

ReCoMend 2009
Technológiai összefoglaló
I. munkaszakasz
2009. augusztus 28.

Technológiai összehasonlítás Alprojekt: Publikus dokumentum	Technológiai összefoglaló I. munkaszakasz, publikus_recomend_2009
Készítette: Kriston Ákos (Projekt menedzser)	Ellenőrizte: Szabó Tamás 1. oldal

Verzió	Fájlnév	Változás	Létrehozta	
1.0	Technológiai trendek_v0	Alapdokumentum, véleményezésre vár	Kriston Ákos	MI
1.01	Technológiai trendek_v1	Formázás, kiegészítés, dátumok javítása	Szabó Tamás	MI
1.02	Technológiai trendek_v1_1	Kiegészítések	Wieszt Dávid	STS
1.1	Publikus_recomend_2009	Elfogadott dokumentum	Kriston Ákos	MI

Technológiai összefoglaló

A tüzelőanyag-cellák, azon belül is a hidrogén alapú protoncsere-membrános rendszerek számos területen kínálnak már üzletileg megtérülő megoldásokat. Ilyen esetek:

- Szünetmentes és kiegészítő áramforrások
- Járműipari alkalmazások: targoncák, hibrid járművek
- Kogenerációs erőművek

A megújuló energiaforrások (nap, szél) alkalmazása és az energiabiztonságra való törekvés a nagy elosztóhálózatok helyett a decentralizált energia rendszerek kiépülésének fog kedvezni¹. London energiaigényének 25 százalékát 2025-re decentralizáltan tervezik kielégíteni². Várhatóan így számottevő piaca lesz olyan nagy energiatároló-kapacitású rendszereknek, amelyek a feleslegben lévő elektromos és hőenergiát képesek valamilyen formában eltárolni, és azokat, energiahiány idején vagy csúcsidőszakban visszaalakítani. A hidrogén nagy energiasűrűsége, nulla káros anyag kibocsátása miatt kifejezetten alkalmas erre a célra. A szakirodalomban az elektromos energia hidrogén formában történő tárolására három lehetséges módszert lehet találni:

1. Elektromos energia tárolása elektrolízis során hidrogénben, majd a visszaalakítás hagyományos hőerőgépekkel (bojler, belső égésű motor, turbina)

¹ London Polgármesterének állásfoglalása:

<http://www.london.gov.uk/mayor/environment/energy/decentralised/why-impt.jsp>

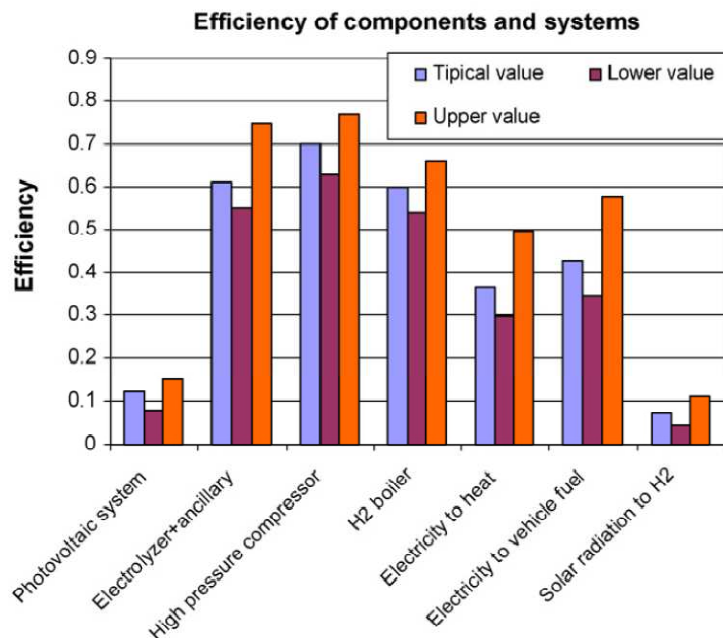
² Cutting the Capital's Carbon Footprint - Delivering Decentralised Energy: Summary Report, 2008

Technológiai összehasonlítás Alprojekt: Publikus dokumentum	Technológiai összefoglaló I. munkaszakasz, publikus_recomend_2009
Készítette: Kriston Ákos (Projekt menedzser)	Ellenőrizte: Szabó Tamás 2. oldal

2. Regeneratív tüzelőanyag-cella, egy elektrolizáló és egy tüzelőanyag-cella alkalmazása (RFC)
3. Egyesített regeneratív tüzelőanyag-cella, ahol a tüzelőanyag-cella és elektrolizáló egy egységbe (egy katalizátor rétegbe) került kiépítésre. (Unitised Regenerative Fuel Cell- URFC) Ebbe a kategóriába tartoznak a fém-levegő elemek is.

1. típus:

Degiorgis³ és munkatársai kialakítottak Olaszországban Valle d'Aosta falu mellett egy közepes kapacitású tesztállomás tervét, ahol részben meglévő mérésekkel számolták ki a gazdaságosság különböző aspektusait. A hidrogént megújuló energiából vízerőmű és fotovoltaikus cellákkal állították elő elektrolízis segítségével. Az energiát nagynyomású hidrogén formájában tárolták, amelyet részben egy belsőégésű hidrogénüzemű motorral szerelt járműben, részben pedig háztartás fűtésére használták fel.



1. ábra A Valle d'Aost-nál alkalmazott komponensek hatékonysága

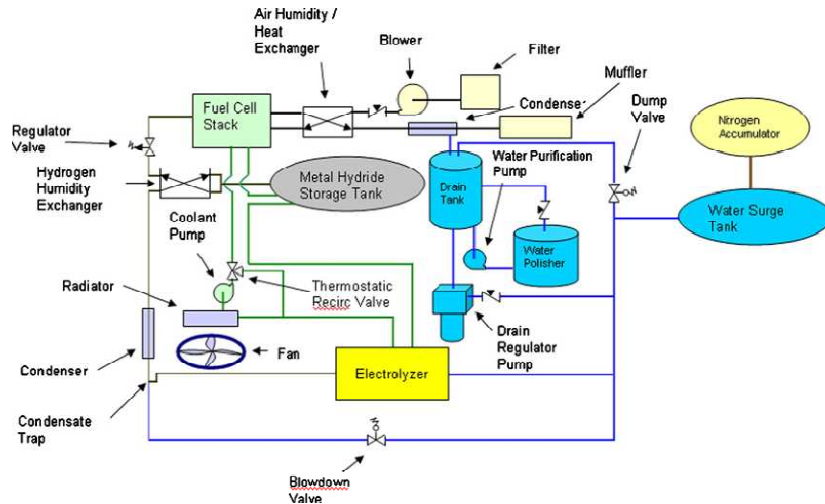
A projektben számolt elsődleges pénzügyi mutatók nem voltak pozitívak, az alacsony hatékonyság és a több eszköz használatának magas beruházási költsége miatt.

³ L. Degiorgis, M. Santarelli, M. Cali: Hydrogen from renewable energy: A pilot plant for thermal production and mobility Journal of Power Sources, Volume 171, Issue 1, 19 September 2007, Pages 237-246

Technológiai összehasonlítás Alprojekt: Publikus dokumentum	Technológiai összefoglaló I. munkaszakasz, publikus_recomend_2009
Készítette: Kriston Ákos (Projekt menedzser)	Ellenőrizte: Szabó Tamás 3. oldal

2. típus

A hatásfokot tüzelőanyag-cella alkalmazásával lehet növelni, azonban ez tovább drágítja a rendszert és még a megnövekedett hatékonyság sem elegendő a gazdaságos üzemeltetéshez. Brown⁴ és munkatársai kifejlesztettek egy mobil egységet, amely 5 kW elektromos energiát tud szolgáltatni, és tartalmaz egy 10.000 liter hidrogén eltárolására alkalmas metal-hydrid palackot (3.3 óra üzemidő).



2. ábra Mobil regeneratív tüzelőanyag-cella

Az így kialakított rendszer elektromos konverziós hatásfoka 30% volt, de az energia és teljesítménysűrűsége is rosszabb, mint egy ólomakkumulátoros megoldásnak (bár ez egy prototípus volt). A rendszert kereskedelmi forgalomban kapható elektrolizálóból és tüzelőanyag-cellából építették fel, amelyeknek a töltési nyomása maximálisan 6 bar volt, emiatt nem lehetett elegendően nagy energiasűrűséget elérni.

Egy nagyobb nyomású regeneratív tüzelőanyag-elemet a NASA nagymagasságú robotrepülőgép programjában egyedileg fejlesztettek és sikeresen alkalmaztak. Bents⁵ és munkatársai megépítettek egy 28 bar-on üzemelő rendszert.

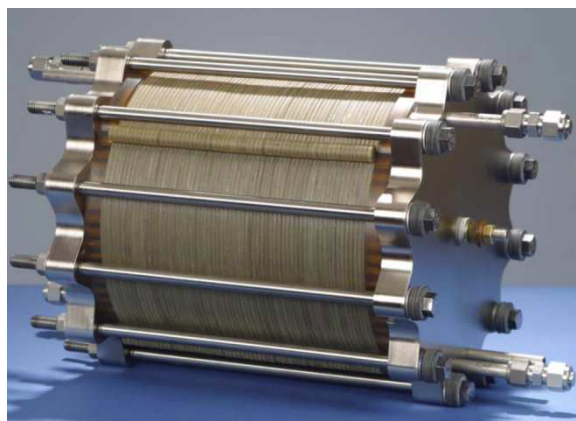
⁴ Tim M. Brown, Jacob Brouwer, G. Scott Samuelsen, Franklin H. Holcomb, Joel King: Dynamic first principles model of a complete reversible fuel cell system, Journal of Power Sources 182 (2008) 240–253

⁵ David J. Bents, Vincent J. Scullin, Bei-Jiann Chang, Donald W. Johnson, and Christopher P. Garcia: Hydrogen-Oxygen PEM Regenerative Fuel Cell Energy Storage System, <http://qltrs.grc.nasa.gov/>

Technológiai összehasonlítás Alprojekt: Publikus dokumentum	Technológiai összefoglaló I. munkaszakasz, publikus_recomend_2009
Készítette: Kriston Ákos (Projekt menedzser)	Ellenőrizte: Szabó Tamás 4. oldal



Tüzelőanyag-cella



Elektrolizáló

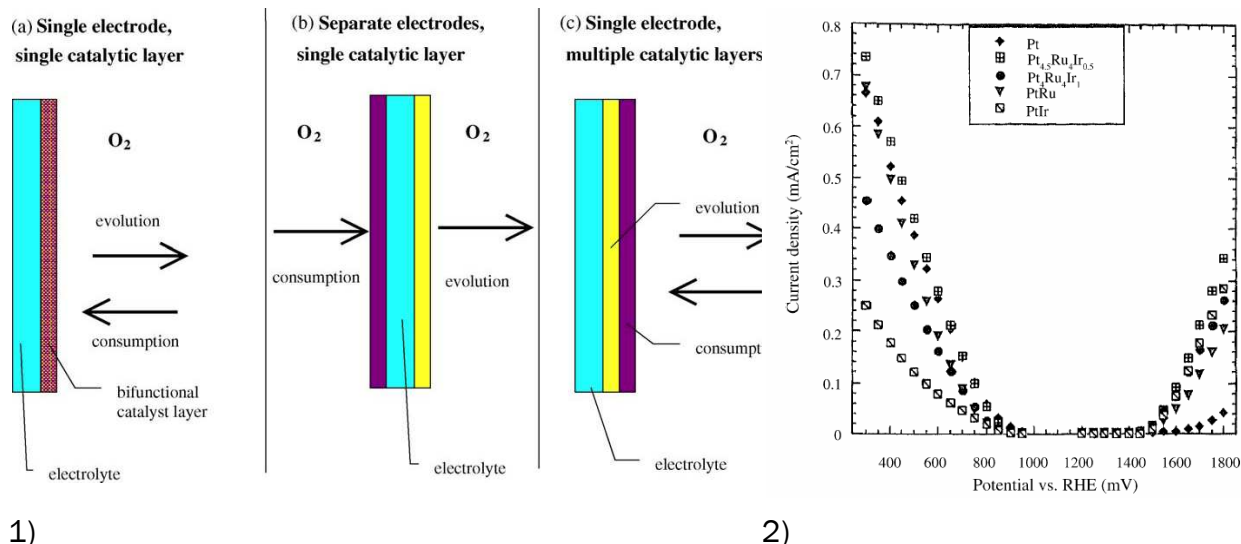
3. ábra NASA regeneratív tüzelőanyag-cella stack-ek

Az általuk elért energia sűrűség 600Wh/kg (kétszerese egy Li akkumulátorénak), az energia konverziós hatásfoka pedig 52%-nak adódott. A 3. ábra alapján látható, hogy a két stack felépítése gyakorlatilag megegyezik, a különbségek a méretükben és a működési körülményeikben vannak. Természetesen egy akkumulátor 80%-os konverziós hatásfokánál rosszabb egy RFC hatásfoka, az RFC rendszerek azonban sokkal jobban skálázhatóak, ezért nagy energiamennyiségeket is lehet velük tárolni.

3 típus:

Egyesített regeneratív tüzelőanyag-cella rendszerek kereskedelmi forgalomban még nem kaphatók, nagyüzemben nem gyártják őket, azonban laboratóriumi körülmények között már teszteltek hasonló eszközöket. Leginkább azonban a fém-levegő akkumulátorok fejlesztési tapasztalatait lehet felhasználni. URFC alkalmazásával az előző két energiaátalakítási mód kedvezőtlen tulajdonságai kiküszöbölhetőek, ugyanis fele annyi eszköz, és nagyobb energiakonverziós hatékonysággal lehet megvalósítani az energia tárolását.

Technológiai összehasonlítás Alprojekt: Publikus dokumentum	Technológiai összefoglaló I. munkaszakasz, publikus_recomend_2009
Készítette: Kriston Ákos (Projekt menedzser)	Ellenőrizte: Szabó Tamás 5. oldal



4. ábra a) Többfunkciós elektródok és b) katalizátorok⁶

Megvizsgáltuk az elektródok lehetséges felépítéseit. A szakirodalmi adatok alapján a legjobb teljesítményt az 4. ábra/1 (b) típusú elektródja esetén várnánk, ugyanis ebben az esetben lehet a legjobban testre szabni az oxigén redukciójához szükséges hidrofób és az oxigén fejlődéséhez szükséges hidrofil rétegeket illetve a hozzájuk tartozó katalizátorok tulajdonságait. A 4. ábra/2 részén jól látható, hogy az oxigénredukcióra a legjobb a platina (Pt), míg oxigénfejlődéshez az iridium (Ir) (Ir tartalmú katalizátorok).

Az irodalom és a technológia áttekintése során a projekt céljainak az eléréséhez egyértelműen az URFC, azaz az egyesített regeneratív tüzelőanyag-cella bizonyult a legjobb megoldásnak és egyben megvalósíthatónak is. A laboratóriumi kísérletek igazolták a technológia életképességét. A piackutatás során bebizonyosodott, hogy a technológia abszolút újdonságnak számít, ugyanis még nem jelent meg kereskedelmi termék a piacon. A projekt céljainak megvalósításával a világon elsőként tudunk a piacra lépni ilyen rendszerrel.

A hidrogén szerepe a közlekedésben

Az elektromos járművekben az energia tárolására jelenleg 3 fő megközelítés létezik:

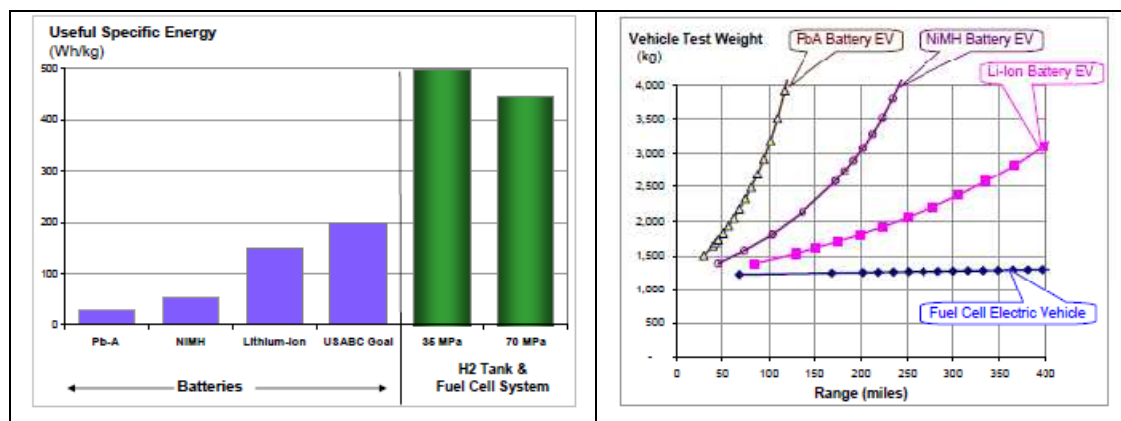
- Hibrid meghajtás, ahol az energiát egy belső égésű motor biztosítja (az energiaforrás alapján lehet bioethanol, biodízel, vagy fosszilis üzemanyag)

⁶ Ludwig J. Jorissen: Bifunctional oxygen/air electrodes, Journal of Power Sources 155 (2006) 23–32

Technológiai összehasonlítás Alprojekt: Publikus dokumentum	Technológiai összefoglaló I. munkaszakasz, publikus_recomend_2009
Készítette: Kriston Ákos (Projekt menedzser)	Ellenőrizte: Szabó Tamás 6. oldal

- Akkumulátoros energiatárolás
- Tüzelőanyag-cella alkalmazása, ahol az energiát leginkább hidrogén formájában tárolják és egy katalitikus membrán-mikroreaktoron keresztül forgóalkatrész nélkül alakítják elektromos energiává

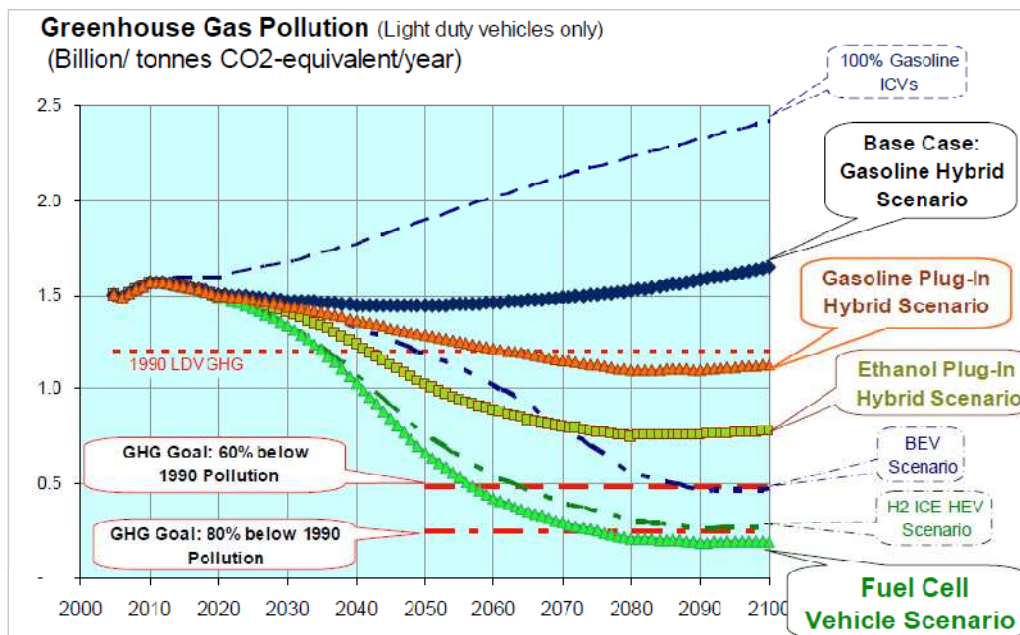
Zéró károsanyag-kibocsátása, csak az utóbbi két megoldásnak van, ezért csak ezeket hasonlítjuk össze. Az Amerikai Hidrogén Társasági és független szervezetek (National Research Councilii) elemzése alapján a tüzelőanyag-cellák energiasűrűsége többszöröse is lehet a hagyományos akkumulátoroknak.



Emiatt a járművek teljes tömege a hatótávolság függvényében jóval kedvezőbben alakul. Egy belső-égésű motorral ellátott gépkocsival összemérhető távolságot megtenni képes jármű jól láthatóan csakis tüzelőanyag-cellákkal kivitelezhető.

Mivel kisebb tömeget kell mozgatni, ezért az áramtermeléshez használt energia mennyisége is jóval kisebb, emiatt globálisan kedvezőbben alakul a széndioxid kibocsátás is (lokálisan pedig nulla).

Technológiai összehasonlítás Alprojekt: Publikus dokumentum	Technológiai összefoglaló I. munkaszakasz, publikus_recomend_2009
Készítette: Kriston Ákos (Projekt menedzser)	Ellenőrizte: Szabó Tamás 7. oldal



A hidrogén üzemű járművek fő előnye a gyors újratölthetőségben rejlik, amely egy szolgáltatásra épülő üzleti tervben kritikus, ahol a kihasználtság növelése jelenti az üzleti terv megtérülését. Saját tulajdonú járművekben ez kevésbé kritikus, azonban saját tulajdonú járművekkel a városi közlekedés nem lehet fenntartható.

Hatótáv (érföld)	Energia szükséglet (kWh)	Akkumulátor teljesítményen (1.92 kW)	töltési ideje (óra)	ideje (60 kW)	különböző (150 kW)	FC töltési ideje H ₂ -vel (óra) (350 bar)
150	61	31.8	7.9	1.0	0.4	0.05
200	87	45.3	11.33	1.5	0.58	0.07
300	156	81.3	20.31	2.6	1.04	0.10

Összefoglalva

A személyutók által okozott üvegházható gázok 80%-os csökkentéséhez, az olajfüggőség csökkentéséhez és a helyi levegőszennyezés megszüntetéséhez akkumulátorok és tüzelőanyag-cellák alkalmazása szükséges. A tüzelőanyag-cellák ugyanakkor meghaladják a Li-ion és egyéb nagykapacitású rendszerek képességeit az alábbiakban:

- Kisebb a tömegük
- Kevesebb helyet foglalnak el

Technológiai összehasonlítás Alprojekt: Publikus dokumentum	Technológiai összefoglaló I. munkaszakasz, publikus_recomend_2009
Készítette: Kriston Ákos (Projekt menedzser)	Ellenőrizte: Szabó Tamás 8. oldal

- Kisebb üvegházhatású gázkibocsátást eredményeznek
- Költséghatékonyabbak (kisebb jármű és üzemeltetési költség)
- Kevesebb well-to-wheels energia szükséges
- Lényegesen gyorsabba újratölthetőek

Ugyanakkor az akkumulátoroknak két területen van előnye:

- Kisebb fajlagos üzemanyagköltség
- Gyorsabb elterjedés kezdetekben az utántöltés jobb kiépítettsége miatt (elektromos hálózat)

A társadalmi hatások esetében, figyelembe véve az összes befektetést és támogatás, a tüzelőanyag-cellás járművek jelentik a legkedvezőbb megoldást. Az Egyesült Államok esetében például

- Tüzelőanyag-cellás járművek használata esetén a társadalmi haszon 660 millió dollár és 84% az üvegházhatású gázok csökkenése
- Akkumulátorok alkalmazása 570 millió dollár társadalmi hasznot és 61% csökkenést eredményez üvegházhatású gázokban
- Etanolos plug-in hibrid járművek alkalmazása 400 millió dollár társadalmi hasznot eredményez 35% kibocsátás csökkentés mellett
- Benzines plug-in hibridek alkalmazása 215 millió dollár és 6% kibocsátás csökkentést eredményez

ⁱ C.E. Thomas: Cost-benefit analyses of alternative light duty transportation option for the 21st century, NHA Conference, 2009

ⁱⁱ Michael P. Ramage, Chair, Committee on the Assessment of Resource Needs for Fuel Cell and Hydrogen Technologies, “Transitions to Alternative Transportation Technologies—A Focus on Hydrogen,” National Research Council of the National Academies, Washington, DC, 2008
http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=12222#toc

Technológiai összehasonlítás Alprojekt: Publikus dokumentum	Technológiai összefoglaló I. munkaszakasz, publikus_recomend_2009
Készítette: Kriston Ákos (Projekt menedzser)	Ellenőrizte: Szabó Tamás 9. oldal