

Energia a piacon (2050)

Az energiaszolgáltatás iparágának három alapvető kihívással kell szembenéznie az elkövetkező 50 év folyamán: minden ember számára elérhetővé tenni az energiaellátás előnyeit, amelyet jelenleg az emberiség ötödrésze teljes mértékben nélkülöz, igazodni a gazdasági fejlődés és a javuló életszínvonal következtében folyamatosan változó elvárásokhoz, illetve a környezetszennyezést az egészséges határokon belül tartani. A kihívásokra válaszul a Royal Dutch/Shell Csoport az „Energiaszükséglet, választások és lehetőségek” – Energia-forgatókönyvek 2050-ig (“Energy Needs, Choices and Possibilities” – Scenarios to 2050) címen új, hosszú távú forgatókönyveket jelentetett meg a világ energiaszükségletének várható alakulásáról.

A tanulmány készítői azonban azt tanácsolják, hogy ne értelmezzük az alább olvasható lehetséges jövőképeket jóslatokként: azokat sokkal inkább gondolatébresztőnek szánták, amelyek a bizonytalanságokra, az újra, a váratlanra igyekeznek felhívni a figyelmet. A forgatókönyvek ismeretében, amelyek két eltérő mechanizmusok által alakított fejlődési utat vázolnak fel, könnyebb felismerni a jelenben azokat az erőket, amelyeknek meghatározó szerep juthat a jövő formálásában.

A Shell az 1970-es évek óta készít tanulmányokat, amelyek célja a stratégiai tervezés támogatása, 1995-ben pedig elkészítette első, a mostanihoz hasonló hosszú távú forgatókönyvét az energiagazdaság alakulásáról, központi kérdésként kezelve a károsanyag-kibocsátást. A tanulmány megállapította, hogy a dinamikusán változó energiaszektort a piaci mechanizmusok kétféleképpen terelhetik az alacsonyabb

„A dinamikusán változó energiaszektort a piaci mechanizmusok kétféleképpen terelhetik az alacsonyabb emisszió felé: ha növekszik az energiaforrások felhasználásának hatékonysága, vagy ha versenyképessé válnak a megújuló energiaforrások.”

emisszió felé: ha növekszik az energiaforrások felhasználásának hatékonysága, vagy ha versenyképessé válnak a megújuló energiaforrások. A tanulmány két „mi történik, ha” kérdést tett fel, ennek megfelelően két lehetséges jövőképet vázolt. Megvizsgálta azt a lehetőséget, ha a hatékonyság a történelmileg elképzelhető legintenzívebb fejlődést fogja mutatni, és egy másikat, ha a megújuló energiaforrások 2050-ig a teljes szükséglet 50 százalékát képesek fedezni. A jelenlegi tanulmány esetében a döntő pont, ahol a két forgatókönyv más irányba halad tovább, az az üzemanyagcellás erőforrás sikeressége a piacon. Ha az elkövetkező 50 évben forradalmi változás következik be, ahogyan ezt az egyik forgatókönyv felvázolja, akkor annak az oka elsősorban az üzemanyagcellás technológia térnyerése lesz.

ENERGIA ÉS GAZDASÁGI NÖVEKEDÉS

Az energia fontos hajtóereje a gazdasági növekedésnek és az életszínvonal emelkedésének. Az energia-rendszer változásai a gazdaság és a társadalom fejlődésének szintjeit is jelzik. Az első lépés a hagyományos tüzelőanyagok helyettesítése kereskedelmi energiaforrásokkal. Hozzávetőleg egymilliárd ember ma is természetes energiaforrásokat (nö-

„Hozzávetőleg egymilliárd ember ma is természetes erőforrásokat (növényi és állati hulladék) használ.”

vényi és állati hulladék) használ. Az egy személyre jutó GDP szintjeihez a gazdasági növekedés és az energiaszükségletek bizonyos kombinációja kapcsolható:

- 3 000 USD – a kereslet robbanásszerűen megnő az iparosodás kezdetével
- 10 000 USD – a kereslet emelkedése lassul, az iparosodás legfontosabb szakasza lezárul
- 15 000 USD – a kereslet növekedése lassabb, mint a bevételeké, a gazdasági növekedés fő hajtóereje a szolgáltató-szektor, az alapvető háztartási energiaigényeket képes teljesíteni a rendszer
- 25 000 USD – a gazdasági növekedés csak minimális többletenergát kíván

Amint a gazdaság eléri arra a szintre, hogy az alapvető energiaszükségleteket képes kielégíteni, a fogyasztói elvárások más, jellemzően kevésbé energiaigényes termékek és szolgáltatások felé tolnak el, tehát az energiaigények lassan telítődnek. Az OECD (Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet) országaiiban jelenleg a háztartási fogyasztási cikkek piaca nem mutat számottevő emelkedést, ahol az átlagjövedelem eléri a 30 000 dollárt, ott két emberre jut egy személyautó és ez nem emelkedik. Azokban az országokban, ahol az iparosodás később indult be, a

fejlődés gyorsabb lehet, hiszen rendelkezésükre áll a fejlett országok technológiája és tapasztalata. (1. ábra)

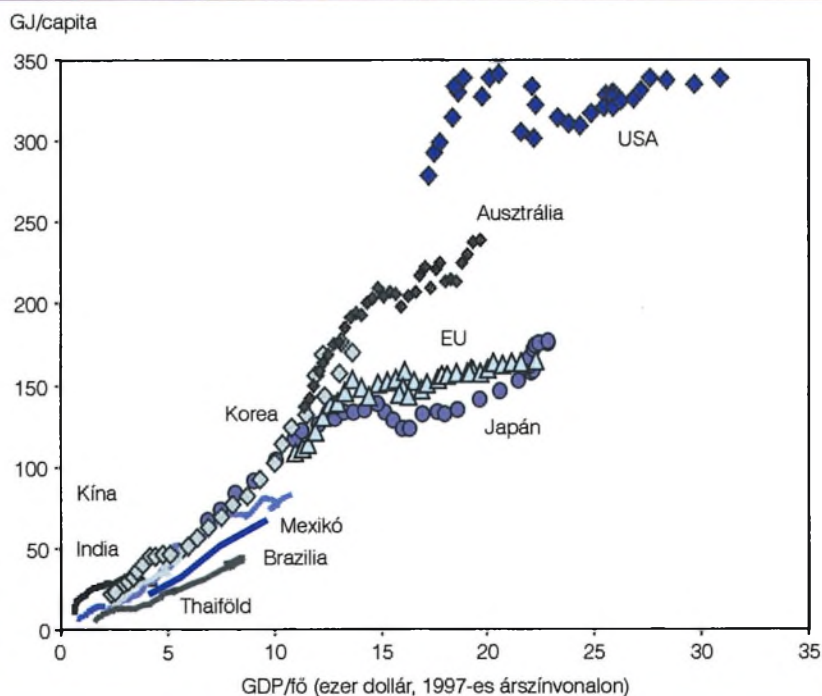
TÁRSADALMI KÖRNYEZET

Nemrégiben készült előrejelzések szerint a 2050-re 8,5 milliárdos populáció, amelynek 80 százaléka város lakó, 2075-re elérheti a maximálisnak tekintett 10 milliárdot. A most még fiatalnak tekinthető társadalmakat addigra az OECD országait most leíró korfa fogja jellemezni, globálisan öregszik a népesség. Végző soron valószínűsíthető, és ez mind-

két forgatókönyv egyik alapfeltevése, hogy az energiagazdaság fejlődését nem a társadalmi változások fogják elsősorban meghatározni. A gazdasági növekedés 2050-ig várhatóan átlagosan évente 3,5 százalék, így az átlagos jövedelem el fogja érni a jelenkénti 20 000 dolláros szintet. A fogyasztói elvárásokban két olyan trend figyelhető meg, amelyek egyértelműen hatást fognak gyakorolni az energiagazdaságra is: az életszínvonal emelkedésével növekszik az igény a tiszta és egészséges környezet-

1. ábra

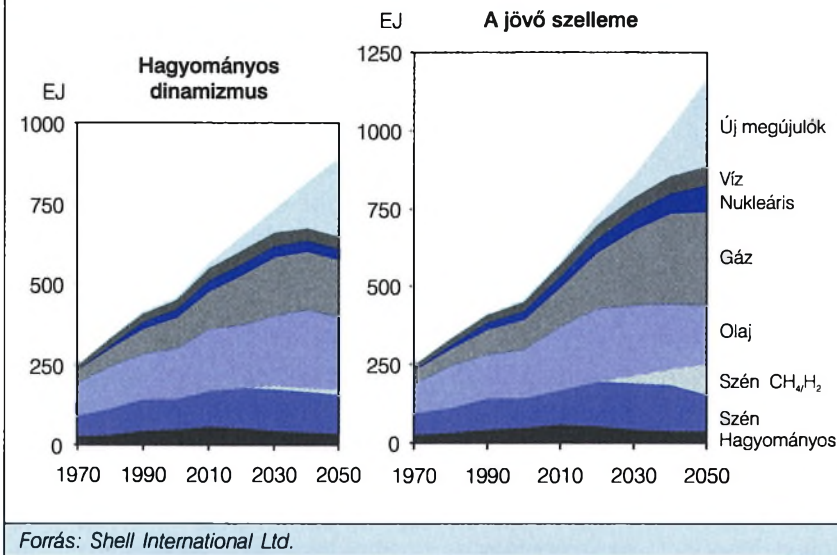
Energiafogyasztás az egyes térségekben



Forrás: IMF, BP, Shell International Ltd.

2. ábra

Az energiaforrások felhasználásának alakulása



re, valamint növekszik az idő értéke, így egyre nagyobb jelentősége lesz a személyes mobilitást nyújtó eszközöknek. A globális energiaigény szintje 2050 után, feltehetően fejenként 200 GJ (gigajoule) fogyasztásnál fog tetőzni (ez 15 százalékkal magasabb, mint a jelenlegi átlagos fogyasztás az EU-ban). Ezt alapul véve a globális fogyasztás 2050-ben a jelenlegi háromszorosa lesz. Ha azonban a fejlesztések középpontjában a hatékonyság áll majd, akkor a fogyasztás maximuma fejenként 100 GJ-nál lesz, így 2050-ben csupán a mostani fogyasztás kétszeresével lehet számolni. (2. ábra)

A VÁLTOZÁSOK HAJTÓEREJE

A két forgatókönyv három meghatározó tényező hatásaival számol. Ezek az erőforrások szűkössége, a technológiai, valamint a társadalmi és személyes elvárásokban bekövetkező változások. A szén várhatóan nem válik szűkössé a vizsgált időtartam alatt, azonban a kitermelés költségei befolyásolni fogják a versenyképességét. Az

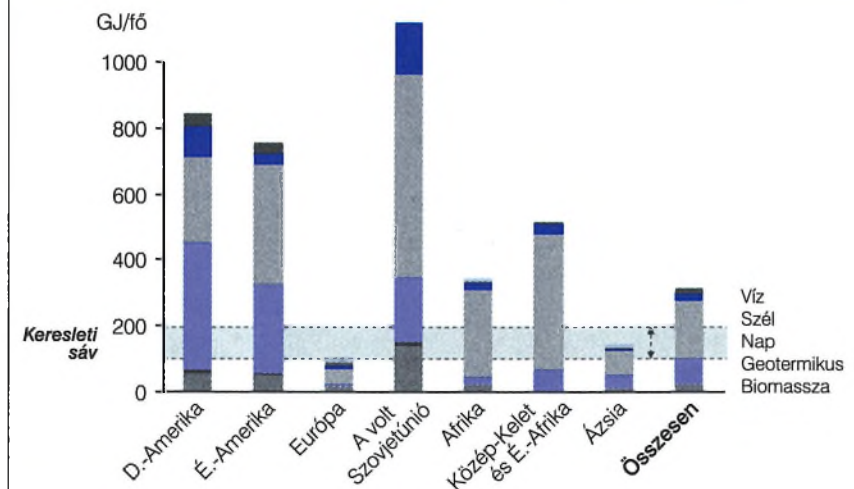
olajtartalékok várhatóan 2025 körül kezdenek el kimerülni, azonban a hatékonyság növekedésével ez 2040-ig is eltolódhat. A földgáz esetében bizonytalanok az előrejelzések, lehetséges, hogy 2025-ben már szűkössé válik, de az is, hogy ez csak 2050 után fog bekövetkezni. A nukleáris energia terjedése az OECD országokban már megállt, aminek egyrészt környezetvédelmi és társadalmi okai vannak, másrészt a földgáz és elektromos piacok liberalizációja folytán olyan helyzet fog kialakulni, amelyben a nukleáris erőforrások versenyképessége tovább csökken.

ÚJ ENERGIAFORRÁSOK

Ha lehetséges lenne a megújuló energiaforrások (biomassza, geotermikus, víz, szél, nap) hatékony kiaknázása, ezek fedezhetnék a teljes globális energiaszükségletet, azonban ennek egyelőre technológiai és piaci akadályai vannak. A napenergia elektromos árammá alakítása nem okoz gondot, azonban ennek tárolása annál inkább. Az üzemanyagcella

3. ábra

Rendelkezésre álló megújuló energiaforrások



Forrás: UN 2000, WEC 1994, ABB 1998. 10 milliárd emberre vetítve.
Shell International Ltd.

mellett több érv szól: hatékony, tiszta (az energia előállításának mellékterméke víz és hő), mérete és kapacitása tulajdonképpen már ma alkalmassá teszi gépjárművek, hordozható elektromos készülékek áramforrásaként, azonban az üzemanyag (metán, hidrogén) terjesztéséhez egy világméretű hálózat kiépítésére van szükség. (3. ábra)

A KÉT FORGATÓKÖNYV

A demográfiai változások, az urbanizáció, a piacok liberalizációja, az átlagjövedelem növekedése mind befolyásolják az energiarendszer alakulását, de úgy tűnik, hogy a döntő tényező az olaj, illetve a gáz szűkössé válása lesz a század második negyedében. Ez felveti azt a kérdést, hogy vajon milyen erőforrás, milyen üzemanyag fogja átvenni az olaj kulcsfontosságú szerepét a világgazdaságban? Fokozatos fejlődés következik be a nagyobb teljesítményű belsőégésű motorok irányába, valamint fokozatos áttérés a bio-üzemanyagokra, vagy ugrásszerű váltás egy új technológia felhasználására? Képesek lesznek-e a jelenlegi technológiák a társadalmi igényeknek megfelelően tisztává és hatékonyvá válni, megtartva ezzel piaci pozíciójukat, vagy áttörést jelentenek és versenyképesé válnak az újak? Az ezekre a kérdésekre adható lehetséges válaszokat két eltérő, de koherens rendszerbe foglalják a „Hagyományos dinamizmus” (Dynamic as usual), valamint a „Jövő szelleme” (The spirit of the coming age) címmel ellátott forgatókönyvek.

HAGYOMÁNYOS DINAMIZMUS

Ebben a jövőképben a változások egyik hajtóereje a fejlődő országok, mint Kína, ahol a piaci liberalizáció és az információs technológia lehetővé teszi a tudás és a technológia gyorsabb beáramlását, így a gazdaság fokozott növekedése hatalmas energiaigényeket generál. Ezzel ellentétben az OECD fejlett országaiiban csak kis mennyiségű plusz energiára van szükség a gazdaság növekedési szintjének fenntartásához. A magas életszínvonalon élő, öregedő társadalmak egyre nagyobb figyelmet fordítanak környezetvédelmi kérdésekre, várhatóan egyre szigorúbb szabványokat hoznak létre a környezet épségének megőrzésére. A vállalatok számára versenyelőnyt

fog jelenteni, ha képesek tiszta, alacsony károsanyag-kibocsátással működő erőforrásokat piacra vinni, és a jóléti társadalmak, ahol a háztartás költségvetésének csupán kis részét képezi az energiaellátás, hajlandóak pénzt áldozni a magasabb színvonalú energiaszolgáltatásokért.

A változó igények a belső égésű motorok fejlődésének mozgatórugói lesznek, 5–10 éven belül az átlagos üzemanyag-fogyasztás a harmadára fog csökkenni. Ebben a versenykörnyezetben az üzemanyagcellás járművek térnyerése lassú, a fogyasztók nem támasztanak komoly igényeket, valamint az üzem-

„A magas életszínvonalon élő, öregedő társadalmak egyre nagyobb figyelmet fordítanak környezetvédelmi kérdésekre, várhatóan egyre szigorúbb szabványokat hoznak létre a környezet épségének megőrzésére.”

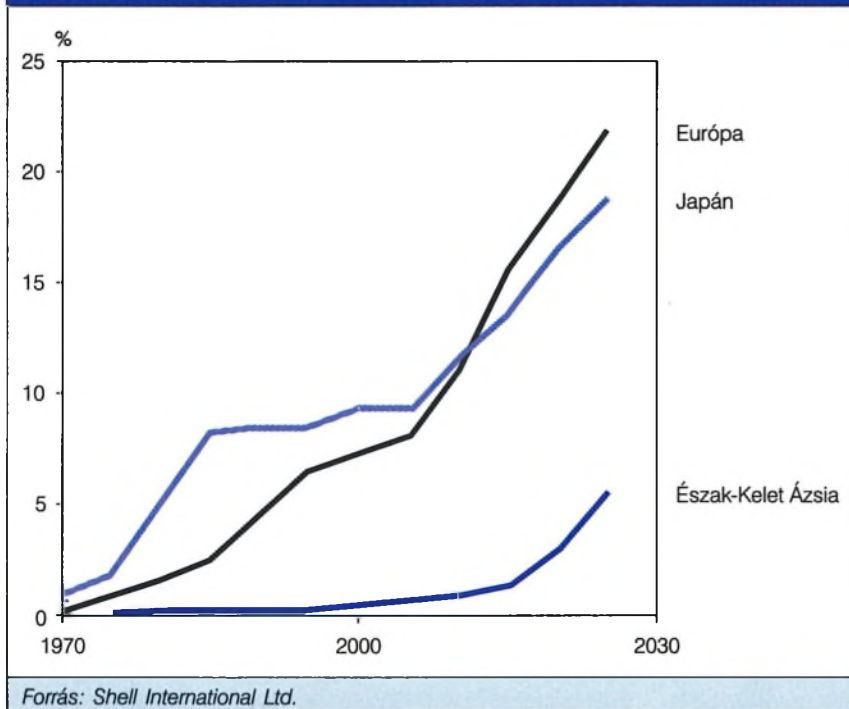
anyag-beszerezés is akadályokba ütközik, így a fejlesztésre sem fordítanak jelentős forrásokat. A hatékonyabb motorok ugyan csökkentik az olaj iránti keresletet, ami az árakat alacsonyan fogja tartani, azonban a fejlődő országok megnövekedett igénye a fűtőanyagra és a mobilitásra újabb jelentős felvevőpiacot teremt, így az olaj forgalma a következő 25 évben lassan, de fokozatosan emelkedik.

Az erőművek legfontosabb alapanyaga a földgáz lesz, mindenhol, ahol elérhető. 2015-re az energia-kibocsátás növekményének háromnegyede a gázüzemű erőműveknek köszönhető. Ennek oka a CCGT (combined-cycle gas turbines) technológia nagy hatékonysága, alacsony költségei és alacsony emissziója. 2010-ig az USA 40 évnél régebbi széntüzelésű erőműveit nagyrészt gázüzeműre cserélik. A nukleáris erőművek a szigorú szabványokkal nem képesek versenyt tartani, az OECD országaiban lassan csökkenni kezd az erőművek száma. Kína a szén növekvő költségei miatt hamarosan földgáz importálásába kezd, a földgáz-vezetékek rendszerében a növekvő igény jelentős fejlődést indukál világszerte. 2010-re az olajat kiszorítva a földgáz válik a legfontosabb elsődleges energiaforrássá. (4. ábra)

A szigorú szabványok új lehetőségeket teremtenek a megújuló erőforrások piacán. A szél és a nap kihasználásának költséghatékonysága folyamatosan javul, 2020-ra a fejlett országokban a piac mintegy ötödét uralja a „zöld energia”, világszinten csaknem

4. ábra

A gáz-import a teljes energiafogyasztás egyre növekvő hányadát fedezi



10 százalék a részesedése. A fejlődés itt azonban megáll. A technológia, amely eddig lehetővé tette a megújuló energiaforrások felhasználásának fejlődését, elért egy olyan mérethatárt, ahol a további fejlesztés jelentős költségnövekedéssel járna. Azok a közösségek, amelyek támogatták néhány szélerőmű felállítását, elutasítják, hogy több ezer működjön közvetlen környezetükben, így egyre távolabbi helyszínekre szorul az energia-termelés. Továbbra is a fejlődés útjában állnak az így előállított elektromos áram tárolásának nehézségei, valamint az OECD országokban a kereslet stagnálása. 2010-től a fejlődő országokban, különösen Indiában és Kínában a szélerőművek száma megnő, bár itt hagyományos energiaforrásokon túl a vízi és a nukleáris energia is a piac fontos szereplője.

VÁLTOZÁSOK 2025-TŐL

A kormányzatoknak komoly dilemmával kell szembenézniük, ugyanis mostanság még igen nehéz

lenne megjósolni, hogy milyen energiaforrás lesz meghatározó a jövőben. Az energiaellátás rendszere olyan összetett, hogy egyik erőforrásról és a hozzá kapcsolódó technológiáról sem lehet biztosan elmondani, hogy uralni fogja a piacot. 2040-től azonban az olaj szűkössé válása változásokat hoz majd. A biotechnológia fejlődésének köszönhetően viszonylag zökkenőmentes átmenet várható, amikor az olajszármazékok helyét a folyékony bio-üzemanyag fogja átvenni a közlekedés legfontosabb energiaforrásaként. A korábban erőműveket ellátó bio-üzemanyag termelés fokozatosan áttér a közlekedés igényeinek kielégítésére. A 2025-ben a jelenleg stagnáló napenergia-felhasználás elsősorban a technológiai haladásnak köszönhetően újból fejlődésnek indul, így 2050-re a megújuló energiaforrások szol-

gáltatják a világ energiatermelésének harmadát, növekedés pedig szinte kizárólag ebben a szektorban várható.

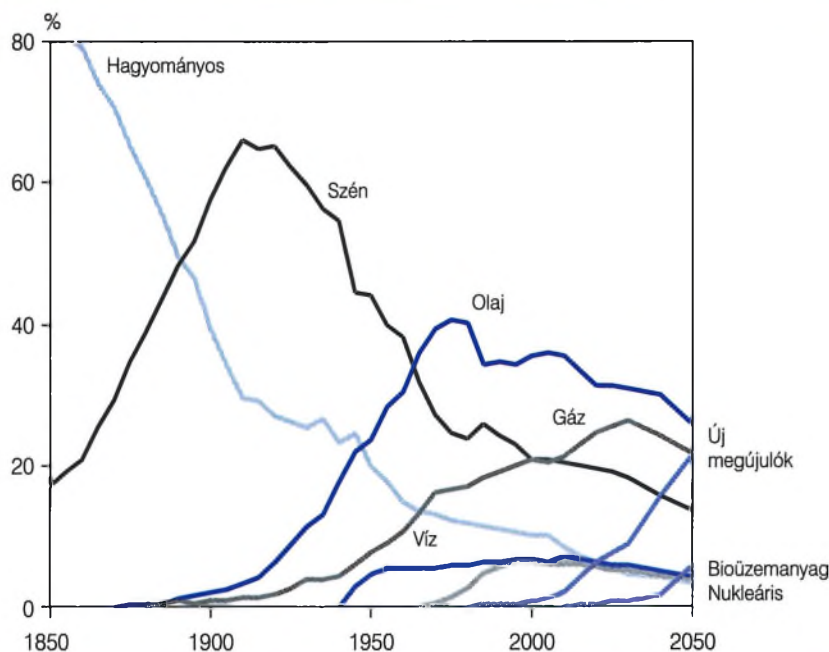
A „Hagyományos dinamizmus” történetében tehát a változások hajtóereje a szűkösség, a társadalmi elvárások elmozdulása a fokozott környezetvédelem

„A 2025-ben a jelenleg stagnáló napenergia-felhasználás elsősorban a technológiai haladásnak köszönhetően újból fejlődésnek indul, így 2050-re a megújuló energiaforrások szolgáltatják a világ energiatermelésének harmadát, növekedés pedig szinte kizárólag ebben a szektorban várható.”

felé, valamint a meglévő és új energiaforrások közt kialakuló piaci versenyhelyzet. A fejlődés útjai elkerülték a jelentős ugrásokat, ehelyett a folyamatos evolúció jellemzi a változások ütemét. A következő fejezetben arról a lehetőségéről lesz szó, amikor az új erőforrás, nevezetesen a üzemanyagcellás technológia mégis forradalmi változásokat idéz elő a gazdaságban. (5. ábra)

5. ábra

Az energiaforrások felhasználásának átalakulása



Forrás: Shell International Ltd.

A JÖVŐ SZELLEME

A huszadik század elején egy új típusú erőforrás és a hozzá tartozó üzemanyag átalakította a közlekedést és ezen keresztül az egész gazdaság működését. A forradalom kezdetén az üzemanyagot háztartási boltokban, kannákban árulták, önálló értékesítése nem volt. A kereslet változása később megteremtette az üzemanyag-kereskedelemet és terjesztést globális útvonalait és iparágát. Ma úgy véljük, hogy a mobilitás, amelyet a belső égésű motor megteremtett, kulcsfontosságú szabadságunk és kényelemünk, valamint a gazdaság egésze szempontjából.

Az autóipar tisztában van azal, hogy az üzemanyagcellás motor megfelel a mai kor követelményeinek. Mérete, teljesítménye, költségei, valamint gyakorlatilag károsanyag-kibocsátás nélküli működése alkalmassá teszik arra, hogy a közlekedés erőforrásává váljon, kiszorítva a belső égésű motort jelenlegi helyéről. Számos autógyártó, többek közt a Daimler-Chrysler és a Honda már készí-

tett, és – szűk körben ugyan, de – forgalmaz is üzemanyagcellás meghajtású járműveket. A technológia, bármilyen meglepő, 1839 óta létezik, feltalálója akkor a gőzgéppel szándékozott versenyre kelni, kevés sikerrel. Az 1980-as évek óta fokozott figyelmet és ráfordítást kap az új erőforrás fejlesztése. Az autóipar mellett hordozható elektronikai eszközök áramforrásaként is alkalmazható az üzemanyagcella, az NEC két éven belül, a Toshiba 2004-ben tervezi piacra dobni első üzemanyagcellás notebookját. A legnagyobb akadály az üzemanyag terjesztési hálózatának kiépítése. A metanollal és a hidrogénnel való kereskedelem egyelőre nem áll érdekében az üzemanyag-forgalmazó nagyvállalatoknak. A belsőégésű motor elterjedésének kezdetéhez hasonlóan meg fog jelenni az

üzemanyagcellás motorok kannás kiszerelésű üzemanyaga. A metanol-kereskedelem kezdeményezői az autógyártók lesznek, akik így képesek önálló, az üzemanyag-forgalmazóktól független utat teremteni a technológia terjedésének. Ebből természetesen a korábban említett notebookok és új mobiltelefonok gyártói is profitálni fognak, ami tovább serkenti a fejlődést. Hamarosan a super-

„Az autóipar tisztában van azzal, hogy az üzemanyagcellás motor megfelel a mai kor követelményeinek. Mérete, teljesítménye, költségei, valamint gyakorlatilag károsanyag-kibocsátás nélküli működése alkalmassá teszik arra, hogy a közlekedés erőforrásává váljon, kiszorítva a belső égésű motort jelenlegi helyéről.”

marketekben vagy akár automatákból is be lehet majd szerezni az új üzemanyagot. Különösen kedvező lehetőséget teremt ez azokban az országokban, ahol jelenleg nincsen fejlett üzemanyag-terjesztési infrastruktúra. Sőt, az üzemanyagcellás autó a lakóház erőforrásaként is szolgálhat, az

áramfejlesztés melléktermékeként keletkező hő pedig szintén hasznosítható.

2025-re az OECD országaiban a gépjárművek negyede üzemanyagcellás kivitelű, az új értékesítésű autók fele, globálisan pedig negyede hordozza ezt a technológiát. A gázkitermelés (amely az üzemanyag alapjául szolgál) mintegy 5 százalékos bővítése fedezi az üzemanyag-keresletet. Kína ezidőtájt szembe-sül azzal, hogy hatalmas és növekvő méretű gépjárműparkja által elfogadhatatlan mértékben függ az

„2025 után az üzemanyagcellás erőforrások felhasználási területei, így a hidrogén iránti kereslet tovább bővül.”

olajimporttól. A világ hidrogénkereslete növekszik, Kína pedig képes lesz az országban található szénforrásait hidrogén előállítására használni, szénexportját így hidrogénexport válthatja fel, energia és közlekedés rendszere fokozatosan áttér a hidrogén használatára.

Az új technológia teremtette lehetőségek így jóval azelőtt az olajkereslet csökkenését okozzák, mielőtt az szűkössé válna. Az olaj ára addig fog csökkenni, hogy néhány fejlődő ország fűtés és energiatermelés céljára kezdi el alkalmazni, azonban ez messze nem kompenzálja a közlekedés átalakulásából fakadó keresletcsökkenést. A megújuló energiaforrások kiaknázása folyamatos, de kevésbé látványos fejlődést mutat 2025-ig, ugyanis számos alkalmazási területen, ahol például a napenergia felhasználása eddig jó választás volt, az üzemanyagcella jobb megoldást fog nyújtani. A század elején a kormányzatok támogatják a megújuló energiaforrások felhasználását, de az árversenyben alulmaradnak a hagyományos forrásokkal szemben, különösen az európai piacokon, ahol az energiakeresletet kielégíti az erőművek kapacitása.

ÚJ INFRASTRUKTÚRA

2025 után az üzemanyagcellás erőforrások felhasználási területei, így a hidrogén iránti kereslet tovább bővül. A hidrogén előállítása olajból, kőszénből és gázból, szénelvonás útján történik. A 2025-ben így

előállított 0,3 milliárd tonna szén 2050-re 2,3 milliárd tonnára nő, azonban ezután nem sokkal megáll a kibocsátás fokozódása. 2030 táján a kereslet indokoltá teszi, hogy új módszerekkel állítsanak elő hidrogént, erre a célra nukleáris erőműveket és megújuló energiaforrásokat fognak munkába állítani, így ez utóbbi gyors fejlődésnek indulhat. A hidrogént a gázvezetékek szállítják, amíg a kereslet önálló hidrogén-hálózat kiépítését nem indokolja, ami egyúttal a hidrogén-infrastruktúra évtizedekig tartó fejlődésének kezdetét jelenti.

KÖVETKEZTETÉSEK

A két forgatókönyv eltérő utakat tár fel egy fenntartható energiarendszer kialakulása felé. A két út

2050 után találkozhat, mindkettő elvezethet a hidrogén, mint preferált energiahordozó használatához. Egy olyan energiagazdaság, amelyben a fosszilis tüzelőanyagok egyre jelentéktelenebb szerepet játszanak, egyelőre elég távol van. Még ha több mint félszázadra tekintünk is előre, a fosszilis tüzelőanyagok energiaforrásként továbbra is meghatározó szerepet játszanak majd, a teljes áttérés megújuló energiaforrásokra ezen az időtávon nem valószínű, ezért a fosszilis korszak meghosszabbításának lehetőségeit

„A két forgatókönyv eltérő utakat tár fel egy fenntartható energiarendszer kialakulása felé. A két út 2050 után találkozhat, mindkettő elvezethet a hidrogén, mint preferált energiahordozó használatához.”

keressük. Ennek megfelelően egyre fontosabbá válik a földgáz, ami mindkét forgatókönyv szerint kulcs szerepet játszik az elkövetkező húsz évben. Az olajpiac működését jelentősen át fogja formálni a közlekedésben használt új energiaforrások elterjedése. A változások a jelenlegihez képest decentralizált és sokrétű energiagazdaság kialakulásához vezetnek. A forgatókönyvekben vázolt átállás az egyik véges fosszilis energiahordozóról a másikra azonban csupán átmeneti megoldást jelent a fenntartható energiaellátás felé vezető úton.

A szerző a *Próbakő Kommunikáció* munkatársa