlag</b>	54 298 MW	16 086 MW	3 264 MW	19 350 MW	17,77 %
<b>Min.</b>	36 122 MW	2 292 MW	0 MW	2 903 MW	2,67 %
<b>Energiatermelés</b>	40 452 GWh	11 984 GWh	2 432 GWh	14 416 GWh	17,77 %

Nagyon tanulságos, ha megvizsgáljuk a német megújuló energiából történő villamosenergia termelés tényadatait. A fenti táblázat ezeket mutatja be 2019 októberében. (Az október talán jellemző képet ad az arányokra és összefüggésekre. A nappalok hossza közel átlagos, a borult és derült idő aránya még nem szélsőséges, feltehetően a szélviszonyok sem térnek nagyon el az évi átlagtól, a villamosenergia fogyasztás is közepesnek tételezhető fel.) A táblázat alapján a következő fő megállapítások tehetők.

1. A megújuló energiatermelő létesítmények (szél + nap) összesített kapacitása ma már messze meghaladja a legmagasabb villamos teljesítmény igényeket. (Szél + naperőművek beépített teljesítménye 108887 MW. Az igényelt októberi teljesítmény maximum 69404 MW volt. Tehát megfelelő napsütés és jó szélviszonyok esetén elvben a szél és naperőművek kb. 60 százalékkal több teljesítményre képesek, mint az országos októberi csúcsigény. Valójában ez utóbbinak maximálisan csak 44 százalékát és minimálisan mindössze 2,67 százalékát produkálták.)
2. Ilyen óriási beépített teljesítmény mellett is a szél és naperőművek az októberi villamosenergia igényeknek csak kerekén 18 százalékát voltak képesek fedezni.
3. Németországban már jelenleg is hatalmasak a kihasználhatatlan kapacitások. További szél és naperőmű építés lényegében a kihasználhatatlan kapacitások növelését jelenti.