

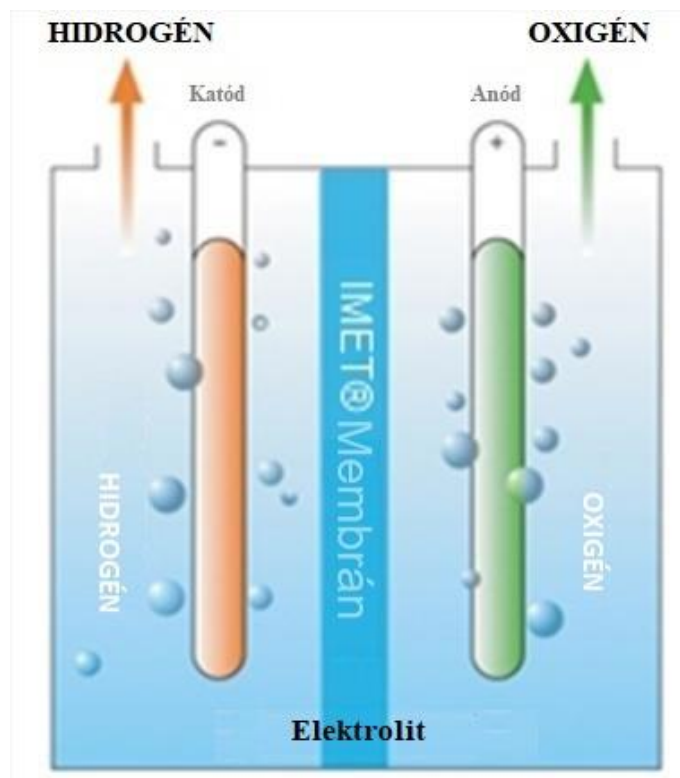
A jövő egyik energiaforrása: a hidrogén

Hydrogen: an ideal energy source in the foreseeable future

A hidrogén ideális energiahordozónak tekinthető a belátható jövőben. Vízből állítható elő különféle energiaforrások felhasználásával, mint például a szél és napenergia, a nukleáris és a fosszilis energia. Az átalakítás egyetlen mellékterméke a víz vagy vízgőz. Amikor megújuló energiát alkalmazunk az átalakításra, az elsődleges és másodlagos energia is megújuló és környezetbarát, ami tiszta energiarendszert eredményez. A hidrogén bármely olyan alkalmazásban alkalmazható, amelyben fosszilis energiát használunk, kivéve azon eseteket, amikor a folyamatban szénvegyület alkalmazása feltétel. A hidrogén üzemanyagként használható az ipari kemencékben, belső égésű motorokban, turbinákban és a sugárhajtóművekben, még hatékonyabban, mint a fosszilis tüzelőanyagok, azaz a szén, a kőolaj és a földgáz. Gépkocsik, buszok, vonatok, hajók, tengeralattjárók, repülőgépek és rakéták is működnek és működhetnek hidrogénnel. A hidrogént tehát közvetlenül a villamos energetikában használhatjuk pl. tüzelőanyag cellák alkalmazásával - különböző területeken a közlekedésben és a helyhez kötött energiatermelésben. Ezen túlmenően a hidrogén fontos ipari gáz és nyersanyag számos iparágban, mint például a számítógépipar, a kohászat, a vegyipar, a gyógyszeripar, a műtrágya és az élelmiszeripar.

A hidrogén a legáltalánosabb elem, ami körülvesz bennünket: az univerzum 75 százalékát alkotja. A világűrben atomos formában van jelen. A Földön ritka az ilyen alakja, mert a legtöbb elemmel könnyen képez kovalens vegyületeket, például mint a vízmolekula vagy egyéb szerves vegyületek. Az iparban már korábban is széles körben alkalmazták, mint a vegyi üzemekben pl. ammóniagyártás, műtrágyagyártás, olajfinomítók (pl. hidrokrakkolás). Alkalmazása elterjedt az egyéb ipari üzemekben is, például acéliparban, üveggyártásban, félvezető iparban, az erőművekben és az élelmiszeriparban (növényolaj-gyártás). A felhasználás éves mennyisége 2014-ben 571 milliárd m³ volt [1].

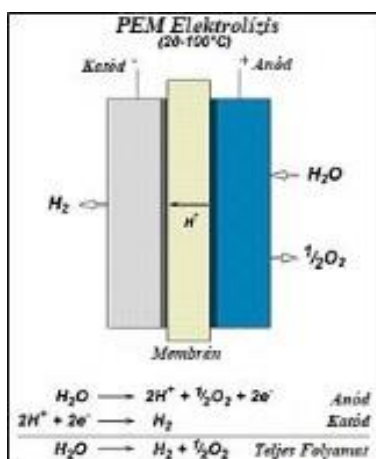
Hagyományos ipari előállítása azonban erősen környezetszennyező: fosszilis alapanyagokból (például földgázból, kőolajból vagy szénből) egy tonna hidrogént előállításánál körülbelül 10 tonna széndioxid keletkezik. Ezt küszöböli ki a megújuló energia alapú hidrogén előállítás, amely megújuló energiával történő elektrolízisen (1. ábra) alapszik és így a hidrogén előállítása teljesen széndioxidmentes. Ezáltal a megújuló hidrogén egyrészt dekarbonizál számos ipari alkalmazást, másrészt energiaforrásként is szolgálhat: tárolja az energiát, ami aztán szükség szerinti időben és helyen felhasználható.



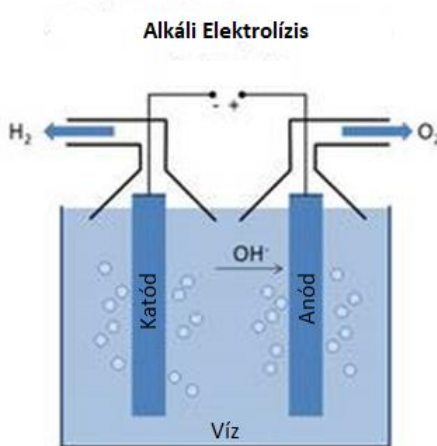
Forrás: Hydrogenics

1.ábra. Elektrolízis.

Lét példa az elektrolízis fajtáira: a PEM elektrolízis(2.ábra) és az alkáli elektrolízis(3.ábra):



2.ábra. PEM elktrolízis



3.ábra. Alkáli elektrolízis

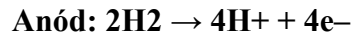
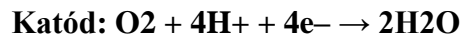
Forrás: Energieagentur

Az így előállított hidrogénnek és oxigénnek felhasználásával történik például a modern megújulóenergia iparban a villamosenergia előállítása – többek között - üzemanyagcellák által. Az üzemanyagcella olyan eszköz, amely átalakítja a kémiai potenciál energiáját (a molekuláris kötésben tárolt energiát) elektromos energiává. A cellában hidrogéngázt (H₂) és oxigéngázt (O₂) használnak üzemanyagként. A cellában a reakció termékei: a víz, az elektromosság és a hő. Ez nagy előrelépés a belső égésű motorokkal, a fosszilis erőművekkel és az atomerőművekkel szemben, amelyek mindegyike káros melléktermékeket termel.

A lejátszódó kémiai folyamat:



Az üzemanyagcellában lejátszódó kémiai folyamatok:

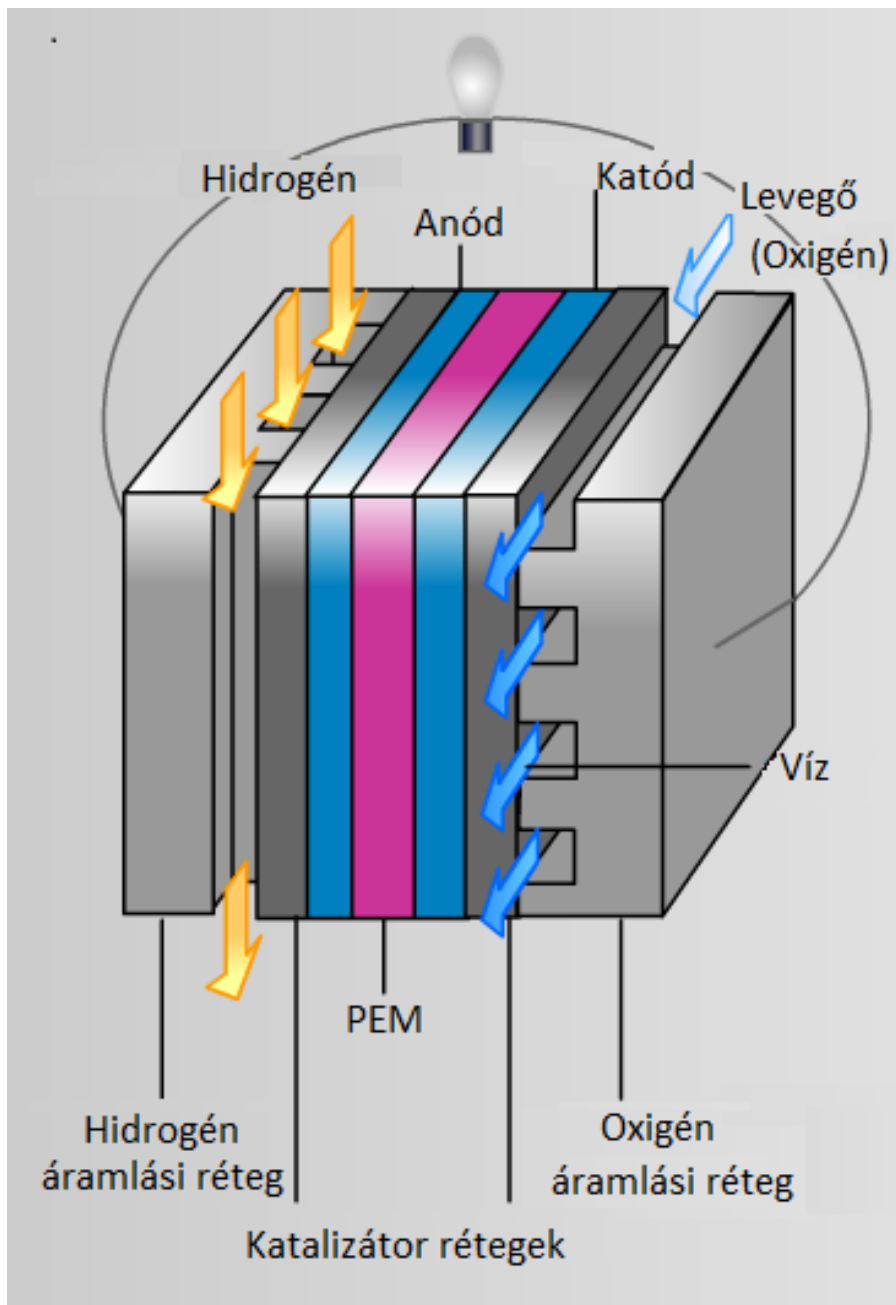


Mivel az oxigén könnyen elérhető a légkörben, az üzemanyagcellát csak hidrogénnel kell ellátni, amely pl. az elektrolízis folyamatából származhat.

A leggyakoribb üzemanyagcella típusok:

- PEM (Polymer Exchange Membrane) üzemanyagcella (PEMFC)
- Szilárd oxid üzemanyagcella (SOFC),
- Olvasztott karbonátos üzemanyagcella (MCFC),
- Alkáli üzemanyagcella (AFC),
- Foszforsavas üzemanyagcella (PAFC).

A PEM üzemanyagcellát mutatjuk a 4.ábrán:



Forrás: Hydrogenics

4.ábra. PEM üzemanyagcella

Az üzemanyagcella elemei:

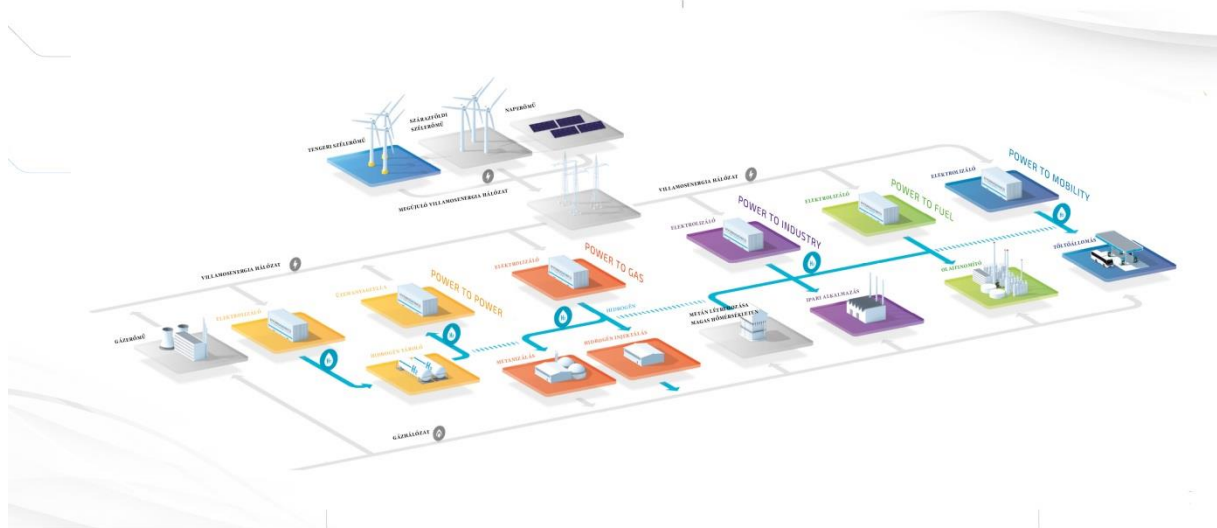
Anód: az üzemanyagcella negatív helye. Több funkcióval is rendelkezik, a hidrogénmolekulákból felszabaduló elektronokat veszi fel és a külső áramkörbe vezeti. Bordás kiképzésű, amelyek a hidrogéngázt egyenletesen diszpergálja a katalizátor felületén.

Katód: az üzemanyagcella pozitív helye, olyan bordázást tartalmaz, amelyek segítségével az oxigén a katalizátor felületére kerül. Bevezeti az elektronokat a külső áramkörrel a katalizátorba, ahol azok újra össze tudnak kapcsolódni a hidrogénionokkal és oxigénnel, amelyek így vizet képeznek.

Elektrolit: fprotoncserélő membrán, ez a speciálisan kezelt anyag, csak a pozitív töltésű ionokat ereszti át és egyben blokkolja az elektronokat.

Katalizátor: egy speciális anyag, amely megkönnyíti az oxigén és a hidrogén reakcióját. Általában platina nanorészecskékből készül, nagyon vékonyan felhordva szénlapra vagy szövetre, amely így durva és porózus szerkezetű, ennek következtében a platina nagy hatékonysággal képes megkötni a hidrogént és az oxigént.

Hidrogén alkalmazása a megújulóenergia rendszerekben (5.ábra)



Forrás: Hydrogenics

5.ábra. A hidrogén alkalmazási lehetőségei

PtP: Power-to-power: zöldenergiából tárolt energia

A hidrogén lehetőséget biztosít arra, hogy a megújuló energiát tároljuk és a változó felhasználói igényeknek megfelelően használjuk. Ha rendelkezésre áll a napenergia, szélenergia stb., ezek segítségével hidrolízis útján hidrogént állíthatunk elő és azt tárolhatjuk is. Ebből az igényeknek megfelelően nyerhetünk energiát üzemanyagcellák vagy hidrogén üzemű gázturbinák által. Az így működő energiaciklus hatékonysága kb. 35% (amelyben kb. 70% az elektrolízis hatásfok, és kb. 50 % a visszaalakítás, pl. üzemanyagcella hatásfoka).

PtG: Power-to-Gas: energiából gáz halmazállapotú energia

Az energia-gáz (PtG) kifejezés magában foglal minden olyan folyamatot, amely rugalmasan átalakítja az elektromos energiát gáz halmazállapotú energiaforrásokká. Általában véve a víz elektrolízise az első, legbonyolultabb és legfontosabb lépés. A Power-to-Gas egy nagyon hatékony módja a megújuló energiaforrások integrálásának. Gyors, dinamikus választ adhat a rendszerirányító igényeire a megújulóenergia termelésben. A Power-to-Gas létesítmény elhelyezése nem helyfüggő és telepíthető mindenütt, ahol a villamos,- és gázhálózat található és ez a rendszer páratlan energiatárolási kapacitási lehetőséget kínál a TWh tartományban. Napi, vagy akár több heti energiabetárolás lehetséges anélkül, hogy használnunk kellene a tárolt energiát. Más energiatároló technológiákkal ellentétben a Power-to-Gas képes energiát tárolni és szállítani is egyben: hidrogénnek a meglévő földgázvezeték-hálózatba és a hozzájuk kapcsolódó földalatti tárolókba történő töltésével a tárolt energia a leginkább szükséges időben és helyen felhasználható, ami magasabb szintű integrált rendszerhatékonyságot eredményez.

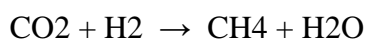
Egy másik lehetőség a hidrogéngáz adagolása a metántermelési folyamat során. Például a hidrogén felhasználható a biogáz üzemek által termelt biogáz energiatartalmának és energiahatékonyságának növelésére a szén-dioxid tartalom (jellemzően 35-40%) biometánná történő átalakításával.

Amíg más nagykapacitású energiatároló technológiák, mint például szivattyús tároló vagy sűrített levegős tárolók helyhez kötöttek, az energiatárolás csak az adott felszíni vagy földalatti tárolókra korlátozódik. Az olyan technológiák is, mint például az akkumulátorok is helyhez kötöttek, tárolják és biztosítják a villamos energiát - de csak az adott helyszínen.

A Power-to-Gas teljesen új energiatárolási paradigmát jelent. Ez egy rugalmas technológia, amely gyakorlatilag páratlan energiatároló kapacitást és tárolási-vételezési lehetőséget biztosít időben és helyszíntől teljesen függetlenül, amelynek csak a gázhálózati infrastruktúra szab határt. A Power-to-Gas megoldás központi eleme az elektrolizáló berendezés, amely átalakítja a megújuló energiát hidrogénné és oxigénné.

A folyamat ezt követően:

- a hidrogént közvetlenül bejuttatják a meglévő földgázrendszerbe. Ez esetben a hidrogénarány általában 1-10%, a helyi szabályzók és rendeletek függvényében. Hazánkban ez jelenleg nem lehetséges, ez ügyben egyeztetés szükséges a hatóságokkal illetve a rendszerüzemeltetőkkel. Szakmai vélemények szerint 2%-ig a betáplálás általában korlátozás nélkül lehetséges, e fölötti koncentráció esetén a hálózat üzemeltetőjével feltétlen egyeztetetni szükséges, azonban akár a 2%-os határ esetét is figyelembe véve az elméleti tárolókapacitás jelentős.
- a hidrogént szintetikus metánná alakítják metanizációs folyamat révén. Ez esetben nincs betárolási korlát, mivel a metán kompatibilis a földgázzal és így közvetlenül betáplálható vezetékrendszerbe. A szintetikus metán széndioxid és hidrogén egyesítésével keletkezik, járulékos víz keletkezésével együtt:



Az egyesítési folyamat két úton lehetséges: magas hőmérsékleten történő átalakítással kémiai katalizátor segítségével, vagy baktérium alapú biológiai folyamat révén.

PtM: Power-to-Mobility – e-közlekedés

A hidrogén lehetővé teszi az üzemanyagcellás közlekedés megvalósítását is. Az elektrolízissel előállított hidrogén tisztasága nagyon magas és alkalmas erre az alkalmazásra, biztosítva ezáltal az üzemanyagcellás gépkocsik számára szükséges hidrogént. Az un. e-mobilitás kialakítása érdekében szükséges, hogy elegendő számú hidrogéntöltő állomás létesüljön.

A hidrogénre alapozott üzemanyagcellás közlekedés nagy fejlődésen ment át és van jelen egyre fokozódó mértékben. Erre hozunk néhány példát, a teljesség igénye nélkül:



Forrás: Vattenfall

Hidrogén üzemanyag-töltő állomás. Üzemi nyomás gépkocsik esetén: 700bar [2].



Forrás: Vattenfall

Üzemanyagcellás busz. Hidrogénnel üzemel, amelyet szélturbinák által termelt villamosenergia segítségével állítanak elő. Egy kg hidrogénnel egy gépkocsi 100 kilométert, ugyanezt a távolságot egy busz 7-8 kg hidrogén felhasználásával teszi meg. A jelenlegi technológia mellett 4-500 kilométerenként kell hidrogéntankoló állomást létesíteni. Üzemi nyomás buszok esetén: 350bar [2].



Forrás: Alstom

Alstom hidrogénüzemű vonat Alsó Szászországban. Üzemi zajszintje lényegesen kisebb mint a diesel vonatoké. Bekerülési költsége ugyan magasabb, de üzemeltetési-fenntartási költsége jóval kedvezőbb. Egy tankolással 1000km-t tesz meg, tankolási időszükséglete 15 perc. 2021-ig további 14 vonat üzembe állítását tervezik [5].

é

PtI: Power to Industry – Hidrogén ipari alkalmazása

Zöld hidrogén használatával az ipari ágazat jelentősen képes csökkenteni az üvegházhatású gázkibocsátást. A hidrogén egyrészt dekarbonizál számos ipari alkalmazást, másrészt energiaforrásként is szolgálhat: tárolja az energiát, ami aztán szükség szerinti időben és helyen felhasználható. A hidrogén alkalmazásának fentebb vázolt eseteit figyelembe véve a nap és szélenergia előállításából és használatából villamosenergia rendszerirányítói szempontból is komoly előnyök származhatnak:

- a rendszerirányító szükség esetén bevonhatja a nap és szél erőműveket az energiahálózatba történő betáplálásba,
- amennyiben a villamosenergia rendszer nem tart rá igényt, átirányíthatja azok megtermelt energiáját pl. hidrogén előállítására, és
- igény esetén az előzetesen tárolt hidrogént hasznosító energiatermelők is betáplálhatnak a hálózatba.

PtF: Power to Fuel - Üzemanyagok, üzemeltetés

A hidrogén valódi alternatíva a megújuló és fenntartható üzemanyagok létrehozására és alkalmazására. A közlekedés sokoldalú lehetőségekkel bír az üvegházhatást okozó gáz,- és a részecske kibocsátás által okozott levegőszennyezés korlátozása terén. Ezen célokat érdekében is került elfogadásra az EU Megújulóenergia Irányelv (Renewable Energy

Directive, RED) és az Üzemanyag Minőség Irányelv (Fuel Quality Directive, FQD) [2]. Az intézkedések egyre inkább az alacsony széndioxid kibocsátású közlekedésre és a fenntartható üzemanyagokra koncentrálnak, és a hidrogénnek is fontos szerepe lesz ebben.

Ma a globális hidrogéntermelés több mint 43% -át használják a finomítóknak a fosszilis tüzelőanyagokból származó kén eltávolítására. A hidrogént általában a földgáz reformálásával állítják elő, amely folyamat során körülbelül 10 tonna CO₂ keletkezik minden tonna előállított H₂ esetén [1]. A Power-to-Refinery koncepció ezt megújuló energiaforrásokból származó hidrogénnel helyettesíti, jelentősen csökkentve a hagyományos finomítóknak a szénlábnyomát. A megújuló hidrogén felhasználható a biometanol előállításának folyamatában is, amely során hagyományos üzemanyagokkal keverhető a széndioxid kibocsátás csökkentése érdekében (Power-to-Metanol) [3].

Összefoglalás

A hidrogén - mint a cikk elején említettem, korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre. Alkalmazása a megújulóenergia rendszerekben nélkülözhetetlen. A tiszta, zöld hidrogén képes megfelelni a következő évtizedek során felmerülő új energiaigényeknek – egy tiszta energiaforrásként a sok lehetőség közül.

Hivatkozások

- [1] The Hydrogen Economy, M. Ball, 2009 & Esprit Associates 2014
- [2] Hydrogen Council, “Hydrogen Scaling Up – A Sustainable Pathway for the Global Energy Transition,” November 2017
- [3] Götz, M., Lefebvre, J., Mörs, F., McDaniel Koch, A., Graf, A., Bajohr, S., Reimert, R., Kolb, T., “Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review,” Renewable Energy, Vol. 85, pp. 1371-1390, January 2016.
- [4] International Energy Agency, “Energy Technology Perspectives,” 2017
- [5] On-going projects in Germany. Alstom: Zero-emission train

Tóth Boldizsár elnök
Megújuló Energia Szervezetek Szövetsége