

Nemzetközi hidrogéntechnológiai gyártói áttekintés

Hazai H₂ iparban gyártási, fejlesztési szándékok felmérése

Gyurity Erik
Parragh Viktor
Sorossy Sándor

Budapest, 2023.12.15.

Tanulmány célja



A hazai hidrogénszektor általános jellegű felmérése, fejlesztési és gyártási szándékok erősítése

Nemzetközi áttekintés a hidrogéntekológiákhoz kapcsolódó komponensgyártók, technológiai szolgáltatók feltérképezése és elemzése

Vezetői összefoglaló

Hidrogéntechnológia gyártói piac áttekintése

A hidrogéntechnológiai gyártói piac meghatározó trendjei az ellátási láncok iparosodása, gyártás felskálázása és a költségek csökkentése, nagy számú új belép megjelenése, valamint a jelentős politikai támogatás.

Közel 500 milliárd eurót elérő üzleti lehetőség nyílik 2030-ig a zöld hidrogén előállítási projektekben és a kapcsolódó megújulóenergia-termelésben, melynek legnagyobb része a gyártás és integráció területén jelentkezik.

A bejelentett gyártási kapacitás bővítések az elektrolizáló gyártásra fókuszálnak, ami 2030-ra többszörösére nőhet globálisan és Európában is. A bejelentések mértéke összhangban van a hidrogén előállítási projektek által támasztott kereslettel, azonban többségük mögött még nincs beruházási döntés.

A hidrogéntechnológiai eszközök globális piaca 2030-ra több mint 190 milliárd, 2050-re akár 220-225 milliárd USD méretre növekedhet, legnagyobb elemei az előállítás, a mobilitási és ipari felhasználás, illetve az ammónia átalakítás.

A gigawatt méretű hidrogén projektek előtérbe kerülése megteremti az igényt a gyártási kapacitás felskálázására. A nagy volumenű gyártás elterjedése számos kihívással szembesül, melyek a gyártási automatizáció nehézségeihez, a terméktervezési filozófia átalakításához, a szakképzett munkaerő és a beruházási források megszerzéséhez, illetve a kritikus nyersanyagok elérhetőségéhez kapcsolódnak.

A hidrogéntechnológiák kritikus nyersanyagainak kínálata erősen korlátozott, elérhetőségük biztosításához elengedhetetlen az újrahasznosítás fejlesztése és bővítése, az anyagvisszanyerés arány javítása.

Vezetői összefoglaló

Üzleti modellek és szereplők a hidrogéntechnológiai gyártásban

A zöld hidrogén szektorban **egyelőre nem alakultak ki a legjobb gyakorlatok az üzleti modellek terén**, a szektor fejlődésével **várhatóan a tisztán gyártói modellek értéke csökken, a szereplők elmozdulnak az integrátori és szolgáltatói modellek felé**. A szereplők piaci mozgására elsősorban a szabályozási bizonytalanság, a jelentős befektetési tőke beáramlás és az ökoszisztéma komplexitása van hatással.

A technológia gyártók a vertikális és horizontális **integráción, felskálázáson és nemzetközi terjeszkedésen alapuló növekedési stratégiát követnek**, valamint **stratégiai együttműködéseket alakítanak ki**.

A zöld hidrogén értéklánc egészén, az előállításról, a kezeléssel, tárolással és szállítással át, a különböző végfelhasználói szegmensig számos technológia mentén **több száz szereplő aktív a gyártási piacon globálisan**.

A technológia gyártói piacon **egyaránt találhatók tisztán hidrogénnel foglalkozó és diverzifikált portfólióval rendelkező szereplők is**. A kapcsolódó iparágakból számos nagy szereplő lép be a hidrogéntechnológia gyártásba, elsősorban portfóliójuk zöldítése céljából. A tisztán hidrogénnel foglalkozó szereplőket, köztük számos startupot, jellemzően a hidrogéngazdaságban rejlő növekedési potenciál és erős zöld vízió vezérli.

A technológia **gyártók jelentős része egyelőre veszteségesen működik**, a finanszírozásukhoz tőkebevonás szükséges, továbbá az **egyes szereplők esetén bizonytalan a profitábilis működés és a megtérülés elérése**.

A hidrogénszektor kezdeti életszakaszából és sokszínű értékláncából kifolyólag **számos új termék jelenik meg a piacon**, erős K+F mellett, azonban a **gyártott eszközök és gyártási folyamatok többsége alacsony érettségű, demonstrációs**.

Tartalom

Hidrogéntechnológia gyártói piaci trendek

Hidrogéntechnológiai gyártási kapacitások

Hidrogéntechnológia gyártói piacméretek

Kulcs hidrogéntechnológiák gyártási folyamata

Kritikus nyersanyagok és újrahasznosítás

Gyártói modellek és piacra lépési stratégiák

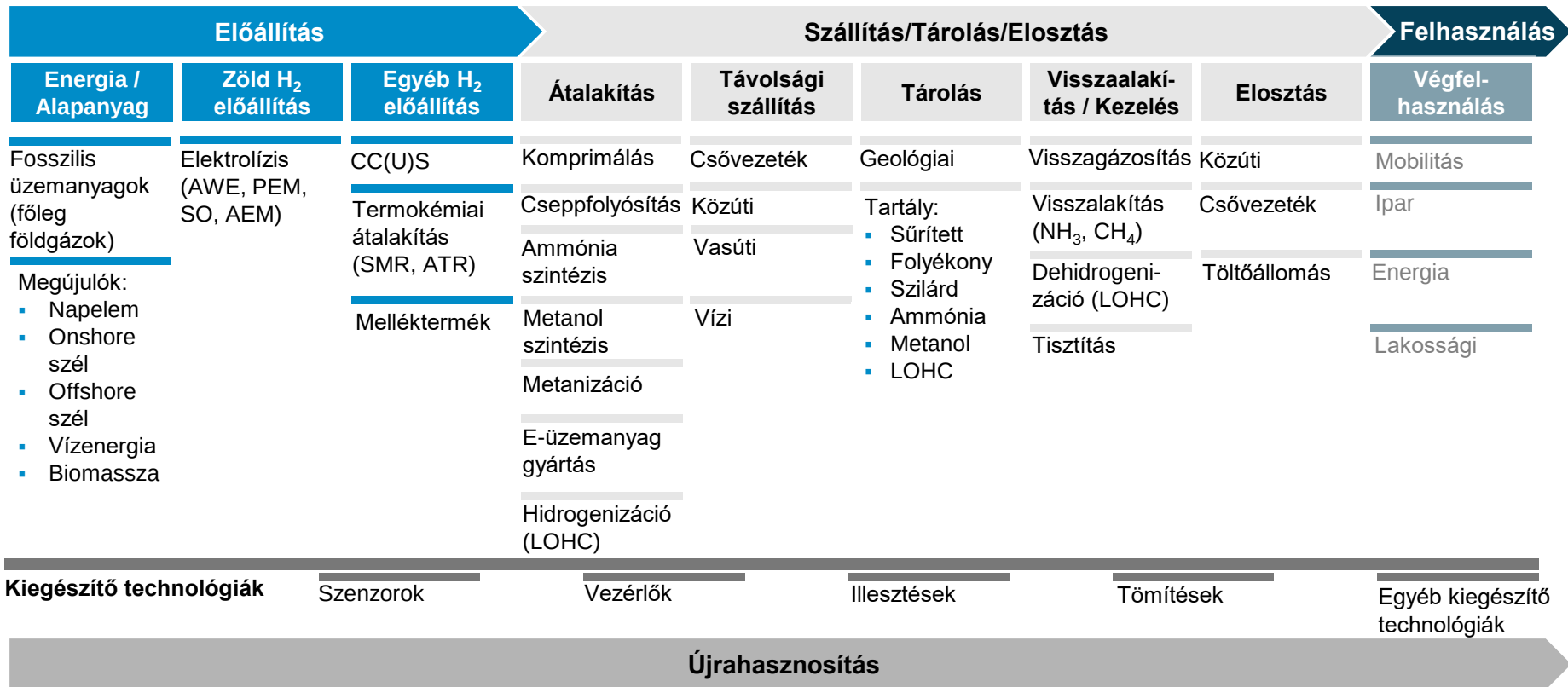
Gyártói piac főbb szereplői

Hidrogénteknológia gyártói piaci trendek



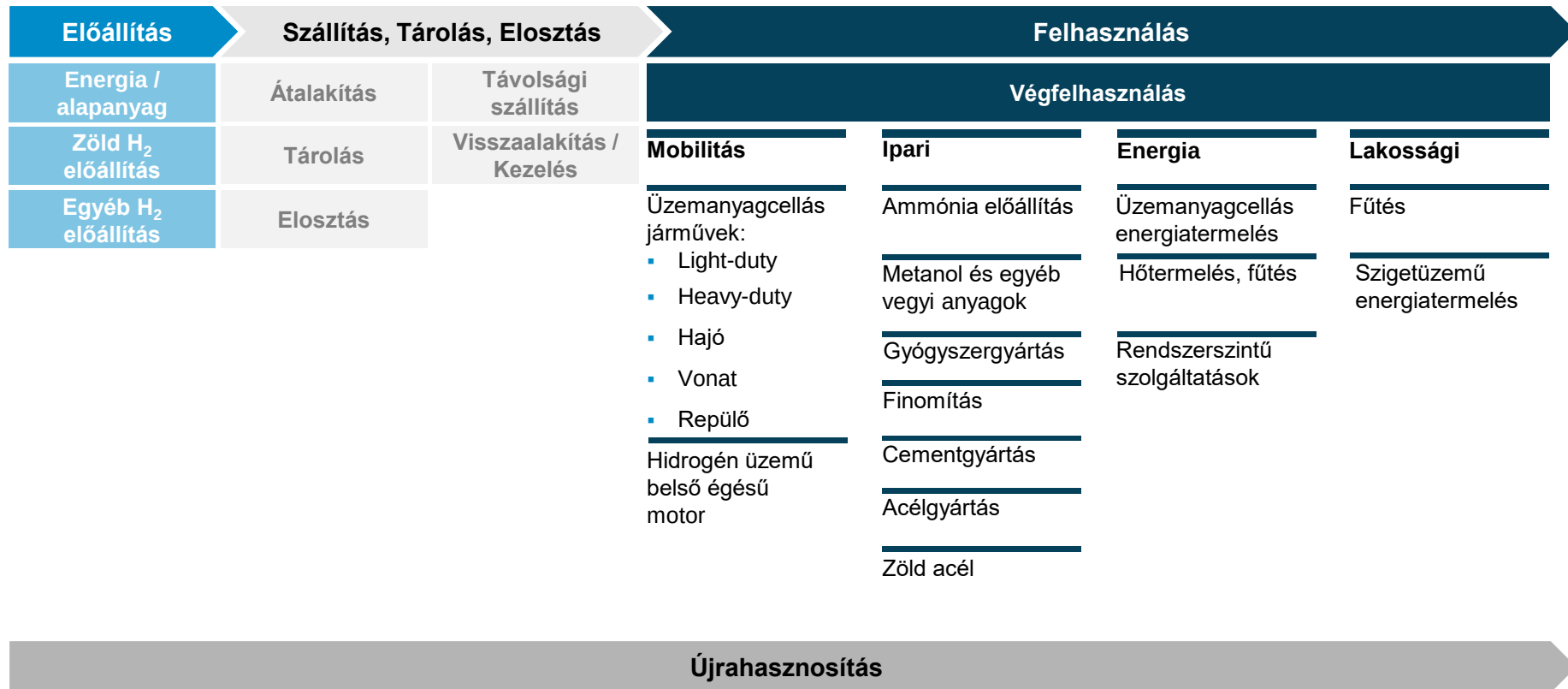


A hidrogén értéklánc mentén számos kulcs technológia és komponens található az előállítási és szállítási, tárolási, elosztási szegmensben





A hidrogén értéklánc mentén számos kulcs technológia és komponens található a különböző végfelhasználói szegmensekben





A hidrogéntechnológiai gyártói piac meghatározó trendjei a gyártás növelése, a költségek csökkentése, a támogató politikai környezet

Piaci trendek a hidrogéntechnológia gyártásban

Ellátási láncok az iparosodás küszöbén állnak

- Jelenleg a **gyártási volumen alacsony** és a berendezéseket gyártó **üzemek alacsony automatizáltságu, kisüzemi gyártási megoldásokra támaszkodnak.**
- **Szükség van a skálázhatóság elérésére és a hatékonyság növelésére** a gazdaságilag életképes iparosításhoz.

Költséghatékony gyártás szükséges a felvevőpiac növekedéséhez

- A **zöld hidrogén technológiák költségének jelentősen csökkennie kell** ahhoz, hogy versenyezhesse a hagyományos fosszilis tüzelőanyag technológiákkal.
- A **költségcsökkentés fő mozgatórugója a gyártás méretnövelése**, melyen keresztül elérhető a méretgazdaságosság és a tanulási görbe fokozása.

A zöld hidrogén előállítási technológiák gyártása igényli a legnagyobb figyelmet

- Az **OEM gyártók és a beszállítók a kereslet növekedését tapasztalják.**
- Az elektrolizáló stack gyártási beruházások jelentős növekedést mutatnak az elmúlt évben. A növekedési kilátások az értéklánc további szakaszában szerényebbek lesznek.
- A **zöld hidrogén rövid és középtávon továbbra is korlátozott kínálatú piac marad.**

Egyre több szereplő készül a hidrogén szektorba belépésre vagy a termelés fokozására

- Jelenleg **nagyon kevés a kizárólag hidrogénmegoldások fejlesztésére összpontosító gyártó** a piacon.
- Az **ágazatba belépők jellemzően már jól pozicionáltak a kapcsolódó iparágakban** (például a vegyiparban), ami lehetővé teszi keresztfinanszírozást a hidrogénmegoldások fejlesztéséhez és felfuttatásához.

Jelentős állami támogatás és növekvő kereslet segíti a szektort az iparosodás beindításában

- A kormányok világszerte, különösen Európában, Ázsiában és Észak-Amerikában jelentősen **megnövelték az állami támogatási rendszereket**, hogy a projektberuházások pénzügyi támogatása révén növeljék a zöld hidrogén iránti keresletet.
- A támogatás hatására a **hidrogénprojekt bejelentések több mint négyszereződtek másfél év alatt.**



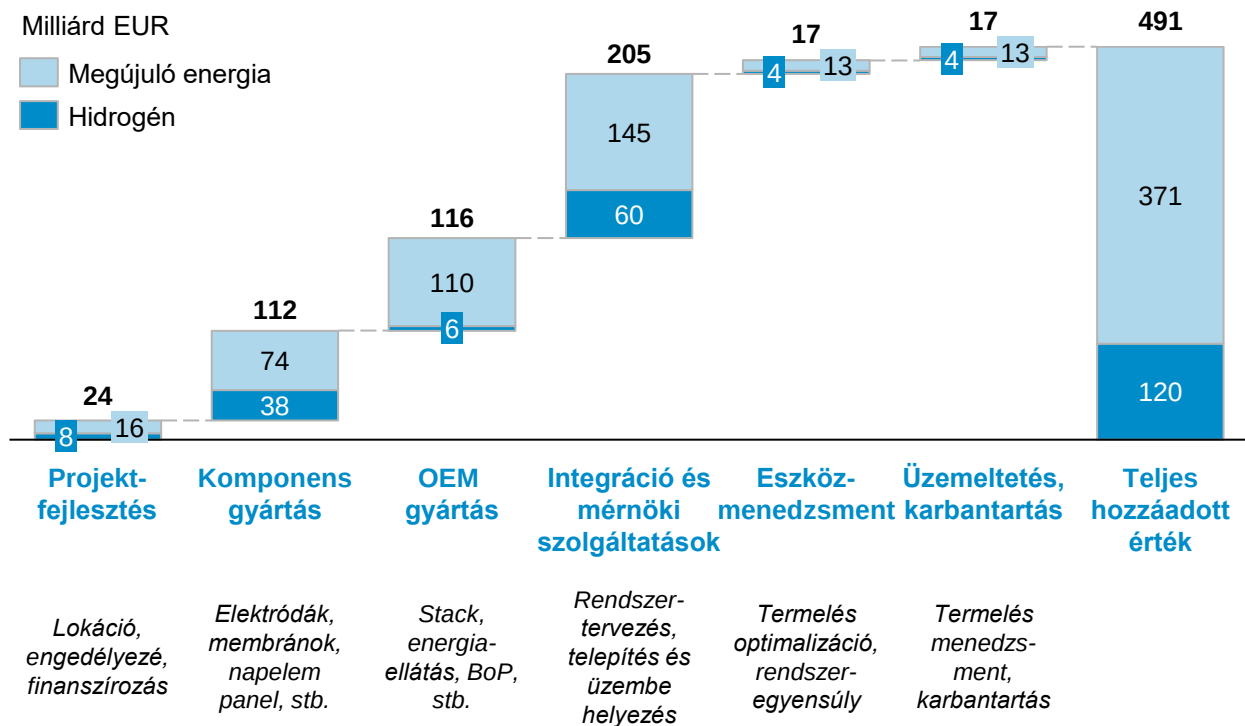
A zöld H₂ előállítási projektek 2030-ig közel 500 Mrd EUR hozzáadott értéket teremthetnek, elsősorban a gyártás és integráció területén

Zöld H₂ projektekben keletkező hozzáadott érték 2030-ig

Milliárd EUR

Megújuló energia

Hidrogén



Következtetések

- Jelentős, 2030-ig közel 500 milliárd eurót elérő üzleti lehetőség nyílik a zöld hidrogén előállítási projektek teljes értékű lánc mentén, a projektfejlesztéstől a technológia gyártáson és telepítésen át az üzemeltetésig.
- A projektek hidrogénhez kapcsolódó részében összesen 120 Mrd EUR a becsült hozzáadott érték.
- A zöld hidrogén előállításához szorosan kapcsolódó megújuló energiatermelésben összesen 371 Mrd EUR a becsült hozzáadott érték (PV, szárazföldi és tengeri szél).
- A legnagyobb hozzáadott érték a komponens és OEM gyártásban, valamint a mérnöki és integrációs szolgáltatások terén keletkezik.
- A hozzáadott érték 40%-a várhatóan Európában keletkezik.

Hidrogénteknológiai gyártási kapacitások





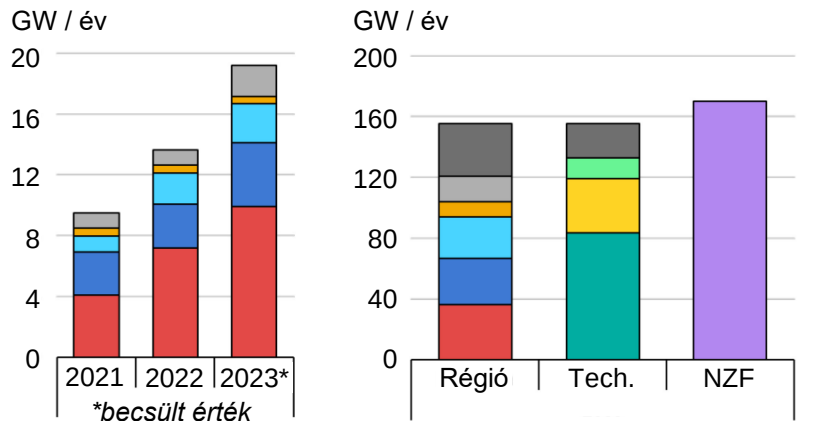
A globális elektrolizáló gyártási kapacitás a jelenlegi évi 14 GW-ról 155 GW-ra nő 2030-ra, Európa a második legnagyobb régió Kína mögött

Globális elektrolizáló gyártás

Megállapítások

Jelen

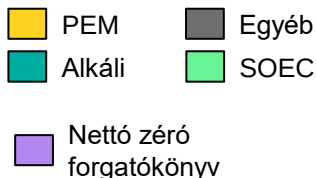
2030



Régiók



Technológiák

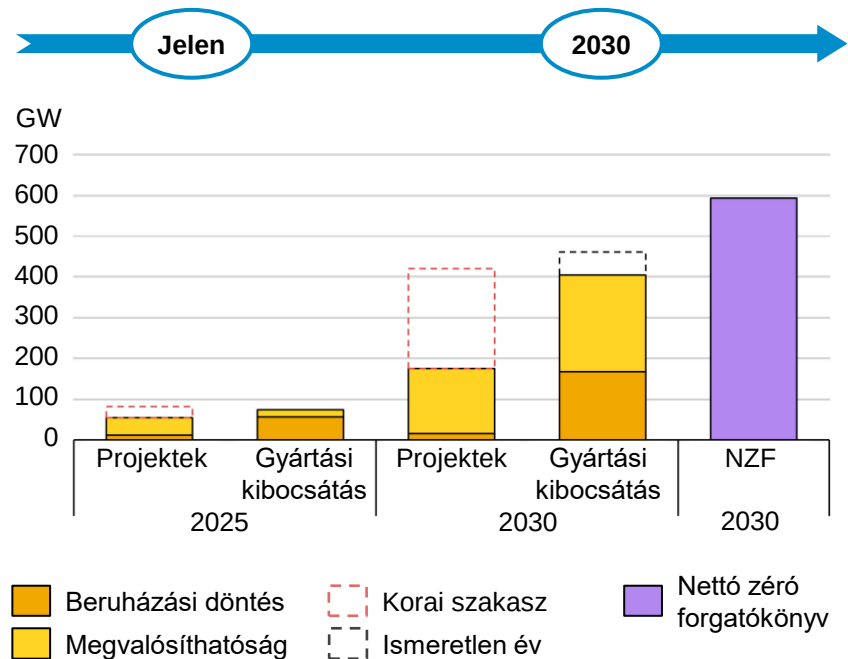


- A globális elektrolizáló gyártás 2022 végére elérte a 14 GW / év, 2023 végére várhatóan eléri a 19 GW / év kapacitást.
 - A globális gyártási kapacitás 50%-a Kínában található. A **második legnagyobb gyártási kapacitással rendelkező régió Európa**, a globális kapacitás 20%-ával.
 - A gyártási **kapacitás 75%-a alkáli elektrolizáló**.
- Bejelentések alapján a globális gyártási kapacitás 2030-ra elérheti a **155 GW / év** értéket.
 - A 2030-as gyártási **kapacitás 25%-a Kínába várható** míg **Európa megőrizheti második helyét** a kapacitások 20%-ával.
 - A bejelentések 20%-a egyelőre nem részletezett helyszínen valósulna meg.
 - A **PEM elektrolizálók aránya** a gyártási kapacitásban **25%-ra emelkedik**. Az **alkáli elektrolizálók gyártása domináns marad**, a kapacitás 54%-ával.
- A bejelentések 30%-a meglévő üzemek kapacitásának **bővítésére irányul**.
- A PEM és SOEC technológiák esetében a gyártói kapacitások egy része üzemanyag-cella gyártásra is használt, melyet a technológiák és a gyártási folyamat hasonlósága tesz lehetővé.



2030-ig az elektrolizáló gyártás összhangban van a hidrogén projektek igényével, de megvalósításuk jóval előrehaladottabb állapotban van

Elektrolizáló kínálat és kereslet



Megállapítások

- A globális elektrolizáló **kibocsátás jelentősen elmarad a gyártási kapacitástól**, becslést értéke 2022-ben mindössze 1 GW / év.
- A kibocsátási volumen könnyen növelhető a kapacitások kihasználatlanságából kifolyólag, így a következő években várható elektrolizáló igény egyszerűen kielégíthető.
- A gyártási **kapacitás bővítések 8%-a rendelkezik beruházási döntéssel**, így a bejelentések megvalósulása bizonytalan.
- A nettó zero kibocsátás eléréséhez szükséges 2030-as gyártói kapacitás 170 GW / év, melynek 90%-a már bejelentésre került.
- A 2030-as időtávon a jelenleg **elköteleződéssel rendelkező gyártási kapacitások és hidrogén előállítási projektek között nincs egyensúly**.
 - A megvalósíthatósági tanulmányi és a beruházási szakaszokban lévő hidrogén előállítási projektek kiszolgálására is elegendők csak a beruházási döntéssel rendelkező kapacitás bővítések.
 - Az összes bejelentett elektrolizáló igény kiszolgálásához azonban szükség van az összes bejelentett gyártói kapacitások időterv szerinti realizálására.
- A bejelentett kínálat és kereslet stádiuma közötti **egyensúlytalanság alacsony gyártó kihasználtsághoz vezethet**, ha a hidrogén termelési projektek nem valósulnak meg teljeskörűen.

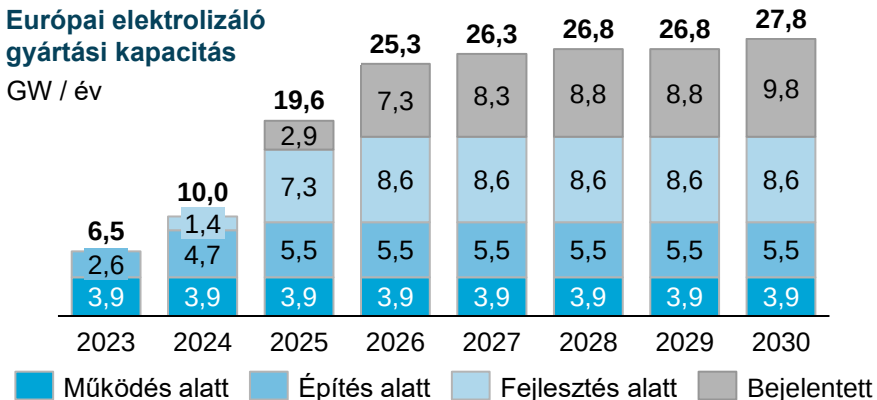


Az európai elektrolizáló gyártási kapacitás a jelenlegi évi 3,9 GW-ról 27,8 GW-ra nő 2030-ra, elsősorban PEM technológiára építve

Európai elektrolizáló gyártás

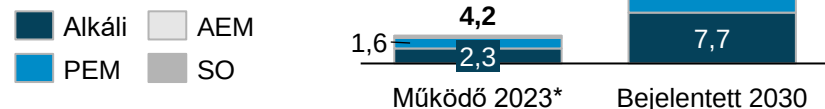
Európai elektrolizáló gyártási kapacitás

GW / év



Európai elektrolizáló gyártási kapacitás, technológia szerint

GW / év



* A kapacitás felfutási időszoron és a technológiai bontásban látható, 2023-as teljes működő gyártási kapacitás eltérésének oka az adatregisztráció eltérő ideje.

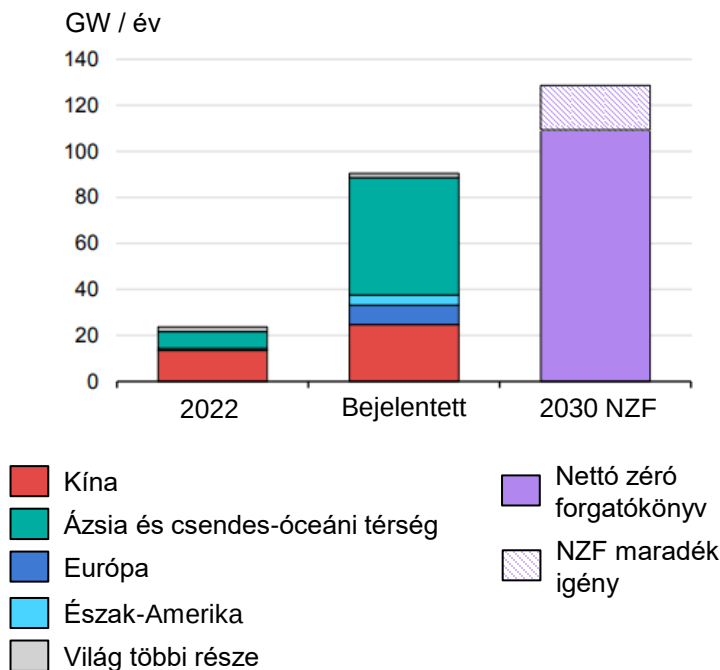
Megállapítások

- Az **európai elektrolizáló gyártás a jelenlegi 3,9 GW/év kapacitásról 2030-ra 27,8 GW/év kapacitásra** növekedhet a bejelentések alapján.
 - A gyártási kapacitás 0,6 GW/év mértékben növekedett egy év alatt, mely 18%-os éves növekedési rátát jelent.
 - A RePowerEU 2030-ra vonatkozó évi 10 millió tonna H₂ előállítási céljának eléréséhez 100-120 GW telepített elektrolizáló szükséges, azonban a jelenlegi európai gyártási kapacitások ebből maximum 23,4 GW elektrolizáló szállítására képesek.
- Az európai célok eléréséhez legalább 40%-os éves elektrolizáló gyártási kapacitás növekedés szükséges.**
- A **bejelentett gyártási kapacitás bővítésekkel elérhetők a 2030-as európai célok**, teljeskörű megvalósulásuk esetén összesen 169 GW elektrolizáló telepíthető, mely évi 16-17 millió tonna H₂ előállítására képes.
- A **bejelentett kapacitások kétharmada még nem rendelkezik végső beruházási döntéssel**, így a bejelentett ütemezés szerinti megvalósulásuk bizonytalan.
- A **jelenlegi európai gyártási kapacitás 58%-a alkáli típusú**, azonban **2030-ra a kapacitás 60%-át PEM technológia adja**, továbbá kisebb arányban megjelenik az AEM és SO elektrolizálók gyártása is.



A mobil üzemanyagcella gyártási kapacitások négyszeres növekedését jelzik előre a bejelentések, elsősorban az ázsiai térségben

Mobil üzemanyagcella gyártás



Megállapítások

- A bejelentések a mobilitási alkalmazásokban használt üzemanyagcella-gyártás négyszeres növekedését jelzik.
- A üzemanyagcella gyártási kapacitás a nettó zero kibocsátási forgatókönyvben előrejelzett kereslet 2030-as kereslet 70%-át kielégítheti.
- Az üzemanyagcellás járművek iránti kereslet növekedése számos gyártót ösztönöz a kapcsolódó komponensek gyártási kapacitásának növelésére.
 - A Hyundai 2023-ban **hidrogén üzemanyagcellákat gyártó üzemeltetést nyitott** a kínai Guangzhou-ban, kihasználva a **kínai FCEV piac növekedését**.
 - A **németországi EKPO** egy jelentős megrendelésre reagálva új **bipoláris lemezeket gyártó telephelybe** fektet be.
 - A **Hexagon Purus** egy **járművi fedélzeti hidrogén tartály gyártó üzemmel** bővítette jelenlétét az Egyesült Államokban, és egy kisebb gyár építését kezdeményezte Kanadában.
 - A **Ballard** célja **70%-kal csökkenteni** a következő generációs **bipoláris lemezek költségeit** a kanadai üzemében végrehajtott beruházások révén akár. Emellett **membránelektroda-összeszerelő üzemeltetést tervez** Sanghajban.

Hidrogénteknológia gyártói piacméretek





A hidrogén értéklánc elemeinél akár százszoros növekedés is várható 2030-ra, mely a gyártói piacok jelentős növekedését hozza magával

Értéklánc

Előállítás

Elosztás és tárolás

Átalakítás

Végfelhasználás

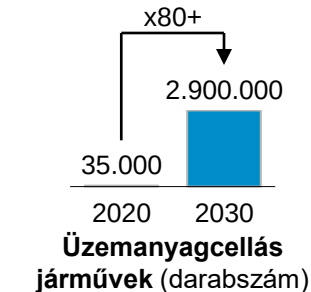
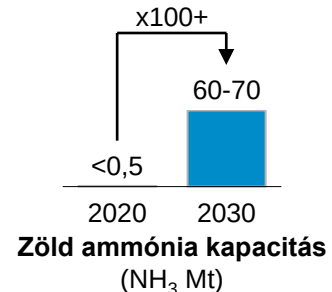
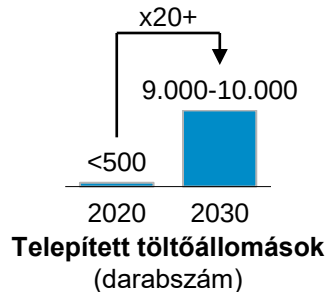
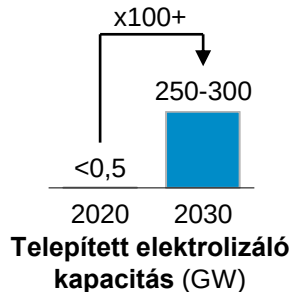
Elektrolizáló, ATR, CCS

Csővezeték, tartály, kikötői infra., töltőállomások

Ammonia, cseppfolyósítás, LOHC

Alapanyag, mobilitás, ipari hőtermelés

Példák
komponens
igény
növekedésére



Gyártói piac
becsült mérete
2030



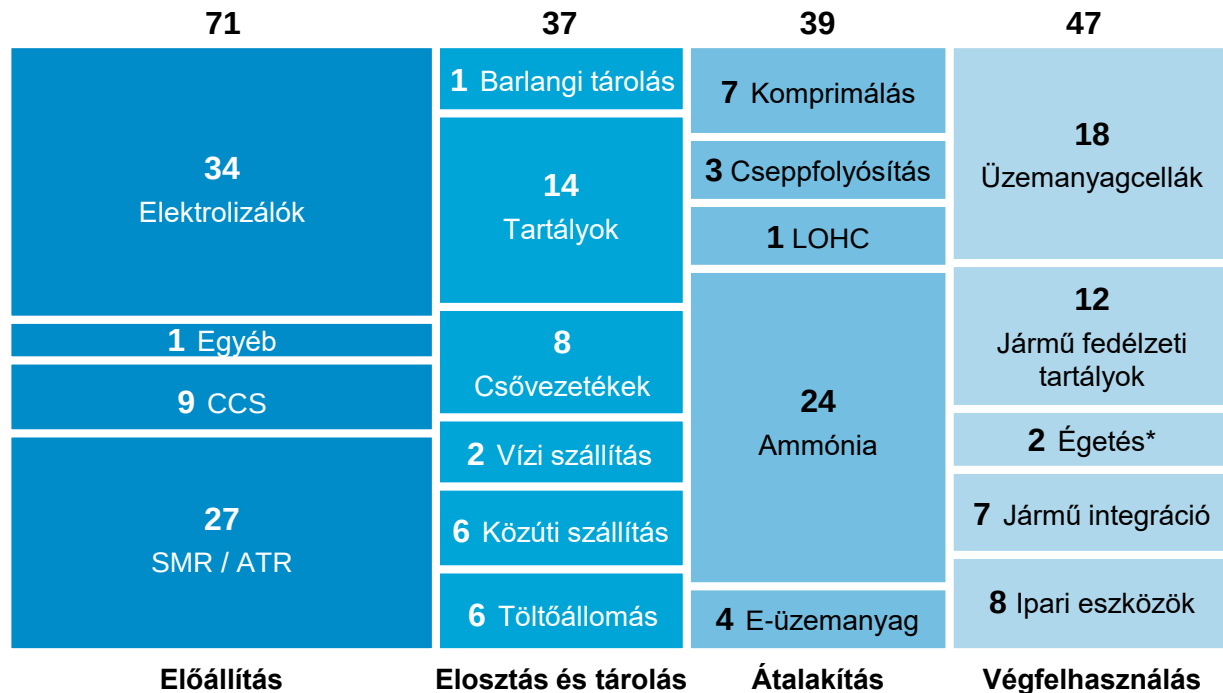
A teljes hidrogén technológiai gyártói piac 2030-ra becsült mérete 190 Mrd USD.



A hidrogéntechnológiai eszközök globális piaca 2030-ra több mint 190 milliárd USD méretre növekedhet

Gyártói piaci szegmensek becsült mérete 2030

milliárd USD



Teljes gyártói piac 2030



194

Milliárd USD

Következtetések

- A hidrogén értéklánc **legnagyobb gyártói piacmérettel rendelkező szegmense az előállítás**, azon belül az **elektrolizálók**. További ígéretes technológia az SMR és ATR.
- A **mobilitási alkalmazások piaca jelentős**, beleértve a komponens-gyártást és az integrációt is.
- A tárolásban és elosztásban a **tartályok és csővezetékek gyártói piaca a legnagyobb**.
- Az ammónia átalakításban használt eszközök piaca szintén jelentős, a tárolási, szállítási és felhasználás szerepéből kifolyólag.

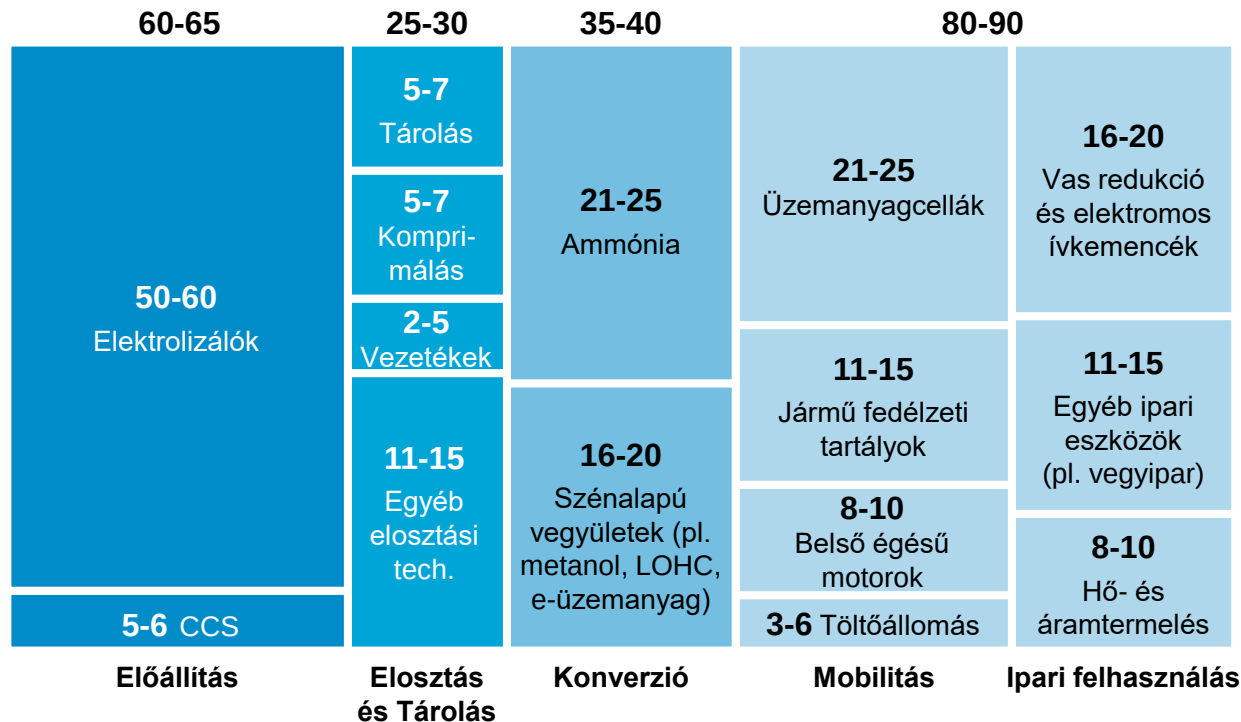
* Turbinák és belsőégésű motorok



A hidrogéntechnológiai eszközök globális piaca 2050-re akár 220-225 milliárd USD méretre növekedhet

Eszközök becsült piacmérete (2050)

milliárd USD



Teljes gyártói piac 2030



200-225
Milliárd USD

Következtetések

- A legnagyobb piaccal rendelkező technológiai elem az elektrolizáló.
- A hidrogén értéklánc legnagyobb gyártói piacmérettel rendelkező szegmense a felhasználás, a piac felét a mobilitási alkalmazások teszik ki.
- Az ipari végfelhasználói eszközök piaca szintén jelentős, az energia szektor csak kisebb súlyt képvisel.
- A tartályos és csővezetékes megoldások a tárolási és elosztási piac felét adják.
- Az ammónia átalakításban használt eszközök piaca szintén jelentős.

Kulcs hidrogéntechnológiák gyártási folyamata

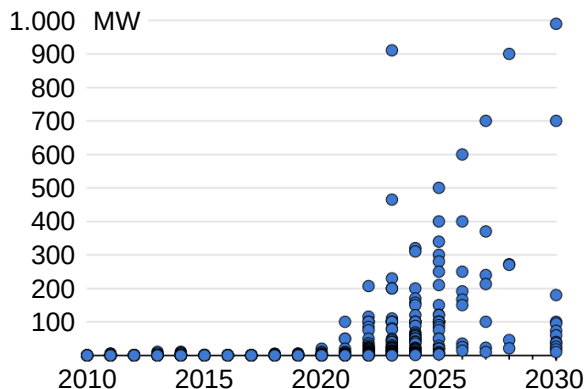




A hidrogén projektek méretének növekedése a gyártási folyamat és kapacitás felskálázását hozza magával

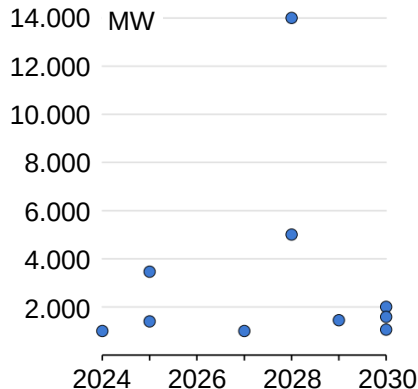
Hidrogén projektek mérete

GW méret alatti H₂ projektek



- 2021-ben a tervezett hidrogén projektek száma 100 MW feletti méret esetén meghaladta a 80-at, továbbá 11 projekt meghaladta az 1 GW kapacitást.
- A jelenlegi átlagos projektméret 12 MW, mely 2030-ra akár 1 GW-ra emelkedik. 2021-ben az évtized végére becsült átlagos projektméretet még 230 MW volt.
- A 2030-re bejelentett hidrogén projektek 75%-a gigawatt méretű.

GW méret feletti H₂ projektek



A hidrogén projektek jelentős méretnövekedése megteremti az igényt a gyártási kapacitás felskálázására, a nagy volumenű gyártás elterjedésére.

Projektmérethez igazodó gyártás

1

Alacsony volumenű gyártás a demonstrációs projektek kielégítésére

- 10 MW alatti projektek számára konténeres rendszerek
- **Licensz alapú gyártás terjedhet el**
- Egyben tartalmazzák a stack-et, üzemegyensúlyi rendszereket, vezérlést, komprimálást, egyenirányítást.

2

Közepes volumenű gyártás a kereskedelmi projektek kielégítésére

- 10 MW feletti projektek számára moduláris rendszerek
- Szabványos stack modul és üzemegyensúlyi rendszerek

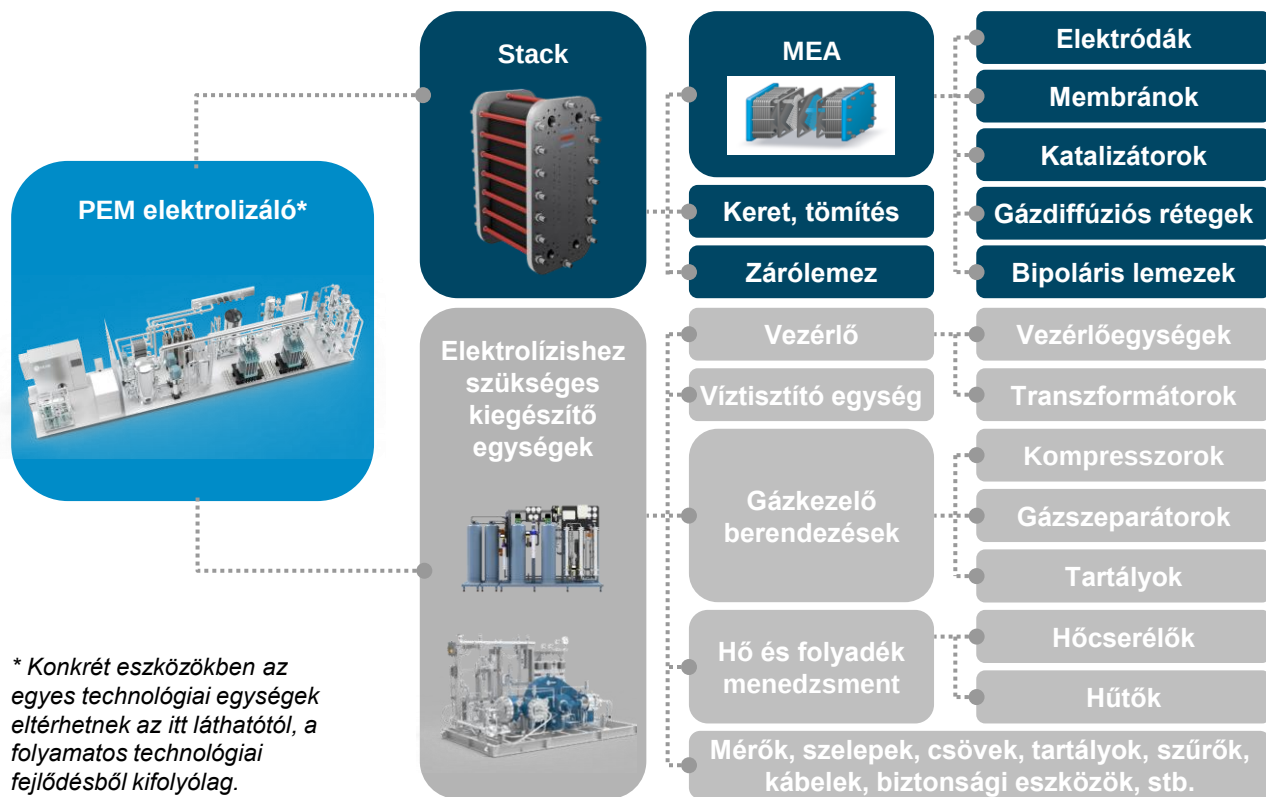
3

Nagy volumenű gyártás a gigawattos méretű projektek kielégítésére

- 1 GW feletti projektek számára moduláris rendszerek
- Sorozatgyártás nagyfokú szabványosítás és automatizáció mellett



A PEM elektrolizálók és üzemanyagcellák fő komponense a stack, melyhez számos kiegészítő egység kapcsolódik



* Konkrét eszközökben az egyes technológiai egységek eltérhetnek az itt láthatótól, a folyamatos technológiai fejlődésből kifolyólag.

PEM részegységek

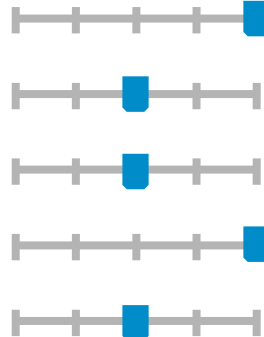
- **Membrán-elektrod egység, MEA:** Az elektrolizáló cella alkotóeleme, mely egy polimer membránból és két, katalizátorral bevont elektródból áll.
- **Gázdifúziós réteg, GDL:** Az elektrolizáló cella elektródái és a MEA között elhelyezkedő réteg, mely biztosítja a gázok egyenletes eloszlását és segíti a víz eltávolítását a cellából.
- **Mikroporózus réteg, MPL:** A GDL és a katalizátor réteg között elhelyezkedő réteg, mely javítja a gázok és az elektrolit közötti kapcsolatot, csökkenti a vízfelhalmozódást és a polarizációs veszteségeket.
- **Bipoláris lemezek, BPP:** Az elektrolizáló cellák között elhelyezkedő, két különböző polaritású elektródot tartalmazó lemez, célja elektrolízishez szükséges feszültség csökkentése és ezzel a cellák hatékonyságának növelése.



PEM elektrolizáló gyártás lépései: gázdifúziós réteg és katalizátorral bevont membrán gyártása

Gázdifúziós réteg (GDL) gyártása

- 1 Szénpapír előállítás:** Szénszálak összepréselése papírszerű anyaggá, mely a GDL alapját adja.
- 2 Impregnálás:** Szénpapír bevonása polimerrel vagy más anyaggal, a porozitás, vezetőképesség, szilárdság, vízszabályozás javítása céljából.
- 3 Grafitálás:** Grafitpor felvitele a GDL felületére, a vezetőképesség, szilárdság, vízszabályozás és gázdifúzió javítása céljából.
- 4 Hidrofób bevonás:** Víztaszító bevonat kialakítása a membrán felületén, mely megakadályozza a víz behatolását és javítja a teljesítményt.
- 5 MPL és szinterezés:** Az MPL anyag olvadáspont alatti hevítése, ezzel szilárd anyag képzése a részecskék összetapasztásával.



Jelmagyarázat

Folyamat lépései teljesen manuálisak:



Folyamat lépései teljesen automatizáltak:



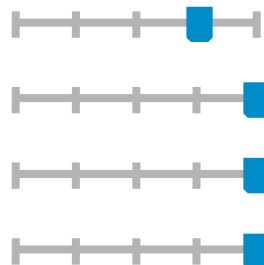
Folyamat lépései közel egyenlő arányban manuálisak vagy automatizáltak:



* Konkrét eszközök gyártása eltérhet az itt láthatótól, a technológiai fejlődésből kifolyólag.

Katalizátorral bevont membrán (CCM) gyártása

- 1 Keverés:** Katalizátor tinta keverése szénből, katalizátor anyagokból (pl. platina, ruténium), ionomerből és hígítóanyagból (pl. víz, izopropanol).
- 2 Matrica bevonatolás és szárítás:** Membrán száraz bevonatolás felviteléhez használt transzfer matrica elkészítése, bevonatolása.
- 3 Forró préselés és matrica eltávolítás:** Száraz katalizátorréteg felvitele a membránra a transzfer matricáról, forró préseléssel.
- 4 Tömítés alkalmazás:** Alátét felvitele a legyártott CCM tekercsre lamináló hengerrel.



GDL

Gyártási folyamat következő szakasza, lépése:

MEA összeszerelés

CCM



PEM elektrolizáló gyártás lépései: membrán-elektród egység összeszerelése és bipoláris lemezek gyártása

MEA összeszerelés

- 1 Összeragasztás vagy összehegesztés:** Különböző rétegek (GDL, MPL, katalizátor) egyesítése polimer membránnal.
- 2 Csatlakoztatás és elválasztás:** MEA leválasztása a felesleges anyagoktól és méretre vágása.



Bipoláris lemezek (BPP) gyártása

- 1 Bevonás:** Anyagok (pl. műgyanta, fém, grafit) felvitele a BPP felületre, a tulajdonságainak (pl. vezetőképesség, hőelvezetés) javítása érdekében.
- 2 Habosítás:** BPP anyag keverése levegővel vagy más gázzal, a súly és vastagság csökkentése, a tulajdonságok további javítása érdekében.
- 3 Elválasztás és vágás:** Gyártás során keletkezett felesleges anyagok leválasztása (pl. bevonatok, hegesztési varratok).
- 4 Összeillesztés:** A BPP elektromos és mechanikus rögzítése a cella anódjához és katódjához.
- 5 Tömítés alkalmazás:** A BPP széleinek lezárása tömítő anyaggal (pl. műgyanta, gumi, szilikon) a szivárgás megakadályozása érdekében.



Jelmagyarázat

Folyamat lépései teljesen manuálisak:



Folyamat lépései teljesen automatizáltak:



Folyamat lépései közel egyenlő arányban manuálisak vagy automatizáltak:



* Konkrét eszközök gyártása eltérhet az itt láthatótól, a technológiai fejlődésből kifolyólag.

MEA

Gyártási folyamat következő szakasza, lépése:

Stack összeszerelés

BPP



PEM elektrolizáló gyártás lépései: stack összeszerelése, rendszer összeszerelése

Stack összeszerelés

1

Rétegzés és előszerelés: Az elektrolizáló cellák egymásra helyezése, elektromos és mechanikus csatlakoztatása.



2

Préselés: Az elektrolizáló cellák összenyomása céljával, az elektromos és gázáramlási tulajdonságok javítására, a szivárgások csökkentésére.



3

Feszítés: Az elektrolizáló cellák megfeszítése céljával, az elektromos és gázáramlási tulajdonságok javítására, a szivárgások csökkentésére.



4

Tesztelés: Műszaki paraméterek (elektromos, elektrokémiai) ellenőrzése, folyadék- és gázszivárgás tesztelése



Rendszer összeszerelés

1

Üzemegyensúlyi rendszerek (BoP) összeszerelése: Kiegészítő és segédrendszerek telepítése, összekötése.



2

Elektromos integráció: Az elektrolizáló berendezés elektromos rendszereinek csatlakoztatása és beállítása.



3

Végso ellenőrzés: A teljes elektrolizáló berendezés működésének és teljesítményének ellenőrzése, tesztelése.



Jelmagyarázat

Folyamat lépései teljesen manuálisak:



Folyamat lépései teljesen automatizáltak:



Folyamat lépései közel egyenlő arányban manuálisak vagy automatizáltak:



* Konkrét eszközök gyártása eltérhet az itt láthatótól, a technológiai fejlődésből kifolyólag.





Az elektrolizáló és üzemanyagcella gyártása csak kis mértékben tér el, az egyes technológiák gyártása között azonban jelentős a különbség

Egyéb elektrolizáló technológiák

Alkáli elektrolizáló (ALK)

Eltérés PEM technológiától

- **Elektrolit:** az alkáli elektrolizálóban lúgos oldat (pl. KOH vagy NaOH) tölti be az elektrolit funkcióját.

Gyártási technológia

- **Elektrodák:** nikkel-vas ötvözetből készülnek, általában préssel, szitanyomással, elektroformálással
- **Szeperator:** szintetikus vagy természetes rostból készül, melyet a lúgos oldattal impregnálnak
- Az **elektrodák és a szeperator egység rétegzéssel készül**, melyet tömítéssel és hegesztéssel rögzítenek

Gyártási automatizáltság

Manuális  Automatizált

Szilárd-oxidos elektrolizáló (SOEC)

- **Működési hőmérséklet:** SOEC elektrolizáló és SOFC magas hőmérsékleten működik, 600 és 1000 °C között.

- Több mint száz lépést is igényelhet a gyártás
- **Katalizátor:** szalagöntés, szitanyomás, csúszkázás, szuszpenzió permetezés, spray pirogenézis, bevonás, vékonyréteg-lerakás, kémiai infiltráció, ex-szolúció
- **Szalagok:** lézeres vágás, lyukasztás, laminálás, rétegezés, égetés vagy szinterelés
- **Cella:** tintasugaras nyomtatás (IJP), sztereolitográfia (SL) vagy digitális fényfeldolgozás (DLP).

Manuális  Automatizált

Gyártási különbségek elektrolizáló és üzemanyagcella között

- A PEM elektrolizáló és üzemanyagcella felépítése és gyártása hasonló, az ellentétes üzemelési módból csak kis eltérések adódnak.
 - Az elektrolizáló magasabb nyomáson és hőmérsékleten működik, ezért ellenállóbb anyagokra van szükség a stack gyártásához.
 - Az elektrolizáló nagyobb áramerősséget igényel, ezért nagyobb és hatékonyabb elektród katalizátorokra van szükség.
 - Az elektrolizáló nagyobb teljesítményű vízkezelő és hűtő rendszereket igényel.
- A szilárd-oxidos technológia esetén a gyártásban nincs érdemi különbség, mivel a folyamat reverzibilis, a berendezés képes váltani az elektrolizáló és az üzemanyagcella mód.



A kulcs hidrogéntechnológiák kiegészítő komponensei a víz-, gáz- és hőkezelés, az irányítás és biztonság, illetve a tárolás berendezései

Egyéb kiegészítő hidrogéntechnológiai berendezések

Vízkezelés

- **Víz tisztító berendezés:** biztosítja a tiszta vizet, ezzel javítja az elektrolizáló hatékonyságát és a berendezés élettartamát.
- **Vízszivattyúk:** szabályozzák a víz áramlását és nyomását, ezzel befolyásolva a hidrogén termelés mennyiségét és minőségét.
- **A vízkezelés berendezéseit az elektrolizáló gyártója általában a rendszer részeként szállítja.**

Gázkezelés

- **Gáztisztító:** megtisztítja a keletkezett gázokat a szennyeződésektől, javítja a gázok minőségét, javítva az üzemanyagcella hatékonyságát
- **Gázkompresszorok:** beállítják a keletkezett gázok nyomását és hőmérsékletét a további felhasználási vagy tárolási célnak megfelelően.
- **A gázkezelés berendezéseit az elektrolizáló vagy üzemanyagcella gyártója általában a rendszer részeként szállítja.**

Hőkezelés

- **Hűtők és hőcserélők:** szabályozzák a hőmérsékletet, javítva az eszközök hatékonyságát és az üzemeltetés biztonságát.
- A hulladékhő hasznosítás szerepe jelentős a szilárd-oxidos és olvadék karbonátos technológiák esetében.

Irányítás, biztonság

- **Mérőműszerek és biztonsági berendezések:** ellenőrzik és szabályozzák az elektrolizáló vagy üzemanyagcella működését, megelőzik a baleseteket és károk keletkezését.
 - Mérők és szabályozók: nyomás, hő, áram, feszültség, gáz
 - Védelem: túlfeszültség, túláram, túlmelegedés
 - Biztonsági szelepek, tűz- és robbanásbiztos burkolatok, gázérzékelők és riasztók, stb.
- **Az irányítási és biztonsági berendezéseket az elektrolizáló vagy üzemanyagcella gyártója általában a rendszer részeként szállítja.**

Tárolás

- **Hidrogén tartályok:** tárolás gáz, folyadék vagy szilárd formában, különböző anyagú, gyártású és nyomású tartályokban.
 - **Gáztartályok:** sűrített hidrogén gáz tárolása acél, alumínium vagy kompozit anyagú, 200-700 bar nyomású tartályban.
 - **Cseppfolyósítás:** hidrogén hűtése és tárolása 1-10 bar nyomáson, folyékony állapotban, szigetelt, acél és alumínium ötvözet tartályban.
 - **Szilárd tárolás:** hidrogén megkötése fém-hidridekben, szénalapú anyagokban és más szilárd vegyületekben



A hidrogéntechnológiai komponensnek gyártásának felskálázása és a gyártási folyamatok automatizálása is számos kihívással néz szembe

Gyártás felskálázás kihívásai



Versengő műveletirányítási és gyártási stratégiák feloldása

- Nagy mennyiség, kevés változat a stack gyártásban
- Kis mennyiség, sok változat a BOP elemek gyártásában



Gyártásra tervezés előtérbe hozása

- Jelenlegi termék specifikációk átalakítása
- Gyártást megkönnyítő termék tervezés kialakítása



Termékek gyakori áttervezése a folyamatos technológiai fejlődés, új műszaki megoldások kifejlesztése miatt



Gyártási kapacitások és képességek fejlesztése, bővítése



Szakképzett munkaerő rendelkezésre állása és biztosítása



Beruházási források előteremtése a gyártási kapacitások tőkeintenzív bővítéséhez



Nyersanyagok elérhetőségével és az áruk emelkedésével kapcsolatos kockázatok

Gyártás automatizálás kihívásai



Törékeny termékrészek és anyagok kezelése (pl. katalizátorral bevont membrán)



Túlnyomásos tisztatéri szerelési feltételek megteremtése a katalizátor szennyeződések elkerülése érdekében



Páratartalom és hőmérséklet szabályozás megteremtése



Légzsiliprendszer kialakítása a nyersanyag bevitel és a robotizált összeszerelő szakaszok között



Kritikus méret- és szennyeződés ellenőrzés kialakítása



Tesztelési folyamatok automatizálása



Megfelelő összeszerelési elrendezés (vertikális vagy horizontális) meghatározása és kialakítása



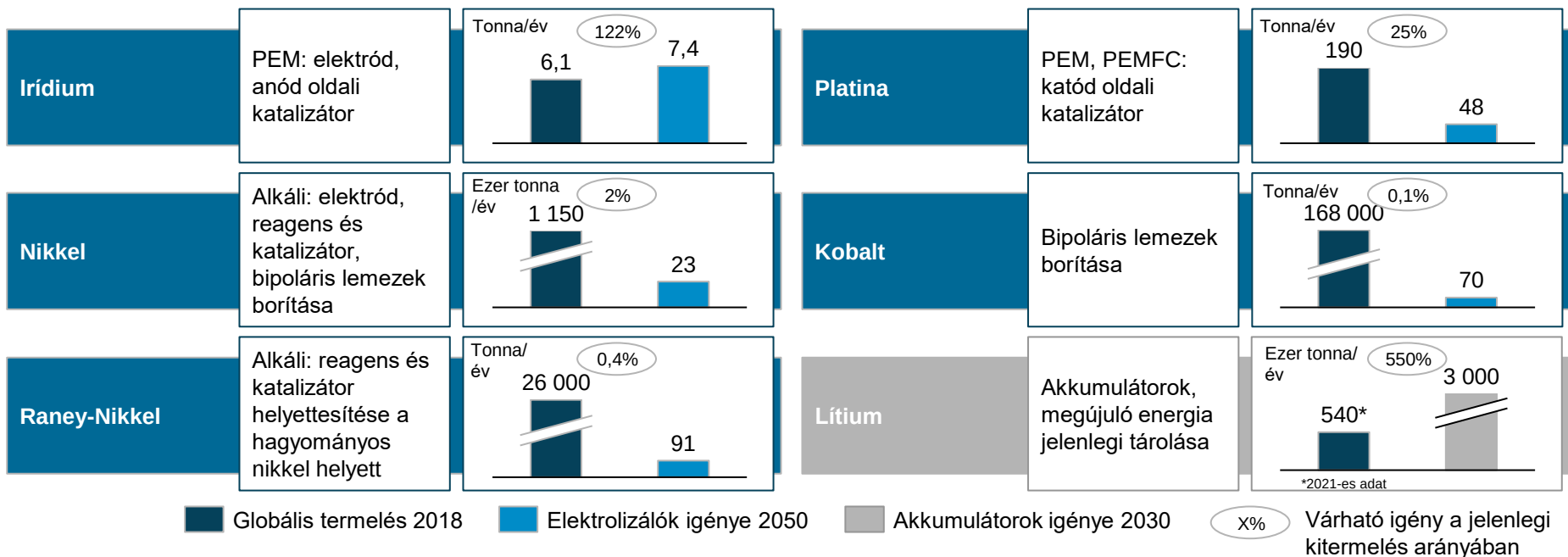
Nagy volumenű roll-to-roll (folyamatos görgőkön történő szállítású) gyártási folyamatok alacsony érettsége

Kritikus nyersanyagok és újrahasznosítás



A hidrogéntechnológiák kritikus nyersanyagai az irídium és a platina, melyek globális kitermelése nem elegendő a várható igény fedezéséhez

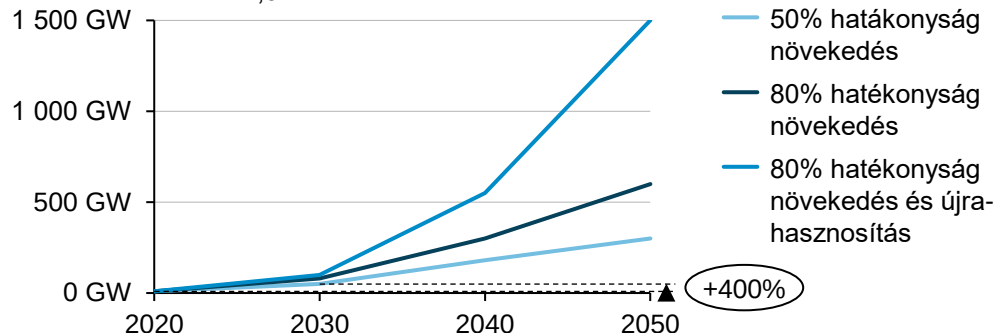
A PEM elektrolizálók magjában ritka anyagokat igényelnek, mivel a katalizátorral bevont membránokat (CCM) használnak a magjukban. A platinacsoportba tartozó fémek (PGM-ek) az elektrolízis rendszerben való aktivitásuk és stabilitásuk miatt ideálisak. **Jelenleg nincsenek olyan megfelelő alternatívák, amelyek megbízhatóan működnének a PEM cellák nagyfeszültségű, savas körülményei között.**



Újrahasznosítással és hatékonyságjavítással a beruházási költségek csökkennek, ami megkönnyíti a PEM elektrolízis elterjedését

Hatékonyságjavulás és az újrahasznosítás hatása

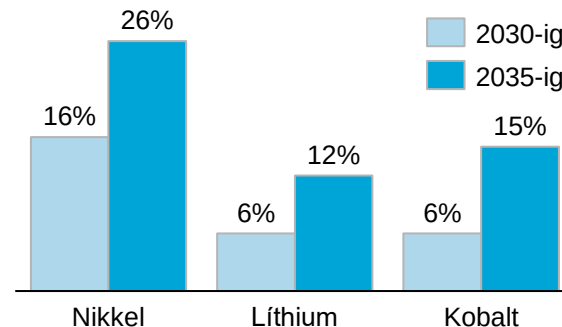
Globálisan telepíthető PEM kapacitás
évi 1,5 tonna irídiumellátás esetén



- **A jelenlegi platina- és irídiumkészletek nem elegendőek** ahhoz, hogy a PEM technológiás **hidrogén előállítás gigawattos méreteket öltsön**.
- A jövőben a magasabb termelés eléréséhez **növelni kell az anyagfelhasználás hatékonyságát és hatékony újrahasznosítási eljárást kell találni**. Így a 2030-as beépíthető kapacitás akár négyszeresére nőhet.
- Mivel más ágazatok is igénylik a hidrogéntekológiákban kritikus nyersanyagokat, ezek beszerzése kihívást jelenthet a hidrogénágazat számára. **A máshonnan érkező magasabb kereslet hiányt vagy növekvő árakat eredményezhet**.

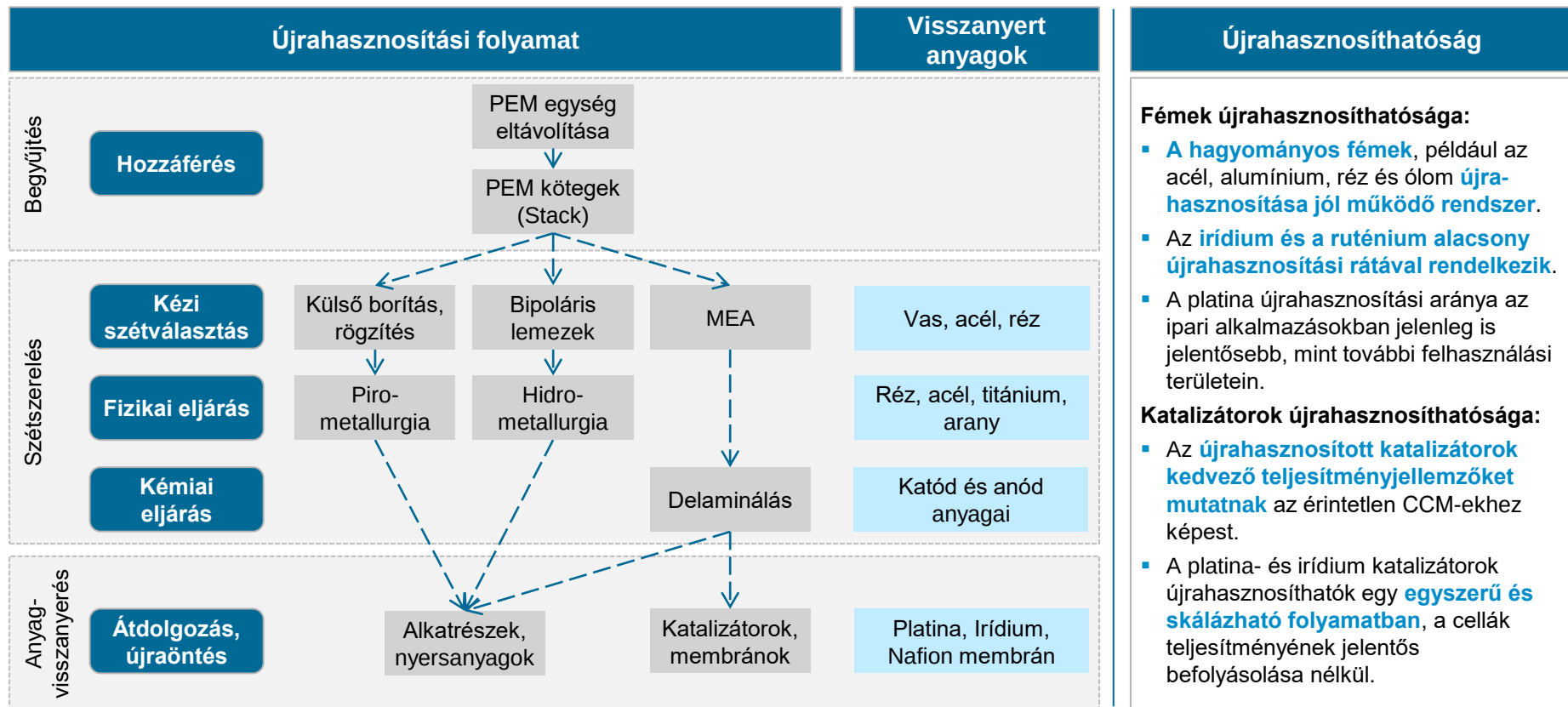
Kritikus nyersanyagok biztosítása

EU CRM által előírt újrahasznosítási követelmény

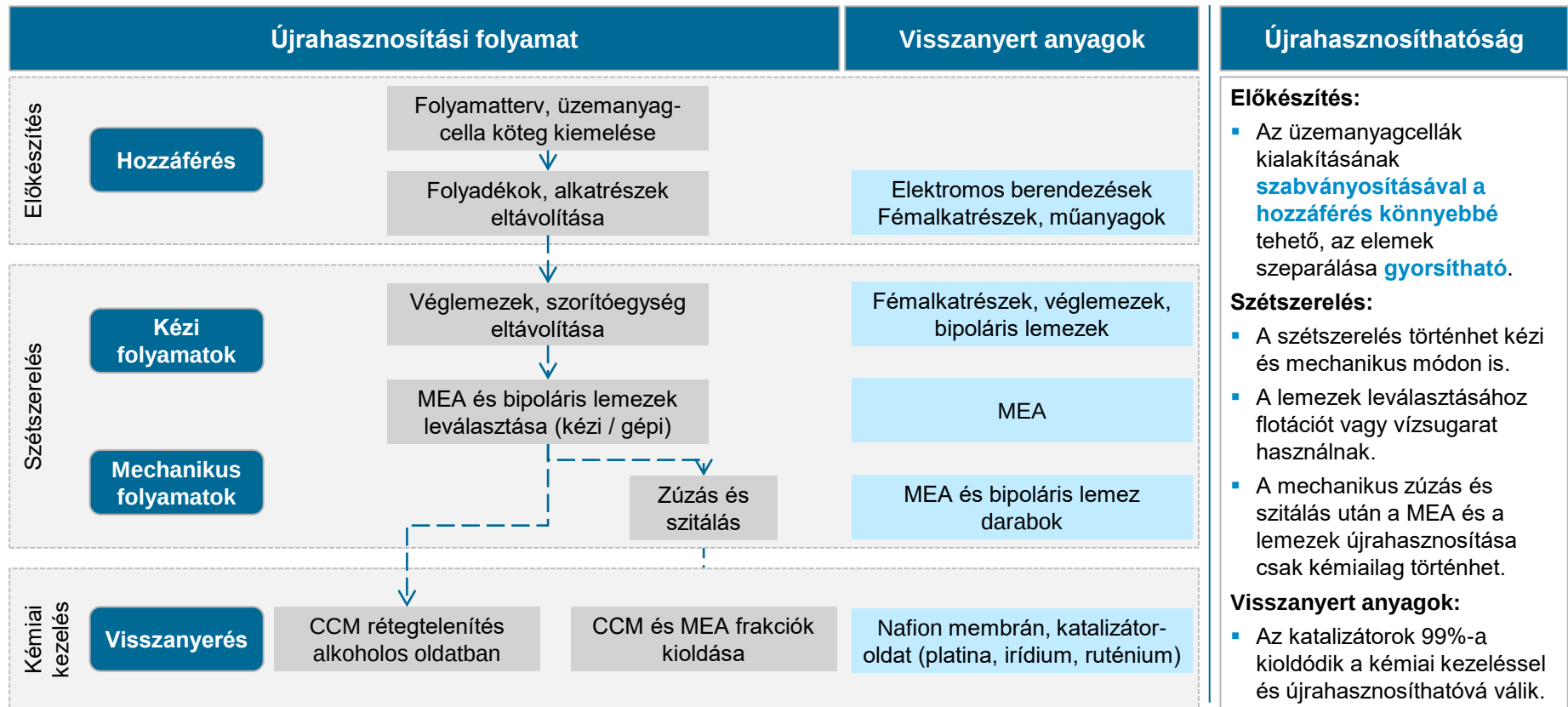


- A hidrogéngazdaság kiépülésének megindulásával **a kritikus nyersanyagok iránti kereslet a következő időszakban drasztikus ütemben fog emelkedni**.
- Az **EU szabályozással igyekszik biztosítani a kritikus anyagok rendelkezésre állását**, az újrahasznosítás mértékének és hatékonyságának növelésével, követelmények előírásával (Critical Raw Materials Act, CRM).

A PEM elektrolizálók használt anyagait megfelelő folyamattal egy közel azonos teljesítményű elektrolizálóban lehet újra felhasználni



A PEM üzemanyagcellák iránti kereslet kiszolgálásához ki kell építeni az újrahasznosításhoz szükséges értékláncot



A kritikus anyagok hosszú távú felhasználását biztosítani kell az újrahasznosításuk technikai feltételeinek megteremtésével

Újrahasznosítás technikai feltételei



Az anyagok körforgásának megteremtése

- **A tervezés fókuszába állítani az újrahasznosítás optimalizálását**, a kapacitásnövelés és a költségcsökkentés mellett. A nagy tisztaságú fémek magas kezdeti költségekkel járnak, de újrahasznosításuk egyszerűbb és olcsóbb
- **Felmérni az átalakítási és együttműködési lehetőségeket** a katalizátorok, polimerek, szénszálok és elektronikai alkatrészek (pl.: szenzorok) anyagáramában.
- **Megvizsgálni a jármű- és akkumulátoriparban** használt önműködő gépek alkalmazási lehetőségeit.



Szabványos megoldások alkalmazása

- **Biztosítani a helyettesíthetőség és csere lehetőségét szabványosított megoldásokkal.** Ezen standardok elterjesztésének támogatása a másodpiacokon.
- **Áttervezni és hasznosíthatóvá tenni a régebbi** elektrolizálókat olyan alkalmazásokban, ahol a hatékonyság kevésbé kritikus.



Automatizálás

- **A precíz és hatékony műveletek végrehajtása a robotika és az automatizálás segítségével leegyszerűsödik.**
- Az újrahasznosítási folyamatok a komplex alkatrészek és veszélyes anyagok feldolgozásához aprólékos munkát igényelnek.
- Az újrahasznosítási folyamatban egyre népszerűbb az automatizált vagy automatizálható lépések integrálása



Mesterséges intelligencia hatékonysága

- **A mesterséges intelligencia alkalmazásával növelhető a visszanyerés aránya, javítható az újrahasznosítási kapacitás skálázhatósága.**
- Az újrahasznosítás kulcsfontosságú lépései, mint a szétszerelés, anyagleválasztás és szétválogatás, fejleszthetők mesterséges intelligencia használatával.
- Érzékelők, szenzorok segítségével monitorozható a folyamat, könnyebb azonosítani a kritikus anyagokat.

Gyártói modellek és piacra lépési stratégiák



A hidrogéntechnológiai gyártók piaci mozgásaira hat a szabályozási bizonytalanság, a befektetési láz és az ökoszisztéma komplexitása

Piacra lépést befolyásoló tényezők a hidrogéntechnológia gyártásban

Szabályozási bizonytalanság



- **A piac növekedése nagymértékben függ az erős szabályozási és szakpolitikai támogatástól.**
- **A kormányzatok szerepe jelentős a hidrogén értéklánc felépítésében és fenntarthatóvá tételében**, fő eszközei a karbonadók, a kibocsátáskereskedelmi-rendszerek, a közvetlen támogatás, a piacfejlesztés és –szabályozás, az infrastruktúra beruházások.
- **Földrajzi diverzifikációval csökkenthető szabályozási környezetnek való kitettség** és az egyes piacoktól való függőség, továbbá lehetőség nyílik más régiókban szabályozói és finanszírozási támogatás megszerzésére is.

Befektetési láz



- **Jelentős befektetési áramlik a hidrogén szektorba**, aminek következtében az alacsony bevételekkel, de magas növekedési kilátásokkal rendelkező szereplők értékelése gyorsan növekszik.
- **A magas vállalati értékeltség kihívást jelent az akvizíciókon keresztül terjeszkedni vágyó gyártóknak.**
- A vállalatokhoz áramló tőke **jelentős kutatás-fejlesztési tevékenység és gyártási kapacitás finanszírozását teszi lehetővé**, ezáltal a **tőkebefektetésből nem részesülő vállalatok lemaradnak a versenyben.**

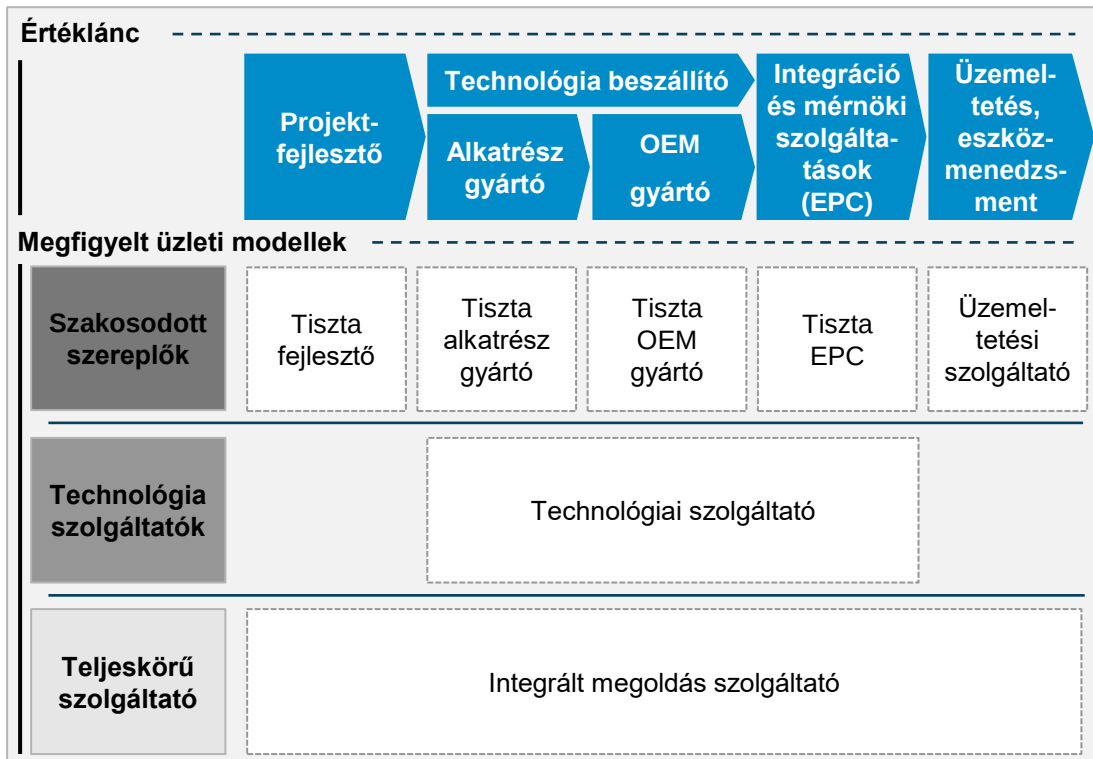
Ökoszisztéma komplexitás



- **A hidrogén szektor értéklánca, technológiai térképe rendkívül összetett és sokszínű**, többszáz piaci szereplővel, melyek nagy része az elmúlt néhány évtizedben lépett piacra.
- **A megcélzott piaci-technológiai szegmens kiválasztása jelentős megfontolást igényel az új belépő és a terjeszkedni vágyó szereplők számára,**
- A szegmens kiválasztásához vizsgálni kell a meglévő képességeket és szakértelmet, a technológiai érettség várható alakulását, az értékteremtési potenciált az egyes felhasználási területeken, az ígéretes régiókat és a versenyhelyzetet.

A zöld hidrogén szektor korai életszakaszából kifolyólag az üzleti modellek terén egyelőre nem alakultak ki a legjobb gyakorlatok

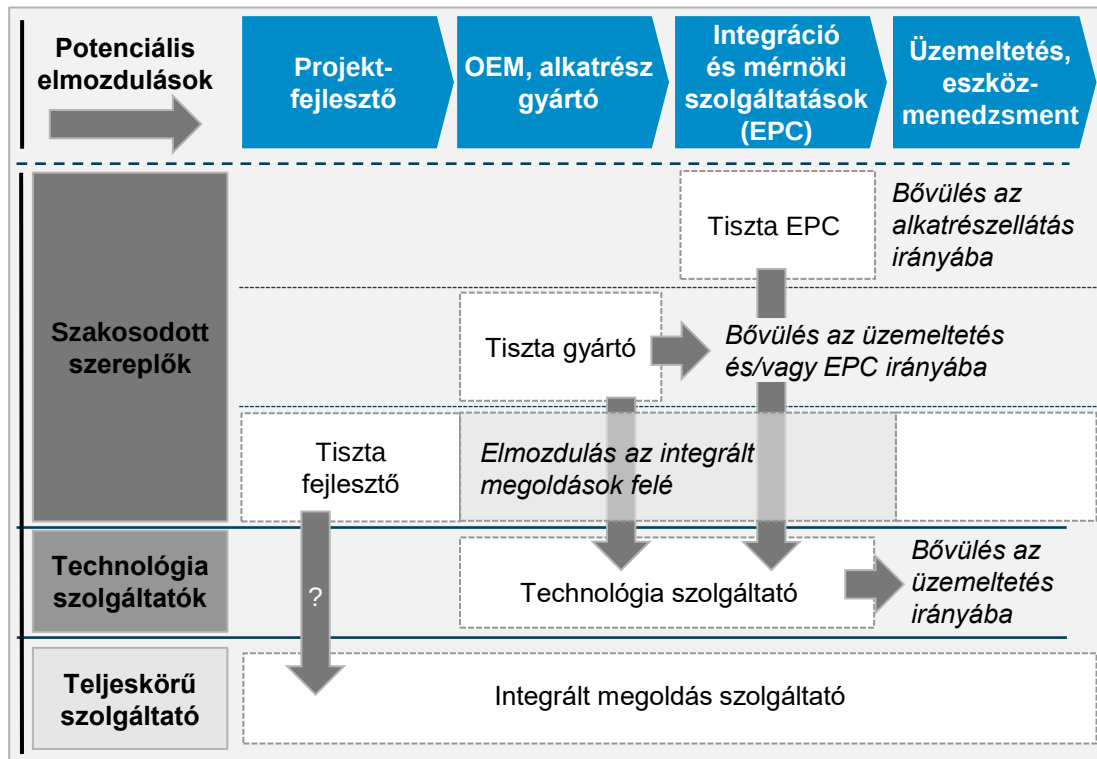
Üzleti modellek a hidrogén szektorban



- A szereplők **konzorciumok tagjaként** vesznek részt leggyakrabban hidrogén projektekben, hogy a **kockázatok megosztása mellett szerezhessenek tapasztalatot**.
- Jelenleg az egyes szereplők az **egyedi képességeik alapján vesznek részt a projektek megvalósításban**: OEM gyártók a hidrogéntekológiai berendezések leszállításában, EPC vállalatok a mérnöki és integrációs szolgáltatások nyújtásában, stb.
- A **piac fejlődésével a szereplők várhatóan át fogják alakítani az üzleti modelljüket** és elmozdulnak, terjeszkednek a magasabb nyereségrészesedésű és az egyedi kockázataikat csökkentő tevékenységek irányába.
- Jelenleg elterjedt üzleti modellek:
 - Szakosodott szereplők**: Az értéklánc egy-egy elemére specializálódnak.
 - Technológiai szolgáltatók**: A technológiák gyártására, telepítésére és integrációjára specializálódnak.
 - Teljeskörű szolgáltatók**: A projekt megvalósítás összes szerepkörére kiterjednek.

A hidrogén ipar fejlődésével a tisztán gyártói modellek értéke csökken, a szereplők elmozdulnak az integrátori és szolgáltatói modellek felé

Potenciális elmozdulások az üzleti modellek mentén

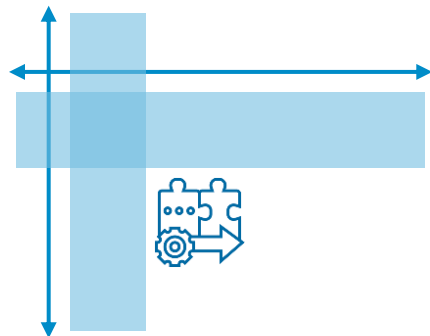


- A hidrogén szektor fejlődése, a technológiai érettség növekedése és a támogatások visszaszorulása jelentősen át fogja alakítani a gyártói piacot és szereplőit.
- Leértékelődnek a tisztán gyártói modellek, mivel az eszközök tömegtermékké válnak.
- Felértékelődnek az integrátorok és a kulcsrakész megoldások szállítói.
- Kibővül a technológiai szolgáltatók szerepe a különböző technológiák menti integrációs igények növekedésével, elsősorban az ipari és közüzemi méretű, illetve a más iparágakhoz kapcsolódó projektekben.
- Kulcsszereplővé válnak a projektfejlesztők, akik a helyszín kiválasztásban, a hidrogén kereslet és kínálat illesztésében és a szereplők koordinálásában vesznek részt.
- A teljeskörű szolgáltatók lehetnek a preferált partnerei a szektorba integrálódni nem akaró, a hidrogént csak mint nyersanyagot felvásárló vállalatoknak.

A technológia gyártók növekedési és együttműködési stratégiák alkalmazásával aknázzák ki a hidrogén piacon rejlő lehetőségeket

Integráció

Építkezés és Felvásárlás



- **Szegmens bajnokok felépítése:** értéklánc szegmens szintű „bajnokok” létrehozása felvásárlással és belső építkezéssel
- **Horizontális integráció**
- **Vertikális integráció**

Felskálázás

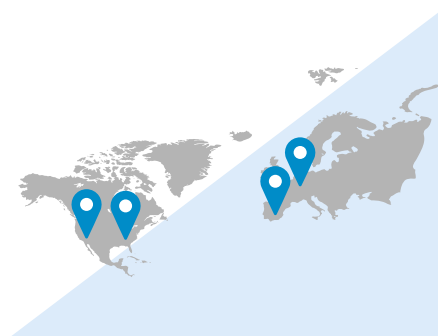
Költségek csökkentése



- **Méretgazdaságosság elérése:** nagyfokú automatizációban és nagyléptékű gyártásban rejlő lehetőségek kiaknázása
- **Globalizált gyártás:** gyártó kapacitások kiépítése alacsony költségekkel jellemezhető vagy erős támogatási rendszerrel rendelkező országokban

Nemzetközi terjeszkedés

Árbevétel növelése



- **Regionális vezető szereplővé válás:** erős lokális vállalatok terjeszkedése régióon belül
- **Globális vezető szereplővé válás:** erős regionális vállalatok terjeszkedése globális szinten

Stratégiai partnerségek

Együttműködés



- **Gyártás felskálázása**
- **Képességek erősítése,** hiányzó képességek lefedése
- **Ökoszisztéma építés:** értéklánc mentén számos kapcsolódó termék szállítása
- **Ügyfélközpontú hálózat építés:** keresztértékesítés változatos vevőkörben

A gyártói növekedési stratégiák középpontjában a tömegtermelés kialakítása és a kapcsolódó szolgáltatások nyújtása áll

Növekedési stratégiák



Összpontosítás a hidrogén értéklánc legígéretesebb elemére, az egyedi képességektől és szakértelemtől függően



- Üzemanyagcella-gyártásra specializálódik
- Mobilitási partnerekkel szövetkezve építi piacát



Gyors belépés a feltörekvő szegmensekbe és kockázatvállalási képesség, a felvásárlásokon keresztül növekedőknek és új belépőknek



- Elektrolizáló gyártásba lépett be
- Felvásárlással építi gyártási képességeit



Kiváló technológiai megoldások szállítása, a költségek csökkentése és a hatékonyság növelése a komponensek és a rendszer fejlesztésével



- Elektrolizáló gyártásra specializálódik
- Sztenderd termékeket kínál



Kiváló szolgáltatások nyújtása, az értékláncon és iparágakon átívelő integrált megoldások biztosításán keresztül



- Ökoszisztéma koncepciót valósít meg
- Integrált megoldásokat kínál ügyfeleinek

Növekedési hajtóerők



A tömegtermelés elérését támogató növekedési terv szükséges a vezető szereplővé váláshoz a hidrogénteknológia gyártásban.



Növekedés eszközei:

- **Agresszív költségcsökkentés**
- **Szabványosítás**
- **Sorozatban gyárthatóság** kialakítása (automatizációt támogató megoldások)
- **Skálázható, moduláris megoldások** fejlesztése
- **Fenntartható gyártási folyamat** kialakítása (energiaellátás, alapanyag-beszerezés, újrahasznosítás, karbonlábnyom)



Vezető megoldások jellemzői:

- **Alacsony piacra kerülési idő**
- **Magas megbízhatóság**
- **Magas biztonság**
- **Alacsony költségek**

Az együttműködési stratégiák célja a növekedést és a stabilitást támogató partnerek megtalálása és a kooperatív keretek kialakítása

Együttműködési célok és stratégiák



Összefogás a gyártás felskálázásért és léptéknövelésért

- Kiegészítő technológiák gyártói közötti partnerség
- Hasonló alkalmazások számára együttműködő komponensek és rendszerek gyártása
- Cél a gyártási kihívások leküzdése és a léptéknövelés



- Autóalkatrész-gyártók együttműködése közös vállalat létrehozásával
- Üzemanyagcellák és nyomástartó tartályok gyártása járművi alkalmazásra



Partnerség a képességekért

- Kapcsolódó iparágakban működő vállalatok együttműködése hidrogéntekológiai-komponensek gyártóival
- Cél az egymást kiegészítő képességek kiaknázása, a tapasztalatszerzés és komplex rendszerek szállítása



- Hozzáférés jelentős gyártási kapacitáshoz és meglévő ügyfélkörhöz
- Üzemanyagcella-stack technológia és gyártási szakértelem biztosítása



Ökoszisztéma építés

- Konzorcium jellegű együttműködés több szereplő, például egyedi hidrogén technológiák gyártói és ökoszisztéma alapú megoldások szolgáltatói között
- Cél az értéklánc mentén számos kapcsolódó termék szállítása



- Üzemanyagcellás teherautók gyártása
- Megújuló energia és zöld hidrogén előállítása
- Töltőinfrastruktúra telepítése, működtetése



Ügyfélközpontú hálózat kialakítása

- Hidrogén technológiai gyártók együttműködése helyi vevőkkel, egy ügyfélközpontú és független hálózati megteremtésével
- Cél a keresztértékesítés a változatos vevőkörben



- Értékláncot nagymértékben lefedő technológiai portfólió
- Elektrolizáló, üzemanyagcella és töltési technológia keresztértékesítése

Gyártói piac főbb szereplői





A zöld hidrogén előállítási, kezelési, tárolási és szállítási technológiák gyártási piaca többszáz szereplőt számlál globálisan

Elektrolizáló



Átalakítás és kezelés



Tárolás



Szállítás

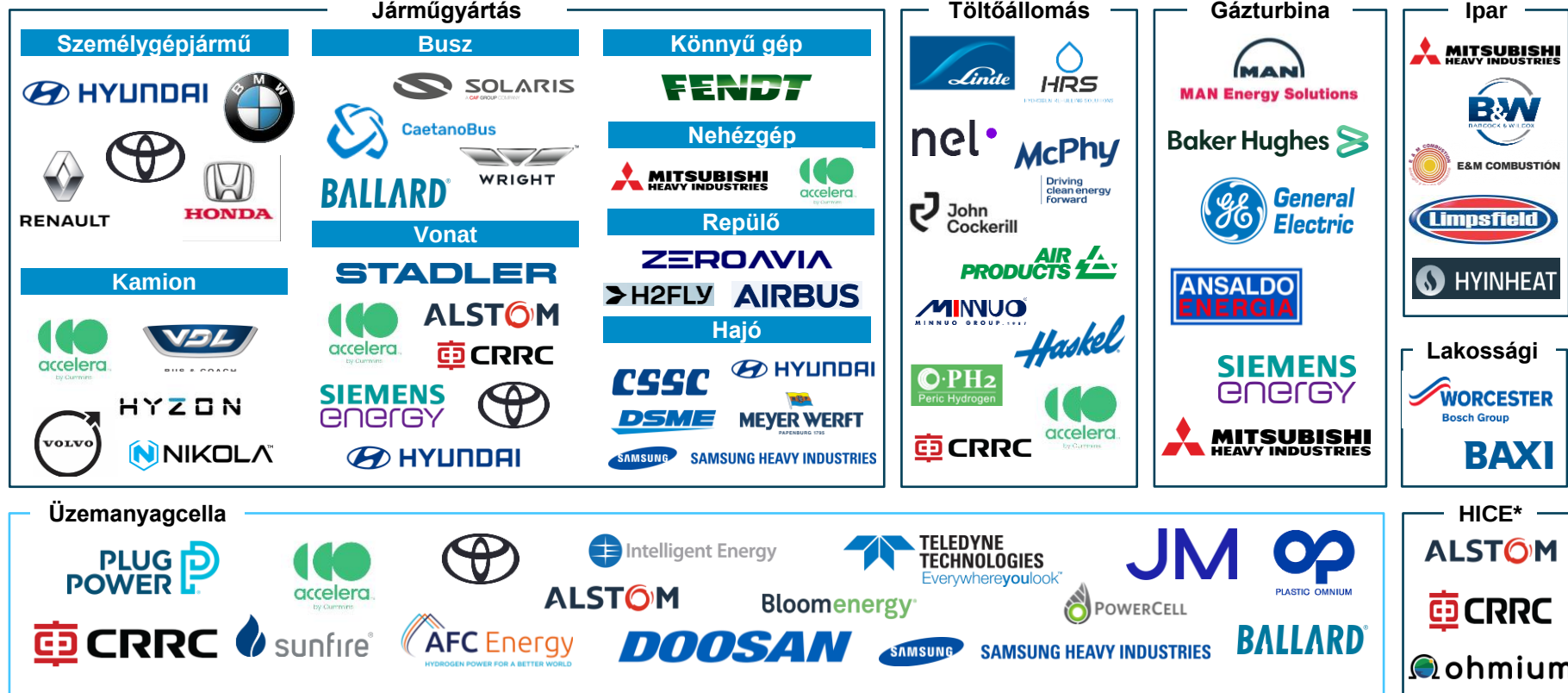


Kiegészítő technológiák





A zöld hidrogén különböző felhasználási területein számos alkalmazott technológiában többszáz gyártó aktív globálisan



Az ITM Power elektrolizálók gyártására specializálódik, a technológiai kiválóság érdekében szűk termék portfoliót kínál

ITM Power



Alapítás: 2001

Székhely: Sheffield, UK

- Az ITM Power **PEM elektrolizálókat tervez, gyárt és integrál** zöld hidrogén előállítási projekteknek.
- Az első nyilvánosan jegyzett hidrogén vállalat a Londoni Értéktőzsdén.

Értékajánlat

Az ITM Power **technológiai kiválóságával** különbözteti meg magát a piacon.

Elektrolizáló stack technológiája kínálja:

- A piacon jelenleg elérhető **legnagyobb áramsűrűséget**, ezzel csökkentve a helyigényt és költséget.
- A piacvezető **átalakítási hatékonyságot**, csökkentve az üzemeltetési költségeket.
- A **legalacsonyabb nemesfém igényt**, ezzel enyhítve a beszállítói lánc korlátait

Technológiai megoldások

Az ITM Power **két sztenderd technológiai megoldást** kínál.

1. Plug&Play rendszer

- Konténeres megoldás, mely 2 MW léptékben skálázható
- Méret: **2-10 MW**; >400-2.000Nm³/h

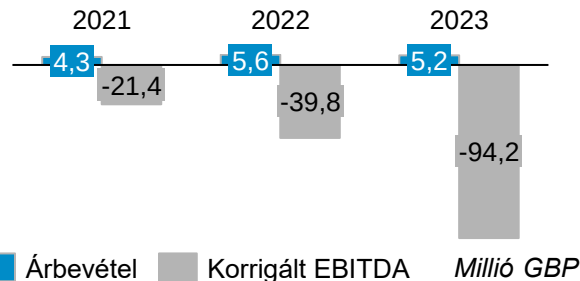
2. Nagyméretű moduláris rendszer

- Moduláris megoldás, 10/20 MW alapegységgel
- Méret: **>10 MW**; >2.000 Nm³/h
- A szükséges üzemmérethez skálázható a moduláris kialakításnak köszönhetően



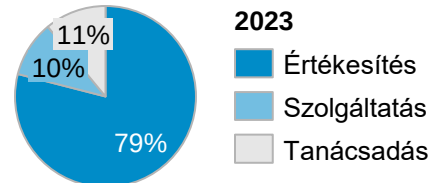
Pénzügyi mutatók

Az ITM Power **veszteségének mértéke az elmúlt években növekvő trendet mutat.**



Bevételi források

Az ITM Power **fő bevételi forrása az értékesítés.** További bevételi forrásai a **vásárlás utáni szolgáltatások, műszaki tanácsadási tevékenység, továbbá pályázati támogatások.**



Az ITM Power stratégiája a termelési költségek leszorítására és a gyártási kapacitások bővítésére fókuszál



Termék portfolió szűkítése

Termékportfólió racionalizáció

- Fókusz a fő termékeken
- Korábbi termékváltozatok tervezésének, fejlesztésének leállítása

Gyártási folyamatok

- Termelési folyamatok standardizálása
- Termékváltozatok megszüntetése, kizárólag műszaki specifikáció szerinti gyártás
- Mérnöki tervezési folyamatok standardizálása

Kutatás és fejlesztés

- Kutatás és fejlesztés kulcsterület a technológiai kiválóság megőrzéséhez
- Új termékgenerációk csak szigorú mérnöki tervezés, összeszerelési, tesztelési és validációs folyamatok után kerülnek bevezetésre



Költség menedzsment

Létszámcsökkentés

- Munkavállaló létszám csökkentése 25%-nál magasabb FTE mértékben

Mérnöki tevékenység

- Mérnöki képességek és folyamatok fejlesztése
- Változáskezelés fejlesztése

Megfelelő beszállítók

- Megbízható és magas minőségű beszállítók kiválasztása
- Szoros integráció a beszállítókkal

Minőségközpontúság a gyártásban

- Automatizáció a gyártásban
- Egyértelmű "minőség a mennyiség felett" kultúra
- Tesztelés kiterjesztése a sorozatgyártásban a megszakításának elkerülése érdekében



Szűk keresztmetszetek feloldása

Tesztelési kapacitás bővítése

Bessemer Park bővítése:

- Kutatás-fejlesztési és termékvalidációs tevékenység bővítéséhez
- Tudományos laborokhoz és terméktesztelő létesítmények
- Üzem elrendezés optimalizálása, felkészülés a stack gyártás automatizálására és a sorozatgyártásra

Gyártási kapacitás bővítése

Új gyár Németországban:

- Nagyméretű elektrolizáló gyártásban betöltött regionális szerep erősítése.
- Számos gyártási folyamat részleges vagy teljes automatizálása
- Raktárkészlet a gyors leszállítás érdekében

A Plug Power hidrogén ökoszisztéma építésével az értéklánc egészének lefedésére törekszik

Plug Power



Alapítás: 1997
Székhely: Latham, USA

- A PLUG Power **teljeskörű zöld hidrogén ökoszisztémát épít.**
- A legnagyobb elektrolízis gyártási kapacitással rendelkező vállalat.

Portfólió

End-to-End integrált megoldások:

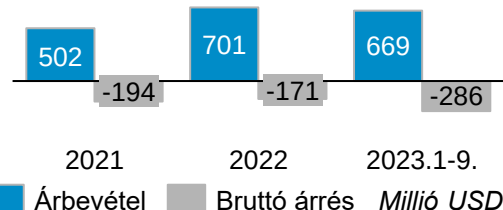
- Hidrogén előállítás és megújuló energia termelés
- H₂ átalakítás, szállítás, tárolás

Termékek:

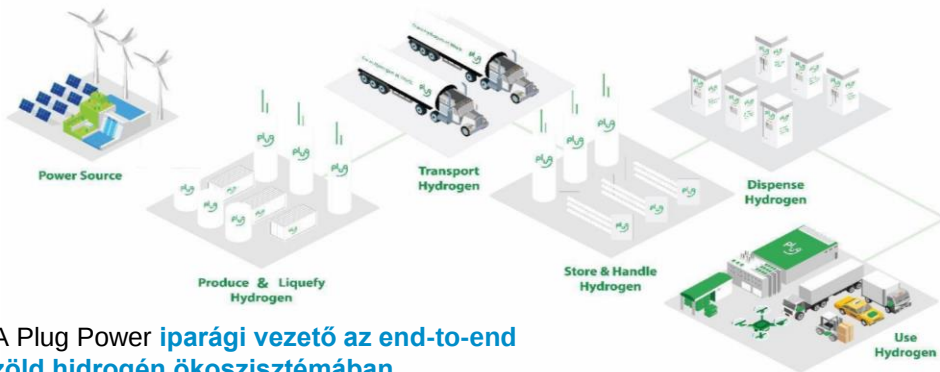
- Elektrolízis
- Üzemanyagcellás alkalmazások
- Töltőállomás

Pénzügyi mutatók

A Plug Power **vesztésének mértéke az elmúlt években változó mértékű,** növekvő ár-bevétel mellett.



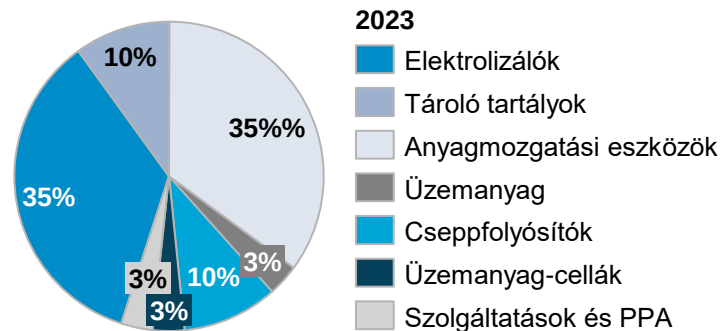
Értékajánlat



A Plug Power **iparági vezető az end-to-end zöld hidrogén ökoszisztémában.**

Bevételi források

A PLUG Power **fő bevételi forrása a termékértékesítés.** Bevételeinek kisebb része üzemanyag értékesítésből, szolgáltatásokból és PPA-ból származik.



A Plug Power stratégiája a hidrogén ökoszisztéma kiszolgálására és nemzetközi terjeszkedésre fókuszál, együttműködéseken keresztül



Ökoszisztéma kiszolgálása

Jelenlegi portfólió fejlesztése

- **Gigagyárak építése** az elektrolizáló és üzemanyagcella gyártás növelésére
- **Gigawattos elektrolizáló projektek** megvalósítására felkészülés, átfogó és gazdaságos megoldás nyújtása az ügyfeleknek, építőelemként használva az 1, 5 és 10 MW méretű termékeket.

Új elemek kifejlesztése

- **Belépés 3 új piacra:**
 - Közúti járművek (áruszállítók, teherautók, buszok)
 - Nagyméretű adatközpontok
 - Légi közlekedés (teherszállító gépek és drónok)



Nemzetközi jelenlét erősítése

Egyesül Államok

- Hat üzemben összesen napi 200 tonna hidrogén előállítása 2023 végére

Európa

- Antwerpenben napi 35 tonna hidrogén előállítás 2025-re
- Spanyolországban napi 15 tonna hidrogén előállítására képes üzem bejelentése
- Finnországban három zöld hidrogén előállító üzem építése 2026-ra, összesen napi 850 tonna kapacitás elérése

Ausztrália:

- 550 MW PEM elektrolizáló szállítása a Gibson Island projekthez



Stratégiai együttműködések

Együttműködés az ökoszisztéma kiszolgálása érdekében:

- **Renault Group:** Üzemanyagcellás kis-haszonjárművek európai piacán 30%-os piaci részesedés elérése 2030-ra
- **Johnson Matthey:** Ellátási lánc erősítése az elektrolizálók és üzemanyagcellák iránti kereslet kielégítése érdekében
- **Olin:** Napi 15 tonna kapacitású hidrogén termelő üzem építése az Egyesült Államokban

Együttműködés a nemzetközi jelenlét erősítése érdekében:

- **SK E&S:** A hidrogén mint alternatív energiaforrás használatának felgyorsítása, valamint üzemanyagcellás rendszerek, töltőállomások és elektrolizálók biztosítása az ázsiai piacra
- **Acconia:** Piaci részesedés növelése az Ibériai-félszigeten 20%-ra 2030-ra

A Ballard üzemanyagcellák gyártására specializálódik, partnerségeken keresztül széleskörű felhasználói szegmenst kíván lefedni

Plug Power

BALLARD®

Alapítás: 1979

Székhely: Burnaby, CN

- A Ballard piacvezető a **PEM üzemanyagcellák** és energiarendszerek fejlesztésében és forgalmazásában.
- Termékei közlekedési és energiatermelő alkalmazásokban kerülnek felhasználásra.

Portfólió

- Membrán-elektrod egység (MEA)
- Üzemanyagcella stack-ek
- Üzemanyagcella modulok
- Üzemanyagcellás rendszerek
- Energiarendszerek és hajtásláncok
- Mérnöki szolgáltatások
- Vásárlás utáni szolgáltatások

Értéklánc

A Ballard termékeivel a **nagy piaccal rendelkező, nehezen dekarbonizálható ágazatokra** fókuszál a **hidrogén értéklánc végfelhasználói szegmensében**.

BALLARD®

End-Use Applications
Mobility & Power

Ballard Verticals



Bus



Truck



Rail



Marine



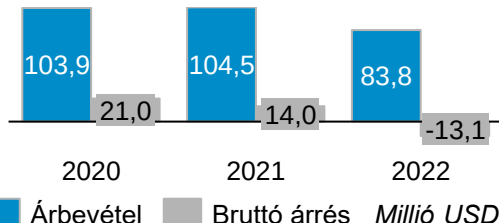
Emerging Markets



Stationary Power

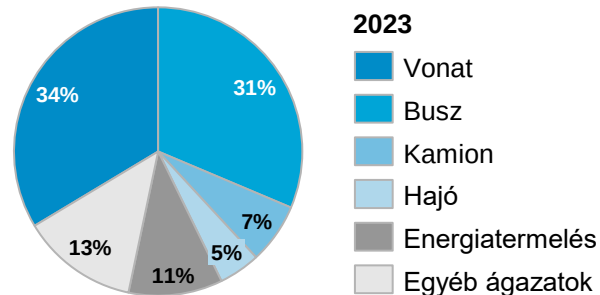
Pénzügyi mutatók

A Ballard az **elmúlt években veszteségesé vált**, bruttó árrése negatívba fordult, csökkenő árbevétele mellett.



Bevételi források

A Ballard **fő bevételei forrása az üzemanyagcella értékesítés a nehézgépjárművi szegmensben**. Bevételeinek kisebb része az **energiatermelési szektorból** és **egyéb, feltörekvő ágazatokból** származik.



A Ballard stratégiája a termékek és az elérhető piacok fejlesztésére, bővítésére fókuszál



Termékfejlesztés

Piacvezető üzemanyagcella stack és modul

- Befektetés vezető technológiák és termékek fejlesztésébe
- Tulajdonlás teljes költségét (TCO) középpontba állító értékteremtés az ügyfeleknek és végfelhasználóknak



Értéklánc terjeszkedés

Szelektív terjeszkedés az értéklánc mentén

- Siker szempontjából legfontosabb értéklánc elemek megragadása
- Ügyfeleknek kínált megoldások egyszerűsítése és optimalizálása
- Üzemanyagcellák telepítésének felgyorsítása
- Technológia adaptáció korlátainak feloldása



Piacok fejlesztése

Üzemanyagcellák piaci bevezetésének felgyorsítása

- Partnerségek bővítése
- Demonstrációs programok indítása

Értékesítési mennyiség növelése

Fő partnerek:

- **Linamar:** közúti hajtáslánc fejlesztése
- **Siemens:** vasúti hajtásrendszer fejlesztése
- **Mahle:** közúti hajtáslánc fejlesztése
- **Weichai:** gyártási kapacitás növelése



Nemzetközi terjeszkedés

Versenyképes platform felépítése kulcs régiókban

- Észak-Amerika
 - Kiemelt régió: Kalifornia
- Ázsia
- Európa

