H2 - HIDROGÉN HÍRLEVÉL

A Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület hírlevele

Alapítva: 2011-ben. **2025/1. – március**

Tartalom

Hidrogénszektor: nehézségek és kilátások ……..……...……1

A H2 Global második hidrogénimport aukciója ……...1

Felmérés a hidrogénszektorba történő beruházások akadályairól ...2

Az európai hidrogénpiac problémái és ennek feloldási javaslatai …..……3

BlackRock hidrogénfókuszú befektetési alap 5

A délkelet európai (SEEHyC) H_2-korridor és hazai vonatkozásai ..5

Hidrogénbekeverés-projekt az OPUS TIGÁZ Zrt.-nél 8

Krio-komprimált (CcH2) hidrogéntárolás és demonstrációja ……10

AFIF-támogatást nyert H_2-töltő-infrastruktúra projektek - 2025 …...13

A hidrogénmobilitás friss statisztikai adatai ……..……15

Cseppfolyós hidrogén (LH2) tengeri szállítása - új típusú tanker ……19

Tagvállalati bemutatkozó ……20

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

Hidrogénszektor: nehézségek és kilátások

A hidrogénszektor Európában és globálisan is bizonytalansággal, lassulással néz szembe az utóbbi időben. Már a megelőző (2024/4) lapszámunkban is több cikkben, több oldalról foglalkoztunk e kérdéskörrel és jelen Hírlevél is – főként az első két cikkben - folytatja e tematikát. A nyilvánvaló nehézségek mellett sem szabad a „hidrogéninga" túlzóan pesszimista oldalára átsodródni, mert sikeres projektek, technológiai fejlesztések, szakpolitikai intézkedések is vannak, és ezek egy-egy fontos építőkövét képezik a hidrogénszektor szerves fejlődésének.

Mindezekre tekintettel jelen lapszámban a fókusztémák:

- a hidrogénszektorba irányuló beruházások akadályai és az ezekhez kapcsolódó megoldási javaslatok, amelyekről egy EU szintű felmérés van folyamatban, és amelynek előzetes eredményei már elérhetők *(részletek a 2. oldalon)*
- az ún. RFNBO Koalíció – számos európai ipari érdekképviseleti szervezet – által, szintén az európai hidrogénpiac problémáiról és megoldási javaslatokról szóló nyílt levél és felhívás, amelyet az Európai Bizottságnak címeztek a hidrogénstratégia és a kapcsolódó szakpolitikák realitásvizsgálatát kérve (*részletek a 3 oldalon*).

A szektor fejlődésének kétarcú jellegét tükrözi a hidrogénmobilitás globális tendenciáját bemutató cikk is. Nézőponttól függően ez alapján ki lehet emelni az FCEV személyautó szegmens erősen lecsökkent értékesítési ütemét, ugyanakkor ki lehet emelni a növekvő nehézgépjármű (HDV) szegmenst, és - főként utóbbi következményeként - a H_2-üzemanyag közvetlen közlekedési alkalmazásának meglehetősen dinamikus növekedését is (*részletek a 15. oldalon*).

A H2Global második hidrogénimport aukciója

Február közepén jelent meg a H2Global második aukciós felhívása az EU Közbeszerzési Értesítőjében (TED-ben) 2,5 milliárd euró értékben zöld hidrogén, illetve hidrogénszármazékok (ammónia, metanol) harmadik országból történő beszerzésére. Az aukciót lebonyolító szervezet, a Hintco GmbH, a H2Global leányvállalata.

A H2Global első aukciójáról H2 Hírlevelünk 2023/1 lapszámában írtunk részletesen. Az első tender győztesét 2024 júliusában hirdették ki, odaítélve ezzel a hidrogénszármazék-import keretében az első, zöld ammóniára vonatkozó szerződést a Fertiglobe vállalatnak. A nyertes ajánlat keretében a Fertiglobe 1.000 euró/t áron, 2027 és 2033 között legalább 397.000 tonna zöld ammóniát szállít Északnyugat-Európába. A Fertiglobe egy műtrágyagyártó vállalat a közel-keleti régióban, amely az OCI Global (jelentős műtrágyagyártó cégcsoport) és az Abu Dhabi állam tulajdonában álló ADNOC olajvállalat közös vállalkozása.

Ez a cikk teljes terjedelmében honlapunkon olvasható:
www.hfc-hungary.org/h2global/

Felmérés a hidrogénszektorba irányuló beruházások akadályairól

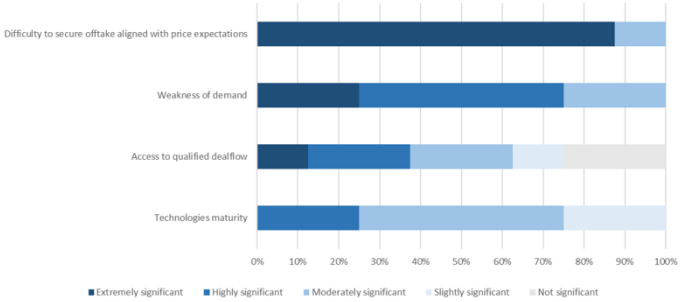
Az Európai Bizottság által létrehozott „Befektetők Energiaügyi Párbeszéde" (*Investors Dialogue on Energy*) egy strukturált, elsődlegesen online platform, ahol az energetikai szektor érdekelt feleivel folytathatnak párbeszédet, ahol összegyűjthetik a befektetők véleményét, és amely végső soron fórumot ad a szakmai vitákhoz. Célja, hogy energetikai és pénzügyi szakértők megvitassák az energiaprojektek előtt álló beruházási akadályokat, megoldásokat találjanak, illetve gyakorlati ajánlásokat fogalmazzanak meg a beruházási nehézségek kezelésére. A Befektetői Párbeszéd (ID) az energetikai értékláncok több szegmensében aktív, az energiatermeléstől, a szállítási infrastruktúrákon és tároláson át az aktív fogyasztók szegmenséig. Szempontunkból most az a lényeges, hogy az *Investors Dialogue* még 2024 végén – a Hydrogen Europe-pal együttműködve – felmérést készített a hidrogénágazatban aktív vagy abban a jövőben érdekeltté váló magán- és állami befektetők körében, hogy megkérdezze véleményüket célzottan a hidrogén, illetve hidrogéntechnológiai beruházások előtt álló akadályokról. Az EU-Survey weboldalán található, *Investors Dialogue on Energy/Hydrogen investors' survey* című online kérdőív segítségével mérték fel a helyzetet, amelynek két fő célja:

- azonosítani a legfontosabb kihívásokat, amelyek akadályozzák a hidrogénszektor beruházásait és ezáltal a növekedését, legyen szó akár a piaci érettségéről, a szabályozásról, az ellátási láncról, a jövedelmezőségről, az infrastruktúráról, stb.
- azonosítani a leghatékonyabb megoldásokat az akadályok – legalább egy részének – feloldására.

A cikk további részében e felmérés előzetes eredményeit mutatjuk be Flavio De Pascali (*Investors Dialogue on Energy*) 2024.12.17-i előadása alapján. A cikk készítésekor még nyitott volt a konzultáció, ezért csak a zárásáig elérhető adatokat tudjuk itt bemutatni.

Piaci érettség, korai piaci fázis

A tiszta hidrogén projektek és az ide irányuló befektetések vonatkozásában az az egyik legfontosabb tényező a korai piaci fázisban, hogy a végfelhasználók árelvárásai a beszerzési szerződésekben jóval alacsonyabbak, mint a hidrogén jelenlegi, tényleges ára. Ahogy a mellékelt ábrán is látható, a válaszadók több mint 85%-a ezt *extrém fontos* okként jelölte meg, de még a maradék 15% válaszadó is azt a felelte itt, hogy *nagyon fontos* oknak tartja ezt. Tehát e kérdésnél nem is merült fel olyan válasz, amely azt tükrözte volna, hogy ez az akadály csak *közepesen/kissé/nem fontos* tényező lenne a korai hidrogénpiac fejlődése szempontjából.

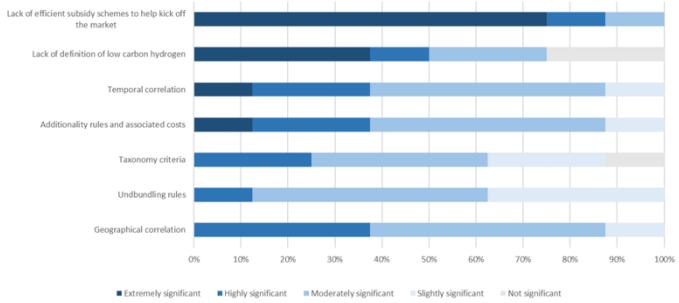


A korai piaci fázis kapcsán felmerülő akadályozó tényezők. Kép: EU-Survey - Hydrogen investors' survey.

A kereslet gyengeségét (*weakness of demand*) szintén a kulcsfontosságú akadályok közé sorolta a felmérés, mivel e tényezőt a válaszadók 75%-a tartotta *extrém*, vagy *nagyon fontos* tényezőnek. Ez aláhúzza azt a tényt, hogy olyan piacról van szó, amelynek még erős és fenntartható *project pipeline*-t kell generálnia. Ezzel szemben a minősített kereskedelmi csatornákhoz való hozzáférést már kevésbé tartották akadályozó tényezőnek, ugyanakkor a technológia nem kellő érettségét már nem tekintették érdemi akadálynak.

Szabályozási kérdések és szakpolitikák

E téren a legjelentősebbnek vélt probléma a hatékony támogatási rendszerek hiánya a piac beindításához. Ezt a válaszadók 75%-a gondolta *extrém fontos*nak, de a maradék arányban is *erősen*, vagy *közepesen fontosnak* gondolták. A szabályozás terén szintén fontos akadálynak vélt tényező a *low-carbon* hidrogén pontos definíciójának hiánya, amit 50% tart *extrém*, vagy *nagyon fontos* oknak.



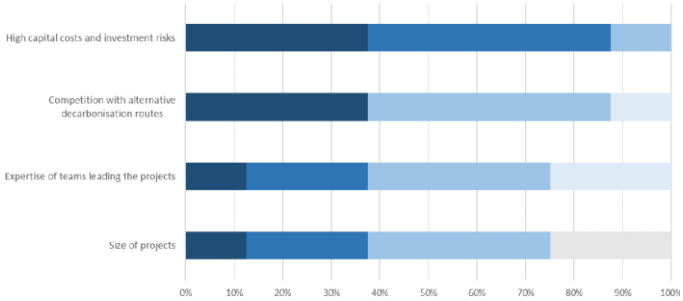
Szabályozás és szakpolitikák terén mutatkozó akadályozó tényezők. Kép: EU-Survey - Hydrogen investors' survey

Ezek az előzetes eredmények megerősítik, hogy a hidrogénprojektek jelenlegi állami támogatási mechanizmusai hiányosak és/vagy túlságosan széttagoltak.

Nyereségesség és megtérülés

A befektetések szempontjából e téren a magas CAPEX költséget és a beruházási kockázatot érdemes kiemelni mint leglényegesebb akadályozó tényezőt. Ezt a válaszadó szakértők közel 90%-a tartotta *extrém*, vagy

nagyon fontos tényezőnek. Itt kiemelhető még barrierként az *alternatív dekarbonizációs megoldásokkal történő verseny* is, amit szintén kb. 40% gondolt *extrém* fontosnak.



Nyereségesség és megtérülés terén fellépő akadályozó tényezők.
Kép: EU-Survey - Hydrogen investors' survey

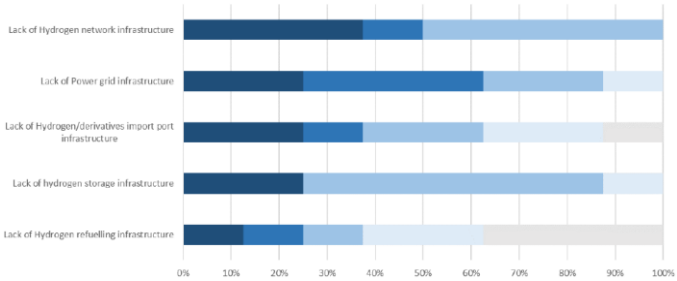
Kisebb jelentőséggel, de megemlíthető még a projektet kivitelező csapatok szakértelme is, amit a válaszadók kicsit kevesebb mint 40%-a gondolt *extrém* vagy *nagyon fontos* tényezőnek.

A fenti konzultációs pontok eredményei rávilágítanak arra, hogy bár a hidrogénprojektekhez általában rendelkezésre áll a beruházási tőke, a fő kihívás abban rejlik, hogy e projekteket bankképessé, ténylegesen beruházásra érett projektekké tegyék. Ennek eléréséhez egyértelmű szabályozásra és stabil piaci feltételekre van szükség. Csak így válhat piaci szempontból megfelelővé a projektek jövedelmezősége.

Infrastruktúra

Továbbra is jelentős kihívás a hidrogén elosztásához, logisztikájához szükséges fizikai infrastruktúra megléte, illetve ennek fejlődési üteme. E téren a két legjelentősebbnek ítélt akadályozó tényező egyrészről a hidrogénhálózatok hiánya, másrészről a megfelelő villamosenergia-hálózat elégtelensége. A hidrogén-infrastruktúra fejlesztésére két fő intézkedést javasoltak a felmérésben résztvevők:

- teljesítési garanciák az infrastruktúra létesítésének késedelméből adadó kockázatok csökkentésére. Ez azt jelenti, hogy amikor egy hidrogénprojekt kapcsán meghozza egy gazdasági szereplő a végső, pozitív beruházói döntést (FID) és a projekthez a hidrogén-infrastruktúra (leginkább pl. egy H_2-gázvezeték) kialakítása is szükséges, akkor az állam, vagy a szállítási rendszerüzemeltető (TSO) garantálja ennek tényleges megépítését
- kapacitásdíjak bevezetése a kezdetben alacsony kihasználtságú hidrogéninfrastruktúra támogatására, amely addig szükséges, amíg az adott infrastruktúra el nem éri az optimális kihasználtságot.



Infrastruktúrák terén fellépő akadályozó tényezők.
Kép: EU-Survey - Hydrogen investors' survey

Forrás:

EU-Survey | „Hydrogen investors' survey"
https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/ID-E_WG1_Hydrogen_investors_survey

RFNBO Koalíció – az európai hidrogénpiac problémái és megoldási javaslatok

A Hydrogen Europe és az informális jellegű *RFNBO Coalition* – számos hidrogéntechnológiai cég és egyéb érintett szervezet aláírásával – közös nyilatkozatot juttatott el az Európai Bizottsághoz 2025 első negyedévében. Ebben az EU-s hidrogénstratégia, illetve hidrogénhez kapcsolódó szakpolitika realitásvizsgálatát kérték. A közös nyilatkozat kidolgozói és aláírói nem vitatják e stratégiák, szakpolitikák létjogosultságát, jelentőségét, de az utóbbi időszakban nyilvánvalóvá vált, hogy a mindössze néhány éve megalkotott hidrogénstratégia, valamint a szakpolitikák és a valóság között jelentős az eltérés, és emiatt szükség van egyfajta *„reality check"*-re. E témával már legutóbbi, 2024 decemberi H_2 Hírlevelünk több cikkben, több aspektusból közelítve foglalkozott. Az említett közös nyilatkozat rövid áttekintését azért tartjuk fontosnak, mert mind a tapasztalható problémák leírását, mind a feloldásukra javasolt intézkedéseket tartalmazza és ezek megfontolásra érdemesek.

A nyilatkozat lényegében az európai zöld hidrogén, pontosabban az RFNBO-hidrogén előállítási és felhasználási nehézségeire reflektál, amelyek a vártnál lassabb ütemben haladnak. A problémákat, kihívásokat a nyilatkozat az alábbiakban látja:

- nagy a szakadék a hidrogénnel kapcsolatos stratégiai, szakpolitikai elképzelések és a piaci valóság között
- az elektrolizálók beépített kapacitása lassan fejlődik
- nem versenyképes a megújuló alapú (zöld) hidrogén előállítási költsége
- a hidrogén-infrastruktúra fejletlen és az infrastruktúra megteremtését szolgáló befektetések szintje sem megfelelő
- hiányoznak a keresletoldali támogatási rendszerek
- tisztázatlan az alacsony karbonintenzitású

(*low-carbon*/„kék”) hidrogénnek az európai hidrogénpiacon betöltött szerepe

- hiányzik a hidrogénimportra vonatkozó hatékony vízió és stratégia.

A fenti pontokban részletezett nehézségek alapján az együttes nyilatkozat célja, hogy felhívja a szakpolitikusok figyelmét a sürgős, pragmatikus szemléletű felülvizsgálat (*reality check*) szükségességére. Egyben rövid és hosszútávon érvényesítendő strukturális intézkedéseket, cselekvési irányokat fogalmaz meg a következők szerint:

- a hidrogénelőállítást pragmatikusabb és technológia-semleges alapokra kell helyezni és ennek érdekében:
  i) az RFNBO előállítás EU-s szabályrendszerére vonatkozóan hatásvizsgálatot kell végezni, amely feltárja a hatályban lévő szabályrendszer hatásait a H_2-előállítási költségekre, az üvegházhatású gázok kibocsátásának, illetve megtakarításának mértékére és az energiarendszer egészére gyakorolt hatását, ahogy ezt a 2023/1184 felhatalmazási rendelet 10 cikkelye, valamint a RED-III irányelv 27(6) cikkelye előírja. E hatásvizsgálatot minél előbb, de még a jogszabályban eleve előírt 2028-as hatásvizsgálat előtt feltétlenül el kell végezni. Ennek eredményei alapján az Európai Bizottságnak korrekciós intézkedéseket kell érvényesíteni, amelyek alkalmasak a felmerült problémák kezelésére, illetve elősegítik a hidrogénpiac fejlődését.
  ii) az alacsony karbonintenzitású (*low-carbon*) hidrogénre vonatkozó – még hiányzó – felhatalmazási rendelet (*Delegated Regulation on Low Carbon Fuels*) megalkotása során is pragmatikus, technológiasemleges és igazságos megközelítést kell alkalmazni, amely garantálja az e hidrogéntípussal kapcsolatos szabályozási biztonságot, hogy realizálható legyen a *low-carbon* hidrogénben rejlő potenciál.
- megfelelő intézkedések révén biztosítani kell, hogy a *Clean Industrial Deal* keretében folyamatosan pénzügyi ösztönzők álljanak rendelkezésre a hidrogén technológiai szintű költségeinek csökkentésére
- a hosszú távú tervezési biztonság támogatása az Európai Hidrogénstratégia technológiasemleges felülvizsgálatával
- az infrastruktúra fejlesztésének felgyorsítása és intelligensebbé tétele. Ennek fényében rendkívül fontos a felülvizsgált Dekarbonizált Gáz és Hidrogén Jogszabálycsomag (*Gas Package*) gyors végrehajtása, különösen a hidrogénpiac szervezésére (a gázpiaci irányelv 3. cikkének (5a) bekezdése) és a hálózatfejlesztésre (a gázpiaci irányelv 52. cikke) vonatkozó rendelkezések megvalósítása. Ezen túlmenően fontos lenne az uniós szintű cselekvési terv kidolgozása a hidrogénhálózatok vonatkozásában, amely visszatükrözné a villamosenergia-hálózatokra elfogadott tervet.
- az RFNBO-kból és az alacsony karbonintenzitású hidrogénből előállított termékek piacának megteremtése, ami az üzleti tervek létrehozásának alapvető előfeltétele. E piacok létrehozásához következetes, termékszintű tanúsítási rendszerre, valamint a meglévő termékekkel szembeni versenyképességi hátrány megszüntetésére irányuló, kifejezetten a felvevőpiacot ösztönző (*market-pull*) intézkedésekre van szükség.
- az európai piac keresletoldali ösztönzőinek fejlesztése: az érintett iparágakat és más hidrogénfelhasználókat a piac korai szakaszában támogatni kell a meglévő uniós finanszírozási források, például az Európai Hidrogénbank, a hidrogénre és származékaira vonatkozó alacsonyabb adómértékek megállapításával az energiaadó-irányelv (*Energy Taxation Directive*) felülvizsgálata során, valamint az ipari dekarbonizáció gyorsításáról szóló törvény (*Industrial Decarbonisation Accelerator Act*) részeként létrehozott új támogatási mechanizmusok felhasználásával.
- az EU szerepének megerősítése a hidrogén globális piacának megteremtésében az Európai Hidrogénbank nemzetközi pillérének fejlesztésével és az uniós adatbázis (*Union Database*) hatályának harmadik országokra való kiterjesztésével.

Aláíró szervezetek (*RFNBO Coalition*)	
• Ammonia Europe	• European Steel Association
• CEFIC Chemical Industry in Europe	• Eurogas
• European Ceramic Industry Association	• Fertilizers Europe
• CO2 Value Europe	• GIE Gas Infrastructure Europe
• European Confederation of Fuel Distributors	• Hydrogen Europe
• eFuel Alliance	• International Federation of Industrial Energy Consumers
• EIGA European Industrial Gases Association	• IOGP International Association of Oil & Gas Producers
• eNG Coalition	• UPEI Europe's Independent Fuel Suppliers
	• VDMA Power-to-X Application

A nyilatkozat aláírói a fenti szövegdoboz kiemelésben láthatók; egyenként is jelentős iparági szervezetek.

Forrás: Hydrogen Europe (coord., 2025): Informal Coalition of RFNBO Sectors Joint Statement - Reality Check for European Hydrogen Policy to Adjust the Course.

A BlackRock hidrogénre és energiatárolásra fókuszáló befektetési alapja

Az eddigi cikkekben leírt nehézségek, negatív hírek után egy pozitív, bizakodásra okot adó hír következik. A világ legnagyobb vagyonkezelője, a BlackRock tiszta energia befektetési alapot (*clean energy investment fund*) indított idén év elején, amely a hidrogén- és energiatárolási technológiákra összpontosít.

EQUITY
STOR **iShares Energy Storage & Hydrogen UCITS ETF**

Az iShares a BlackRock csoporthoz tartozik és a tőzsdén kereskedett alapokra (ETF, *Exchange-traded funds*) specializálódott. Az iShare *Energy Storage and Hydrogen UCITS ETF* (STOR) olyan kritikus időszakban jön létre, amikor a hidrogén iránti befektetői bizalom bizonytalanná vált, így még nyilvánvalóbb, hogy az ágazat stabil, hosszú távú finanszírozásának jelentősége felértékelődött. A STOR 2025 februárban indult, az *Euronext Amsterdam* tőzsdén jegyzik és február 10-én 5,12 millió dollár nettó eszközállománnyal rendelkezett. Legnagyobb részesedései a Contemporary Amperex Technology (8,2%), az Air Products & Chemicals (7,15%), az Asahi Kasei Corp (7%) és a Linde (6,80%) cégekben vannak. A STOR emellett 4,4%-os, illetve 2,2%-os részesedéssel rendelkezik a Bloom Energy és a Delta Electronics elektrolizáló-gyártó cégekben. Földrajzi lefedettségét tekintve az alap piaci értékben az USA-ban képviseli a legnagyobb (35%) arányt, ezt követi Japán (30%), majd Kína (10,6%) és Franciaország (9,9%). 1-5% közötti részesedéssel bír Dél-Korea, Taiwan, Svájc, továbbá még több, de már egy százalék alatti részesedésű ország.

A STOR a *STOXX*[1] *Global Energy Storage and Hydrogen* indexet követi, ezt tekintik az alap referencia-indexének. Az STOR indulásakor 53 részvényből álló, diverzifikált portfólióval rendelkezett. Eszközeinek legalább 35%-a megfelel az ESG-elvek[2] szerinti fenntarthatósági kritériumoknak. A *STOXX Global Energy Storage and Hydrogen Index* követése mellett kitettséget kínál az energiatárolási iparágban, azonosítva az energiatároló rendszerekkel - beleértve a helyhez kötött (energetikai célú) akkumulátorokkal, valamint a hidrogén és üzemanyagcellás technológiákkal - foglalkozó vállalatokat.

A világ legnagyobb befektetőjeként a BlackRock hidrogéniparnak nyújtott támogatása hozzájárulhat a befektetői bizalom erősítéséhez, a finanszírozási feltételek javításához és a piac növekedésének felgyorsításához. Ez a támogatás egy olyan időszakban érkezik, amikor a befektetők bizonytalanok, számos hidrogénprojektet elhalasztanak vagy visszavonnak. Mindez rávilágít a hidrogéntechnológiai befektetésekkel kapcsolatos kihívásokra és profitelvárásokra.

Forrás:
www.ishares.com/uk/individual/en/products/335844/ishares-energy-storage-hydrogen-ucits-etf?switchLocale=y&siteEntryPassthrough=true

A délkelet európai (SEEHyC) hidrogénkorridor és hazai vonatkozásai

A délkelet-európai hidrogénfolyosó (SEEHyC - *South-East European Hydrogen Corridor*) hét európai – köztük a magyarországi - gázinfrastruktúra-vállalat, a DESFA (GR), a Bulgartransgaz (BG), a Transgaz (RO), az FGSZ (HU), az Eustream (SK), a NET4GAS (CZ) és az OGE (DE) együttműködése, amely 2024-ben indult útjára, és melyhez a naTran (DE) 2025-ben csatlakozott nyolcadikként. Célja a zöld hidrogén ellátás biztosítása Délkelet- és Közép-Európában, valamint részben Németországban. A SEEHyC kezdeményezés keretében a partnerek feltárják e hidrogénvezeték megvalósíthatóságát. A tervezett folyosó a görögországi és bulgáriai ígéretes ellátási területeket Románián, Magyarországon, Szlovákián és Csehországon keresztül a németországi keresleti gócpontokkal kötné össze. Az útvonala mentén fekvő keresleti központok ellátásához

A délkelet európai hidrogénkorridor vázlatrajza. Kép: seehyc.eu

[1] https://stoxx.com/index/stxegstg/
[2] Az ESG egy adott szervezet által közzétett, nem pénzügyi teljesítményre vonatkozó, lényeges információkat tartalmazó dokumentum, amely magába foglalja a különböző környezetvédelmi, társadalmi és vállalatirányítási szempontokat.

is hozzájárulna és a jövőben lehetőséget biztosítana a Közel- és Közép-Keletről vagy a világ más részéről származó hidrogénimportra is.

E hidrogénkorridor nem egy önmagában álló fejlesztés, hanem része azon 5 európai hidrogén-vezeték-folyosónak, amelyet a RePowerEU Terv alapján a European Hydrogen Backbone tartalmaz.

A SEEHyC projekt alapadatai:

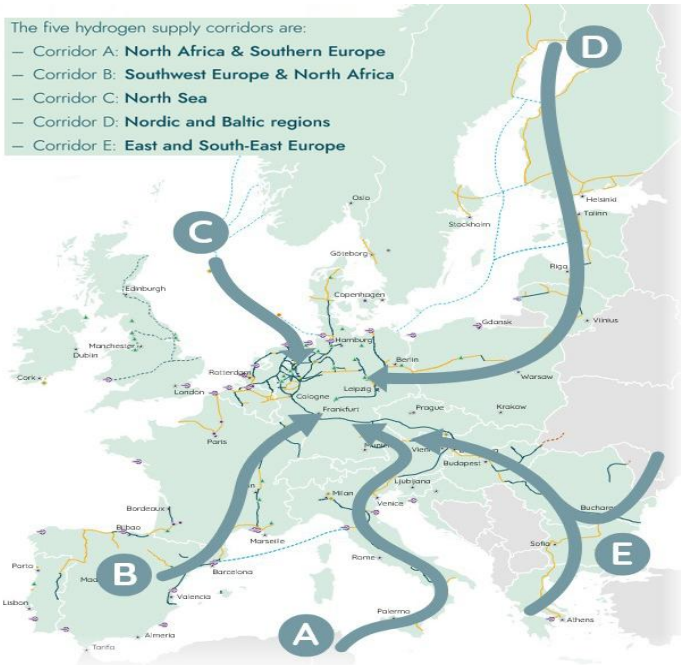
- kb. 3.000 km vezetékhossz
- új és átalakított (*repurposed*) H_2-vezetékek egyaránt
- kezdeti minimum szállítókapacitás: 80 GWh/nap
- PCI projekt státusz iránti kérelem: 2024
- mérnöki tervezés (FEED), végső beruházási döntés (FID): 2025-2028
- kereskedelmi üzem kezdete: 2029. negyedik negyedév (Q4)
- becsült költség (FEED és tanulmányok): 4,8 – 6,8 milliárd euró

A partnerek megállapodtak és összehangoltan benyújtották a közös érdekű projekt (PCI, *Project of Common Interest*) státusz iránti kérelmüket az ENTSO-G online felületén keresztül az Európai Bizottsághoz. Amennyiben az érintett projektek megkapják a PCI státuszt, akkor a projektpromóterek pályázhatnak CEF (*Connecting Europe Facility*) támogatásra. A TYNDP 2024-es projektek jelenleg elbírálás alatt állnak, a következő PCI projektlista megjelenése 2025 negyedik negyedévben várható.

A SEEHyC kezdeményezés célja továbbá az energiaforrások sokféleségének növelése, ezáltal a jövőbeli ellátás biztonságának megerősítése. A kezdeményezés nem csupán az európai hidrogén-előállításnak ad löketet, hanem megkönnyíti a Közel- és Közép-Keletről, vagy más forrásból származó hidrogén-importot is. A tervek szerint a vezeték mentén leginkább Görögországban, Bulgáriában és Romániában történne hidrogéntermelés, de valamennyi érintett országban lesz előállítás.

A magyarországi szakaszról a következőket tudjuk eddig: az FGSZ Zrt. hozzájárulása a SEEHyC-folyosóhoz egy új, 399 km hosszú vezeték, valamint az igényelt kapacitásoknak megfelelő kompresszorállomás Csanádpalotán. A folyosó magyarországi része tehát két projektből áll. Az első keretében a vezeték a román-magyar határtól indul Csanádpalotánál és Vecsésnél ér véget. A második szakasz magába foglalja a Vecséstől induló, a magyar-szlovák határ felé Balassagyarmatig haladó vezetéket a nemzeti hidrogénstratégiában szereplő hidrogénvölgy fő be- és kilépési pontjait összekötő leágazó vezetékkel, amely tovább épülhet Szlovéniáig, így hozva lérre a szlovén-magyar hidrogénfolyosót. A román-magyar és magyar-szlovák interkonnektor pontokat összekötő fővezeték DN800-as, míg a leágazó vezeték DN600-as átmérőjű csövekkel épül. A magyar H_2-folyosó maximális kapacitása RO>HU>SK irányban 100 GWh/nap lesz.

A bevezetőben említettek szerint a SEEHyC korridor része az átfogó *European Hydrogen Backbone* (EHB) terveknek. A tervezett 5 európai EHB hidrogén-korridor közül az alábbi ábrán ez az „E" jelű.



HIRDETÉS

2025-ben ismét megrendezik a nagy sikerű Budapest Hydrogen Summit-ot, immár negyedik alkalommal.
Időpont: 2025. **április 15.**
Helyszín: Budapest, Hotel Mariott
Főbb témák:

- A hidrogéngazdaság globális trendjei és jövőbeli kilátásai
- Hidrogén és az európai energiarendszer átalakítása
- Hidrogén-infrastruktúra: vezetékek, tárolás, elosztás.
- Hidrogénellátási láncok
- Hidrogéntermelés
- Hidrogén a mobilitásban
- A hidrogéngazdaság finanszírozása: befektetési lehetőségek
- Hidrogénközpontok, hidrogénvölgyek

További infó: https://budapesthydrogensummit.com/

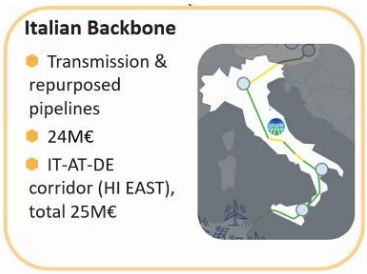
BUDAPEST HYDROGEN SUMMIT

Az „A" jelű, dél-európai folyosó, amely egyébként az észak-afrikai (főként tunéziai) hidrogéntermelőket kötné össze a dél- és közép-európai piacokkal, amely Magyarországot közvetlenül nem érinti, de több szomszédunkat igen. E déli folyosó kulcsországa Olaszország, de hatással lesz Ausztriára - ezen belül a Magyarországhoz közeli, jelenleg is fontos földgáz-csomópontnak számító Baumgartenre - és Szlovákiára. E déli folyosónak, illetve kifejezetten az olaszországi szakaszának (*Italian Backbone*) most azért is van aktualitása, mert 2025. január végén bekerült a CEF-E, *Connecting Europe Facility – Energy*, azaz az európai szintű energetikai infrastruktúrák nyertes projektjei közé. A pályázat keretében 24 millió eurót ítéltek oda a megvalósíthatósági tanulmány elkészítésére.

A CEF-Energy 2025 január végén kihirdetett győztes projektjei egyébként összesen 1,25 mrd euró támogatást nyertek el európai jelentőségű, határokon átnyúló energetikai infrastruktúrák megvalósítására. Az összesen 41 nyertes projekt közül 5 fizikai megvalósításra, 36 pedig megalapozó tanulmányok kidolgozására irányul. 2024 folyamán ezek mindegyike PCI (*Projects of Common Interest*), vagy PMI (*Projects of Mutual Interest*) státuszt nyert a módosított *Trans-European Networks for Energy* (TEN-E) rendelet[3] iránymutatásai alapján. A nyertesek egyike a jelen cikkben is bemutatott olasz hidrogén-gerincvezeték. Összesen 21 hidrogén-infrastruktúra projekt előkészítése nyert együttesen 250 millió euró értékű támogatást. A hidrogén-infrastruktúrán túlmenően jelentős összegű, 750 millió euró támogatás fordítható, összesen 8 villamos hálózati projektre is. További 250 millió euró támogatást nyertek a CO_2-infrastruktúra projektek.

Szintén a nyertes CEF-E projektek között van, és az olasz hidrogén korridornál is nagyobb összegű, 28,3 millió euró támogatást nyert a Spanyolországot Franciaországgal összekötő BarMar[4] hidrogénvezeték. További példát említve, a Finnországot Svédországgal összekötő H_2-vezeték 29 millió euró támogatást nyert, amely egyébként része a nagyobb, a teljes balti régiót - Svédországot, Finnországot, Észtországot, Lettországot, Litvániát és Lengyelországot - összekötő *Nordic-Baltic Hydrogen Corridor* hálózatnak. A 2025 januári nyertes projektek között szerepel még pl. két ammóniaimport-terminál mérnöki tanulmánya is Antwerpenben és Brünsbüttelben 8-12 millió euró támogatással.

Az olaszországi hidrogénkorridor, illetve a teljes Dél-Európai Folyosó jelentőségét növeli, hogy forrás oldalon, azaz az észak-afrikai potenciális H_2-előállító országokban, így különösen Tunéziában jelentős erőfeszítések zajlanak. 2024 nyarán Tunézia hat együttműködési szándéknyilatkozatot írt alá európai vállalatokkal zöld hidrogén előállításáról. A résztvevő vállalatok közé tartozik a Tunur (az Aker Horizons-szal és a Verbunddal együttműködésben), a Savannah Energy, a Hydrogen of France, a DEME Hyport, az Abo Energy, valamint az Amarenco és a H2 Global szövetsége. A tunéziai Ipari, Energetikai és Bányászati Minisztérium közlése alapján az ország 2050-re évente 8,3 millió tonna zöld hidrogént, illetve származékait állítaná elő, amelynek mintegy 70%-át az európai piacokra exportálná. Az észak-afrikai forrás oldal tényleges megvalósulását erősíti, hogy 2025 januárjában a *H2 Global Energy* 6 milliárd dollár értékű, zöld hidrogén, valamint ammónia előállításáról szóló szándéknyilatkozatot írt alá a tunéziai kormánnyal.

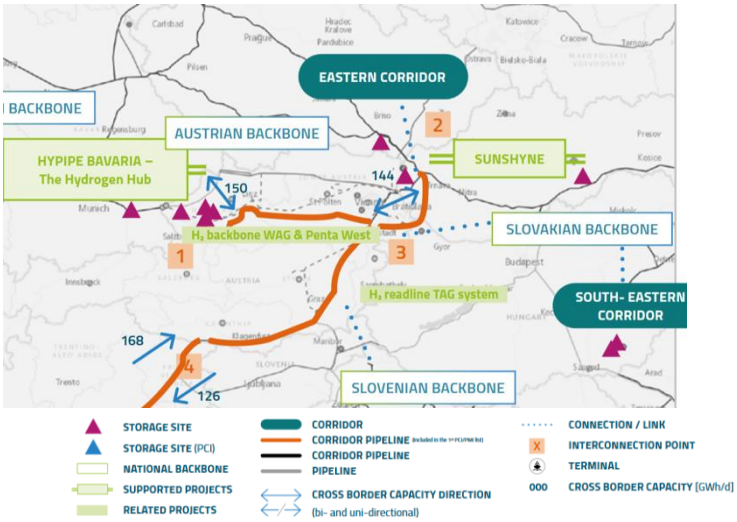


[3] Megemlítjük, hogy a 2022-ben hatályba lépett, módosított (EU/2022/869) TEN-E Rendelet alapján nyílt meg a lehetősége annak, hogy a hidrogén-infrastruktúrák (pl.: vezetékek, tárolók, nagy [>50 MW] elektrolizáló rendszerek stb.) is bekerüljenek az érintett energetikai infrastruktúrák körébe és ezáltal alkalmassá váljanak a CEF-E keretből történő támogatásra. A módosított TEN-E Rendeletről, illetve kifejezetten a hidrogén-infrastruktúrát érintő változásairól a H_2 Hírlevél 2023/2 lapszámában olvashatnak.
[4] https://www.hfc-hungary.org/h2med-az-eu-egyik-legjelentosebb-hidrogenvezetek-projektje/

Az olasz vezetékhez viszonylag közel, a Tunéziával szomszédos Algéria is érdemi hidrogénelőállító, illetve exportőr lehet. Részben a fent már említett olasz, osztrák és német energetikai vállalatok 2024 őszén szándéknyilatkozatot írtak alá az algériai kormánnyal nagyléptékű zöldhidrogén-előállításra és annak európai importjára vonatkozó megvalósíthatósági tanulmányok kidolgozására.

A mellékelt térképek alapján a dél-európai folyosó Magyarországot közvetlenül nem érinti, legalábbis a jelenlegi tervek szerint. Látható ugyanakkor, hogy a nagyon közeli Baumgartent (AT) viszont igen és innen a SEEHyC folyosóhoz kapcsolódva Magyarországon is elérhetővé válhat az afrikai hidrogén is. Érdemes tehát e hidrogénfolyosó fejlődését is figyelemmel kísérnünk.

Köszönetnyilvánítás: köszönjük az e cikkhez nyújtott szakmai észrevételeket, kiegészítéseket Bogoly Sándornak (FGSZ Zrt.)



A Dél-Európai H_2 Korridor terve és összefüggései egyéb hidrogén-vezetékekkel, valamint a Magyarországhoz közel eső részei. Kép: European Clean Hydrogen Alliance, 2024.

Forrás:

South-East European Hydrogen Corridor Initiative - https://www.seehyc.eu/

European Hydrogen Backbone (2022): Five hydrogen supply corridors for Europe in 2030. Executive Summary.

Offshore Energy: Six hydrogen production deals concluded in Tunisia. 31. July , 2024.

European Comission: EU invests over €1.2 billion in cross-border infrastructure contributing to build our Energy Union and to boost competitiveness. Press Release, 30 Jan.2025.

FuelCellsWorks.COM: Consortium Led by H2 Global Energy Signs MOU with Tunisian Government for $6 Billion Green Hydrogen and Ammonia Project. 6 January, 2025.

Hidrogénbekeverés-projekt az OPUS TIGÁZ Zrt.-nél

Gáti-Kiss Dániel, üzletfejlesztési szakértő, OPUS TIGÁZ Zrt.
Bakos Imre, gázhálózati vezérigazgató-helyettes, OPUS TIGÁZ Zrt.
Szén István, tanszékvezető-helyettes, Hidrogéntechnológiák és Ipari IoT Tanszék, Óbudai Egyetem

E cikk a Hírlevél terjedelmi korlátai miatt itt kissé lerövidített formában jelenik meg. Az eredeti, teljes terjedelmű cikket, még több képi illusztrációval honlapunkon, ezen a linken olvashatják: www.hfc-hungary.org/tan/TIGAZ_Zrt_hidrogen_TELJES.pdf

Az Európai Parlament és a Tanács 2024 júniusában elfogadta az (EU) 2024/1788 irányelvet, amely a megújuló gázok, a földgáz és a hidrogén belső piacára vonatkozóan közös szabályokat állapít meg. Ezen irányelv célja, hogy elősegítse a hidrogén integrációját a meglévő gázpiacokba és infrastruktúrákba, biztosítva a versenyképes és biztonságos piaci működést.

A megújuló energiaforrások segítségével megtermelt zöld hidrogénnek az egyik lehetséges szállítási és tárolási módja a földgázinfrastruktúrába történő bekeverés. Ez a megközelítés lehetővé tenné a meglévő földgázvezetékek és tárolók újszerű hasznosítását, s ezzel párhozamosan csökkentené az új infrastruktúra kiépítésének költségeit és létesítési idejét. A hidrogén földgázzal való keverése azonban műszaki és biztonsági kihívásokat is felvet. Többek között a vezetékek anyagának és a végfelhasználói berendezések kompatibilitásának kérdését is vizsgálni kell.

A 2024. június 13-án megjelent 2024/1789 számú EU-s rendelet 21. cikke a földgázrendszerbe betáplált, 2 térfogatszázalékot meg nem haladó, hidrogéntartalmú gázáramokat „hagyományos” földgáz definíció szerint kezeli.

A hazai törvényhozás is elkezdett felkészülni a hidrogén előretörésére. A 2024. évi, őszi jogalkotási időszakban a „2008. évi XL. törvény a földgázellátásról” bevezette a hidrogénbekeverés definícióját, továbbá foglalkozik annak minőségi hatásaival, a hazai szabályozási környezetben.

Ezekből a törekvésekből is látszik, elkerülhetetlen, hogy ez a földgáz-hidrogén gázelegy a földgázelosztói engedélyesek hálózatán is megjelenjen. Ahhoz, hogy a bekevert hidrogént a gázrendszerben a földgázelosztók felelősen fogadni tudják, szükséges a meglévő infrastruktúra és a gázhálózati elemek komplex vizsgálata.

Mivel a hidrogénnek és a földgáz fő alkotóelemének, a metánnak a legfőbb tulajdonságai eltérőek, fontos

megvizsgálni, hogy a földgázelosztó hálózat milyen esetleges korlátozásokkal képes befogadni és biztonságosan elosztani a hálózaton megjelenő hidrogén-földgáz gázkeveréket.

A hidrogénbekeverési vizsgálatok iparági szintű összefogása érdekében a Földgázelosztói Együttműködés Fórum Műszaki Bizottsága összeállított egy hidrogénbekeverési vizsgálati programot, melyben az OPUS TIGÁZ Zrt. vállalásai a következők:

- korszerűnek tekinthető technológiával megvalósult elosztóhálózat és szerelvényeinek vizsgálata (a 90-es évektől),
- fogyasztásmérők és korrektorok vizsgálata,
- elosztóhálózati beavatkozáshoz szükséges eszközök vizsgálata (szorító, ballonozó, stb.)

Az említett vizsgálatokon felül társaságunk vállalta továbbá az oldható kötések tömörségének, valamint a hidrogénszeparáció vizsgálatának elvégzését is, mert ezek kiemelt biztonsági kockázatként jelenhetnek meg. Mindezekből kifolyólag társaságunk menedzsmentje egy dedikált projekt elindítása mellett döntött, így 2023. május 31-én megszületett a „Hidrogén Alkalmazása Projekt".

A projekt keretében két különálló tesztrendszer létesítését indítottuk el az OPUS TIGÁZ Zrt. miskolci telephelyén: az elosztó és leágazó vezeték és a telekhatáron belüli rendszer elemeinek a vizsgálatát, valamint a gázmérők és nyomásszabályozók tartós laboratóriumi vizsgálatát. A jelenlegi tanpálya mellett megépült tesztrendszerben minden olyan lényeges elosztóvezetéki tartozék elhelyezésre került, amely az üzemelő elosztóhálózatban is megtalálható.

A projekt minél sikeresebb megvalósítása érdekében a korábbi, kitűnő együttműködésekre alapozva 2024. év elején a munkába bevontuk a Miskolci Egyetem három karát is egy együttműködési szerződés keretében.

A kialakított tesztrendszerben végzett vizsgálatokhoz palackokban tárolt, előre bekevert, 2%(V/V), 5%(V/V), és 10%(V/V) hidrogén-földgáz elegyet használunk. A kialakított tesztrendszer alkalmas lehet későbbiekben a tiszta hidrogénhálózatokat célzó vizsgálatok elvégzésre is. Az ún. hálózati tesztrendszer 4 autonóm alrendszerből épül fel:

- **szeparációs alrendszer**: az alrendszer célja különböző térfogatszázalékú és nyomású hidrogén-földgáz keverékek statikus állapotban történő kirétegződésének vizsgálata. Ennek a jelenségnek a kivizsgálására 3 különálló, egyenként 20 m-es DN200-as vezetékszakasz létesítése valósult meg, különböző lejtéssel (1,5 és 3,5%),továbbá egy kb. 3 m magas NA200-as acélvezeték, amivel a függőleges szeparációt kívánjuk vizsgálni.

A gázhálózati tesztrendszer szeparációs alrendszere. Kép: OPUS TIGÁZ Zrt.

- **oldható kötések alrendszer**: a társaságunk által üzemeltetett kb. 35.000 km vezetékrendszeren milliós nagyságrendben alkalmazunk oldható kötéseket. Ezért létrehoztunk egy vizsgálati alrendszert a jellemző oldható kötések és tömítések tömörségének különböző nyomás- és hidrogén-koncentráció esetén történő vizsgálatára. 2-2 db különböző átmérőjű, különböző oldható kötéstípusokkal (karimás, hollandi) szerelt, mozgatható tetővel ellátott tesztág kivitelezése valósult meg.

Gázhálózati oldható kötések és tömítések tömörségének vizsgálati alrendszere. Kép: OPUS Tigáz Zrt.

Négyhetes vizsgálati ciklusokban teszteljük a szolgáltatási területünkön korábban és jelenleg is alkalmazott menettömítő anyagok tömítőképes-ségét különböző nyomások (3 és 8 bar), valamint különböző összetételű közegek esetén (hálózati földgáz és 5%(V/V) hidrogén-földgáz keverék).

- **hálózati beavatkozások alrendszer**: a hidrogéngáz földgázhálózati bekeverésénél kiemelt vizsgálati

szempont a szerelvények és berendezések funkcionális megfelelőségének vizsgálata. A vizsgálat során valamennyi berendezés górcső alá kerül és minden olyan tevékenység (pl. szakaszolási tevékenység, beavatkozások, stb.) elvégzése megtörténik a gyakorlatban, amelyeket az OPUS TIGÁZ Zrt. munkavállalói a mindennapi munkavégzéskor alkalmaznak. Két beton munkaárok valósult meg a tengelyükben végig futó DN200-as PE vezetékkel.

- **hidrogénállósági alrendszer**: a vezetékrendszer funkcionális megfelelősége mellett kiemelten vizsgálandó szempont a gázelosztó infrastruktúra elemeinek hidrogénállósága, azaz, hogy milyen esetleges anyagminőség-változások keletkeznek a rendszerbe beépített idomok és szerelvények szerkezetében a hidrogén-földgáz keverék bekeverését követően. Ez az alrendszer 2 fő részből áll: egy földben elhelyezett reprezentatív elosztó hálózatból, valamint egy tartályból. A tesztrendszerben alkalmazott idomokat és szerelvényeket először 3 hónap, majd 6 hónap hidrogén-földgáz közegben, különböző nyomáson történő kezelést követően szállítjuk el a Miskolci Egyetem részére anyagvizsgálatra.

Gázmérő és gáznyomás-szabályozó tartós járató tesztrendszer: A hálózati tesztpálya mellett megvalósítottunk és üzemeltetünk egy gázmérő és gáznyomás-szabályozó tartós járató rendszert is. A tesztrendszerben a Társaságunk által nagy darabszámban használt gázmérők, gáznyomás-szabályozók, korrektorok, nyomásregiszterek valamint manométerek kerülnek felszerelésre, üzemeltetésre, tartós járatásra, legalább 6 hónapos időszakon keresztül. A járatórendszer 5%(V/V) hidrogén-földgáz keverék alkalmazása mellett a keringtetett közeggel való feltöltése után zárt rendszerben működik. A rendszer kialakítása lehetővé teszi a 0-24 órás üzemeltetést. A tesztrendszer állandó felügyeletet nem igényel, automatikusan beavatkozó biztonsági rendszerrel rendelkezik a nyomás és elektromos részről egyaránt. E tesztrendszer kivitelezési munkálatai elkészültek, jelenleg a rendszer próbaüzeme folyamatban van.

Gázmérő és gáznyomás szabályozó tartós járató rendszer. Kép: OPUS TIGÁZ Zrt.

Előzetes vizsgálati eredmények: fontos kiemelni, hogy a projekt zárása 2025. év végére várható, így a vizsgálati jelentésekből készült komplex tanulmány előreláthatóan ekkor kerülhet majd ismertetésre. Az eddig elvégzett szeparációs tesztek és hálózati beavatkozások vizsgálata alapján nem állapítható meg jelentős eltérés az alacsony hidrogén tartalmú hidrogén-földgáz elegy alkalmazása esetén.

Krio-komprimált (CcH2) hidrogéntárolás és első demonstrációja teherautóval

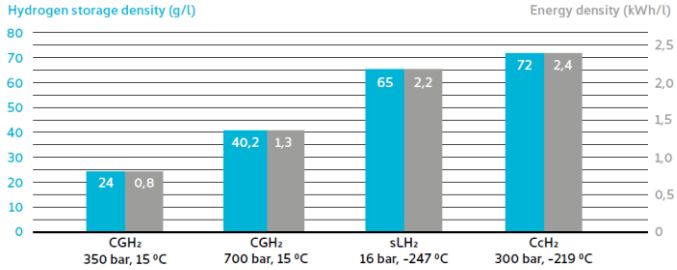
A hidrogénüzemű járművek esetében a szélesebb közvélemény körében jelenleg alapvetően kétféle on-board (fedélzeti) hidrogéntárolási forma, illetve technológia ismert:

1) a komprimált gáz halmazállapotú tárolás (ezen belül két nyomásszint, a 350 és 700 bar-os rendszer),
2) a cseppfolyós (LH2) halmazállapotú hidrogéntárolás.

Szűkebb szakmai körökben eddig is ismert volt az úgynevezett krio-komprimált (*cryo-compressed* – CcH2) on-board tárolási megoldás is, azonban eddig ez inkább elméleti lehetőség volt csak, mert csupán nagyon kevés cég, nagyon korai fázisú fejlesztési elképzelései között volt jelen. Érdemi terjedéséről még most sem beszélhetünk, azonban egy kaliforniai vállalat (Verne) 2023/2024 folyamán megépített egy CcH2 on-board hidrogéntároló-rendszert és egy prototípus szintű teherautóban demonstrálta is ennek működését. Egyetlen cég, egyetlen demonstrációja alapján messzemenő következtetéseket még nyilván nem lehet levonni, ez hiba is lenne, de ezzel együtt is érdemes áttekinteni a krio-komprimált (CcH2) tárolási technológiát, illetve az említett, konkrét fejlesztést, demonstrációt.

Maga a krio-komprimálási technológia jól ismert, de járműtechnológiák szintjén eddig igen kevesen foglalkoztak vele, a gyakorlati demonstrációig pedig végképp kevesen jutottak el. A CcH2 járműtechnológia esetében a fedélzeti hidrogéntárolást hűtéssel és sűrítéssel kombinálják a nagyobb energiasűrűség elérése érdekében. E megoldás esetében a hidrogént

körülbelül -200 °C-ra hűtik és nagy nyomásra (kb. 300 bar) sűrítik. Ez tehát még nem cseppfolyós, hanem mélyhűtött gáz halmazállapot – innen származik a „krio-komprimált" elnevezés is. A CcH2 technológia egyik vezető fejlesztője, a kaliforniai Verne cég közlése szerint a CcH2 állapotú tárolás 73 g_{H2}/liter tárolási sűrűséget eredményez, ami némileg meghaladja még a cseppfolyós (LH2) hidrogén tárolási sűrűségét is. A „hagyományos", 700 bar-os komprimált (CGH2) gáz tárolási sűrűségét pedig igen jelentősen, kb. 87%-kal haladja meg. Ez egyben azt is jelenti, hogy például hidrogénüzemű teherautók CcH2 megoldással jóval 1.000 km feletti hatótávot érhetnek el, miközben a kisebb üzemanyagtároló-rendszer tömege miatt nagyobb lehet a szállított hasznos teher.



On-board hidrogéntárolási technológiák gravimetrikus és volumetrikus alapú fajlagos energiasűrűség értékei. Forrás: H2 Mobility Germany GmbH.

A fejlesztő cég technológia értéklánca úgy néz ki, hogy már a hidrogénelőállítás helyszínén krio-komprimálják, azaz mélyhűtik és sűrítik a gáz halmazállapotú hidrogént és ilyen formában szállítják a töltőállomásra, majd a CcH2-kompatibilis tankkal rendelkező hidrogénüzemű járműbe is ezen állapotban tankolják ki. A CcH2 állapot a nagyobb tárolási sűrűség révén nem csak az adott hidrogénüzemű jármű nagyobb hatótávjának elérését segíti, hanem – a Verne közlése alapján – a teljes hidrogénlogisztikát képes optimalizálni, olcsóbbá tenni. A cég költségmodellezései alapján 200 mérföldes (320 km) kiszállítás esetében kb. 40%-os költségcsökkenés érhető el a H_2-előállítás utáni logisztikai költségekben CcH2 technológiával. Ez azért is lenne jelentős előrelépés, mert a mobilitás esetében a hidrogén-üzemanyagnak a töltőpisztolynál érvényesülő „végső" költsége meghatározó arányban a hidrogénelőállítást követő disztribúciós technológia és a töltőállomás költségeiből tevődik össze, és csak kisebb mértékben fakad a hidrogén tényleges előállítási költségéből.

A Verne céget 2020-ban alapították. A CcH2 on-board tárolási technológiát 2024-re tudta demonstrálni egy prototípus szintű, belső égésű, „*dual fuel*", azaz kettős üzemanyagú, tehát hagyományos dízellel és hidrogénnel is üzemeltethető motorral rendelkező kamionba szerelve. E kamion az USA osztályozása szerint ún. „Class-8", azaz a legnagyobb közúti teherautó-osztályba tartozik[5]. A fejlesztés időszaka alatt a Verne olyan cégektől kapott támogatást, mint például a *Bill Gates Breakthrough Energy*, az *Amazon*, a *Caterpillar* és az *United Airlines*.

E teherautó prototípust az Alberta Motor Transport Association Innovation Expo keretében mutatták be 2024 őszén a kanadai Edmontonban. Valós körülmények között történő kipróbálása ez után kezdődött. A teszt keretében több CcH2 állapotú tankolást végeztek a cég saját fejlesztésű hidrogén-töltőállomásán. Saját közleményük szerint az eddigi tesztek megerősítik a CcH2 állapotú hidrogén-üzemanyag előnyeit a meglévő hidrogéntárolási módszerekhez képest és segítik a Verne-t a technológia piaci termékké fejlesztésének útján. Ehhez természetesen még számos és egyre kiterjedtebb tesztek elvégzésére is szükség lesz, amelyhez az arra hajlandó, innovatív szemléletű ügyfeleket is meg kell nyerni.

CcH2 on-board H_2-üzemanyag tárolórendszer. Kép: Verne.

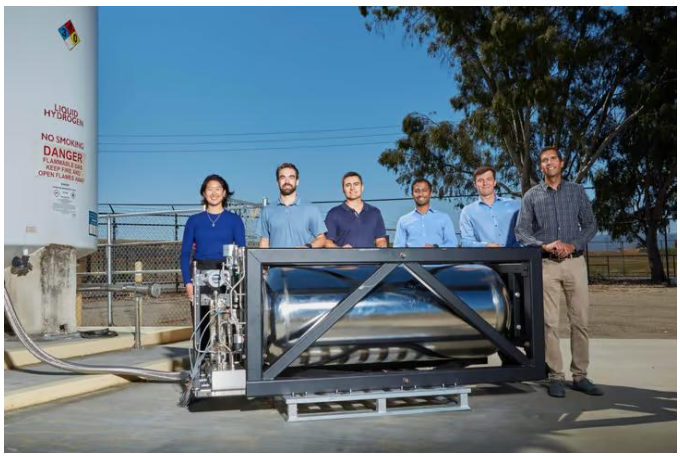
A prototípusként választott dízel teherautó azért érdekes fejlesztési koncepció, mert egy hagyományos belső égésű motort (ICE) retrofit módon alakítottak át kettős üzemanyagúra (dual fuel), ami lehetővé tette, hogy gyorsan és alacsony költséggel építsék meg a prototípust. Mindeközben nagyon ígéretesnek tűnik a végfelhasználók (pl. szállítmányozó vállalatok) számára, hogy ha a hidrogén-üzemanyag el is fogy a járműből, a hagyományos dízel üzemanyaggal megszakítás nélkül folytatni lehet az utat.

[5] Az USA-ban a Class-8 osztályba tartozó teherautók nehéz haszongépjárműnek (*Heavy Duty Vehicles*) minősülnek, amelyek bruttó járműtömege 15-36 tonna közötti vagy a még ennél is nagyobb tömegű járművek tartoznak ebbe az osztályba.

HIRDETÉS

Ez egyfajta áthidaló technológia (*bridging technology*), de ugyanakkor vonzó lehet a végfelhasználók számára, mert nem kell azzal a „szorongással" tisztán hidrogénüzemű járművet vásárolniuk, illetve alkalmazniuk, hogy vajon eljutnak-e a H_2-töltőállomásig és az vajon működni fog-e amikor odaérnek.

A hidrogénmobilitás korai fázisában fontos szempont, hogy a hidrogénüzemű járműflották üzemeltetőinek enyhítsék a töltőinfrastruktúra elérhetőségével kapcsolatos félelmeit. Erre nyújt jó megoldást a fejlesztésben közreműködő járműtechnológiai cég, a DTI által biztosított *Guardien Hydrogen Diesel System* ún. dual fuel technológiája. Kipróbálása során a vállalatok meg tudják szerezni a hidrogén-üzemanyaggal és tankolásával kapcsolatos tapasztalatokat is. Az említett DTI technológia lehetővé teszi a 100%-os dízelüzemet, vagy a dízel-hidrogén keverék használatát üzemanyagként. Ez segít enyhíteni az infrastruktúrával kapcsolatos aggodalmakat vagy függőséget, és a Verne reményei szerint a hidrogén *dual fuel* teherautók flotta szintű gyorsabb elterjedését eredményezi. Mindez gyorsabb ütemben fejlődő közlekedési hidrogénigényeket generál. Következésképpen a hidrogén-töltőállomások kihasználtsága is javul. Ha egy ilyen jármű sofőrje mégsem tud adott töltőállomáson hidrogént tankolni, akkor tankol dízelt és folytathatja az útját, a munkáját. Nem kell „idegőrlő"



CcH2 fejlesztő csapat. Kép: Verne

Amennyiben cége hidrogéntechnológiai terméket vagy szolgáltatást szeretne reklámozni H2 Hírlevelünkben, kérjük lépjen kapcsolatba velünk a címlapon található e-mail címen és kérje hirdetési ajánlatunkat.

módon tanulmányozni az egyelőre ritka hidrogén-töltőállomások elérhetőségét és a szállítási útvonalakat ehhez igazítani. Vagyis egy alacsonyabb kockázatú stratégia válhat lehetővé a hidrogénmobilitási piacra történő belépés esetén.

A Verne[6] közlése szerint a CcH2 tárolási technológiával, akár 900 mérföldes (1.400 km) hatótáv is elérhető, ami már közeli paritásban van a dízel teherautókéval. A Verne egyik fő célja a költségek letörése a CcH2 technológiával, mert meglátásuk szerint a magas hidrogénár akadályozza leginkább a hidrogénalapú mobilitás terjedését. Ezzel kapcsolatos – ambiciózus, általunk nehezen validálható – célkitűzésük, hogy a hidrogén disztribúció költségét 2 dollár/kg értékre szorítsák le 2030 végére. (E költség a hidrogénelőállítás költségén felül jelentkező költségkomponens, de ezzel együtt is igen nagy eredmény lenne, mivel az összeg minimum 5 dollár/kg.) Ehhez természetesen arra is szükség lesz, hogy a CcH2 tárolási technológia is legalább azon a szinten rendelkezzen szabványokkal[7], mint a jelenleg domináns, komprimált H_2-gáz (350 / 700 bar) technológia, valamint hogy a járműgyártó OEM-ek elfogadják, alkalmazzák a CcH2 tárolási technológiát. Nem utolsó sorban a töltőállomás-gyártóknak hajlandóvá és képessé kell válniuk arra, hogy legyártsák ezeket az új típusú töltőállomásokat és kompresszorokat. Ez nem ígérkezik könnyűnek. Biztató ugyanakkor, hogy – ismét csak a Verne közlése szerint – egy kamion utólagos átépítése CcH2 technológia támogatására még mindig olcsóbb, mint pl. a folyékony hidrogén tankolására történő átalakítás, mivel a felhasználható berendezések között van átfedés.

A cryo-compressed (CcH2) hidrogén fedélzeti tárolására általakított dual-fuel teherautó prototípusa Kaliforniában. Kép: Verne.

A CcH2 *on-board* tárolási járműtechnológia természetesen nem „önmagában" létező és működő technológia. Szükség van krio-kompresszorokra és krio-hűtőkre, az ezeket tartalmazó töltőállomásokra. Emiatt a Verne 2024 nyarán együttműködési megállapodást kötött a Cryostar[8] nevű céggel, amelyben megállapodtak egy olyan, nagy teljesítményű krio-szivattyú kifejlesztéséről, amely mind a sűrített hidrogénnel (CGH2), mind a krio-komprimált (CcH2) hidrogénnel kompatibilis, lehetővé téve mindkét üzemanyagtípus zökkenőmentes tankolását. A krio-komprimált hidrogént nem utolsó sorban cseppfolyós halmazállapotú hidrogénből is előállíthatják. Ezen „átfedések" egyrészt növelik a CcH2 technológiához kapcsolódó rugalmasságot, másrészt a több célra alkalmas technológiai elemek költsége alacsonyabb lehet.

Forrás:

H_2-View Magazine: Verne's path to hydrogen parity through cryo compression, 2025.01.20.

AFIF-támogatást nyert hidrogén-töltőinfrastruktúra projektek 2025 elején

Az AFIF (*Alternative Fuel Infrastructure Facility*) az EU alternatív üzemanyag-infrastruktúrák, közte a hidrogén-töltőállomások létesítésének támogatására létrehozott pénzügyi eszköz. Hátteréről, működéséről részletes cikk a H_2 Hírlevél 2022/4. lapszámában (5. o.) található. Jelen cikk keretében ezért csak a legutóbbi, 2025 februári elbírálási körben nyertesként kihirdetett hidrogén-töltőinfrastruktúra projekteket mutatjuk be. Az AFIF ugyanis gördülő jellegű, folyamatos pályázatbenyújtási és bírálási rendszerben működik. A jelenleg elérhető pályázati keretét 2024. február 29-én nyitották meg.

Ennek legutóbbi, 2025. február 6-i eredményhirdetési körében az Európai Bizottság összesen 39 EU-s projektet nevezett meg győztesként az alternatív üzemanyag-infrastruktúrák közül, együttesen 422 millió euró támogatást nyújtva ezeknek. (Az AFIF prioritásait mostanra összhangba hozták a *ReFuelEU Aviation* és a *FuelEU Maritime* kezdeményezésekkel is, emiatt – ahogy a későbbi eredménytáblázatban is bemutatjuk – hajózási alternatív üzemanyagok (ammónia, metanol), illetve töltőinfrastruktúrájuk is a mostani nyertesek közé kerülhettek.)

[6] www.verneh2.com
[7] Az AFIR (2023/1804/EU) Rendelet természetesen még csak utalást sem tesz egyelőre a CcH2 töltőállomásokra, hiszen még nemzetközileg elfogadott szabvány sem létezik ezekre, szemben a 350/700 bar-os komprimált gáz H_2-töltőállomásokkal.
[8] https://cryostar.com/

Fontos kiemelni, hogy a jelenleg futó pályázati keretben a következő dátumokkal lesz még benyújtási határidő, amikor is 578 millió euró támogatására lehet pályázni alt. üzemanyag-infrastruktúra projektekkel:

- AFIF: 2025.06.11.
- AFIF: 2025.12.17.

Az AFIF keretében támogatást igénylő hidrogén-töltőállomásoknak az AFIR (2023/1804/EU) rendeletben foglalt műszaki paramétereknek kell megfelelniük.

A legutóbb (2025.02.06-án) kihirdetett győztesek közt 6 hidrogén-töltőinfrastruktúra projekt van. Ezek projektenként 2-20 db hidrogén-töltőállomás (HRS) létesítését célozzák, így együttesen 35 HRS létesítése várható a támogatás eredményeként az európai TEN-T úthálózat mentén az érintett országokban.

A győztes projektek közül kiemeljük a párizsi *Charles De Gaulle* repülőtéren létesülő hidrogén-töltőállomásokat, mivel ezek esetében 5 MW kapacitású elektrolizáló-rendszer is a projekt részét képezi, amely helyszíni (*onsite)* hidrogén-előállítást fog végezni. (Jelenleg a hidrogén-töltőállomáshoz kapcsolódó helyszíni előállítás vonatkozásában az 5 MW igen jelentős kapacitásnak tekinthető.) A másik franciaországi, lyoni HRS-projekt is tartalmaz helyszíni elektrolizálót, de itt nem volt megadva annak kapacitása.

Kiemeljük még, hogy az AFIF keret legutóbbi elbírálási körében már a tengeri hajózási töltőinfrastruktúra is megjelent, mivel az alternatív üzemanyag-infrastruktúra (AFIR, 2023/1804/EU) rendeletnek része a tengeri hajók ammónia vagy metanol üzemanyaggal történő ellátása (bunkerolása) is. Ahogy a táblázatból látható, mindkét bunkerprojekt messze a legnagyobb támogatási összegeket nyerte, de ezek esetében természetesen a teljes projektköltség is igen magas, hiszen tengerjáró hajók üzemanyag-feltöltéséről (bunkerolásáról) van szó. Mind az ammónia-, mind a metanol-bunkerolási projekt egyazon spanyolországi kikötőben valósul meg.

Az AFIF 2025 februári nyertes projektlistáján egyébként van magyar projekt is, de nem hidrogén-töltőállomás vonatkozásában. Az MVM Mobiliti Kft. nyert 2,0 millió eurót a hazai TEN-T közúthálózat mentén telepítendő 67 db, nagyteljesítményű elektromos töltőpont megvalósításához[9]. Ez és az összes nyertes projekt megtekinthető a forrásban megadott linken.

	Koordinátor (támogatás) [teljes költség]	**Projekt tartalom**
DE	Air Products (6,29 M€) [20,98 M€]	két nagykapacitású H_2-töltőállomás létesítése Németországban
ES	HVR Energy (4,20 M€) [14,01 M€]	20 hidrogén-töltőállomás létesítése TEN-T hálózat mentén, városi csomópontokban Spanyolországban
ES	SCALE GAS SOLUTIONS (8,03 M€) [26,77 M€]	6 HRS létesítése a TEN-T Atlanti és Mediterrán folyosói mentén. A HRS-ek megújuló alapú H_2-t tankolnak ki 350 és 700 bar nyomáson, könnyű és nehézgépjárművek számára, legalább 1 tonna/nap kapacitással
FR	ENGIE COFELY (5,60 M€) [18,68 M€]	2 HRS a Charles De Gaulle reptéren, egyenként 1 t_{H2}/nap kapacitással. A projekt része egy 5 MW-os elektrolizáló a HRS-ek zöld H_2-vel történő onsite ellátása céljából
FR	AEROPORT DE LYON (7,490 M€) [24,98 M€]	HRS létesítése Lyon Saint-Exupéry reptéren, TEN-T hálózat mentén egy nyilvános és egy magán (reptéri kiszolgáló) HRS formájában. A projekt része egy elektrolizáló-rendszer is H_2 onsite előállítására, amely a HRS-sel azonos telken
FR	ESH2 (1,43 M€) [4,76 M€]	1 HRS létesítése Nantes-ban, amely könnyű és nehézgépjárműveket egyaránt képes kiszolgálni zöld hidrogénnel, 1 t_{H2}/nap kapacitással
ES	CEPSA (13,61 M€) [45,38 M€]	hajóról-hajóra (*ship-to-ship*) ammónia-bunkerolási rendszer kiépítése Algeciras tengeri kikötőjében. Tartalmaz: 7500 m^3 kapac. ammonia-bunkerhajót, parti NH_3-rendszert, és vezetékes infrastruktúrát az NH_3 előállítási helyétől a töltődokkig (3 km)
ES	CEPSA (16,56 M€) [55,22 M€]	*ship-to-ship* metanol-bunkerolási rendszer kiépítése Algeciras tengeri kikötőjében. Tartalmaz: 7500 m^3 kapac. metanol-bunkerhajót, parti metanoltöltő rendszert, és vezetékes infrastruktúrát a metanol előállítási helyétől a töltődokkig (11 km)

[9] A nyertes hazai projekt címe: „*MVM ULTRA III 2024 - Electrification of certain sections of the TEN-T road network in Hungary according to AFIR regulations: installation of 67 pieces of 150 kW charging points*".

A most februárban kiválasztott projektek realizálásának további menetrendje, hogy az érintett tagállamok jóváhagyják a nyertes projekteket, az Európai Bizottság pedig az elkövetkező hónapokban elfogadja az odaítélésről szóló határozatot, amely után az eredmények véglegessé válnak. Mindeközben az Európai Bizottság ebben illetékes ügynöksége, a CINEA megkezdi a támogatási megállapodások előkészítését a sikeres projektek kedvezményezettjeivel.

Forrás:

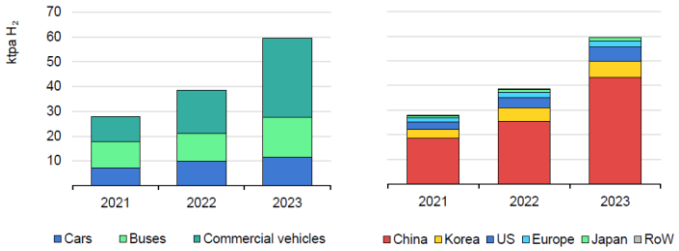
CINEA: Alternative fuels: €422 million of EU funding to boost zero-emission mobility. News Article, 06/02/2025

CINEA: Overview of selected projects. First cut-off date of the Alternative Fuels Infrastructure Facility 2 call for proposals.

Hidrogénüzemű járművek és -töltőinfrastruktúra friss statisztikai adatai

A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) egyik 2024-es kiadványa alapján bemutatjuk a hidrogénmobilitás friss statisztikai adatait, a hidrogén-üzemanyag, a járművek, és a töltőinfrastruktúra vonatkozásaiban.

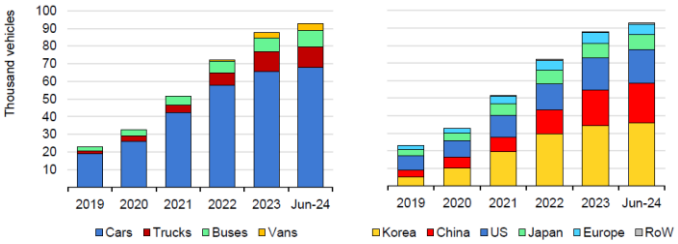
A hidrogén, mint üzemanyag közvetlen használata a közúti közlekedésben 2023-ban viszonylag gyorsan, mintegy 55%-kal növekedett, míg 2022-ben e növekedési arány „csak" 40% volt. A jelentős növekedés főként az üzemanyagcellás nehézgépjárművek (teherautók, buszok) Kínában tapasztalható terjedésének köszönhető. Ugyanakkor még ezzel együtt is csak 60.000 tonna volt a hidrogén-üzemanyag közvetlen felhasználása a közúti közlekedésben 2023-ban. Ez a globális hidrogénkereslet kevesebb mint 0,1%-a.



Közvetlen hidrogénfelhasználás a közúti közlekedésben világszinten, járműszegmensek és régiók szerint. Kép: IEA, 2024.

Az ábráról is leolvasható, hogy Kínában a hidrogén-üzemanyagcellás járművek (FCEV) elterjedése dominánsan a nehézgépjárművek szegmensében jelenik meg, amelyek viszonylag nagy futásteljesítménnyel rendelkeznek. Ez pedig azt eredményezi, hogy 2023-ban a közúti közlekedés hidrogénfogyasztása majdnem kétszer olyan gyorsan nőtt Kínában, mint az Egyesült Államokban, és több mint háromszor olyan gyorsan, mint Európában.

A H_2 üzemanyagfogyasztás dinamikus növekedésével szemben viszont az üzemanyagcellás személyautók állományának növekedése jelentősen lelassult az elmúlt évben. A 2022-es 35%-os éves növekedési ütem 2023-ra alig 15%-ra csökkent és a lelassult értékesítés jelenleg is folytatódik a személyautó szegmensben. Ezzel szemben az üzemanyagcellás buszok eladása 25%-kal, a teherautóké 50%-kal növekedett 2022 és 2023 között. Az FCEV járművek teljes állománya az összes közúti közlekedési szegmensben körülbelül 93.000 darab 2024. június végén, világszinten. Ezeket az értékeket mutatja be – szintén járműszegmensek és régiók szerinti bontásban – a következő ábra. A kb. 90 ezres darabszám FCEV vonatkozásban nem rossz, de például az akkumulátoros és plug-in hibrid járművek számához (80 millió db$_{\text{end of 2023}}$) viszonyítva még elhanyagolható.



Hidrogén-üzemanyagcellás járművek száma világszinten, járműszegmensek és régiók szerinti megoszlásban. Kép: IEA, 2024

Személyautók és furgonok

Az FCEV személyautók kategóriájában Dél-Korea meghatározó, ugyanis a globális állomány 50%-a itt található. Ezt követi az USA (25%), majd Japán (10%). Ugyanakkor – ahogy fent már említettük – az FCEV személyautó szegmensben jelentősen lelassult az értékesítés. A 2023/2022 évek viszonyításában a növekmény csak 15% volt, 2024 közepére pedig tovább lassult az értékesítés (+5%). A lassulás ellenére a Honda új FCEV modellt bocsátott a kaliforniai piacra, mégpedig az egyébként az eladási listák élén álló CR-V modell formájában. A Toyota 2025 februárjában a tokiói *International Hydrogen & Fuel Cell Expo* keretében mutatta be harmadik generációs üzemanyagcelláját, amit a tervek szerint 2026 után személy- és nehézjárművekbe is beépítenek majd. Kínában a Maxus Euniq 7 és a Hongqi H5 FCEV modelleket értékesítik, de ahogy már említettük, Kínában az FCEV személyautó szegmens még igen csekély, meghatározó módon inkább a nehézgépjárművekre (HDV) fókuszálnak.

A BMW az iX5 Hydrogen üzemanyagcellás modelljének kisszériás gyártmányait jelenleg az USA-ban, Japánban, valamint Európában teszteli. Az autó

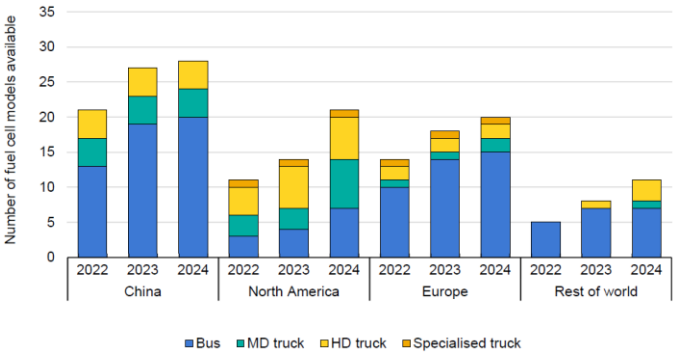
a tervek szerint 2028-ban kerül sorozatgyártásba. Az FCEV személyautók szegmensében a taxiflották lehetnek még perspektivikus felhasználók, az akkumulátoros verziókhoz (BEV) képest gyorsabb tankolás és nagyobb hatótáv miatt. A könnyűgépjármű (LCV) szegmensbe tartozó furgonok esetében a Stellantis mutat érdemi elköteleződést FCEV modellek piacra bocsátásában.

Teherautók

A teherautók az üzemanyagcellás (FCEV) járművek legdinamikusabban növekvő szegmense. Állományuk 2023/2022 viszonylatában több mint 50%-kal nőtt. Ez több mint kétszererese az FCEV buszok növekedési rátájának. 2024 júniusában a teherautók globális állománya több mint 12.000 darabot tett ki, de – akárcsak 2022-ben – ezek mintegy 95%-a Kínában található. Emellett az Egyesült Államokban és Európában jelentősen megnőtt a számuk, de utóbbi régiók esetében sokkal alacsonyabb bázisról indulva. 2024 végén 350 db üzemanyagcellás teherautó volt Európa útjain. Kereskedelmi célú pilot projektek – a technológia és műszaki indikátorainak validálása céljából – a világ több országában zajlanak, például az Egyesült Királyságban, Új-Zélandon, Szaúdi-Arábiában, az USA-ban. A jelentős gyártók közül a Nikola Motors 2023-ban hivatalosan is megkezdte FCEV teherautójának értékesítését; azonban 2025-ös hírek szerint a Nikola csődközeli helyzetbe került. A kedvezőtlen hírek közé tartozik, hogy a szintén amerikai Hyzone Motors FCEV-teherautógyártó felfüggesztette működését Európában és Ausztráliában a cég jelentős vesztesége miatt, ami a vártnál kisebb dinamikát mutató megrendelés-állománynak köszönhető.

Az Európai szereplők közül kiemelhető a Daimler Truck, amely cseppfolyós hidrogén tankolására alkalmas üzemanyagcellás kamiont fejleszt. Hatótávja várhatóan 1.000 km felett lesz. Ennek kapcsán a Daimler és a Linde közösen dolgoz ki szabványt a cseppfolyós hidrogén tankolására, amely előfeltétele a technológia kereskedelmi megjelenésének, terjedésének. A hidrogén-üzemű, belső égésű (H_2-ICE) motorral rendelkező teherautók terén a MAN és a Volvo emelendő ki. E gyártók esetében 2025-2026-ban kezdődnek a kiterjedt tesztelések, próbaüzemek.

Az egyes régiókban elérhető FCEV modellek számát a következő ábra szemlélteti. A modellek elérhetősége fontos tényező az üzemanyagcellás teherautók elterjedésének növelésében, különösen rövid- és középtávon, hogy az ügyfelek számára választási lehetőséget kínáljanak. A modellválaszték világszerte bővül. Olykor késlekedéssel vagy visszalépésekkel, esetleg gyártói csődökkel tarkítva, de bővül. Érdekes tény ugyanakkor, hogy míg Kínában a legmagasabb az FCEV tehergépkocsik értékesítése, addig itt kisebb számú HDV modell áll a piac rendelkezésére, mint Észak-Amerikában. Ebből az következik, hogy a szakpolitika, az ösztönzők – és nem csak a modellek elérhetősége – befolyásolja a járművek elterjedését.



Üzemanyagcellás modellek elérhetősége régiónként. Kép: IEA, 2024.

Kínában a kormányzati „New Energy Vehicle" (NEV) kifejezés három kategóriát, illetve hajtásláncot fed le: akkumulátoros elektromos (EV), plug-in hibrid (PHEV) és üzemanyagcellás (FCEV). Az e kategóriákba tartozó járművek jogosultak különböző támogatásokra. A kínai EV és PHEV támogatások, fejlesztési erőfeszítések még a laikusok számára is jól ismertek, ugyanakkor kevésbé látható módon, de jelen vannak érdemi FCEV-törekvések is.

Buszok

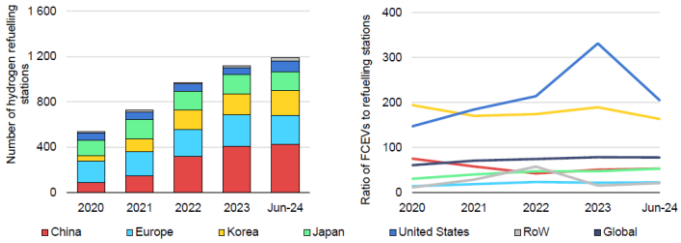
Az üzemanyagcellás buszok (FCEB) állománya 2023/2022 viszonylatában közel 25%-kal nőtt. E buszok szegmensében is Kína vezet, a globális állomány (9.100 FCEB) kb. 75%-a található itt 2024 júniusi állapot szerint. Az éves állománynövekedés vonatkozásában Európa és Japán hasonló ütemben növekszik (20%, illetve 25% között). Ki kell viszont emelni Dél-Koreát, ahol ezen időszakban kiugró, 130%-os éves növekedési ütemet tapasztaltak az FCEB buszok szegmensében.

A teherautókhoz hasonlóan az üzemanyagcellás buszokat is kiterjedten tesztelik, néhány város esetében már flottaszinten is, és gyakran az akkumulátoros elektromos (BEV) modellek mellett. Európában olyan városokban találhatók FCEB flották, mint pl. Barcelona, Bologna, Cottbus, Oberberg, Köln, Frankfurt, Párizs, Wałbrzych (PL). Emellett előfordultak visszalépések is az FCEB buszoktól. Ez történt pl. Montpellier-ben, Carinthiában, vagy Wiesbadenben a magas költségek, vagy a nem kellően magas rendelkezésre állás miatt. Kiugró fejlődés, flottaméret a buszok szegmensében is tapasztalható Dél-Koreában, ahol Cheonan város 350 db üzemanyagcellás buszt szeretne üzembe állítani 2027-re, a kapcsolódó töltő-infrastruktúrával együtt. Érdekesség, hogy cseppfolyós-hidrogén logisztikai láncot terveznek, és ebben a Magyarországon is ismert SK cég egyik leányvállalata (SK E&S) a fő közreműködő. Az európai gyártók közül a Solaris és a

Wrightbus növelik FCEB gyártási kapacitásaikat, Dél-Koreában pedig a Hyundai az évi 500 darabos FCEB gyártási kapacitását 3.000-re emeli.

Hidrogén-töltőállomások (HRS)

2024 júniusi állapot szerint közel 1.200 HRS működött világszerte. Ez az adat kizárólag a közúti járművek töltőállomásait fedi, és nincsenek benne a nem közúti járművek (pl. targoncák) töltőállomásai. A HRS-ek száma csak kis mértékben nőtt az utóbbi évben, mivel az újonnan megnyitott HRS-ek számát részben ellensúlyozták a világszerte bezárt töltőállomások. Viszonylag sok esetben pedig a régebbi, meglévő HRS-eket korszerűsítették vagy lecserélték, ami fejlődést jelent ugyan, de nem okozza a HRS-ek számának növekedését. A legutóbbi, lezárt statisztikai évben (2023) továbbra is Kína vezet több mint 400 H_2-töltőállomással, amit Európa követ (280 db), majd Dél-Korea (180 db) és Japán (170 db) következik. Az USA-ban 90 HRS működik, de itt HRS-ek bezárása és újak megnyitása egyaránt tapasztalható.



Hidrogén-töltőállomások számának alakulása régiónként és az FCEV-jármű/HRS arány. Kép: IEA, 2024.

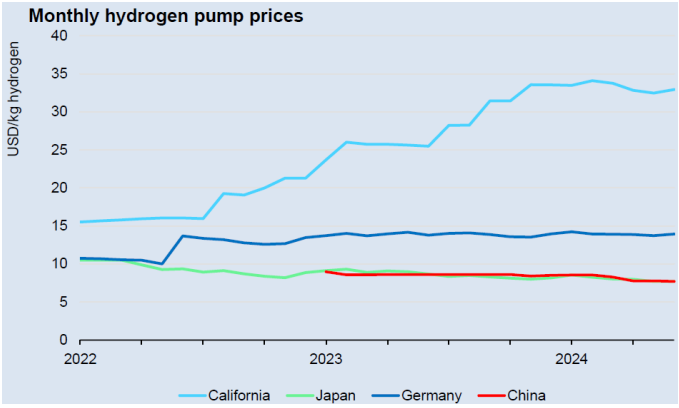
Az egy töltőállomásra jutó hidrogénüzemű járművek száma a legtöbb régióban viszonylag konstans módon alakul. Az Egyesült Államok figyelemre méltó kivétel az ábrán is látható ingadozással. Kaliforniában, ahol az FCEV járműállomány koncentrálódik, jelentős problémákat okozott számos töltőállomás bezárása 2023-ban. Néhányat azóta újra megnyitottak, vagy felújították őket.

A töltőállomások felújítása több régióban tapasztalható tendencia, és sok esetben fejlesztést (*upgrading*) jelent. Például azt, hogy nehézgépjárművek (HDV) kiszolgálására is alkalmasak legyenek[10]. Ennek egyik európai következménye, hogy az új HRS-ek több mint 90%-a képes HDV járműveket is kiszolgálni, ami éles váltás ahhoz képest, hogy 2019-ben az új töltőállomások 70%-a még csak FCEV személyautók kiszolgálására volt alkalmas. A HDV kompatibilis H_2-töltőállomások aránya ennek eredményeként összességében a 2019-es 27%-ról 2023-ra csaknem 40%-ra emelkedett Európában. Az USA-ban is a HDV-k kiszolgálásának irányába mozdulnak a H_2-töltőinfrastruktúra-fejlesztők. Ennek is köszönhető, hogy Kaliforniában három kifejezetten tehergépkocsi- és négy busz-specifikus töltőállomást nyitottak meg.

A hidrogénmobilitás terjedése előtt álló három fő akadály szinte minden régióban ugyanaz, vagy hasonló:

i) egyelőre alacsonyak a H_2-igények, mivel az FCEV járműállomány felfutása a tervezettnél lassabb
ii) a hidrogén-töltőállomások rendelkezésre állása olykor még nem kellően magas, és
iii) a hidrogénárak – esetenként drasztikusan – megemelkedtek az utóbbi időben.

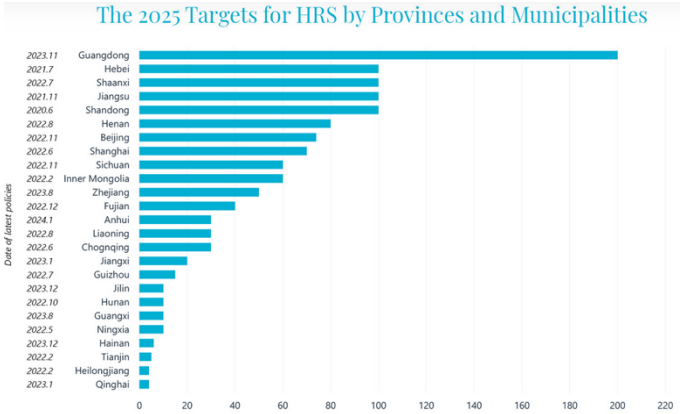
Valószínűleg Kaliforniában volt a legkomolyabb ez utóbbi probléma, ahol 100%-os mértékben emelkedett az üzemanyagár 2021 és 2023 vége között. Ha ehhez még esetleg hozzájött az is, hogy egy-egy HRS műszaki okok miatt éppen nem volt elérhető, akkor sok FCEV tulajdonos ezt már nem tudta tolerálni.



Hidrogén-üzemanyagárak (USD/kg$_{H2}$) alakulása különböző régiókban. Kép: IEA 2024.

A jövőt tekintve viszonylag bíztató, hogy – Kínát nem számítva – 340 db HRS áll valamilyen szintű tervezési fázisban. Ami szinte „mellbevágó", hogy Kína kiugróan nagy HRS-növekménnyel számol már az egészen közeli jövőben: 2025 végére 1.200 db(!) töltőállomást terveznek, ami gyakorlatilag a 2024 közepéig megvalósult globális állománnyal azonos. Kína 30 tartománya, illetve városa rendelkezik valamilyen stratégiával, amely hidrogén-töltőállomás-fejlesztést is tartalmaz, és ezek közt 5 olyan provincia is van, amely önmagában 100 db, vagy annál is több HRS felépítését tervezi. Ezen belül is kiugró Guangdong, ahol 200 új HRS-sel számolnak. 21 kínai tartomány vagy város tervez 10 db HRS-nél többet.

[10] A HDV kiszolgálási képesség jelen esetben jelentheti a nagyobb járművek beállására alkalmas nagyobb fizikai tér (pl. nagyobb tankolóállás, fordulókör) kialakítását, 350 bar-os diszpenzer beépítését (mert a HDV-k jelenleg még dominánsan ezt használják), vagy jelentheti nagyobb hidrogéntárolási kapacitás kiépítését is, illetve a felsoroltak valamilyen kombinációját.

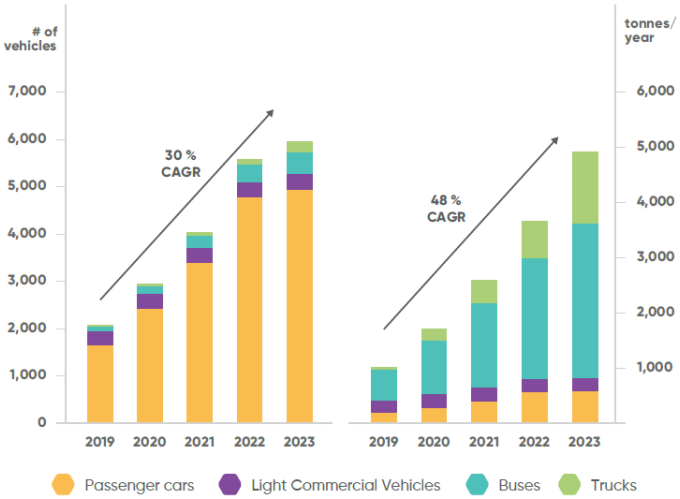


Kínai tartományok vagy önkormányzatok, amelyek 2025 végére hidrogén-töltőállomás célkitűzéssel rendelkeznek. Kép: Interact Analysis, 2024.

A legmagasabb HRS célokkal elsődlegesen azon kínai ún. „pilot" (kísérleti) tartományok, városok rendelkeznek, amelyeket a hidrogénipar fejlesztésére jelöltek ki. Ugyanakkor a nem kísérleti célú tartományok és városi önkormányzatok is tervezik HRS-ek építését, hogy támogassák az üzemanyagcellás járművek egyre szélesebb körű elterjedését (ilyen pl. Shandong, Jilin, Guangxi). E célszámok még akkor is impresszívek, ha az érintett városok, tartományok az elmúlt két év során az üzemanyagcellás járművek elterjedésével és a szabályozásokkal összhangban módosították a HRS-célkitűzéseiket, azaz a rendszer képes az önkorrekcióra. Például Shanghai lefelé módosított (78 → 70 HRS), Jiangsu felfelé (50 → 100), Chognqing szintén felfelé (15 → 30 HRS) korrigálta célszámát. Az egész folyamat hátterében az áll, hogy a kínai központi kormányzat elindította a hidrogén-üzemanyagcellás járművekre vonatkozó kísérleti városi klaszterkezdeményezését, majd később egyértelművé tette, hogy a hidrogén a jövőbeni nemzeti energiarendszer része és az egyik feltörekvő stratégiai iparág. Ezek a lépések jelentős ösztönzést adtak az önkormányzatoknak, tartományoknak a hidrogénipar fejlesztésének előmozdítására.

Európai helyzet

Ez a cikk alapvetően globális áttekintést hivatott adni, de kicsit részletesebben kitérünk az EU-s helyzetre is. Ez esetben is 2023 az a statisztikailag lezárt teljes év, amelyre már elérhetők az adatok. A járműszámot illetően elmondható, hogy Európában is nőtt az eladott járművek száma, de az új FCEV regisztrációk 2023/2022 viszonylatában jelentős csökkenés mutatkozik a megelőző évekhez képest. Az összesen regisztrált FCEV járműszám 2023 végén 5.9391 jármű volt Európában, amelynek 83%-a volt személygépkocsi. Európán belül e téren Németországé a vezető szerep: 2.122 db regisztrált FCEV személyautóval, 149 busszal, 30 teherautóval és 16 könnyű haszongépjárművel. Dinamikus növekedés az európai FCEV teherautók számában volt megfigyelhető, ahol is 2023/2022 vonatkozásában megkétszereződött a járművek száma 109-ről 205 darabra. Igaz, itt is ki kell emelni, hogy a növekedés bázisa még rendkívül alacsony.



FCEV járműszám (db) és közvetlen hidrogénüzemanyag-felhasználásuk (t/év) mértéke Európában. Kép: Hydrogen Europe

Mivel a nehézgépjárművek, azon belül a teherautók fajlagos hidrogénfogyasztása többszörös és az éves futásteljesítményük is jóval nagyobb, így nem csoda, hogy a hidrogén-üzemanyagfogyasztásuk is többszöröse a személyautó-állományénak, még akkor is, ha a fent említettek szerint a járműszámon belül 83%-ot képviselnek az FCEV személyautók. A mobilitási célú, közvetlen hidrogénfelhasználás mindezekkel együtt összesen 5.000 t/év mértékű volt 2023-ban. Azaz a H_2-üzemanyaghasználat jóval nagyobb mértékű, 43%-os emelkedést mutatott Európában a 2023/2022 időszakban, mint az alig emelkedő FCEV járműszám.

Régiónkból, azon belül a V4 (*Visegrad Group*) országokból a lengyel Orlen emelhető ki. Nem csak azért, mert 2024 végére a cég nyilvános, működő H_2-töltőállomásainak száma négyre emelkedett (Poznań, Katowice, Prága és Litvínov – utóbbi kettő Csehországban létesült), hanem mert nagyon ambiciózus programmal rendelkezik. 2024-ben a *Clean Cities – Hydrogen mobility in Poland* nevet viselő projektje az EU által a hidrogénmobilitásra valaha nyújtott legnagyobb, összesen 62 millió eurós vissza nem térítendő támogatásban részesült a CEF eszközből.

Forrás:

International Energy Agency: Global Hydrogen Review 2024.
Shirly Zhu: China plans to build more than 1,200 hydrogen refuelling stations by 2025, more than the current total worldwide. interactanalysis.com (letöltés: 2025.02.17.)
Hydrogen Europe: Clean Hydrogen Monitor, 2024.

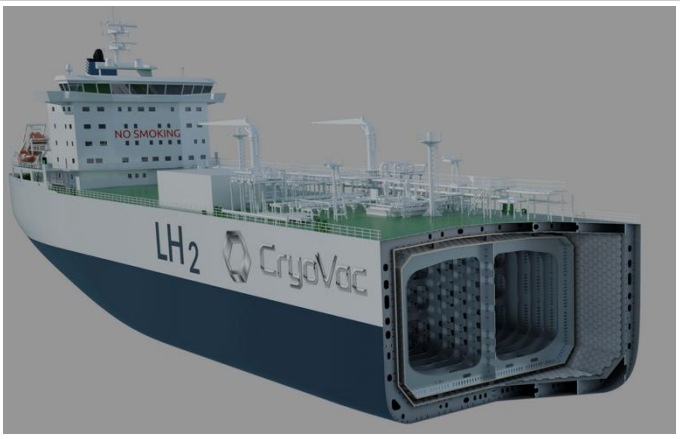
Cseppfolyós hidrogén (LH2) tengeri szállítása - új típusú tanker

Előző (2024/4, 14. o.) lapszámunkban szerepelt cikk a cseppfolyós hidrogénszállításra (LH2) alkalmas tankerhajók fejlesztéséről, de érdemes visszatérni a témára, mert érdekes fejlemény jelent meg az elmúlt hónapokban is. Nem utolsó sorban azért is foglalkozunk a hidrogén különböző formákban történő, nagy távolságú szállításával, nemzetközi kereskedelmével, mert ez igen jelentős mértékben hozzájárulhat a hidrogénszektor fejlődéséhez.

A nemzetközi szinten is jelentős és a tengerhajózási ágazatban meghatározó minősítő, hajóosztályozó szervezet, a DNV 2024 végén elvi hozzájárulást adott (*AiP, Approval in Principle*) a norvég CryoVac vállalatnak a prizmatikus szállítótartállyal felszerelt, cseppfolyós hidrogént szállító tankerhajójára, pontosabban azon belül a vákuumszigetelt LH2-tartály műszaki terveire. Egyelőre ez lesz a világ első, prizmatikus alakú LH2 szállítótartályával rendelkező tankere. A technológia hatszögletű vákuumpaneleket használ, amelyeket folytonos felületté hegesztenek össze, és amelyek így hibrid szigetelőrendszert alkotnak. Ez teszi lehetővé egyszerű prizmatikus tartályok alkalmazását. A megoldás egyik nagy előnye, hogy a prizmatikus tartály arányaiban jóval nagyobb térfogatú lehet, mivel jobban illeszkedhet a hajótesthez, következésképpen nagyobb szállítókapacitású lesz, ami segít csökkenteni az LH2 szállítás egységköltségét.

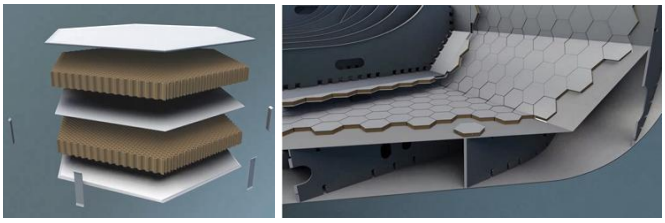
Az eddigi, „hagyományos" LH2-tanker fejlesztések, szférikus tartályokat alkalmaznak, ami kedvezőtlen helykihasználással építhető csak be a hajótestbe, szemben a prizmatikus megoldással. Emellett a rendkívül jó szigetelőképesség alacsony *boil-off* veszteséget eredményez, ami szintén a gazdaságosságot javítja. (A jelenlegi LNG tankerek jelentős része is szférikus tárolótartályokat alkalmaz, viszont a metánnak jóval nagyobb a volumetrikus tárolási sűrűsége.)

A CryoVac megoldásában hatszögletű acél-elemeket (*hexagonal steel box*) alkalmaznak alap-építőkockaként. Valamennyi szabványos panel egy teljesen zárt, hatszögletű acéldoboz, amelynek belsejében vákuumot hoznak létre. Ezeket a lapos dobozokat úgy tervezték, hogy gyárban, futószalagon tudják gyártani őket, majd a hajógyárba szállíthassák beépítésre. A hatszögletű forma összetett tartályformák kialakítását teszi lehetővé. A panelek folyamatos rétegét lehet összehegeszteni az egyes prizmatikus tartályok külső oldalán. A tartályszerkezet önállóan helyezkedik el a raktérben, egy nitrogénnel töltött üregben. Mindezen megoldások hatékony szigetelést biztosítanak, alacsony kiforrási (*boil-off*) veszteséggel, anélkül, hogy az acél integritását kikezdenék.



Prizmatikus szállítótartállyal rendelkező LH2-tanker látványterve. Kép: CryoVac.

A most megkapott AiP (elvi) jóváhagyás voltaképpen azt jelenti, hogy egy független fél szerint is megvalósítható a konstrukció, nincsenek akadálya annak, hogy beépítsék egy létező hajóba, illetve prototípusba. A CryoVac következő lépése az, hogy a jóváhagyott tervek alapján kifejlesszen egy 45.000 m^3 kapacitású, hosszú távú szállításra alkalmas LH2-tankert, amely három, egyenként 15 ezer köbméteres rakteret foglal magába. A tervek szerint a CryoVac folytatja együttműködését a DNV-vel, hogy az LH2 tartályokra a következő engedélyezési lépésben megszerezze az általános hajózási alkalmazási jóváhagyást (*GASA, General Approval for Ship Application*).



A hexagonális vákuumpanelek szerkezete, elhelyezkedése. Kép: CryoVac.

A CryoVac fejlesztését az motiválja, hogy világszerte jelentős piaci érdeklődést tapasztal a biztonságos és költséghatékony tengeri, akár kontinensek közti folyékonyhidrogén-szállítás iránt. E technológiai réspiacot kívánják meghódítani és ennek érdekében párbeszédet folytatnak azon hajótulaj-donosokkal, hidrogén-előállítókkal, akik szintén érdekeltek a folyékony hidrogén (LH2) globális ellátási láncainak létrejöttében.

Forrás:

The Maritime Executive: New Tank System Could Make Hydrogen Carriers More Efficient. (2024.12.11.)

Tagvállalati bemutatkozó

Tagjaink bemutatkozó sorozatának keretében most Végvári Lajos, ill. a Meditor Általános Fejlesztő Iroda hidrogénnel kapcsolatos tevékenységeiről olvashatnak – a Szerk.

A Meditor Általános Fejlesztő Iroda 1989-ben alakult és azóta is folyamatosan működik. Küldetésünknek az olyan digitális technikák kifejlesztését tekintjük, amelyek adatgyűjtés köré épülve fejlett optimalizálási és adatelemzési lehetőségeket teremtenek, és ezek eredményeit képesek visszacsatolni a kutatási vagy termelési folyamatba. A legutóbbi időkben mindezek megtámogatására már mesterséges intelligenciát is használunk. Fejlesztéseinket elsősorban *opensource* technikákra alapozzuk, jelentős hozzáadott értékkel.

Az elmúlt évtizedek során számos tudományos projektben vettünk részt. Ezekben legfőbb magyarországi partnerünk a Kémiai Kutatóintézet, illetve annak egyik utódszervezete, a Természettudományi Kutatóközpont Anyagtudományi Intézete volt. Velük a mai napig munkakapcsolatban vagyunk. Közös munkáink eredményeként tudományos közlemények tucatjai és nemzetközi szabadalmak születtek.

Ebben az élő együttműködésben jelenlegi kutatási feladatunk a hidrogén tüzelőanyag-cellák működésének optimalizálása, a hozzá kapcsolható vezérlési problémák kezelésével együtt. A kitűzött cél az eddigi, többé-kevésbé önálló szoftvertermékek egyetlen rendszerbe történő integrálása (lásd a mellékelt ábrán). Így jött létre az úgynevezett HEnDA (*Holo-Entropic Data Analytics*) integrált szoftverrendszer.

Esettanulmány: közismert, hogy a nemesfémek igen hatékonyan katalizálnak kulcsfontosságú kémiai folyamatokat. Nagy hátrány, hogy a nemesfém bázisú katalizátorok rendkívül drágák. Német partnerünk azzal a feladattal bízott meg bennünket, hogy a HEnDA rendszerrel támogassunk meg egy olyan katalizátorfejlesztési folyamatot, amelyben a katalizátor sok komponensből áll és nem tartalmaz nemesfémet.

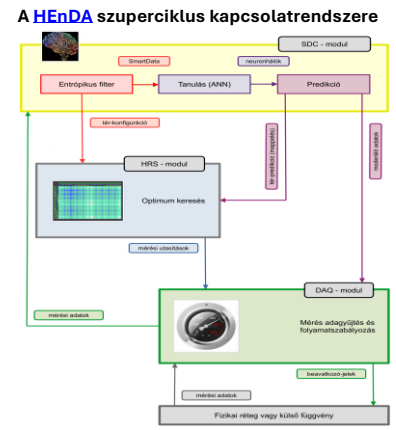
Interaktív módon a HRS (*Holographic Research Strategy*) segítségével sikerült megtalálni az egyes katalizátor-komponensek megfelelő arányát úgy, hogy a katalitikus aktivitás az elméleti határ közelébe került. A kisszámú (néhány száz) minta alapján mesterséges neuronhálóval modellt illesztettünk, amely modell a teljes kombinatorikus térben (több százezer kombináció) vizuálisan elemezhetővé tette a különféle katalizátor-komponensek hatását.

Összességében tehát az történt, hogy a szakemberek kiinduló ötleteit a HEnDA rendszerezte, a felesleges, zajszinten jelenlévő elemeket kiszűrte és a folyamat végén egy szabadalomképes termék állt elő. Melléktermékként számos információ keletkezett, amelyek a további kutatás-fejlesztés során felhasználható voltak. A folyamatot teljes egészében egy asztali számítógéppel követtük és kontrolláltuk.

A lehetőségeket nem csak a katalizátorkutatás témakörében lehet alkalmazni, hiszen a rendszer egyik hangsúlyozott előnye az univerzalitás, emiatt például üzemelési problémák, üzleti modellek, sőt akár a jogi környezet hatásainak modellezésére is használható.

A HEnDA olyan adatbányász eszköz, amely rendkívül hatékonyan támogatja a célirányos döntések előkészítését:

- optimalizálja az adat-mintavételezés folyamatát; felveszi / megméri majd tárolja a szükséges adatokat;
- az adat-mintavételt vizuálisan is nyomon követhetővé teszi;



Ez az ábra nagy méretben és jó felbontásban honlapunkon érhető el

- kiszűri a felesleges adatforrásokat;
- mesterséges intelligencia alapú modellt készít és ez alapján vezérlési utasításokat ad;
- iteratív módszert alkalmazva az egyes részfolyamatokat optimum-közeli állapotban tartja.

A HEnDA alkalmazásának legnagyobb előnye a döntési folyamatok egyszerűsítésében, automatizálhatóságában és a számítási kapacitásokkal való rendkívül hatékony gazdálkodásában rejlik. A rendszer maga nem érzékeny az alkalmazási területre, bárhol használható, ahol adat keletkezik, azokat rögzíteni és osztályozni kell, majd azokból modellt kell alkotni.

Úgy ítéljük meg, hogy egy olyan gyorsan fejlődő területen, mint a hidrogéntechnológia, amelynek nélkülözhetetlenségét már a közeli jövőben megtapasztalhatjuk, az általunk fejlesztett szoftverek hatékony támogatást tudnak nyújtani mindazon Egyesületi partnereknek, akik meglátják a HEnDA rendszerben a számukra előnyös lehetőségeket.

További infó: Végvári Lajos, research@meditor.hu

https://www.meditor.hu/public/HEnDA_merge.pdf
https://www.meditor.hu/public/patent_01.pdf