50. LAPSZÁM
14. év | ~800 oldal

H2 - HIDROGÉN HÍRLEVÉL

A Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület hírlevele

Alapítva: 2011-ben

2025/4. – december

Tartalom

A globális hidrogénszektor fejlődésének aktuális tendenciái …..1
Ausztria felülvizsgált H_2-stratégiája és a SoutH2 korridor ……..….8
BMW új generációs üzemanyag-cellák sorozatgyártása 10
Üzemanyagcellás furgon és kamion: egy lépéssel közelebb 11
Üzemanyagcellás távolsági busz a láthatáron 13
Európa legnagyobb hidrogén-töltőállomása Düsseldorfban ……15
Ki fizeti a felárat a zöld hidrogén alapú műtrágyáért? ……..17
MW léptékű szilárd-oxidos (SOEL) elektrolizálók ……...18
Nyilvános árközlés nagyléptékű elektrolizáló rendszerre ……...20
Low-carbon hidrogén rendelet ...…22
Európai Hidrogénbank '25 aukció ...22
Tagvállalati bemutatkozó ……..…..23

Kiadja:

Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület

H-1023 Budapest
Levél u. 10.
www.hfc-hungary.org
info@hfc-hungary.org

Szerkesztő:
Mayer Zoltán

Felelős kiadó:
Dr. Tompos András

az MHT Egyesület
Hydrogen Europe tagja

Hydrogen Europe

50.

Kerek mérföldkőhöz, az 50. lapszámhoz érkezett Hidrogén Hírlevelünk. Az Egyesület formális megalakulását követően, 2011 decemberében adtuk ki az első számot, ami egyben azt is jelenti, hogy 14 éves lett a H_2 Hírlevél, amelynek összes, eddig megjelent lapszáma szabadon elérhető weboldalunkon: www.hfc-hungary.org/hidrogen-hirlevel/

Kezdetben még csak 8 oldal körüli terjedelem volt, ami fokozatosan növekedett, de az utóbbi években sokszor még a 20-24 oldal is kevésnek bizonyult. Ha átlagosan 16 oldal terjedelemmel számolunk akkor ez azt is jelenti, hogy eddig összesen kb. 800 oldal hidrogénnel és hidrogéntechnológiákkal kapcsolatos szakmai tartalmat alkottunk, osztottunk meg a téma iránt érdeklődő olvasóinkkal a Hírlevélben.

Azon nyilvános anyagaink, közleményeink, amelyek terjedelmi, vagy egyéb okokból nem kerültek be a H_2 Hírlevélbe, weboldalunk „dokumentumok" pontjában érhetők el. Tagjaink számára egy belső hírlevelet is kiadunk, így a teljes publikált szakmai tartalom – az önálló, nagyobb léptékű tanulmányokat nem számítva – közelíti az 1.500 oldalt.

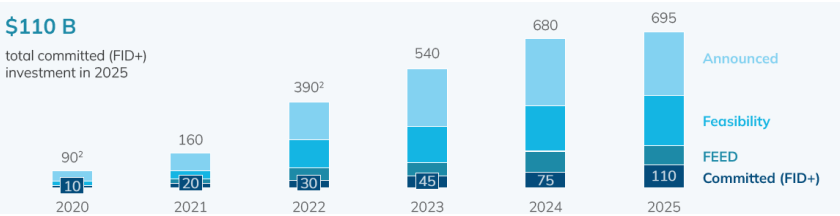
Az elmúlt 14 év nem rövid idő és közben két senior társszerkesztőnket is elvesztettük. Itt emlékezünk Dr. Bogányi Györgyre és Dr. Margitfalvi Józsefre, akik nélkül nem lenne olyan a Hírlevél, mint amilyet olvasóink megismertek. Köszönjük munkájukat. Köszönjük továbbá külsős szerzőink hozzájárulását a szakmai színvonalhoz.

A hidrogénalapú energetika és mobilitás, a kapcsolódó technológiák terén nem könnyű és gyors a siker; sőt, jelenleg egyfajta piaci lassulás van, ami több szerteágazó okra vezethető vissza. Nem hallgatjuk el a negatív híreket, tendenciákat sem; az utóbbi bő egy évben külön cikksorozat foglalkozott ezzel és a továbbfejlődés új útjaival. Attól is óvunk, hogy a „hidrogéninga" a pozitív *hype* állapotból a teljes pesszimizmus szélsőséges állapotába lendüljön át. A jövőben vélhetőleg egy kevésbé meredek, de szerves fejlődési pályára kerül a hidrogénalapú energetika és mobilitás.

Jó olvasást kívánunk a következő 50 lapszámhoz is!

A hidrogénszektor fejlődésének aktuális tendenciái

A Hydrogen Council nemrég megjelent, *Global Hydrogen Compass 2025* tanulmánya alapján tekintjük át a globális hidrogénszektor főbb aktuális fejlődési tendenciáit, irányait. ***Folytatás a 2. oldalon.***



1. ábra: Különböző fejlesztési fázisban lévő hidrogénprojektek teljes beruházási értékének alakulása. Kép: Hydrogen Council.

A globális hidrogénszektor fejlődésének aktuális tendenciái *(folytatás az 1. oldalról)*

A projektportfólió fejlődése

2025 szeptemberi állapot szerint a tiszta hidrogén (*clean hydrogen*) projektekbe irányuló befektetések összege meghaladta a 110 milliárd dollárt, ami összesen 510 projektnek az együttes befektetési értéke. 35 milliárd dollárral több pénz jelent meg ebben a szektorban, mint 2024-ben. A befektetések értéke 2020 óta átlagosan több mint 50%-kal növekszik évről-évre.

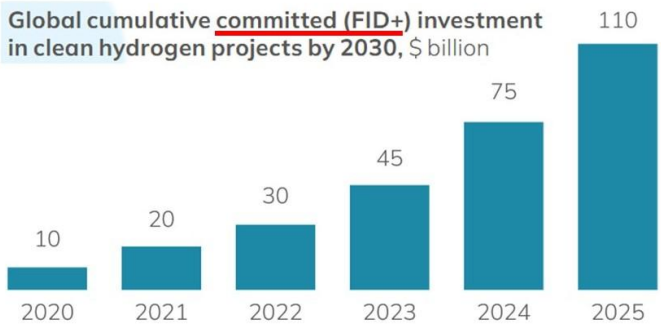
A forrásként szolgáló tanulmány, illetve módszertanának egyik kulcsfogalma az elkötelezett („*committed*") befektetések, valamint az elkötelezett projektek, ami azt jelenti, hogy egy adott hidrogén-projekt már túl van a pozitív irányú végső befektetői döntés (FID, *Final Investment Decision*) fázisán, vagy már építés alatt áll, vagy elkészült, esetleg már működik is. A meghatározás fontos része az is, hogy a 2030-ig üzembe helyezett projektek tartoznak e kategóriába. Másként fogalmazva a FID döntési fázison már túljutott projektek tekinthetők elkötelezettnek. Az egyszerűség kedvéért ezt az állapotot „FID+" rövidítéssel jelöli a tanulmány.

Sokkal tisztább, reálisabb képet ad, ha az elemzések során a teljes hidrogén *project pipeline*-on belül megkülönböztetjük az elkötelezett befektetéseket, és magát a teljes *project pipeline*-t[1,2]. Utóbbi keretében jelenleg világszerte több mint 1.700 tiszta hidrogén projektet jelentettek be a hidrogén-értékláncok különböző szegmenseiben, de ezeknek csak viszonylag kis része jut el az érett (FID+) fázisba. Pontosabban ez manapság – nézőponttól függően – már nem is olyan csekély arány, mivel a kutatás szerint valamennyi bejelentett, a vizsgálat adatbázisában szereplő 1.750 projektből 510 tartozik az elkötelezett beruházás kategóriába jelenleg, ami közel 30%-os arány. Ez másfél-két éve számottevően alacsonyabb volt. Bizakodásra ad okot, hogy csak 2024 májusa óta 83 hidrogénprojekt került be a FID+ kategóriába.

A folyamatban lévő teljes projektportfólió érési folyamatának részeként az elmúlt 18 hónapban legalább 50 projektet nyilvánosan töröltek, amelyek 80%-a korai stádiumban lévő, megújuló (zöld) hidrogén projekt volt. A következő két folyamat már jelenleg is, és várhatóan az előttünk álló években is, egymással párhuzamosan zajlik majd. Ez lényegében a H_2-projektportfólió érési folyamata:

- dinamikus növekedés az elkötelezett projektek esetében; ezek a legerősebb üzleti alapokkal rendelkező projektek
- projektek törlése, felfüggesztése várható a kevésbé életképes projektek esetében.

A FID+ projektek beruházási értéke annak ellenére nőtt nagyot, hogy a globális beruházási környezet jelenleg számos kihívással küzd, különösen a tiszta energiatechnológiák terén. A 2. ábra részletesebb felbontásban azt is mutatja, hogy a teljes projekt pipeline beruházási értéke az utóbbi egy évben (2025/2024) már alig nőtt, mindössze csak 2,2%-ot, amit a hidrogénszkeptikusok előszeretettel ki is emelnek. Azonban ez csak részinformáció, és egyáltalán nem baj, hogy a kevéssé megalapozott projektek bejelentési hulláma már nem olyan jellemző, mint 2-3 éve. Sokkal lényegesebb és kedvezőbb, hogy 2020-óta az elkötelezett projektek beruházási értéke a 10-11-szeresére nőtt, ahogy ez a 2. ábrán látható.



2. ábra: Az elkötelezett (committed) fázisban lévő és 2030-ig megvalósuló hidrogénprojektek beruházási értékének alakulása. Kép: Hydrogen Council.

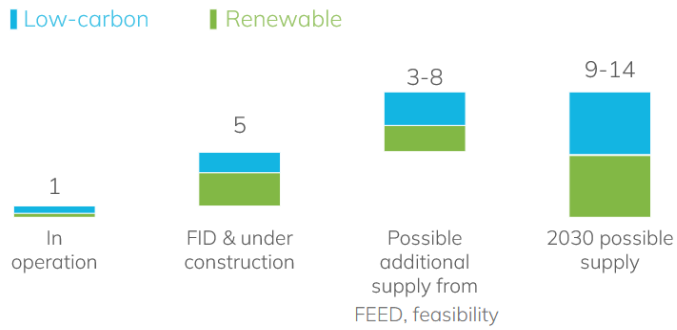
Ezt a trendet a címoldalon látható 1. ábra részletesebben is mutatja. Jól látható, hogy ebben az időintervallumban a kevésbé érett projektek (pl. csak bejelentett, vagy csak megvalósítási tanulmány fázisában lévő projektek) értéke hogyan alakult.

Az elkötelezettnek tekinthető tiszta hidrogén projektek együttes kapacitása 6 Mt/év (millió tonna), amelyből jelenleg 1 Mt/év kapacitás működik világszinten. A következő ábra azt is megmutatja, hogy a 2030-ig betervezett, tiszta hidrogén projekteken belül mennyi a megújuló alapú (zöld) hidrogén projekt, illetve mennyi a low-carbon (kék) H_2.

A 3. ábra kapcsán fontos kiemelni, hogy a tanulmány egy lemorzsolódási arányt is figyelembe vesz, és ezzel együtt várható 2030-ra a kb. 9-14 Mt/év globális termelési kapacitás. A tiszta hidrogén projektek

[1] Teljes *project pipeline* alatt az összes hidrogénprojektet kell érteni, bármilyen fázisban is legyenek. A projektek törlése, vagy felfüggesztése esetében a bejelentések nem feltétlenül történnek meg nyilvánosan.
[2] A Hydrogen Council módszertanában fontos még kiemelni, hogy csak az 1 MW-nál nagyobb projekteket veszi figyelembe.

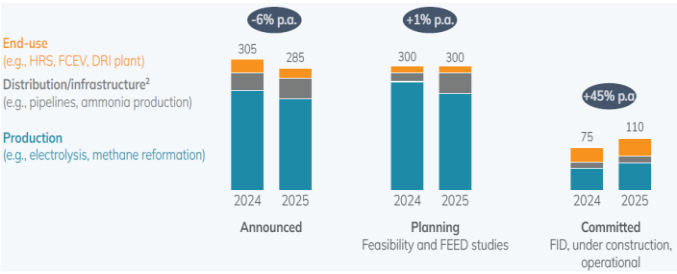
esetében kulcsfontosságú tényező a felvásárlási (*offtake*) megállapodás megléte, ami komoly projektek esetén nem szándéknyilatkozat formájában mutatkozik meg, hanem jogilag kötelező érvényű felvásárlói szerződésként (*binding offtake*). Jelenleg körülbelül 3,6 Mt/év tisztahidrogén-mennyiségre létezik kötelező érvényű átvételi megállapodás globálisan, ami a FID+ projektek összes kapacitásának kb. 60%-át fedi le. Létező és ismert hidrogén-felhasználók, úgy mint ammóniagyártás és olajfinomítás fedik le a már létező *offtaker* megállapodások 70%-át; míg 30%-ot a még csak csíráiban létező, vagy jövőbeni hidrogén-felhasználók adnak, úgy mint energetika, acélgyártás, közúti vagy tengeri közlekedés.



3. ábra: A tiszta hidrogén projektek megoszlása jelleg és fejlesztési fázis szerint (2030-ig üzembe lépők). Kép: Hydrogen Council

Az eredeti tanulmányban, illetve jelen kivonatában dominánsan az elektrolízis alapú és a földgáz (SMR és/vagy ATR) alapú előállítás szerepel, mert a gyakorlatban is ezek a legjellemzőbbek, de legalább pilot szinten egyéb, pl. pirolízis alapú, vagy geológiai hidrogén projektek is szerepelnek a teljes portfólióban.

Informatív az az adat is, hogy egy-egy, elkötelezett fázisú projekt átlagos beruházási értéke 2020-ban 5 millió dollár volt, míg 2025-re az átlagérték kb. 260 millió(!) dollárra nőtt. Ez azt is jelenti, hogy a projektek a kis méretű pilot-okból, valódi ipari méretű projektekké fejlődtek az utóbbi években. Célszerű azt is kiemelni, hogy az elkötelezett projektek esetében az utóbbi év nagy (45%-os) növekményében az előállítást és disztribúciót célzó projektek voltak a meghatározók, míg a végfelhasználói projektek szerényebb mértékben járultak hozzá a növekedéshez.

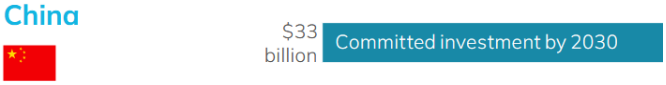


4. ábra: A tiszta hidrogén projektek beruházási értékének változása az értéklánc különböző szegmenseiben. Kép: Hydrogen Council

Hidrogén és hidrogénszármazékok kulcsrégiói

A tanulmány 8 kulcsrégiót azonosít, főként az elkötelezett befektetési érték alapján, valamint a már megépített, illetve tervezett kapacitások alapján:

China



Global leader in electrolysis deployment, supported almost exclusively by domestic market

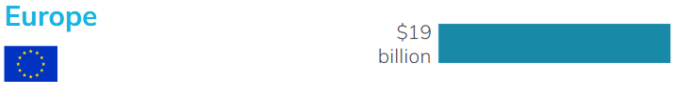
- Kína: valószínűleg nem meglepő, hogy a sort Kína vezeti, ahol 2030-ig 33 milliárd dollárt tesz ki az elkötelezett befektetői szándék. A következő öt évben 19 GW(!) elektrolizáló teljesítmény (1,6 Mt_{H2}/év) megvalósítása várható, ami önmagában 55%-a a globálisan tervezett elektrolizáló kapacitásoknak. A kínai projektek gyakran 4-10-szer nagyobb méretűek, mint az európai vagy amerikai létesítmények, és főként zöld hidrogén előállítására irányulnak, ami a növekvő belföldi ellátást, valamint a fosszilis alapú hidrogénelőállítás diverzifikálását szolgálja.

North America

Global leader in low–carbon production and exports, with limited domestic demand–side policies

- USA, Kanada: 23 milliárd dollár befektetési szándék, amely főként low-carbon („kék") hidrogénre vonatkozik. Körülbelül 2,2 Mt/év low–carbon hidrogénelőállítási kapacitás tekinthető elkötelezettnek az észak-amerikai régióban, amely 85%-a a globális low-carbon hidrogén projekteknek. Ezt főként az észak-amerikai strukturális előnyök ösztönzik: olcsó földgáz, már meglévő CCS létesítmények és infrastruktúra, valamint támogató szakpolitika (jelentős adókedvezmények formájában, amelyről H2 Hírlevelünk 2025/3 lapszámában részletesen írtunk). Az észak-amerikai low-carbon hidrogént és származékait főként export célokra szánják. A zöld hidrogén előállítás részben visszaszorult, az e szempontból megnyírbált amerikai támogatások miatt. Kanada elkötelezett beruházásainak 97%-a low-carbon hidrogénre irányul.

Europe



Policy–backed renewable demand center with emerging regulatory clarity in the European Union

19 milliárd dollár *committed* befektetési szándékkal az EU áll a harmadik helyen, miközben a 2030-ra várható globális hidrogénigény 2/3-át adja. Ekkorra közel 5 Mt/év tisztahidrogén-igény jelentkezhet, ha a meglévő szakpolitikákat (RED-III, CBAM, ETS) megfelelően

hajtják végre. Az EU a rövidtávon jelentkező igényeket kis és közepes méretű belföldi projektekkel igyekszik kielégíteni, de eközben készül a hidrogén, illetve hidrogénszármazékok nettó importőri státuszra. Az utóbbi egy évben az elkötelezett kapacitás duplázódott, ami nem kis részben a fejlődő szakpolitikának köszönhető, de a pontos igények mértéke nagyban függ a szakpolitikák, támogató intézkedések tényleges megvalósításától.

India

$14 billion

Cost leader in renewable ammonia production with emerging export market

- Indiában 14 milliárd dollár a FID+ státuszú befektetés, amely gyakorlatilag teljes egészében zöld hidrogén előállítására irányul. India ezt túnyomó részben zöld ammónia gyártására használja, mivel a „szürke" ammónia terén már jelenleg is erős kapacitásokkal, tudással rendelkezik. Tény, hogy India már napjainkban is az egyik legolcsóbb zöld ammóniát állítja elő. A közelmúltban ezt a *Solar Energy Co. of India* (SECI) aukciója is megerősítette. India várhatóan jelentős zöld ammónia exportőr lesz, akár Európa piacai felé is.

Middle East

$11 billion

Growth through industrial–scale renewable production with a focus on exports

- Közel-Kelet: 11 milliárd dollár elkötelezett befektetés, amelynek kb. 55%-a zöld, 45%-a low-carbon hidrogén előállítására irányul. Az előállítás együttesen 0,5 Mt/év lehet. A hidrogénprojektek fő hajtóerői közé tartozik a bőséges megújulóenergia-kapacitás és a kedvező finanszírozási környezet. Nagyléptékű és erős export-orientációjú projektek jellemzők a régióban. A bőséges és olcsó földgáz rendelkezésre állása a low-carbon hidrogén projekteket ösztönzi.

Japan, Korea

$6 billion

Policy–backed demand for ammonia in power, majority served via imports

- Japán, Dél-Korea: 6 milliárd dollár elkötelezett befektetés van a két kelet-ázsiai országban, de ezen országok a primer energia szűkössége miatt alapvetően importőrök lesznek, ezért a beruházások is elsődlegesen a fogadó, elosztó infrastruktúrába és végfelhasználási területekre áramlanak. 1-1,5 Mt/év, főként low-carbon hidrogénigénnyel számolnak, melynek jelentős része ammónia formájában

HIRDETÉS

https://mfk.uni-miskolc.hu/szakiranyu-tovabbkepzesek?kepzesId=289

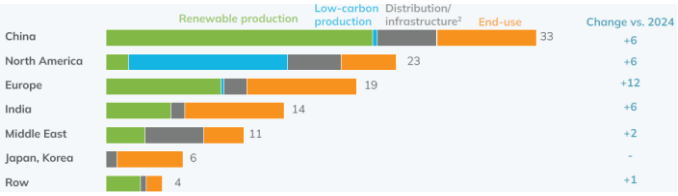
érkezhet az országokba és ezt pl. szénerőművekben történő együttégetésre, azaz energiatermelési célokra használnák.

South America

$2 billion

Ample renewable energy and policy support enable progress towards future export hub

- a régiók közül még Dél-Amerikát érdemes kiemelni, ahol az elkötelezett beruházási volumen viszonylag csekély, 2 mrd dollár, de az ide tervezett projekt pipeline – korai fázisú projektek formájában – imponálóan nagy. E projektek abszolút többsége (kb. 98%) zöld hidrogén előállítására irányul, amit a bőséges megújulóenergia-kapacitások támogatnának. Chile és Brazília ambiciózus, állami szintű, az exportra nagy hangsúlyt helyező kormányzati hidrogénstratégiákkal rendelkezik.



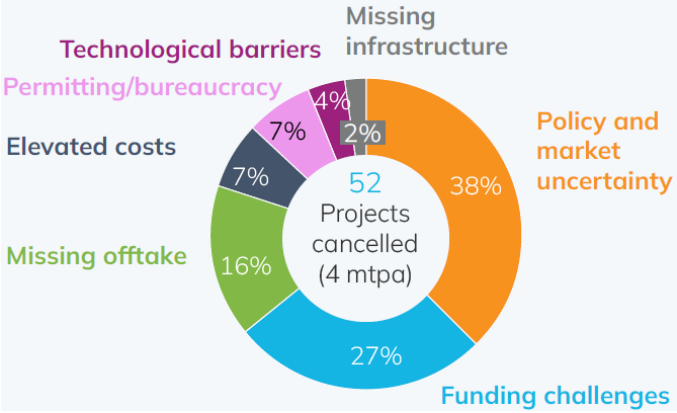
5. ábra: Az elkötelezett státuszú tiszta hidrogén projektek beruházási értéke régiónként és az értéklánc egyes elemei szerint. Kép: HC

Ha a FID+ státuszú projektek darabszámát vizsgáljuk az egyes régiókban, akkor Európa vezet 198 projekttel, de ezek 95%-a 15 kt/év alatti, azaz az európai projektek jellemzően viszonylag kis kapacitásúak. Ezzel szemben Kínában „csak" 94 elkötelezett projekt van, de jellemző, hogy ezek ma már nem ritkán 100 MW+ léptékűek egyenként is. A világ 10 legnagyobb hidrogénprojektjéből 6 Kínában található. Észak-Amerikában is „csak" 94 elkötelezett projekt található, és ezek is általában nagyobb méretűek. Az 5 legnagyobb low-carbon projekt itt található. Az igazán nagy gigaprojektek, mint például a már előrehaladott építési fázisban lévő, szaúdi-arábiai NEOM projekt önmagában 8,4 milliárd(!) dollár értékű, azaz egy-egy ilyen méretű projekt önmagában érdemben befolyásolja egy-egy régió statisztikáját. Ma már más régiókban sem ritkák a több milliárd dolláros hidrogénprojekt-beruházások.

Az első tanulságok a projekt törlések kapcsán

Ahogy a *project pipeline* érik, fejlődik, kezdenek kikristályosodni olyan általános tanulságok, tényezők is, amelyek hozzájárultak projektek törléséhez, vagy felfüggesztéséhez. A következő ábra ilyen tényezőket nevez meg, és százalékos értékben azt is megadja, hogy egy-egy tényező a projektek mekkora hányadában jelentette a visszavonás okát. Jól látható, hogy három kockázati tényező a meghatározó:

- szakpolitikai és piaci bizonytalanságok
- finanszírozási nehézségek
- hiányzó végfelhasználók (*offtaker-ek*)



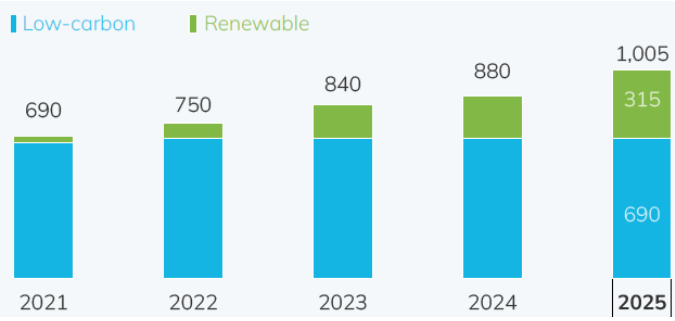
6. ábra: A visszavont projektek (52 db) esetében fellépő akadályozó tényezők megoszlása. Kép: Hydrogen Council

Jóval kisebb, de nem elhanyagolható kockázati tényező még az emelkedő költségek problémája, és az engedélyezési nehézségek. Érdekes, hogy a technológiai korlátok csak 4%-ban jelentek meg. Megemlítendő, hogy e tényezőket az utóbbi másfél évben törölt 52 projekt (∑ 4 Mt_{H2}/év előállítási kapacitás) alapján határozták meg, ugyanakkor több visszavont projekt esetében nem jelent meg nyilvános közlemény, vagyis a meghiúsulás oka(i) is „rejtve" maradtak. Tehát a kockázati tényezők listája, nem tekinthető teljesen reprezentatívnak. A *project pipeline* érése, illetve további projektek törlése még gazdagítani fogja a tapasztalatokat.

Nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy egy-egy jelentősebb elektrolizáló projekthez ma már akár GW (!) léptéket közelítő vagy meghaladó megújulóenegia-kapacitásokat kell megépíteni, ami önmagában is komoly (rész)projekt, és ez szintén hordozhat érdemi kockázatokat. Nem csak a konkrét hidrogéntechnológiát, vagy kapcsolódó technológiáit (pl. ammónia-szintézis, exportterminál, stb.) kell tehát vizsgálni.

Termelési oldal („*supply*")

A tiszta hidrogén előállítási oldal viszonylag jól, és viszonylag jelentős mértékben fejlődik. A releváns statisztika 2021-es indulása óta éves átlagban 40%-kal növekedett, és 2025-re a tiszta hidrogén előállítási kapacitások kicsivel meghaladják az 1,0 Mt/év értéket, amelyen belül kb. 30%-ot képvisel a megújuló alapú, és 70%-ot a low-carbon („kék") hidrogén. Érdemes megfigyelni, hogy kezdetben (2021) ez az arány még 6% vs. 94% volt a low-carbon hidrogén javára, de 2021-től a zöld hidrogén előállítási kapacitások nyolcszorosra növekedtek, és a legutóbbi évben 65% volt a növekedés.



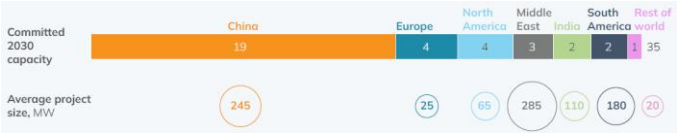
7. ábra: A tiszta hidrogén termelőkapacitások (kt/év) fejlődése és azon belül a megújuló és low-carbon kapacitások aránya. Kép: Hydrogen Council.

Visszautalunk arra, hogy a globális 315 kt/év zöld H_2 kapacitáson belül Kína abszolút dominál a saját 55%-os részesedésével, ezt az EU követi 21%-kal, majd Észak-Amerika áll a harmadik helyen 14%-kal. A helyzet fordított és még aránytalanabb a low-carbon (690 kt) hidrogén megoszlása esetében, ugyanis itt 93%-kal Észak-Amerika áll az első helyen, a második helye-zett Kína már csak 6%-ot képvisel, az EU pedig 1%-kal részesedik a kék H_2 termelőkapacitásokból 2025-ben.

A fent említett, már üzemelő 1,0 Mt/év tiszta hidrogén (*clean hydrogen*) termelőkapacitást is magába foglalja a FID+ termelői beruházások együttes, 6,0 Mt/év kapacitása. A vizsgálati módszertan szerint az elkötelezett beruházási fázisban azok a tiszta hidrogén projektek vannak, amelyeket várhatóan 2030-ig

üzembe helyeznek és már birtokában vannak a FID döntésnek, illetve olyan projektek, amelyek már most is épülnek, netán már jelenleg is üzemelnek.

Ha termelői oldalon kifejezetten az elektrolízis alapú előállításra összpontosítunk, akkor 35 GW kapacitás rendelkezik pozitív FID döntéssel, ami 3,3 Mt/év hidrogénmennyiséget jelent. Ezt a fent említett 6 Mt teljes mennyiségen belül kell érteni. A már működő elektrolizáló-kapacitás kb. 2.7 GW (0,3 Mt/év) globálisan. Külön érdemes kiemelni, hogy az egyes projektek átlagos kapacitásmérete milyen jelentősen növekedett és mennyire eltérő az egyes régiókban. 2024-ben globális átlagban és zöld hidrogénre vetítve még csak 14 MW volt az elektrolizáló-parkok teljesítménye. A mostani projektekben egy-egy beépítendő elektrolizáló-modul 20 MW teljesítményű, az elkötelezett státuszú, közeljövőben megvalósítandó projektek esetében nem ritkák a több száz MW-os projektek, de előfordul már a GW lépték is. Európa átlagosan 25 MW-os projektméreteihez képest Kínában és a Közel-Keleten nagyságrendi a különbség (245-285 MW/projekt).



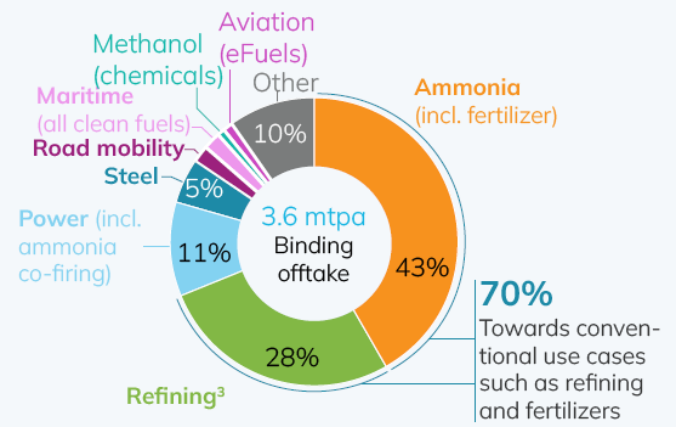
8. ábra: Az elkötelezett státuszú elektrolizáló projektek kapacitása (GW) és az átlagos elektrolizáló projektméret (MW). Kép: HC

A jelenlegi nyilvántartás szerinti *project pipeline* elvileg 48 Mt/év tiszta hidrogén termelői kapacitást jelentene, de a tanulmány különböző korrekciós faktorokat vesz figyelembe, amelyek a korábbi megújulóenergia-technológiák (pl. nap- és szélerőművek) tényleges megvalósulási arányain alapulnak. A projektek késlekedését és lemorzsolódását jelző korrekciós faktor figyelembe vételével a tanulmány 9-14 Mt/év közé teszi a 2030-ra várható, ténylegesen megvalósuló tiszta hidrogén kapacitásokat. Érdekes, hogy a zöld hidrogén projektek esetében sokkal nagyobb, 80% körüli a várt „lemorzsolódási" arány, míg a low-carbon hidrogénprojektek esetében „csak" 50% körüli.

Felhasználási oldal („*demand*")

A fent említett, 6 Mt/$évv_{2030}$ elkötelezett előállítási kapacitáshoz képest jelenleg 3,6 Mt/év hidrogénmennyiségre van jogilag is kötelező érvényű felvásárlási (*offtake*) szerződés. A jogilag kötelező felvásárlási kötelezettséggel le nem fedett mennyiség a kereskedelmi célú hidrogénpiacon és/vagy hidrogén-származékok piacán értékesíthető, illetve nem kötelező érvényű vagy a nyilvánosság számára még nem közzétett felvásárlási szerződések fedhetik le a fennmaradó mennyiséget.

A kötelező érvényű felvásárlási szerződéssel lefedett 3,6 Mt mennyiség jelentős része (70%-a) két jelenleg is nagy felhasználói szektorhoz, a kőolajfinomításhoz és a műtrágya-gyártáshoz kapcsolódik. Ezen belül is a műtrágya-gyártás a jelentősebb (43%).



9. ábra: A tiszta hidrogén offtake végfelhasználói szektorok szerinti megoszlása. Kép: Hydrogen Council

Érdemi felvevő szektor lesz még várhatóan az energetika, amelybe például az ammónia erőművi együttégetése is beletartozik. Japánban erre már komoly kísérleti projektek vannak. Olyan feltörekvő szektorok hidrogén-felvásárlása is várható 2030-ra, mint az acélipar, a tengerhajózási és légiközlekedési üzemanyagok piaca. Várhatóan a közúti közlekedés tiszta hidrogén felhasználása is érzékelhető mértékben megjelenik majd.

Fő sikerfaktorok az eddigi tapasztalatok alapján

A tanulmány az eddigi, első körös hidrogénprojektek tapasztalatai alapján azonosított hat olyan sikerfaktort, amelyek kritikusak a projektfejlesztés, tervezés, a végrehajtás és a projekt ökoszisztéma szempontjából. Bár a sikeres projekteknek nem kell minden egyes dimenzióban kiemelkedően teljesíteniük, de azok a projektek, amelyek nem jeleskednek az alábbi tényezők többségében, valószínűleg nem fognak előrehaladni. A sikerfaktorokat az alábbiakban felsoroljuk. A következő ábra ezek összefüggéseit, kölcsönhatását is szemlélteti:

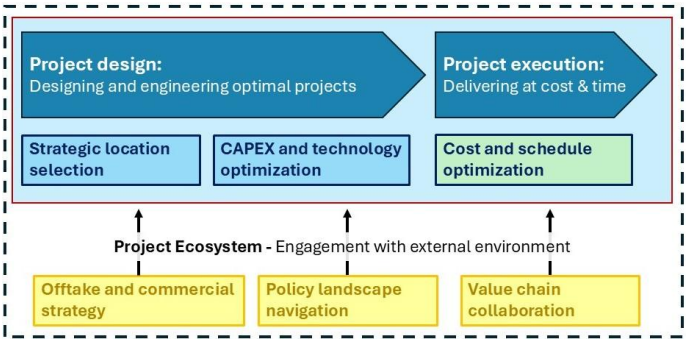
1) Stratégiai helykiválasztás: a projektek gazdaságossága jelentős mértékben függ attól, hogy a létesítményeket az optimális input források (pl. megújuló villamos energia, földgáz), a fizetőképes *offtaker*-ek (pl. hidrogénközpontok, meglévő H_2 végfelhasználók, finomítók) és a meglévő infrastruktúra (pl. szállítóvezetékek, CCS technológiához kapcsolódó széndioxid-tárolók) közelében helyezik-e el. Korlátozott számú optimális helyszín létezik, amelyek biztosítani képesek a megfelelő inputokat, az infrastruktúrát, valamint a kereslethez való közvetlen hozzáférést, ezért a projekt-

fejlesztőknek ezt alaposan mérlegelniük kell

2) CAPEX és technológiai optimalizáció: a különböző megvalósítási alternatívákban létező projekteknek általában a költséggörbe alsó 10%-ában kell tartani a teljes termelési költséget ahhoz, hogy kereskedelmileg életképesek legyenek. A CAPEX és karbantartási költségek minimalizálását célzó egyszerűsített rendszertervezés, a szakaszos projektbővítési stratégia, valamint a projekthelyszín adottságaihoz optimálisan illeszkedő, hatékony technológia-menedzsment minimalizálhatja a kezdeti tőkeráfordítási igényt és csökkentheti a hidrogén LCOH alapú költségét (*Levelised Cost of Hydrogen*). E technológiai optimalizáció egyik fontos példája a kapcsolódó nap- vagy szélerőmű-kapacitások megválasztása az elektrolizáló kapacitásához igazodva.

3) A költségek és a megvalósítás ütemezésének optimalizálása: a sikeres projektmegvalósításhoz a határidők szigorú betartása, a költségtúllépések elkerülése, valamint jól strukturált kereskedelmi szerződések szükségesek. Csak így kezelhető hatékonyan az OPEX. A hidrogénprojektek megvalósítása a tervezéstől számítva háromtól, több mint hat évig is eltarthat a késésektől is függően, miközben a legjobb, legtapasztaltabb fejlesztők akár 10–25%-kal is csökkenthetik az LCOH költséget azáltal, hogy nagyon alaposan mérlegelik a tervezés, a kivitelezés és a későbbi méretnövelés kiindulási peremfeltételeit.

Az eddig felsorolt, első három tényező a projekttervezésre és végrehajtásra vonatkozott. A következő három tényező a külső környezetre, a projekt-ökoszisztémára vonatkozik.



10. ábra: A hidrogénprojektek sikerfaktorai és azok kapcsolódása egymáshoz. Kép: Hydrogen Council és saját szerkesztés

4) Felvásárlási (offtake) és kereskedelmi stratégia: a *captive*[3] jellegű végfelhasználók és/vagy jogilag kötelező érvényű felvásárlói szerződések létrehozása lehetőleg olyan végfelhasználói szektorokban, amelyeket a szakpolitika is preferál, jelentős mértékben segítik a tiszta hidrogén projektekbe történő befektetések kockázatának csökkentését. A kereskedelmi stratégia végrehajtása a downstream H_2-kereslet ütemére és megbízhatóságára vonatkozó ismeretektől, valamint a finomhangolt szerződéses stratégiák kombinációjától függ. Ideális esetben ezek mind az érték, mind a kockázatkezelés szempontjából optimalizáltak. A megalapozott projektek esetében az a jó megoldás, ha a hidrogénelőállítási kapacitás minél nagyobb arányát fedik le jogilag kötelező érvényű felvásárlási szerződések. A vizsgált adatbázis alapján az elkötelezett (FID+) projektek előállítási kapacitását átlagosan 60%-ban fedték le ilyen szerződések.

5) A szakpolitikai környezet alapos ismerete: a kínálati és/vagy keresleti oldali állami támogatások optimalizálása és hatékony kihasználása szinte minden projekt számára kulcsfontosságú (pl. amerikai IRA adókedvezmények, az EU RED III irányelv által generált kereslet, a japán CfD támogatási rendszer, stb). A FID+ szakaszban lévő hidrogénprojektek 97%-a olyan régióban állítja elő a hidrogént, vagy olyan régióban van a végfelhasználója, ahol léteznek és érvényesülnek a kifejezetten hidrogénre vonatkozó szakpolitikák.

6) Értéklánc menti együttműködés: a projektfejlesztés során elengedhetetlen olyan partnerek kiválasztása a hidrogénértéklánc mentén, akik már bizonyították, hogy hatékonyan meg tudnak valósítani ipari léptékű projekteket. A FID+ projektek többsége a teljes értékláncot lefedő, megbízható partnerek együttműködésére épül. A komplexitás csökkentése és a közös motiváció fenntartása érdekében célszerű a projekt-részesedések megosztása a termelők és a felvásárlók között.

A tanulmány a sikerfaktorok leírása után még néhány konkrét projektet is bemutat esettanulmány jelleggel, amelyek megvalósult példákon keresztül mutatják be a sikerfaktorok szerepét, megjelenését egy-egy projekben. Terjedelmi korlátok miatt ezeket már nem részletezzük, csak megemlítjük, hogy az egyik ilyen európai példa a dániai Kassøban található e-metanol üzem.

A kassøi üzem 2025 tavaszán kezdte meg működését és 42.000 t/év e-metanolt gyárt megújuló hidrogén alapon. Ez természetesen még nem óriási kapacitás,

[3] „Captive" jellegű hidrogéntermelésnek, illetve végfelhasználásnak azt tekintjük, ha a hidrogéntermelés egy olyan ipari létesítményen belül történik, ahol a teljes hidrogénmennyiséget (vagy annak meghatározó részét) helyben felhasználják. A nagy hidrogénigényű létesítményeknél ez a jellemző megoldás.

11. ábra: A Kassø e-metanol üzem légifelvételei. Kép: Clariant.

de a létesítmény így is a világ első, valóban kereskedelmi léptékű és célú metanolüzemének számít. A fejlesztők egyfajta *„proof-of-concept"* fejlesztésnek szánják. Ehhez 52 MW-os, azaz Európa egyik legnagyobb kapacitású elektrolizáló üzeme épült, egy 304 MW-os napelempark mellett, de hálózati villamos energiát is használhatnak, ami szintén megújulónak minősül. A metanol-szintézishez szükséges 60 kt/év CO_2-mennyiség szintén rendelkezésre áll a helyszínen, mivel ezt a szomszédos biogázüzemből szerzik be. A metanolszintézis hulladékhőjét a helyi távfűtési hálózatban értékesítik, ami pótlólagos bevételt jelent. Mindezek révén az üzem helyszínét és technológiai tervezését egyaránt optimalizálták a teljes rendszer hatékonyságának biztosítása érdekében, mind az inputok, mind az outputok vonatkozásában. Az előállított zöld metanol 100%-os mennyiségére felvásárlási szerződés volt érvényben már az üzem indulásakor, amelyet olyan cégekkel kötöttek, mint a Lego, Novo Nordisk és a Maersk. A projektmegvalósító cégek: BASF, Clariant, European Energy (*vezető*), Mitsui, Siemens Energy.

Forrás: Hydrogen Council, McKinsey & Co. (2025): Global Hydrogen Compass.

Ausztria felülvizsgált hidrogénstratégiája és a SoutH$_2$ korridor

A szomszédos országok, illetve a CEE régió hidrogénnel kapcsolatos fejleményeit igyekszünk mindig kiemelt figyelemmel kísérni. Az egyik izgalmas őszi fejlemény, hogy Ausztria megújította, kiegészítette 2022-ben elfogadott nemzeti hidrogénstratégiáját. Ennek keretében a fő hangsúly a belföldi hidrogénelőállításra és a hidrogénimportra, valamint a nemzetközi partnerségekre került. Láthatóan az a cél, hogy Ausztria a jövőben hidrogénközponttá váljon.

A szövetségi kormány két rendelet megalkotásával támogatja a stratégiát, amelyek még idén hatályba lépnek és egyben a fő fejlesztési irányokat is tükrözik:

- a hidrogénre vonatkozó beruházási támogatásokról szóló rendelet: beruházási támogatások lesznek elérhetők elektrolizáló létesítményekre, 20 millió eurós keretösszeggel. Támogatható a megújuló villamos energiát zöld hidrogénné vagy szintetikus gázzá alakító létesítmények építése
- hidrogéntanúsítási rendelet (WstVO): az EU előírásainak megfelelő tanúsítási rendszer kialakítása és bevezetése. Ez garantálja, hogy az ausztriai megújuló alapú hidrogén támogatható, nemzetközi kereskedelemben forgalmazható és hitelesen tanúsított legyen.

A déli hidrogénfolyosó (*SoutH2*) fontos, geostratégiai jelentőségű infrastrukturális projekt, amelyben Ausztria aktív szerepet vállal. Az Észak-Afrikából Olaszországon és Ausztrián keresztül Közép-Európába vezető hidrogénvezeték az EU egyik prioritásként kezelt hidrogénfolyosója. A Németországgal, Olaszországgal, Algériával és Tunéziával közösen kiadott korábbi nyilatkozat megteremtette az

A SoutH2 Corridor tervezett nyomvonala. Kép: south2corridor.net

alapot ahhoz, hogy ezen a vezetéken 2035-re ipari mennyiségben szállítsanak zöld hidrogént Ausztriába és Németországba. H_2 Hírlevelünkben korábban már többször bemutatott European Hydrogen Backbone (EHB) kezdeményezés szerint a *SoutH2* az „A" jelű hidrogénkorridor. Magyarországot az „E" jelű,

délkelet-európai (HySEEC) hidrogénkorridor érintené, amelyről a Hidrogén Hírlevél 2025/1. lapszámában található cikk.

Ausztria gázhálózati átviteli rendszerüzemeltetője, a *Gas Connect Austria* üdvözölte a hidrogénstratégia felülvizsgálatát, amit Wolfgang Hattmannsdorfer szövetségi miniszter mutatott be. A H_2 Backbone WAG + Penta West projektje része a *SoutH2* folyosónak. Gázhálózati TSO-ként nyilván fontos szerepet játszhatnak abban, hogy az észak-afrikai zöld hidrogén eljusson Olaszországon keresztül Ausztriába, majd tovább, Közép-Európába. A cég közleménye szerint: „A *Hattmannsdorfer miniszter úr által bejelentett importstratégia alátámasztja véleményünket, miszerint Ausztria jövőbeli hidrogénigényének nagy részét importból kell fedezni. Ahhoz, hogy országunk ipari bázis maradjon és egyúttal teljesítse éghajlatpolitikai céljait, elengedhetetlen egy hatékony gázszállítási infrastruktúra – és pontosan ezen dolgozunk. A Déli Hidrogénfolyosó új, megbízható ellátási útvonalat hoz létre. Ausztria pedig összekötő szerepet tölt be a déli termelő országok és az északi fogyasztási központok között.*"

A négy gázhálózati TSO által koordinált *SoutH2 Corridor* projekt 2024 áprilisában felkerült az EU módosított TEN-E rendelete szerinti PCI projektlistára (*Projects of Common Interest*). Az összesen 3.300 km hosszú *SoutH2 Corridor* alapvető célja, hogy olcsón előállított zöld hidrogént szállítson Észak-Afrikából az európai felhasználási központokba. A SoutH2 honlapján még 2030 a tervezett beüzemelés időpontja, de a frissebb közlemények alapján a folyosó inkább 2035-re készül el teljes egészében.

A koordinált erőfeszítéseket mutatja, hogy a *SoutH2 Corridor* német partnere, a Bayernets engedélyt kapott a „HyPipe one"[4] megvalósítására, amely Bajorország első, az osztrák határig nyúló hidrogénvezetéke. Fontos lépés ez a déli hidrogénfolyosóval történő összekapcsolódás felé vezető úton. A vezetékes hidrogénszállítás megvalósítását Németország több más fejlesztése is segíti: az Open Grid Europe gázhálózati TSO vállalat Wernében megnyitotta Európa-szerte egyedülálló hidrogén képzési központját, amely lehetővé teszi a hidrogén biztonságos és gyakorlati kezelésének elsajátítását valós körülmények között. Emellett a Thyssengas megkezdte a holland–német határon átnyúló vezeték építését, az Ontras pedig a BMW-vel és a Mitnetz Gas-zal közösen készül a lipcsei BMW-gyár csatlakoztatására a hidrogén-alaphálózathoz. Ezek a német projektek mutatják, hogy elszántan dolgoznak a hidrogénpiac fellendítésén, és mindez egyértelmű jelzés Ausztria számára is, hogy a szándékok komolyak, fontos a gyors osztrák megvalósítás is.

A fentiek folytatásaként október végén rendezték meg azt a háromoldalú fórumot Bécsben, ahol az érdekelt partnerek, a TAG (Ausztria), az SNAM (Olaszország) és a Bayernets (Németország) átviteli rendszerüzemeltetők, az osztrák, német és olasz illetékes minisztériumok, valamint a szabályozó hatóságok egyeztettek a *SoutH2* folyosó megvalósításával kapcsolatos teendőkről.

Forrás:

Bundesministerium für Wirtschaft, Energie und Tourismus: Österreich positioniert sich als europäische Drehscheibe für grünen Wasserstoff. 16.09.2025.

Gas Connect Austria: Austria as a Hub for Green Hydrogen. Press Release (19.09.2025.)

The SoutH2 Corridor projekt weboldal, www.south2corridor.net/

Kapcsolódó hír: október végén az osztrák Gazdasági Minisztérium 274 millió euró támogatást ítélt meg hidrogénprojektek megvalósítására. Operatív szinten a támogatást az állami tulajdonú AWS (*Austria Wirtschaftsservice GmbH*) fejlesztési bank osztja szét a négy kiválasztott, nagyszabású hidrogénprojektnek. A támogatás jogi hátterét a hidrogén fejlesztési törvény (*Hydrogen Promotion Act - Wasserstoffförderungsgesetz*) biztosítja, amely összességében 820 millió € összeget irányoz elő 2024-2026 időszakra hidrogénnel kapcsolatos fejlesztésekre: előállításra, tárolásra, infrastruktúrára. A projektméretekre jellemző, hogy az egyik támogatott projekt az OMV 140 MW-os elektrolizáló rendszere, amely a swechati finomítót fogja kiszolgálni; emellett jelentős gázhálózati infrastruktúra projekt is megvalósul. Aussztria célja, hogy európai szinten is jelentős hidrogénközpontá (*hydrogen hub*) váljon.

Ahhoz, hogy egy projekt támogatásra alkalmas legyen, az EU jogszabályok szerint definiált megújuló (RFNBO) hidrogén kritériumoknak kell megfelelni. A hivatkozott hidrogéntörvény azt is lehetővé teszi, hogy az elektrolízis alapú hidrogénelőállító üzemek max. 10 évig *fix prémium* típusú támogatást nyerjenek, aukciós alapon. A tervezett elektrolizáló-kapacitás 300 MW.

[4] Felső-Bajorország kormánya 2025 szeptemberében engedélyezte a Bayernets GmbH számára a *HyPipe one* hidrogénvezeték építését, amely lényegében „*repurposed*" vezeték lesz, azaz meglévő földgázvezetéket alakítanak át hidrogénszállításra. Az átalakítási munkálatok még 2025-ben megkezdődnek. A *HyPipe one* a németországi hidrogénhálózat része, amely Bajorországban a Burghausen térségében működő vegyipar mellett más régióknak, például Ingolstadtnak is előnyös. Az előkészítés során a *HyPipe* PCI listára (EU közös érdekű projekt, „*Project of Common Interest*" listára) is felkerült.

A BMW bejelentette az új generációs üzemanyagcelláinak sorozatgyártását

A BMW Group Steyr gyára felkészül az üzemanyagcella-rendszerek sorozatgyártására a cég szeptemberi közleménye alapján. A BMW Group harmadik generációs hidrogén-üzemanyagcellás rendszerét 2028-tól az ausztriai Steyrben gyártják majd. A vállalat müncheni és steyri kompetenciaközpontjai már megkezdték az első prototípusok gyártását. A hajtáslánc további alkatrészei a landshuti technológiai központból érkeznek majd. A gyártói közlemény – az ilyen korai fázisban megszokottnak tekinthető iparági gyakorlat szerint – igen kevés konkrét műszaki adatot tartalmaz, mégis érdemesnek találtuk a továbbközlésre.

„Steyr gyártási helyszínként való kiválasztása egyértelműen bizonyítja elkötelezettségünket az európai innováció iránt. A BMW müncheni és steyri kompetenciaközpontjai kulcsszerepet játszanak az úttörő üzemanyagcellás rendszerek fejlesztésében” – olvasható a forrásként megadott közleményben.

A BMW harmadik generációs üzemanyagcella-rendszének lényege: kompaktabb, erősebb, hatékonyabb. Részletesebben kifejtve ez a következőket jelenti:

- kompakt kialakítás: az üzemanyagcella-rendszer által elfoglalt hely körülbelül 25%-kal csökkent. A teljesítménysűrűség jelentős növekedése lehetővé tette a korábbiakhoz képest kompaktabb kialakítást
- magas fokú integráció: a harmadik generációs üzemanyagcella könnyen integrálható lesz a jövőbeni járműarchitektúrákba is. Ez megnyitja az utat a technológiailag nyitott megközelítés előtt, amely lehetővé teszi, hogy a jövőben a vásárlók számára különböző hajtásrendszer-változatokat kínáljanak, köztük üzemanyagcellásat is
- optimalizált alkatrészek és megnövelt hatékonyság: a rendszer lényegesen hatékonyabb lesz a korábbi FC generációknál. Ezt a Toyotával közösen fejlesztett hajtástechnológián alapuló alkatrészek és továbbfejlesztett megoldások alkalmazásával érik el. A fejlesztések nagyobb hatótávolságot és teljesítményt eredményeznek, alacsonyabb fogyasztás mellett.

Az elsőgenerációs üzemanyagcella-rendszert teljes egészében a Toyota Motor Corporation (Toyota) szállította és 2014-ben szerelték be a BMW 535iA modellbe. A második generáció a jelenlegi BMW iX5 Hydrogen kísérleti, kis szériában gyártott flottában debütált. 2023-ban jelent meg és 20 országban próbálták ki, részben szélsőséges – trópusi és arktikus – időjárási körülmények között is.

A 2023-as BMW iX5 Hydrogen egyik példánya. Kép: BMW.

A jelenlegi, harmadik generáció esetében a BMW maga fejlesztette ki a teljes üzemanyagcella-rendszert, de a technológia alap-építőelemének tekinthető elemi cellákat a Toyota szállította. Az üzemanyagcella-rendszerek prototípusait jelenleg a BMW müncheni hidrogénkompetencia-központjában gyártják. A prototípusgyártás jelenleg az összeszerelési és tesztelési folyamatok fejlesztésére és validálására összpontosít, különös figyelmet fordítva az iparosításra, a minőségbiztosításra és a hosszabb távú méretezhetőségre. Ezzel párhuzamosan a prototípusokat felhasználják az üzemeltetési stratégia kidolgozásához, valamint a rendszer és a jármű szintjén történő validáláshoz. Ezek a lépések elengedhetetlenek az üzemanyagcella-technológia sorozatgyártásra való felkészítéséhez.

Harmadik generációs, 2028-tól sorozatgyártásban tervezett üzemanyagcella a BMW fejlesztőinél. Kép: BMW Group

Az üzemanyagcellák sorozatgyártása várhatóan 2028-ban kezdődik a BMW Group steyri gyárában, ahol a BMW Group modellpalettájának összes hajtásrendszerét lefedő, évtizedes fejlesztési és gyártási szakértelemre támaszkodhatnak. Jelenleg új tesztberendezéseket és gyártólétesítményeket építenek, az épületeket pedig átalakítják, hogy beépítsék az új hajtástechnológiát és folyamatosan finomítsák azt.

Az üzemanyagcellás járművek kulcsfontosságú alkatrészeinek gyártását a BMW Group landshuti gyárában végzik. A hidrogén hajtáslánchoz specifikusan fejlesztett BMW Energy Master sorozatgyártásához szükséges új hardverek és berendezések gyártása 2026 májusában kezdődik. A BMW Energy Master 400 és 800 V közötti feszültségtartományban vezérli a jármű áramellátását. Emellett a nagyfeszültségű akkumulátor adatainak interfészeként is szolgál. Ezt a vezérlőegységet számos, kifejezetten az üzemanyagcellás alkalmazáshoz szükséges alkatrész egészíti ki. A BMW iX5 Hydrogen modell kísérleti flottájához hasonlóan a landshuti gyár fogja gyártani a következő modellgeneráció üzemanyag-cellájának házát és zárólemezeit.

Az újgenerációs üzemanyagcellát is a BMW iX5 Hydrogen modellbe építik be, amely így gyakorlatilag valamennyi hajtáslánccal, vagyis benzin, dízel, plug-in hibrid, akkumulátoros (BEV) és üzemanyagcellás változatban is elérhető lesz.

Az alapvetően jó hírt annyi szerkesztői megjegyzéssel egészítjük ki, hogy nagyon hasznos és informatív lenne, ha a tervezett gyártási volumenről, annak időbeni felfutásáról, valamint arról is lennének legalább megközelítő adatok, hogy mely piacokon, mely régiókban tervezik piacra vezetni az újgenerációs FC-vel felszerelt járművet.

Forrás:

BMW Press Release (2025.09.02.): Hydrogen high tech at the BMW Group: start of series production in 2028 is getting closer.

Bayern Innovative (2025.11.18.): Bavaria and the federal government invest over 300 million € in hydrogen cars and H_2 trucks - BMW to develop series drive by 2028

Kapcsolódó hír: november közepén a BMW-nek hivatalosan is megítéltek 273 millió euró állami támogatást a személyautókban alkalmazható hidrogén-üzemű hajtáslánc (*HyPowerDrive*) fejlesztésére. Ez lehetővé teszi azt is, hogy a hidrogénüzemű járműveket, jelen esetben a *BMW iX5 Hydrogen* modellt ugyanazon a gyártósoron gyártsák, mint az akkumulátoros elektromos (BEV) verziókat, és így jelentősen csökkentsék a gyártási költségeket. A támogatást a Szövetségi Közlekedési Minisztérium (BMV) valamint a Bajor Gazdasági, Regionális Fejlesztési és Energiaügyi Minisztérium (StMWi) biztosítja. Ezen túlmenően a bajor tartományi kormányzat további 35 millió € támogatást ad hidrogénüzemű teherautók beszerzéséhez. A támogatás több járműkategóriára is igénybe vehető, a kisteherautóktól a nehéz teherautókig. Alkalmazható továbbá mind üzemanyag-cellás, mind belső égésű motoros (H_2-ICE) hajtáslánccal rendelkező járművek beszerzésére. A támogatás a beruházási többlet-költségeknek akár 80%-át is fedezheti.

(b-j) J. Post, a BMW igazgatótanácsának tagja, M. Söder, Bajorország miniszterelnöke, P. Schnieder, szövetségi közlekedési miniszter, H. Aiwanger, Bajorország gazdasági minisztere.
Kép: BMW Pachel Parkes

Üzemanyagcellás furgon és kamion: egy lépéssel közelebb

FCEV furgon: Toyota Hilux

A Toyota ősszel jelentette be, hogy 2028-ban kezdi gyártani a Hilux hidrogén-üzemanyagcellás változatát. A tervezés már 2023-ban megkezdődött, a prototípusokat pedig 2024-ben legyártották. A közleményben az a valódi újdonság, hogy most először neveztek meg konkrét időpontot az FCEV modell gyártásával és piaci megjelenésének lehetőségével kapcsolatban.

A Toyota közölte, hogy a kilencedik generációs Hilux „ki fogja elégíteni az ügyfelek sokféle igényét a globális piacokon a hajtáslánc-opciók széles skáláján keresztül". Az új üzemanyagcellás modell a Hilux kínálatának része lesz. Az elektromos furgon tehát akkumulátoros és hidrogénhajtással is elérhetővé válik.

A fentiekre tekintettel, mintegy előkészítésként a Toyota Motor Manufacturing UK már 2024-ben 10 db üzemanyagcellás Hilux prototípust gyártott le, amelyek közül ötöt terepi teszteknek vetettek alá a biztonság, a teljesítmény, a funkcionalitás és a tartósság validálása céljából. A másik öt prototípust ügyfél- és médiabemutatókon használták, illetve használják,

többek között a 2024-es párizsi olimpiai játékokon.

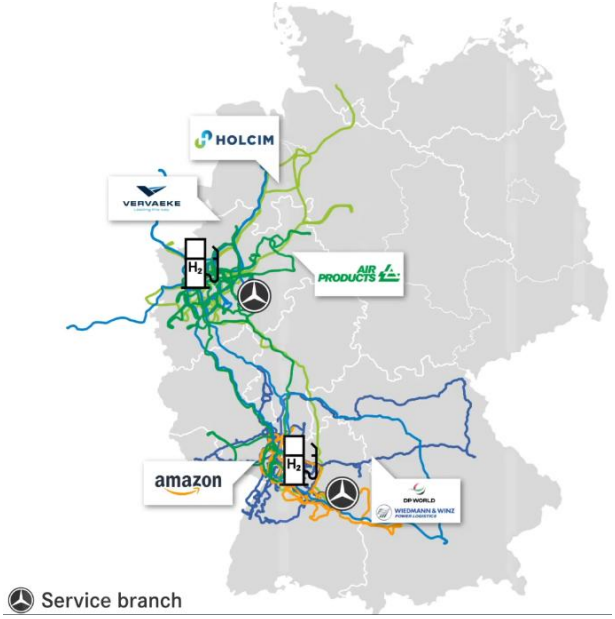
Üzemanyagcellás Hilux pototípus. Kép: Toyota Motor Europe

Az új Hilux a Toyota idén februárban bemutatott, harmadik generációs üzemanyagcellás rendszerére épül, amely jelentősen nagyobb tartósságot és hatótávot (600 km) kínál elődjénél. Három tankjában összesen 7,8 kg hidrogén tárolható „onboard".

FCEV kamion: Daimler Truck – Gen H2

Kora ősszel a Daimler Truck hidrogén-üzemanyagcellás kamionjának első prototípusai sikeresen teljesítettek több mint 225 ezer kilométert valós használati körülmények között. A Mercedes-Benz GenH2 Truck kamionról, fejlesztési fázisáról korábbi lapszámainkban több alkalommal írtunk. A jármű különlegessége, hogy cseppfolyós (LH2) hidrogént tankol két, egyenként 40 kg kapacitású üzemanyag-tartályába, így hatótávja 1.000 km felett van, azaz nemzetközi szállítmányozásban is használható. A mostani újdonság, hogy a prototípusokat öt korai felhasználó, az *Air Products, az Amazon, a Holcim, az INEOS Inovy, és a Wiedmann&Winz* cégek használták, valós logisztikai feladatok ellátására, normál közúti forgalomban, 2024 júliusa óta.

A GenH2 Truck kamionok fogyasztása az éles tesztelés során 5,6-8,0 kg_{H2}/100 km között változott a konkrét használattól, útvonaltól, a szállított tehertől (16-34 tonna) függően. A kamionok összesen 285 hidrogéntankolást végeztek, amelyek során 15 tonna cseppfolyós hidrogént tankoltak. Németországban jelenleg két LH2-töltőállomás van: az egyik Woerth am Rheinben (Dél-Németország), a másik Duisburgban. A nagy hatótáv miatt meglehetősen nagy területet járt be az 5 prototípus, amit a mellékelt térkép szemléltet. Látható a két LH2-töltőállomás és a cég két szerviz-állomásának elhelyezkedése. Néhány szállítási útvonal a Benelux államokba is átnyúlt.



Szállítási útvonalak az első körös teszt során. Kép: Daimler Truck.

A Daimler Truck járműfejlesztési vezetője elmondta: *a kezdeti ügyféltesztek rendkívül értékesek üzemanyagcellás teherautóink további fejlesztése szempontjából. A GenH2 teherautók valós logisztikai műveletekben történő alkalmazásával demonstrálni tudtuk teljesítményüket, megbízhatóságukat és hatékonyságukat a különféle szállítási alkalmazásokban és fontos információkat gyűjtöttünk. Ez lehetővé teszi számunkra, hogy a technológiát és a járműveket ügyfeleink egyedi igényei szerint finomítsuk egészen a sorozatgyártásig. Nem utolsó sorban a folyékonyhidrogén-töltőállomások intenzív használata a tesztek során lehetővé teszi az üzemanyag-tankolási folyamat további optimalizálását. Ezek a gyakorlati tapasztalatok segítenek abban is, hogy optimálisan felkészítsük értékesítési és szolgáltatási részlegünket a hidrogénüzemű teherautók valós, ügyfelek felé történő értékesítésének bevezetésére.*

A visszajelzések alapján a járművek megbízhatóan és zökkenőmentesen integrálhatók voltak a napi logisztikai műveletekbe. Az ügyfelek különösen a mai dízelüzemű teherautókhoz hasonló praktikumot hangsúlyozták, többek között az 1.000 kilométer feletti hatótávolság, valamint a rövid, 10-15 perces tankolási idő miatt. A kamionokat a sofőrök tankolták meg a fent említett két LH2-töltőállomáson.

A tervek szerint a Daimler Truck 2025 negyedik negyedévében egy második tesztkörre indítja ugyan-azokat a GenH2 Truck kamionokat, öt másik ügyféllel, akik egy évig tesztelik a 40 tonnás kamionokat:

A cél további tapasztalatok gyűjtése valós üzemi körülmények között, valamint az üzemanyagcellás teherautók optimális felkészítése a sorozatgyártásra az ügyfelek igényei alapján.

A GenH2 kamion első körös tesztelői. Kép: Daimler Truck.

A sorozatgyártást és a piaci bevezetést megelőző, következő lépcsőfok az, hogy kis sorozatú gyártás keretében összesen 100 darab üzemanyagcellás teherautót szerelnek össze a wörthi Mercedes-Benz gyárban. E nagyobb flottát 2026 végétől kezdődően különböző ügyfeleknél helyezik majd üzembe.

A valódi, kereskedelmi léptékű sorozatgyártás megkezdésének időpontja egyelőre bizonytalan. Korábban 2027-2028-at irányzott elő a vállalat, de ez jelenleg meglehetősen valószínűtlen. Egyes friss hírek szerint 2030 körül indul a Gen H2 Truck valódi tömeggyártása, de jelen esetben ez nyilván összefügg a cseppfolyóshidrogén-töltőállomások rendelkezésre állásával is, mivel a jármű és az LH2-töltőinfrastruktúra használhatósága erősen összefügg.

FCEV kamion: Scania

A fentiekkel azonos logikájú, bár jóval kisebb léptékű *Pilot Partner* projektet indított novemberben a Scania. A neves skandináv gyártó főként az akkumulátoros (BEV) hajtáslánc terén aktív, de végez üzemanyagcellás (FCEV) fejlesztéseket is, valamint hidrogénüzemű belső égésű motort (H2-ICE) is fejleszt. FCEV kamionjának prototípusát az Asko Norge-vel, Norvégia legnagyobb élelmiszer-nagykereskedő és szállítmányozó cégével teszteli, így szintén valós logisztikai feladatok elvégzése közben tudják tanulmányozni a hidrogénüzemű kamiont.

Illusztráció. Kép: Scania.

A *Pilot Partner* program több mint egy egyszerű tesztelés; ez egy gyakorlatias tanulási platform, amelynek keretében a Scania és ügyfelei értékelik és finomhangolják a fenntartható szállítmányozási járműtechnológiákat. A városi disztribúciós feladatoktól a nagyobb távolságú logisztikáig nyernek adatokat, amelyek segítik validálni a technológia teljesítményét, működési hatékonyságát és nem utolsó sorban a TCO (*Total Cost of Ownership*) költségeket. A Scania esetében kevés az FCEV-re vonatkozó publikus műszaki adat, és a tervezett piacra lépés ütemterve sem ismeretes.

Forrás:

Fuel Cells Works: Toyota to Launch Hydrogen Hilux Pick-Up in 2028. 2025.11.10.

New Toyota Hilux FCEV Prototype (2024) | 600 km Range Hydrogen Fuel Cell (Youtube video)

Daimler Truck: Fuel Cell Trucks Successfully Complete More Than 225,000 Kilometers in Real-World Customer Operations.

Scania testing electrification and hydrogen solutions with customers through Pilot Partner initiative. Scania, 2025.11.13.

Üzemanyagcellás távolsági busz a láthatáron: Setra H2 Coach

A Daimler Buses megkezdte a Setra márkájú hidrogén-üzemanyagcellás autóbusz (FCEB, *Fuel Cell Electric Bus*) tesztelését a sorozatgyártás előkészítési folyamatának részeként. A 13,9 méter hosszú, *H2 Coach* fantázianevet viselő busz fő újdonsága, hogy ez nem egy városi, helyi közösségi közlekedésben alkalmazott busz, hanem az egyik első, hidrogénüzemű távolsági autóbusz.

Illusztráció. Kép: sustainable-bus.com

Hatótávolságként min. 800 km-t ad meg a gyártói közlemény. Két tartályban, összesen 46 kg hidrogén *onboard* tárolására van lehetőség. 300 kW-os üzemanyagcelláját a Daimler és a Volvo közös vállalkozása, a Cellcentric gyártja.

Az üzemanyagcellás modell a már meglévő, akkumulátoros S 517 HD autóbuszra épül, amelyben az üzemanyagcella a központi elektromos motort hajtja meg. A villanymotor által folyamatosan leadható teljesítmény 320 kW, de képes 400 kW csúcsteljesítményre is, amit az ideiglenes energiatárolóként szolgáló akkumulátorpakk is támogat nagy terhelések esetén. E teljesítményszintekhez 1 368 Nm, illetve max. 2 470 Nm nyomaték tartozik. Megengedett össztömege 24,7 tonna.

Az üzemanyagcellás Setra tesztelése a sorozatgyártás előkészítésének része. A tesztvezetések belső tesztpályán, illetve közúton történnek, mivel utóbbihoz már rendelkezésre áll a TÜV vonatkozó tanúsítványa[5].

Az ilyenkor nagyjából szokásosnak tekinthető autóipari gyakorlat szerint az információkat inkább csak „csepegtetik", így sajnos a Daimler nem hozta nyilvánosságra a tervezett sorozatgyártási, illetve piacra lépési dátumot. Az új modell kiegészíti a Daimler Buses hidrogénüzemű buszkínálatát. A Mercedes-Benz eCitaro üzemanyagcellás (csuklós) modell már több éve működik európai városokban, sőt, 2024 októberében egy ilyen modellt Budapesten is tesztelt a BKV.

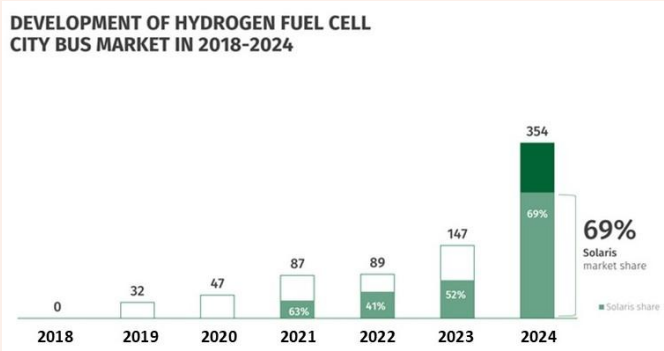
Kapcsolódó cikk: *Hidrogén-üzemanyagcellás csuklós busz hazai tesztelése a BKV-nál* – H_2 Hírlevél 2024/4. (11. o.)

Az egyelőre nem ismert, hogy a német buszgyártó esetében e döntés stratégiai elmozdulást jelent-e a hidrogén irányába a távolsági buszok szegmensében. A Daimler Buses modelljei közt közismertek az akkumulátoros modellek (*Mercedes eCitaro, Mercedes eIntouro*), de a Setra üzemanyagcellás változata arra utal, hogy a cég kettős megközelítést alkalmaz e-mobilitási fejlesztéseiben, azaz az üzemanyagcellás hajtásláncot is alkalmazni kívánja.

Illusztráció. Kép: sustainable-bus.com

A *H_2 Coach* fejlesztése a Daimler Buses neu-ulmi telephelyén történik, amely az összes távolsági busz (*coach*) kompetencia központja, függetlenül azok hajtásláncától. Az üzemanyagcellás busz járműtechnológiája nagymértékben épít a Mercedes-Benz GenH2 Truck üzemanyagcellás kamion komponenseire, amelyhez az üzemanyagcellát a Volvo Csoporttal történő együttműködésben, a *Cellcentric* nevet viselő közös vállalkozáson keresztül biztosítják. A GenH2 Truck kamionról korábban már szintén írtunk[6], de fontosabb, hogy az anyavállalat, azaz a – 2021 óta önálló, tőzsdén jegyzett cég – a Daimler Truck 2050-re vezető üzemanyagcella-gyártóvá kíván válni a nehézgépjármű szegmensben. A Daimler Buses pedig a Daimler Truck egyik üzletága, így érthető, hogy a fejlesztések egymást erősítő célokat képviselnek.

Kapcsolódó: bár a hidrogénmobilitás felfutása lassabb a korábban vártnál, az autóbusz szegmensben vannak bíztató tendenciák. Kína és Dél-Korea szerepe meghatározó, de európai szinten is van előrelépés. Az utóbbi két, statisztikailag lezárt évben ugyanis jelentős mértékben nőtt a hidrogén-üzemanyagcellás buszok (FCEB) értékesítése. Az EU-t, továbbá Norvégiát és Svájcot lefedő – de Nagy-Britanniát és Írországot nem tartalmazó – statisztika szerint 2024-ben összesen 354 FCEB városi buszt értékesítettek, ami 69%-os növekedés a megelőző évhez képest. Ezt megelőzően, 2022/2023-ban is 65%-os volt a növekedés Európában; igaz, viszonylag alacsony bázisról történt az indulás.



Üzemanyagcellás városi buszok éves értékesítése Európában (EU, Norvégia, Svájc). Kép: Solaris Bus & Coach

Az utóbbi két év dinamikus növekedése mellett a fenti ábra másik érdekessége, hogy 2024-ben a Solaris önmagában meghatározó, 69%-os részesedést ért el, de a megelőző években is legalább 40% volt a részesedése. Az abszolút számok tekintetében ez azt jelenti, hogy 2024-ben 245 db FCEB buszt értékesített, miközben összesen 1.525 db buszt adott el. A Solaris városi busz értékesítésén belül 16% volt az üzemanyag-cellás arány.

[5] A tesztjárműként való tanúsítás jogszabályi háttere: *German Regulations Authorizing the Use of Vehicles for Road Traffic*.
[6] H_2 Hírlevél 2024/3 (5. o.): Folyékonyhidrogén-töltőállomások Dél-Koreában és Németországban.

Szintén az európai, azon belül a CEE régió pozitív hírei közé tartozik, hogy 2025 december elsejétől a Bécs város tulajdonában álló Wiener Linien közösségi közlekedési vállalat 10 üzemanyagcellás buszt állít üzembe. Ezek révén Bécs 39A számú vonalán csak hidrogénüzemű buszok fognak közlekedni. A 12 m hosszú, háromajtós, üzemanyagcellás *H2.City Gold* buszokat a portugál Caetano szállítja. A beszerzési tendert még 2024-ben nyerték el. Ez az egyik busztípus, amelyet tavaly Magyarországon is teszteltek más hazai városban. A buszokhoz a Wien Energie közműcég zöld hidrogént fog szállítani üzemanyagként, és a buszokat a közlekedési vállalat Leopoldau nevű depójában telepített hidrogén-töltőállomáson tankolják.

A Wiener Linien egyik hidrogénüzemű buszának tankolása Bécsben. Kép: Wiener Linien/Max Döringer

Bécs 39A vonala meredek emelkedőiről, rövid megállási távolságairól és jelentős csúcsforgalmáról ismert. Közlekedés szempontjából ez a város egyik legmegterhelőbb viszonylata. A Wiener Linien éppen emiatt helyezi erre az útvonalra a hidrogénüzemű buszokat. Az elmúlt hetekben az FCEB buszok tesztelésen, a sofőrök és a kiszolgáló műszaki személyzet pedig átfogó képzésen vettek részt a kereskedelmi üzem indítása előtt.

Hidrogénüzemű busz egy bécsi megállóban. Kép: Sustainable Bus

Forrás:
Sustainable Bus e-Magazine: Hydrogen coaches? Setra begins testing of a technology carrier with cellcentric fuel cell module
Sustainable Bus e-Magazine: Vienna's line 39A switches to full hydrogen operation thanks to CaetanoBus fleet.

Európa legnagyobb hidrogén-töltőállomása

A H2 Mobility GmbH. 2025 május végén a Rheinbahn és a Stadtwerke Düsseldorf társaságokkal közösen megnyitotta Európa legnagyobb hidrogén-töltőállomását (HRS) a németországi Düsseldorfban. A Höherweg úton található új HRS 5 tonna/nap hidrogén kitankolására alkalmas, ami sokszorosa az eddig jellemző kapacitásoknak. Tőbbbszöröse az AFIR (alternatív üzemanyag-infrastruktúra) rendelet által elvárt, legalább 1 t_{H2}/nap kapacitásnak is. A nagy teljesítményű technológiának köszönhetően egyszerre három jármű is feltölthető – köztük buszok, teherautók, személyautók és könnyű haszongépjárművek, 350, 500 és 700 bar nyomásszinten. A töltőállomás szívét jelentő kompresszort a Hoerbiger és az Ariel fejlesztette. A *HCP 500* márkanevet viselő kompresszor max. 250 kg/óra kiszolgálási kapacitásra képes és meglehetősen kompakt kialakítású.

Az átadó ünnepség során a Szövetségi Közlekedési Minisztérium (BMV) illetékes vezetője Európa legnagyobb hidrogén töltőállomásának átadását „erős jelzésnek" értékelte a hidrogénmobilitás fellendítésére Németországban. Észak-Rajna-Vesztfália kormánya szintén fontos lépésnek tartja a projektet, ezért Mona Neubaur, tartományi gazdasági és éghajlatvédelmi miniszter álláspontja szerint: *„azokon a területeken, ahol az elektromos áramellátás kiépítése nehéz, és különösen ott, ahol az akkumulátoros elektromos meghajtások elérik határaikat, a hidrogén lehet a megoldás. Rövid tankolási idővel és nagy hatótávolsággal a hidrogénüzemű járművek különösen a buszforgalomban és nehéz teherfuvarozásban mutatják meg erősségeiket."*

A nagyteljesítményű HRS és annak kompresszora. Kép: Hoerbiger

A töltőállomást és a kapcsolódó elektrolizálót a Szövetségi Digitális és Közlekedési Minisztérium támogatta: 3 137 ezer euróval az új töltőállomást és 1 212 ezer euróval az onsite elektrolizáló rendszert. Tágabb értelemben a hidrogénmobilitás fejlesztését Észak-Rajna-Vesztfáliában az *NRW.Energy4Climate* energiaügynökség is támogatja, amely kulcsszerepet játszik a regionális hidrogén-ökoszisztémák fejlesztésében.

A H_2-töltőállomás átadási ünnepsége. Kép: fuelcellsworks.com

A töltőállomás hidrogénellátását 2026-tól a düsseldorfi városi közművállalat 2 MW kapacitású elektrolizálója biztosítja, amit a töltőállomás mellett telepítettek, és ami kizárólag megújuló alapú villamos energiát használ majd. Az elektrolizáló üzembe helyezéséig beszállított hidrogént alkalmaznak, amely zöld (RFNBO) hidrogén tanúsítással rendelkezik.

A H2 Mobility úttörő szerepet játszik a nyilvános hidrogén-töltőinfrastruktúra fejlesztésében és Európa legnagyobb hidrogéntöltőállomás-üzemeltetője. Tevékenységi területei között szerepel a műszaki fejlesztés, a finanszírozás, a tervezés, az építés. A cég a szolgáltatások terén is egyre aktívabb, így például tanácsadást, marketing feladatokat, az állomások üzemeltetését, kalibrálását és minőségellenőrzést is vállal. A H2 Mobility egyik fontos célja, hogy 2028-ra teljes mértékben átálljon megújuló alapú H_2-re.

A fenti cél érdekében még 2024 szeptemberében öt évre szóló átvételi (*offtake*) szerződést írtak alá a francia LHyfe céggel 1 200 tonna zöld (RFNBO) hidrogén vásárlására, amellyel a H2 Mobility töltőállomásait látják el.

A H_2-töltőállomások kapcsán kiemelten fontos, hogy van-e, lesz-e kellő mennyiségű végfelhasználó, azaz hidrogénüzemű jármű. Azonban a düsseldorfi Rheinbahn flottájában már jelenleg is 20 hidrogénüzemű busz működik, ezért a Lierenfeld-i járműtelep közvetlen közelében létesült az új, nagy kapacitású HRS. Emellett Észak-Rajna-Vesztfália (NRW) kifejezetten ambiciózus szakpolitikai programokkal rendelkezik; például a tartomány hidrogén útiterve mitegy 3.800 darab üzemanyag-cellás busz forgalomba helyezését tervezi 2030-ra. Emellett a tartomány 2020-tól részt vett egy *HyTrucks* nevet viselő, határokon átnyúló, Hollandiát, Belgiumot és Észak-Rajna-Vesztfáliát magába foglaló kezdeményezésben is, amely hidrogénüzemű teherautókat és töltőinfrastruktúrákat volt hivatott támogatni és demonstrálni. E projekt egyfajta folytatása a *HyTruck.NRW* stratégiai kezdeményezés, amellyel Észak-Rajna-Vesztfália igyekszik megteremteni azokat a feltételeket (hidrogénüzemű járművek, infrastruktúra, szabályozás, piaci igény), amelyek szükségesek a hidrogénüzemű teherautók terjedéséhez. A cél az, hogy ne csak demonstráció legyen, hanem valódi, működőképes hálózat, és gazdasági szempontból is életképes méretű hidrogénmobilitási ökoszisztéma. Észak-Rajna-Vesztfália tehát ezért is aktívan ösztönzi a töltőinfrastruktúra fejlesztését, támogatja a nehéz haszongépjárművek számára épülő hidrogén-töltőállomások létesítését, párhuzamosan az említett járműpiaci bevezetési kezdeményezésekkel.

KBH Specifications

Discharge Pressure (bar)	500
Discharge Pressure (psig)	7,250
Flow at design point (kg/hr)	250
Number of Stages	4
Stroke (in)	4.25
Stroke (mm)	108
Max RPM	1,000
Non-lubricated Cylinders	
Capable of full non-reversing loads	
Vertical Orientation	

Kompresszor műszaki specifikáció. Forrás: Ariel Corp.

A töltőállomás létesítésében együttműködő cégek vezetői az átadási ceremónián. Kép: NOW GmbH és saját szerkesztés.

Bár a düsseldorfi új hirdogén-töltőállomás (HRS) európai méretrekordernek számít, Kínában léteznek hasonlóan nagy, vagy még nagyobb kapacitású HRS-ek. 2024 őszén nyílt meg a kínai Hangyangban, Shanxi Provinciában egy 9.000 kg_{H2}/nap kapacitású töltőállomás. Vezetéken át látják el hidrogénnel, ami egy közeli kokszólómű kemencéjében keletkező gázból (*coke oven gas*) származik, amelyet PSA technológiával tisztítanak meg megfelelő minőségűre. A nagy

kapacitású HRS a Jinnan Steel acélmű flottájából 400 hidrogénüzemű teherautót hivatott kiszolgálni üzemanyaggal. A töltőállomás a hidrogén mellett LPG és elektromos töltést is nyújt.

9 t/nap kapacitású hidrogén-töltőállomás a kínai Hangyangban. Kép: Hangyang

A Hangyang töltőállomás fosszilis alapú, gyakorlatilag „melléktermékének" tekinthető hidrogént használ, azonban hasonló méretkategóriában létezik zöld, megújuló alapú hidrogén-töltőállomás Changsha városban (Hunan Provincia). A kb. 2 t_{H2}/nap kapacitású töltőállomáson onsite módon, lúgos elektrolizálóval és megújuló villamos energiát használva állítják elő a hidrogént. A töltőállomást a Sany Group építette és 2024 tavaszán kezdte meg próbaüzemét.

Changshai hidrogén-töltőállomás. Kép: Xinhua News

Forrás:

Electrive: Europe's largest H_2 station opens in Düsseldorf.

H2-View: Lhyfe signs five-year green hydrogen supply deal for German refuelling stations.

FuelCellsWorks: Hangyang Unveils 9,000Kg/Day Hydrogen Refueling Station in Shanxi, China.

Ki fizeti a felárat a zöld hidrogén alapú műtrágyáért? Paraguayban már tudják

A Yara globális műtrágyagyártó vállalat 2025 őszén megállapodást írt alá a paraguayi Atome vállalattal. A szerződés lényege, hogy a Yara 100%-ban felvásárolja az Atome 145 MW elektrolizáló-kapacitású zászlóshajó projektjében előállított zöldhidrogén alapú műtrágyát. A kötelező érvényű megállapodás értelmében a globális műtrágyagyártó cég legalább 10 évig zöld kalcium-ammónium-nitrátot (CAN) vásárol az Atome villetai (Paraguay) üzeméből. E megállapodás tető alá hozása az Atome végleges beruházói döntése (FID) előtti, utolsó kereskedelmi mérföldkőnek számít.

A Yara mezőgazdasági ellátási láncában már jelenleg is értékesít alacsony karbon-lábnyommal rendelkező műtrágyákat egyes ügyfeleinek. A cég ügyvezető alelnöke, Chrystel Monthean szerint a „zöld" CAN műtrágya-ellátás erősíti a vállalat portfólióját, és lehetővé teszi, hogy jobban reagáljon a keresletre. A Villeta projekt vízenergián alapuló elektrolízissel zöld hidrogént állít elő, amelyet kb. 260 kt/év mennyiségű CAN műtrágya gyártásához használnak fel. Ezáltal az Atome a hagyományos gyártáshoz képest sokkal alacsonyabb karbonintenzitású műtrágyát tud kínálni. A projekt komoly, alapos előkészítését mutatja, hogy:

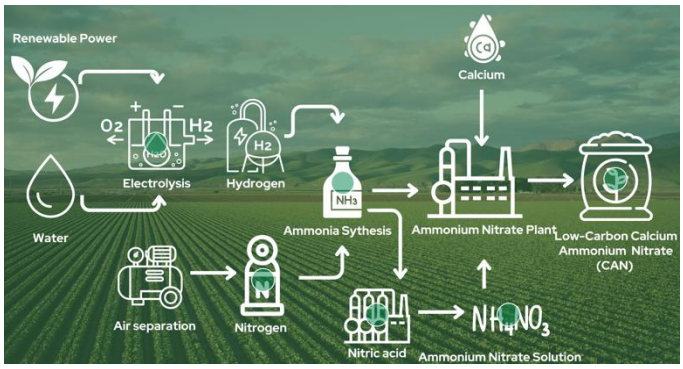
- az Itaipu vízerőműből[7] származó, *baseload* jellegű, zöld villamos energiára már megkötötték a PPA-t (*Power Purchase Agreement*)
- Viletta, illetve az Atome üzeme a Paraguay folyó mentén található, ahol a kedvező adottságokat nem csak a jelentős kapacitású vízerőmű és a meglévő, szomszédos alállomás adja. A terület szabad-kereskedelmi zónának is minősül és a közelében export-import terminál is található
- a fix összegű, 465 millió dollár értékű tervezési és építési (EPC) szerződést már megkötötték
- a teljes előállított zöld műtrágya mennyiségre a fentiek szerint megvan az offtake szerződés, amely ráadásul kötelező érvényű (*binding offtake*)
- a projekt finanszírozása – mind saját tőkéből, mind hitelből – jól halad. A hitel iránti érdeklődés ötszörösen túljegyzett

Itaipu (14 GW) vízerőmű. Kép: Atome és saját szerkesztés

[7] Itaipu a világ egyik legnagyobb vízerőműve, 14 GW(!) kapacitással. A vízerőmű Paraguay és Brazília közös tulajdona és a két ország együtt üzemelteti. Ez a vízerőmű Paraguay villamosenergia-ellátásának jelentős részét, 80-90%-át biztosítja. A víztározó nemcsak áramtermelésre szolgál, hanem vízellátásra, mezőgazdasági öntözésre, halgazdálkodásra, turizmusra is használják.

- a projekt környezeti és szociális hatásainak vizsgálatát az IFC (*International Finance Corporation*, a Világbank Csoport egyik tagintézménye) alapelvei szerint végezték el.

A Viletta projekt várhatóan 2028-ban kezdi meg a kereskedelmi jellegű termelést. „A Yara-val kötött megállapodás fontos megerősítése kereskedelmi modellünknek, amelyet alátámaszt az a piaci igény, hogy a világ legnagyobb élelmiszer- és italgyártói törekednek a beszállítói láncukban keletkező mezőgazdasági kibocsátások csökkentésére" – hangsúlyozta az Atome ammónia- és műtrágyapiacokért felelős igazgatója. Véleménye szerint az élelmiszer- és italgyártó óriáscégek hajlandóak többet fizetni az alacsony karbonlábnyomú műtrágyákért, miközben a cég az első zöldhidrogén-alapú műtrágya projektjével kapcsolatos végleges beruházási döntés (FID) meghozatalára készül Paraguayban.



A „zöld" CAN műtrágya előállítási sémája Vilettaban. Kép: Atome

Az Atome CEO-ja, Oliver Musat kiemelte, hogy például a PepsiCo-hoz és a Nestléhez hasonló multinacionális vállalatok legalább részben át kívánnak állni a széndioxid-kibocsátási jogok vásárlásáról a beszállítói láncukon belüli tényleges kibocsátás-csökkentésre. A műtrágyák jelentősen hozzájárulnak az élelmiszer-értéklánc ÜHG kibocsátásához, különösen az élelmiszer- és italgyártó vállalatok esetében, ezért ezek a vállalatok az elsődleges célcsoportok közé tartoznak. (Például egy doboz kóla esetében, magát az italt és csomagolását is beleértve, műtrágyahasználatból származhat a kapcsolódó széndioxid-lábnyom kb. egyharmada.) A CEO szerint azok a multinacionális vállalatok, amelyeknek a globális ellátási láncaikban csökkenteniük kell a 3. kategóriába tartozó (*Scope 3*) kibocsátásokat, a zöld műtrágyák révén ezt viszonylag alacsony költségekkel megtehetik, ha a kibocsátásokat szétosztják az egyes termékcsaládokra.

Az Atome villetai üzemében előállított zöld műtrágyák várhatóan költségükben is versenyképesek lesznek a hagyományos, „szürke" alternatívákkal, mivel a mai piacon az alacsonyabb karbon-intenzitású műtrágyák kb. 20%-os felárral kerülnek forgalomba. Bár az említett zöld CAN műtrágya mennyisége Latin-Amerika nitrogénműtrágya-igényének kevesebb mint 1%-át teszi ki, az Atome szerint ez elég jelentős mennyiség ahhoz, hogy kereskedelmi szempontból már érzékelhető legyen, de elég kicsi ahhoz, hogy elkerülhetők legyenek a finanszírozási kockázatok, vagy az infrastrukturális kihívások. Fontos tudni, hogy Dél-Amerika, de azon belül is Paraguay, Brazília, Argentína műtrágyaigényének több mint 90%-át importálja, következésképpen a szürke műtrágya mindig drágább Latin-Amerikában. A műtrágyaimport magasabb ára pedig csökkenti a szürke importtermékek és a hazai zöld termékek közötti költségkülönbséget, ami segíti a zöld ammónia alapú projektek versenyképességét. A helyi termelés stratégiai fedezetet nyújt az importköltségek és az áringadozások ellen, különösen azoknak a vállalatoknak, amelyek hajlandóak a zöld prémiumot megfizetni. Más és e szempontból nehezebb lenne a helyzet, ha pl. Európában gyártanák a zöld műtrágyát, ahol a versenyt az olcsó, magas karbonlábnyomú orosz műtrágya-termékekkel kellene felvenni.

Sokkal kevésbé előrehaladott fázisban, de az Atome honlapján megtalálható egy másik, *Yguazu* nevet viselő zöld műtrágya projekt is, amely szintén vízenergiára és elektrolitikus alapú zöld hidrogénre épül. Viszont ide már jóval nagyobb, 300 MW-os kapacitást terveznek.

Forrás:

H2-view, 2025.09.12.: Atome signs 10-year green hydrogen-based offtake deal with Yara ahead of FID.

H2-view, 2025.08.07.: Why food giants are willing to pay extra for Atome's green hydrogen-based fertilisers

ATOME plc.: 145 MW Viletta Project Summary

MW léptékű, szilárd-oxidos (SOEL) elektrolizálók

Több tíz, és esetenként több száz MW-léptékű elektrolizáló rendszerek működnek már jelenleg is, de ezek főként lúgos, vagy PEM-típusú elektrolizáló-technológiák. A magas hőmérsékletű elektrolizálók, a szilárd-oxidos (SOEL, *Solid-Oxide Electrolyser*) elektrolizálók műszaki kiforrottsága még jóval alacsonyabb szinten áll, jóval kevésbé elterjedt rendszerek a mai gyakorlatban. Éppen emiatt érdekes, hogy az ősz folyamán valós ipari környezetben kezdett üzemelni az eddigi legnagyobb, 2,6 $MW_{EL,AC}$ teljesítményű szilárd-oxidos elektrolizáló, amely kb. 60 kg/h hidrogént termel. A Neste rotterdami finomítójában

került sor erre a kísérleti projektre, amelynek az a célja, hogy valós üzemi környezetben validálja a magas hőmérsékletű (850 °C) hidrogéntermelés lehetőségét. A moduláris szerkezetben felépített SOEL rendszer 3 blokkból áll, mindegyiken belül 4 modul található. Az egyes modulok 60 stack-et tartalmaznak, és egy-egy stack-ben 30 elektrolizáló-cella található, egyenként 128 cm² aktív felülettel. A rendszer 30 bar nyomáson szolgáltatja a hidrogént, ami megfelel a finomítói hidrogéngáz-hálózat elvárásainak.

A SOEL rendszer felépítése. Kép: Int. Journal of Hydrogen Energy

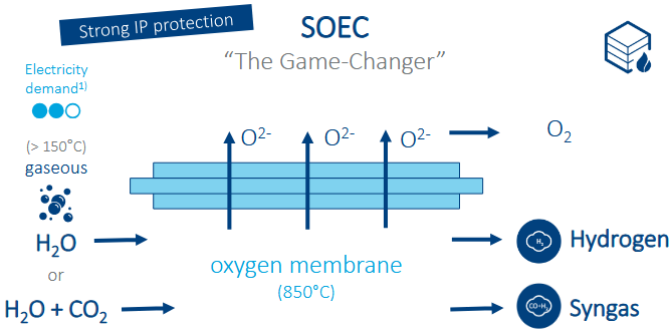
A Sunfire adatközlése alapján a SOEL elektrolizálója kb. 85%$_{LHV}$ hatásfokkal működik, ami számottevően nagyobb, mint a hagyományos, fent említett alacsony hőmérsékletű elektrolizálókkal elérhető hatásfok. Ugyanakkor érdemes figyelembe venni a későbbiekben kifejtett hátrányokat, limitációkat is. A rendszer által termelt zöld hidrogént a telephelyen, a szürke hidrogén részleges helyettesítésére használják. A technológia az EU által finanszírozott MultiPLHY projekt részeként valósul meg.

MULTIPLHY

MultiPLHY
Multimegawatt high-temperature electrolyser to generate green hydrogen for production of high-quality biofuels

Az elektrolizáló részben a finomítóban keletkező hulladékhőt hasznosítja, ezzel is csökkentve az elektrolízis fajlagos villamosenergia-szükségletét. A magas hőmérsékletű SOEL-be lényegében gőz állapotban lép be a víz, ami önmagában csökkenti a fajlagos villamosenergia-szükségletet, de a SOEL magas működési hőmérséklete a jobb reakciókinetikán keresztül is javítja az elektromos hatásfokot. Így a fent említett kb. 85%$_{LHV, AC}$ hatásfok igen jónak számít, amit ráadásul a villamos energia input „AC" (váltóáram) oldalára kell érteni. Összességében, rendszer szinten kb. 30%-kal kedvezőbb a SOEL hatásfoka, mint az alacsony hőmérsékletű (AEL, PEM) elektrolizálóké. A SOEL esetében akár 40 kWh/kg$_{H2}$ körüli fajlagos villamos-energia-felhasználás is elérhető, ami az EU-s *Clean Hydrogen Partnership* stratégiai dokumentumai alapján még tovább javulhat 2030-ig.

A SOEL előnyei közé tartozik még, ahogy a fenti ábra alsó részén is látható, hogy nem csak víz(gőz), hanem széndioxid-koelektrolízisre is képes. Utóbbi esetében víz és CO_2 együttes elektrolízise valósul meg,



A SOEL elektrolizáló működési elve. Kép: Sunfire.

amely egyetlen lépésben szintézisgázt eredményez. A szintézisgáz (jellemzően CO és H_2 elegye) pedig kiemelkedően fontos alapanyag több iparágban, így pl. üzemanyagok (e-kerozin, e-dízel, szintetikus metán, stb.), vegyipari termékek, műanyagok, vagy ammónia előállításában. További előny, hogy a magas hőmérsékletű elektrolizálók nem tartalmaznak nemesfémeket, mint pl. platina vagy iridium.

A SOEL hátrányai közé tartozik, hogy hosszú az indítási és leállítási idő, a működés közbeni terhelés változtatására pedig csak lassan és korlátozottan van lehetőség. A SOEL-t tehát főként zsinórüzemű hidrogéntermelésre lehet használni. Kevésbé illeszthető a fluktuáló jellegű, megújuló energia-forrásokhoz. Továbbá, az említett magas elektromos hatásfok eléréséhez meglehetősen magas hőmérsékletű hulladékhőre van szükség, ami nem mindenhol áll rendelkezésre. A kihívások közé tartozik, illetve ezáltal a főbb fejlesztési irányok közé, hogy az élettartama egyelőre nem kellően hosszú és magas a fajlagos beruházási költsége.

A SOEL elektrolizálók tehát a laboratóriumi léptékből és tesztelésből lassan átkerülnek az ipari, üzemszerű gyártási fázisba. Tervek szintjén ismerünk jóval nagyobb, több tíz, vagy akár száz MW léptékű SOEL projekteket is, ezért gyártásával több cég próbálkozik Európában is. Az európai gyártók közül érdemes kiemelni a dán Topsoe-t, amely éppen idén, október végén nyitotta meg SOEL cellákat gyártó üzemét Herningben. A 23 ezer négyzetméter alapterületű üzem gyártási kapacitása 500 MW/év, és eleve lehetőség van a későbbi bővítésre.

A Topsoe herningi SOEL-gyártóüzeme és megnyitója. Kép: Topsoe.

A német Thyssenkrupp Nucera ugyancsak 2025-ben nyitotta meg SOEL elektrolizáló-stack kísérleti gyártóüzemét a türingiai Arnstadtban. Ez a projekt közös a neves Fraunhofer IKTS kutatóintézettel. Az elektrolizáló-kötegeket (*stack*-eket) a Fraunhofer IKTS által tervezett és épített kísérleti üzemben gyártják. A SOEL kísérleti üzem kezdetben kis mennyiségben, mindössze 8 MW/év kapacitással gyárt kötegeket. Ezek a stack-ek a Thyssenkrupp Nucera jövőbeni SOEL elektrolizálóinak „szívét" alkotják. Itt is cél, hogy idővel ipari léptékű gyártás és nagyfokú automatizáltság valósuljon meg, ami letörhetné a költségeket.

A Thyssenkrupp SOEL-gyártóüzeme. Kép: Thyssenkrup Nucera

Kapcsolódó cikk: *Elektrolizálók gyártása – Hol áll Európa?* – Elérhető az MHT Egyesület weboldalán[8]. Statisztikai adatok, gyártók, szakpolitikai ajánlások.

Az észtországi H2Electro kizárólag szilárd-oxidos elektrolizálók gyártására szakosodott cég, de esetükben nincs nyilvánosan elérhető adat a gyártási kapacitásra. Az észt cég kisebb, 5-25 kW teljesítményű SOEL elektrolizálókat állít elő. Az Elcogen szintén Észtországban létesített SOEL-gyártóüzemet, amelyet idén szeptemberben nyitott meg. A 14.000 m² alapterületű gyártólétesítményre 10-360 MW/év gyártókapacitást adtak meg. Az Elcogen SOEL elektrolizálócellákat, stack-eket, modulokat gyárt.

Forrás:

HultiPLHy: World's Largest SOEC Electrolyzer started up at Neste's Rotterdam Refinery. 2025.10.06.

O. Posdziech (2021, Sunfire GmbH.): Production of renewable hydrogen and syngas via high-temperature electrolysis.

Topsoe inaugurates Europe's largest SOEC manufacturing facility. Topsoe Press Release, 2025.10.30.

Thyssenkrupp Nucera and Fraunhofer IKTS open First SOEC Pilot Production Plant for Stacks for the Production of Green Hydrogen. Thyssenkrupp Press Release, 2025.05.27.

Elcogen launches new high-volume solid oxide fuel cell factory in Europe to meet global demand for clean energy solutions. Elcogen Press Release, 2025.09.17.

Nyilvános árközlés nagyléptékű elektrolizáló rendszerre és 710 MW előrendelés

Az elektrolizáló-gyártói szektorban nem szokványos közlést adott ki nemrég a brit ITM Power, amikor bemutatta az új, szabványosított, „*Alpha 50*" márkanevet viselő, 50 MW-os elektrolizáló rendszerét. A szektorban még szokatlan, hogy a teljes bekerülési árat (*full scope price*) is publikálták, amely 50 millió euró, azaz fajlagosan 1.000 €/kW, ami jelenleg igen kedvezőnek számít a PEM típusú elektrolizálók esetében.

Az Alpha 50 *skid*-re szerelt, előre gyártott elektrolizáló-rendszer, amelyet úgy terveztek, hogy minimálisra csökkentsék a helyszíni építési és földmunkákat, szerelési szükségleteket. Az ITM *PEM Trident* elektrolizáló-stack technológiájára épülő rendszer tartalmazza az összes üzemegyensúlyi (BOP) komponenst, így működéséhez csak csapvizet és villamos energiát kell biztosítania az üzemeltetőnek. Az ITM szerint a rendszer kompakt mérete, moduláris felépítése lehetővé teszi, hogy nagyobb, akár száz megawattos elektrolizáló rendszereket is felépítsenek belőle.

Az ITM Power működéséhez kapcsolódó korábbi cikk: *Elektrolizáló-gyártók rögös útja a siker felé.* Hidrogén Hírlevél, 2024/4 (8. o.)

Az ITM közlése szerint az 50 millió eurós teljes bekerülési ár a teljes rendszer ára, beleértve a víztisztítást, az elektrolizáló rendszert, a BOP komponenseket és a vezérlőrendszereket is. A megadott ár nem tartalmazza a telepítési helyszínen jelentkező költségeket, mint például a szállítás, a telepítés és a kivitelezési munkák költségét. A nyilvánosan megadott ár kb. 1.000 €/kW (1.166 $/kW) szakértői vélemények szerint versenyképes, hiszen a nyugati versenytársak oldaláról eddig kb. 2.000–2.500 $/kW fajlagos PEM-elektrolizáló árak ismertek. Igaz, itt érdemes kiemelni, hogy az *Alpha 50* fajlagos ára európai szinten még viszonylag nagynak számító, 50 MW-os rendszer esetében érvényes. Ugyanakkor az ITM közleményében az is szerepel, hogy szükség esetén „kisebb", 10 MW-os rendszerméretre is le tudják skálázni a technológiát.

Az ITM a sheffieldi üzemében gyártja a technológia „lelkét", az elektrolizáló stack-eket, illetve állítja össze a modulokat, míg a többi BOP-komponenst a projekt helyszínétől függően kiválasztott gyártó-létesítmények-ben szerelik össze. A főbb technológiai elemek szabványos, 40 láb hosszú konténerekbe kerülnek, amelyeket könnyű installálni a telepítési helyszínen.

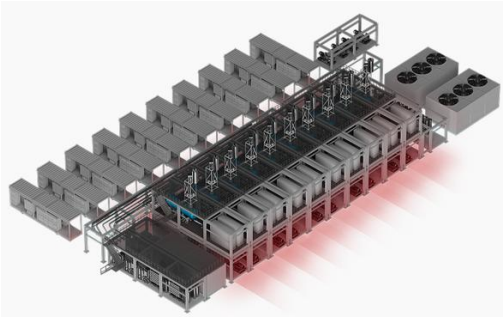
[8] www.hfc-hungary.org/tan/elektrolizalo-gyartokapacitasok_Europaban_2025-10.pdf

Az Alpha 50 rendszert maximális rendelkezésre állásra is optimalizálták, ami azt jelenti, hogy bizonyos, meghibásodásra hajlamos komponensek redundáns kialakításúak, így ha valami meghibásodik, az üzem továbbra is működik, miközben az adott alkatrészeket kicserélhetik.

Más OEM elektrolizáló-gyártók is rendelkeznek már konténerbe szerelt, szabványosított termékekkel az EPC-költségek csökkentése érdekében, de az ITM az első, amely nyilvános és *full scope* árat is közölt. Ez egyébként az ITM második nyilvános árbejelentése, miután 2024 májusában piacra bocsátott, 5 MW-os elektrolizáló rendszerére is hasonló fajlagos árat közölt. Az ITM CEO-ja szerint az árak nyilvánosságra hozatala azt is jelzi, hogy a cég magabiztos a terméke versenyképességét és leszállíthatóságát illetően. Úgy véli, hogy ez segíteni fog az ipari ügyfeleknek és a fejlesztőknek a végső beruházási döntések (FID) meghozatalában. A CEO még mindig sok olyan projektet lát, ahol a döntéshozók hezitálnak a FID meghozatalán. Ha viszont az elektrolizáló OEM versenyképesebb megoldást tud kínálni, sok projekt esetében megszülethet a végső beruházói döntés.

A fenti fejleményektől talán nem független, hogy november végén a németországi *Stablegrid Group* az ITM-et választotta két németországi energiatárolási projekt preferált technológiai partnerének és beszállítójának, ami 710 MW elektrolizáló-megrendelést jelenthet a jövőben a cég számára. Az egyik projekt 30 MW, a másik 680 MW kapacitású, és céljuk főként a túltermeléskor keletkező megújuló energia hidrogénné alakítása, azaz főleg hálózat-kiegyenlítési célokat szolgálnak. Az előállított hidrogént nagyléptékben, föld alatt tárolják. A hálózati kiegyenlítési üzemmód segíthet csökkenteni a negatív újraelosztási (*redispatch*) költségeket, ami Németországban jelenleg kb. 2-3 milliárd euró/év.

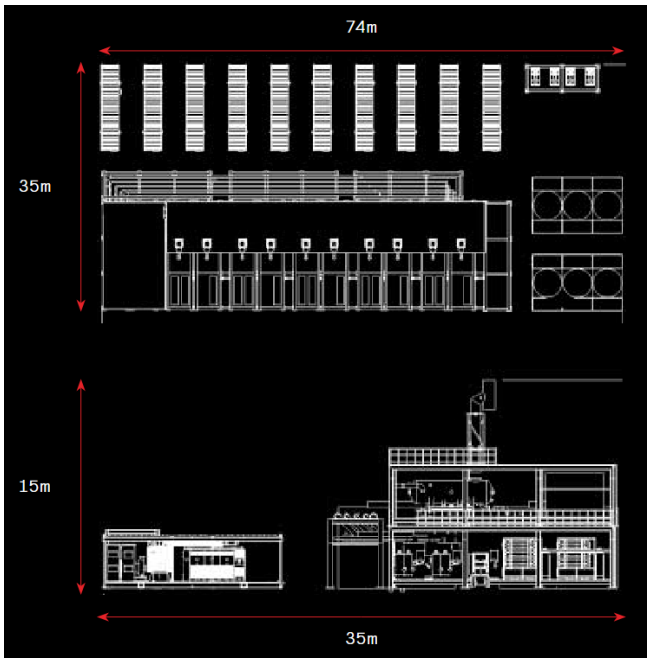
E nagyléptékű projektek még tervezési fázisban vannak. A kisebb, 30 MW-os projekt esetében 2026-ban hozzák meg a FID döntést. A nagyobb projekt esetében a FID 2028-ban várható, de addig is, 2026 januárjától zajlanak a FEED tervezési munkálatai. Bár a hidrogén végfelhasználásának pontos tervei e hírrel még nem kerültek nyilvánosságra, de a nagyléptékű hidrogéntárolásra való összpontosítás arra utal, hogy a projektek a Németországban építés alatt álló, 9.000 km hosszú hidrogén-törzshálózatot táplálhatják, és a lassan üzembe álló föld alatti tárolókat is igénybe veszik.



Alpha 50 elektrolizáló látványterv. Kép: ITM Power

Az Alpha 50 MW-os elektrolizáló rendszer területfoglalása kb. 74 x 35 m; a gyártó által javasolt elrendezési vázlatrajz a következő ábrán látható. E kiépítés tartalmazza a következőket:

- víztisztító + víz finomtisztító (polishing)
- PEM stack-ek és skid-ek (alapkeret)
- hidraulikai rendszer
- hűtőrendszer – hibrid hűtőtorony
- hidrogéntisztító egység
- tápellátás, transzformátor, kettős egyenirányító
- üzemi DCS (*Distributed Control System*) és biztonsági rendszer
- hőmenedzsment rendszer és szigetelés az ISBL technológiai egységekhez
- csővezetékek, műszerek és elektromos összekötések, a konténerekben elhelyezve.



Alpha 50 elhelyezési vázlat és területfoglalás. Kép: ITM Power

Az ITM számára ez lesz az eddigi legnagyobb, egyetlen ügyféltől érkező előzetes megrendelés. Ha ténylegesen megvalósul, az jelentősen megerősíti az ITM pozícióját Németországban, az EU vezető hidrogénpiacán.

Forrás:

ITM Power: Launch of ALPHA 50 – a new global standard for execution at scale. 2025.10.21.

ITM Power: Stablegrid Group selects ITM Power for 710 MW of energy infrastructure projects in Germany. 2025.10.21.

Megjelent a low-carbon („kék") hidrogénre vonatkozó rendelet

Korábban már többször beszámoltunk az alacsony karbonintenzitású (*low-carbon*, „kék") hidrogén jogszabályi hátterének fejlődési fázisairól. A *low-carbon fuels* (LCF) üzemanyagok és azon belül a low-carbon hidrogén (LCH) előállításának kereteit a hidrogén és dekarbonizált gáz jogszabálycsomag (*Gas Package*) határozza meg. Az igazán lényeges részletszabályokat pedig a gázpiaci irányelvhez kapcsolódó felhatalmazási rendelet (*Delegated Act*) tartalmazza, amelyet régóta várt az iparág. E végrehajtási rendelet jelent meg 2025. november 21-én az EU Hivatalos Lapjában, az *Official Journal*-ban. Pontos száma és címe: *Commission Delegated Regulation (EU) 2025/2359 supplementing Directive (EU) 2024/1788 specifying a methodology for assessing greenhouse gas emissions savings from low-carbon fuels*.

Hatályba lépése a megjelenéstől számított huszadik napon, azaz 2025 december 11-én esedékes, és közvetlenül hatályosul a tagállamokban. Ezzel a „kék" hidrogénre - pontosabban és tágabb értelemben az alacsony karbonintenzitású üzemanyagokra (LCF-re) – vonatkozóan is jogszabályi erőre emelkedett a részletszabályokat tartalmazó rendelet. A rendelet címében a „*fuels*", azaz üzemanyagok kifejezés található és maga a rendelet is lényegében a low-carbon üzemanyagok széles körére terjed ki, illetve alkalmazható. A low-carbon hidrogén egyik részhalmazát képezi a low-carbon üzemanyagoknak, tehát kis leegyszerűsítés, amikor a hidrogénes szakma e rendeletet „low-carbon hidrogén (LCH) rendeletnek" nevezi, de elfogadható. A „zöld" (RFNBO) hidrogénre már korábban megjelentek és hatályba léptek a végrehajtási rendeletek. Igaz, esetenként számottevő hibákkal együtt, de ilyen szempontból gyakorlatilag teljes lett a szabályozási környezet.

Egyesületünk a low-carbon (kék) és RFNBO (zöld) hidrogén előállítás EU-s szabályrendszeréről egy képzéssel rendelkezik, amelyet megfelelő résztvevői létszám (min. 8 fő) esetén rendszeresen megtartunk.

Megnyílt az Európai Hidrogénbank 3. aukciója

Az Európai Bizottság 2025.12.04-én ismét meghirdette az Európai Hidrogénbank (EHB) idei, sorrendben a 3. aukciós pályázatát, amelynek közvetlen költségvetése 1,3 milliárd euró. Ezt kiegészíti még további 1,7 milliárd euró mobilizálása, amely a tagállami költségvetésekből történik, így a teljes idei keretösszeg 3 milliárd euró. Az EHB aukciója most kiegészíti az Innovációs Alap (*IF, Innovation Fund*) szokásos felhívását, amely 2,9 milliárd eurót különít el tiszta technológiák gyártására és dekarbonizációs projektekre, amelyből a hidrogén-szektor szintén részesedhet.

Az EHB aukciót – a megelőzően már publikált szerződéses feltételek (*Terms & Conditions*) tervezetének megfelelően – három kategóriára írták ki, amelyek önálló pénzügyi alkerettel rendelkeznek:

- 600 millió € kifejezetten a megújuló alapú, azaz RFNBO státuszú hidrogénelőállítás alkerete
- 400 millió € az RFNBO hidrogén és alacsony széndioxid-kibocsátású (low-carbon) hidrogén előállítás alkerete - itt fontos, hogy csak az elektrolitikus alapú előállítási mód alkalmas, azaz például a hagyományos, földgáz alapú SMR technológiával előállított, de széndioxid-leválasztással és -tárolással (CCS) kiegészített előállítási mód nem pályázhat
- 300 millió € a tengerhajózási és repülési ágazat üzemanyagának kerete.

Az EHB aukciós felhívás újdonsága, hogy most először *low-carbon* (alacsony karbonintenzitású, „kék") hidrogén előállítása is támogatható, és nem csak a zöld (RFNBO) hidrogén előállítása. Azonban figyelembe kell venni, hogy a low-carbon hidrogénelőállítás is csak elektrolízis alapú lehet. Ez praktikusan azt jelenti, hogy pl. a nukleáris alapú villamos energián és elektrolízisen alapúló H_2-előállítási mód támogatható, mivel ez LCH-nak, azaz low-carbon hidrogénnek minősül – amennyiben a hidrogénhez kapcsolódó ÜGH kibocsátás-megtakarítás eléri a legalább 70%-ot, illetve megfelel az előző cikkben röviden bemutatott végrehajtási rendelet (*LCF/LCH Delegated Act*) szabályainak.

Az is újdonság, hogy a tengeri és légi közlekedési ágazat, azaz két jelentős és nehezen dekarbonizálható ágazatra egy önálló, dedikált alkeret (300 millió €) áll rendelkezésre. Ennek egyebek mellett az lehet a praktikus következ-ménye, hogy a tengerhajózási és repülési alkeretbe pályázók valószínűleg magasabb ajánlati árral is nyerhetnek. Egy adott projekt ajánlata csak egy alkeretbe pályázhat.

Ami hasonló a korábbi két aukcióhoz, hogy a támogatás formája idén is teljesítményalapú fix (€/kg$_{H2}$) prémium, ellenőrzött termelésre, max. 10 éves kifizetési időszakra. A támogatás kifizetése a benyújtott licit alapján történik, egylépcsős aukció keretében.

Fontos, hogy szigorúbb projektkészültségi követel-ményeket, garanciákat követel meg az idei kiírás.

Például a projektfejlesztők részéről komolyabb saját tőke bitosítását kérik. E szigorúbb követelmények segítenek biztosítani, hogy csak érett, befektetésre kész projektek pályázzanak, csökkentve a késedelmeket és lehetővé téve a reálisabb ajánlattételt. Erre nagy szükség volt, mivel az EHB első két aukciójával kapcsolatosan komoly problémák jelentkeztek. A korábbi aukciók anomáliáiról szóló cikkünk honlapunkon található.

Igen jelentős az EHB *„Auction as a Service" (AaaS)* szogáltatása iránti érdlődés is. Az AaaS keretében tagállamok saját nemzeti forrásaikból finanszírozhatnak olyan saját országbeli hidrogénprojekteket, amelyek a fő EHB aukción nem nyernek. Az AaaS mechanizmusba Németország 1,3 milliárd euró, Spanyolország pedig 487 millió euró forrást biztosít.

A fontos műszaki feltételek közé tartozik, hogy csak 5 MW elektrolizáló-teljesítmény feletti projektek pályázhatnak. Az elektrolizáló létesítménynek egy adott földrajzi helyen kell lennie, azaz különböző helyszíneken található elektrolizáló-kapacitások nem vonhatók össze virtuálisan. Az európai ipart hivatott védeni az az előírás, amely szerint az elektrolizáló-kapacitás legalább 75%-ának Kínától eltérő országból kell származnia. Az előállított RFNBO-hidrogént a projekgazdák értékesíthetik bármely végfelhasználónak, önmaguk felhasználhatják vagy tárolhatják. A projekteknek meg kell felelniük a vonatkozó EU-s kiberbiztonsági jogszabályoknak és bizonyos Taxonómia feltételeknek is.

Az aukciót az Európai Bizottság CINEA ügynöksége menedzseli. További információk, az aukciók hivatalos (*T&C*) feltételei a következő linken találhatók:

- https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/innovfund/wp-call/2025/call-fiche_innovfund-2025-auc-h2_en.pdf
- Innovation Fund (INNOVFUND) - Auction call for proposals - Innovation Fund fixed premium auction call 2025 for Hydrogen (INNOVFUND-2025-AUC-H2) - Version 1.0. 4 December 2025

Határidő: az ajánlatevők – mindhárom keret esetében – 2026.02.19-ig nyújthaják be ajánlataikat.

Benyújtás: elektronikus formában, az *EU Funding & Tenders Portal* meghatározott formanyomtatványain

Tagvállalati bemutatkozó

Új tagjaink bemutatkozó sorozatának keretében most a HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet főként hidrogénnel kapcsolatos tevékenységeiről olvashatnak – a Szerk.

A Magyar Kutatási Hálózat (HUN-REN) intézetében zajló, jellemzően alapkutatások tárgya a Föld-rendszer fizikai állapotának és folyamatainak megfigyelése, modellezése, értelmezése, valamint az ezekhez kapcsolódó elméleti (matematikai, fizikai) és gyakorlati módszerek, vizsgálati eszközök fejlesztése, létrehozása. Az alapfeladatok körébe tartozik a szilárd Föld és a Föld körüli térség folyamatos obszervatóriumi megfigyelése, az országos szeizmológiai hálózat és szolgálat fenntartása, a nemzetközi együttműködésekkel járó adatszolgáltatási feladatok ellátása, valamint időszakos megfigyelőrendszerek működtetése. Az intézet alapkutatási tevékenységével összefüggésben részt vállal természeti erőforrások kutatásában, természeti kockázatok tudományos elemzésében, továbbá a hazai és az európai kritikus infrastruktúra védelmében.

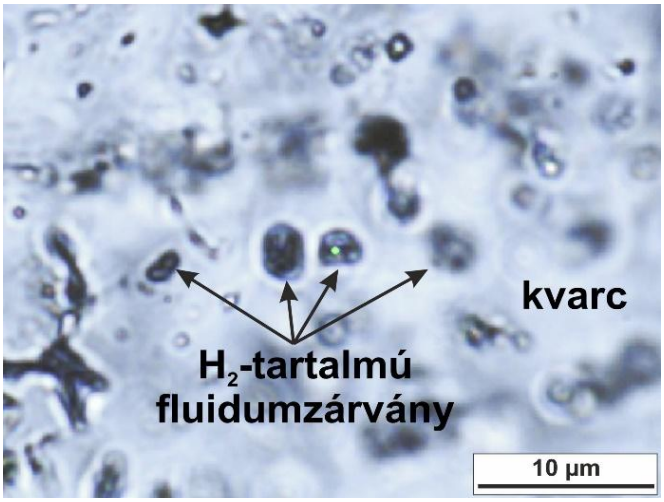
A Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet székhelye Sopronban található, másik központi telephelye a budapesti Kövesligethy Radó Szeizmológiai Obszervatórium. Az intézet továbbá kiterjedt infrastruktúra-hálózattal rendelkezik, az ország különböző pontjain üzemeltetünk mérőberendezéseket (*1. ábra*). Az intézet hagyományos kompetenciái, az obszervatóriumi hálózaton keresztül, a Föld fizikai

1. ábra: a *HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet telephelyei térképen, illetve fényképeken.*

paramétereinek megfigyelésére koncentrálnak. Az utóbbi évtizedben ezen megfigyelések kiegészültek geológiai, anyagvizsgálati, analitikus módszerek alkalmazásával és fejlesztésével. A széles körű, megfigyeléseken alapuló kutatások integrálása modellezési módszerekkel történik, amely lehetővé teszi a komplex földtudományi folyamatok teljesebb körű megértését. Kihasználva a különböző tudomány-területek együttműködésében rejlő lehetőségeket, az intézetben integrált kutatási projektek zajlanak és további projektek állnak tervezés alatt.

Az intézetben az alapkutatási tevékenységek mellett egyre növekvő mértékben folynak az intézeti kompetenciákra épülő geo-energiával kapcsolatos, elsősorban geotermikus energiára és a természetes hidrogénre fókuszáló kutatások. Ez utóbbi, nemzetközi együttműködéseken alapuló kutatások a különböző geológiai környezetekben fellelhető természetes hidrogén kialakulására, áramlására és fluxusára koncentrálnak a világ számos területén (pl. Brazília, Lengyelország, Spanyolország), illetve a Kárpát-medencében. Az intézeti hidrogénkutatás egyik fókuszában a természetes hidrogén kigázosodások műholdalapú feltárása és megfigyelése áll. A műholdas kutatás a természetes hidrogén egyik jelentős felszíni megjelenési formáit, az ún. „tündérköröket" (*fairy circle*) vizsgálja. A tündérkörök néhány 10-1.000 m-es átmérőjű, növényzeti anomáliával (általában elhaló növényzet) járó felszíni depressziók (*2. ábra*), amelyek esetenként jelentős (talajban mért) hidrogéngáz-koncentrációt mutatnak, amely felszín alatti hidrogén felhalmozódást indikálhat. A műholdalapú kutatómódszer, különböző paraméterek (pl. felszínmozgás, növényzeti változások) monitorozásával, lehetővé teszi a potenciális tündér-körök feltérképezését és kialakulásuk, időbeli változé-konyságuk megfigyelését, ami hozzájárul a természetes hidrogénrendszerek szélesebb körű megértéséhez.

2. ábra: Hidrogén kigázosodást mutató „tündérkörök" Brazíliában. Forrás: Alain Prinzhofer



3. ábra. Kvarc ásványban záródott, hidrogéngázt tartalmazó fluidumzárvány mikroszkópi felvétele a Kárpát-medence nyugati részéről. Kép: HUN-REN EPSS

A természetes hidrogénhez kötődő intézeti kutatások másik fókuszában az ún. fluidumzárványok és felszíni kigázosodások geokémiai vizsgálatai állnak. A természetes hidrogén gáz halmazállapotban migrál kőzetek repedéshálózatán keresztül folyamatos kölcsönhatásban a környező kőzetekkel és az azokat alkotó ásványokkal. A hidrogéngáz áramlása során kristályosodó ásványokba apró, mikroszkópos léptékben megfigyelhető zárványokként csapdázód-hatnak (*3. ábra*), így nyújtva lehetőséget a természetes hidrogéngáz keletkezési és áramlási útvonalainak feltárására. A kőzetek ásványaiban csapdázódott fluidumzárványok ugyanis lehetőséget biztosítanak arra, hogy a földtörténeti múltban lezajlott fluidumáramlások kémiai és fizikai feltételeiről közvetlen információt szerezhessünk. A természetes hidrogén termelődéséért felelős folyamatok, mint például a szerpentinitesedés, vagy a víz radiolízise során keletkező molekuláris hidrogén csapdázódhat és megőrződhet. A zárványok fizikai (homogenizációs hőmérséklet, fázisok és azok aránya és változása, sűrűség) és kémiai tulajdonságainak (összetétel) meghatározása lehetővé teszi a természetes hidrogénrendszerek jobb megismerését, továbbá a hidrogén, mint geofluidum képződési, áramlási és felhalmozódási feltételeinek leképzését.

A fluidumzárványok vizsgálata talajgáz geokémiai vizsgálatok alkalmazásával kiegészítve nemcsak a fluidumáramlási útvonalak és hálózatok térképezé-séhez biztosít lehetőséget, hanem ideális eszközt jelent a hidrogén mellett olyan társult elemek, mint a radon és a hélium felszíni kigázosodásainak azonosításához.

További információ és kapcsolat: https://epss.hun-ren.hu/