Példák Ausztriából zöld hidrogén előállítására napenergiával – “a szomszéd hidrogénje/üzemanyagtöltő kútja mindig zöldebb”

Examples from Austria of green hydrogen production from solar energy – "your neighbour's hydrogen/fueling well is always greener"

Major Zoltán

Institute of Polymer Product Engineering, Johannes Kepler University Linz, Austria, tanszékvezető, egyetemi tanár

Kulcsszavak
zöld hidrogén előállítása,
napenergia,
PET alapú hidrolízis,
voestalpine H2FUTURE projekt,
Fronius Solhub berendezések üzemelése

Absztrakt

Jelenleg az egyik legfontosabb ökológiai kihívás a globális gazdaság dekarbonizációja. Ehhez szükséges mind a megújuló energiaforrások következetes bővítése, mind pedig ezeknek a megújuló erőforrásoknak az ipari, energetikai és mobilitási infrastruktúrákba való integrálása. A zöld hidrogén fontos szerepet játszhat a jövőbeli energiaátalakításban. Ezt a zöld hidrogént különféle megújuló energiaforrásokból (nap-, szél- és vízenergia) és például PEM (polymer electrolyte membrane) elektrolízissel lehet előállítani. A kulcskérdés az, hogy (i) a nem folyamatosan rendelkezésre álló megújuló energiaforrásokat hogyan lehet zökkenőmentesen integrálni a meglévő elektromos hálózatokba, ipari folyamatokba, valamint a rugalmas, egyéni mobilitási megoldásokba, és (ii) melyek a megbízható, hosszú távú üzemi körülmények közötti működés előfeltételei?

A második részben röviden bemutatom a Power-to-X koncepció két aktuális példáján keresztül a zöld hidrogén napenergián alapuló ausztriai előállítását. Ezeket az alkalmazásokat a közelmúltban fejlesztették ki és építették meg ipari prototípusként Felső-Ausztriában. A H2Future rendszert egy Horizon kutatási projekt keretében fejlesztették ki, és a linzi voelstalpine-ban helyezték üzembe, a Solhub rendszert a Fronius fejlesztette ki, és Wels-ben a Fronius telephelyén található. Mindkét rendszer jó példa a zöld hidrogén szigetszerű előállítására, miközben támogatja a dekarbonizációt mind az acélgyártásban mind pedig a helyi mobilitásban.

Keywords
production of green hydrogen,
solar energy,
PET based electrolysis,
voestalpine H2FUTURE project,
Fronius Solhub

Abstract

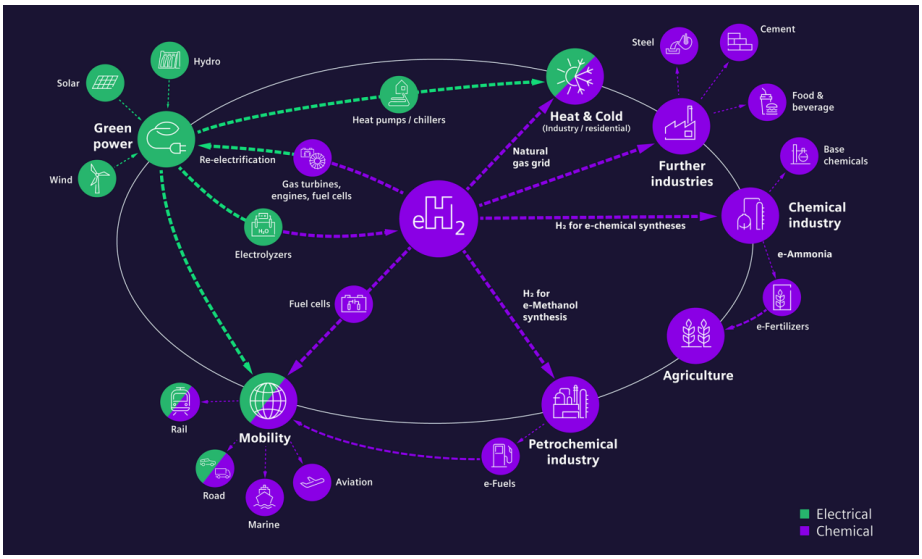
Recently, one of the most important ecological challenge is the decarbonization of the global economy. It is necessary to consistently expand renewable energy sources and integrate these renewables in industry, energy, and mobility infrastructures. The green hydrogen can play an improtant role in this future energy transformation. This “green” hydrogen can be generated from various renewable energy sources (solar, wind and hydro) using e.g., PEM electrolysis. The key question are, (i) how can fluctuating renewable energy sources seamlessly be integrated into existing grids, ongoing industrial processes, and flexible, individual mobility and (ii) what are the prerequisites for a reliable long-term operation under service conditions?

Two actual examples of the Power-to-X concept and the production of green hydrogen in Austria based on solar energy are briefly presented. These applications were recently developed and built as industrial prototypes in Upper Austria. The H2Future system is developed in a frame of a Horizon research project and was put into operation at voelstalpine in Linz, the Solhub system was developed by Fronius and is located near to Wels at Fronius. Both systems are good examples for an insel-like production of green hydrogen while for supporting the decarbonization in the steel production and in the local mobility.

1. Bevezetés

A hidrogénre manapság úgy tekintünk, mint a (közel)jövő legfontosabb energia átalakítójára, amivel kiválthatjuk az elmúlt évszázadokban használt fosszilis energiaforrásokat vagy energia átalakítókat. A hidrogén viszont gyakorlatilag semmilyen egyszerűen hozzáférhető formában nem áll rendelkezésre a természetben szokásos körülmények között. Annak ellenére, hogy hidrogént már régóta használunk nagyobb mennyiségben különféle ipari folyamatokban (1. ábra), a mennyiségű előállítás és mobilitási vagy energetikai célú felhasználás a közelmúltban kapott igazán világméretű jelentőséget. Mind a klímaváltozás elleni globális erőfeszítések, mind pedig az energiapolitika új geopolitikai prioritásai innovatív megoldásokat igényeltek. A közeljövő tudományos és technológiai fejlesztései, valamint a vezető ipari országok energiapolitikai és finanszírozási prioritásai majd eldöntik, hogy a hidrogénre alapuló technológiák beváltják-e a hozzájuk fűzött remények többségét és valóban a zöld átalakulás hajtóerői lesznek-e.

A hidrogén előállításának és felhasználásának különféle lehetőségeit foglalja össze az 1. ábra [1]. A sokféle lehetőség közül napjainkban mindinkább előtérbe kerül a megújuló erőforrásokból származó villamos árammal történő hidrogén előállítása (ld. 1. ábra bal felső sarkában: green power). Az így előállított hidrogén mind különböző járművekben, mind pedig ipari felhasználásra kerülhet (pl. acélgyártás). A Power-to-X elnevezést gyakran használják az elektromos energia folyékony vagy gáz halmazállapotú kémiai energiaforrásokká történő átalakítására elektrolízis és további eljárások során.



1. ábra: Hidrogén előállítása és felhasználása [1]

1. táblázat: *A hidrogén típusai és színkódjai [2, 3]*

	Szín	Üzemanyag	Előállítás	Termékek
	Barna/Fekete	Szén	Gőzreformálás vagy elgázosítás	$H_2 + CO_2$ (felszabadul)
	Fehér	N/A	Természetben előforduló	H_2
	Szürke	Természetes gáz	Gőzreformálás	$H_2 + CO_2$ (felszabadul)
	Kék	Természetes gáz	Gőzreformálás	$H_2 + CO_2$ (egy részét megköti és tárolja)
	Türkiz	Természetes gáz	Pirolízis	$H_2 + C$ (szilárd)
	Piros	Nukleáris energia	Katalitikus szétválasztás	$H_2 + O_2$
	Lila/Rózsaszín	Nukleáris energia	Elektrolízis	$H_2 + O_2$
	Sárga	Napenergia	Elektrolízis	$H_2 + O_2$
	Zöld	Megújuló energia	Elektrolízis	$H_2 + O_2$

A különböző gyártási technológiák szerint előállított hidrogént többnyire színkódokkal mutatják be. Az 1. táblázatban a különböző módon előállított hidrogén (process), színkódjai és a végtermékek (products) láthatók.

Az igazi áttörést a zöld (green) hidrogén ipari szempontból versenyképes árú és megfelelő mennyiségű előállítása jelentené. Ehhez viszont megújuló energiaforrások szükségesek, ami legtöbbször a nap, szél, vagy a vízenergia alkalmazását jelenti. A vízenergiával ellentétben a másik két természeti forrás nem áll folyamatosan rendelkezésre, csak szakaszos üzemeltetés lehetséges. Ez nagyban befolyásolja a rendszer hatásfokát. Továbbá a villamos energiának, illetve az előállításnak magának kellene szén-dioxid-mentesnek lennie ahhoz, hogy az így előállított hidrogént zöldnek vagyis teljesen megújulónak tekintsük. A szükséges anyagok és berendezések gyártásának azonban meglehetősen nagy a karbon-lábnyoma. Ezekből a megújuló energiaforrásokból származó hidrogént különféle technológiai eljárásokkal lehet előállítani, amelyek közül a legelterjedtebb a víz hidrogénre és oxigénre történő felbontása egy elektrolizátorban megújuló villamos energia felhasználásával.

Mindenesetre a napenergiával is ott lehet gazdaságosan, megbízhatóan és folyamatosan villamos energiát előállítani, ahol sokat, intenzíven és egyenletesen süt a nap. Ennek korlátairól pl. egy német kutatóintézet (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Institut für Solarforschung) által a közelmúltban publikált tanulmányban egy részletes és kritikus összefoglalót találhatnak az érdeklődők [4]. A tanulmány szerint a napenergia hasznosítására nyilvánvalóan bolygónk ún. “sunbelt” részein van a legjobb lehetőség.

A napenergiával történő hidrogéntermelésre való alkalmasságot több tényező határozza meg. A közvetlen napsugárzás forrásai természetesen elsődleges fontosságúak. Nemcsak az év során felhalmozott kumulált közvetlen sugárzás játszik szerepet, hanem ennek időbeli eloszlása is. A tanulmány összehasonlítja az ún. koncentrált napenergia (concentrated solar energy, CSP) és a klasszikus napelemek (photovoltaic, PV), valamint a hibrid rendszerek (pv/csp) alkalmazásának feltételeit és korlátait is. Míg a CSP rendszerekhez nagy intenzitású közvetlen normál besugárzásra (direct normal irradiation, DNI) van szükség, addig a fotovoltaikus (PV) rendszerek alkalmazására alacsonyabb besugárzású helyeken is van lehetőség. A PV rendszerek előnye, hogy nem csak közvetlen, hanem diffúz sugárzást is hasznosítanak.

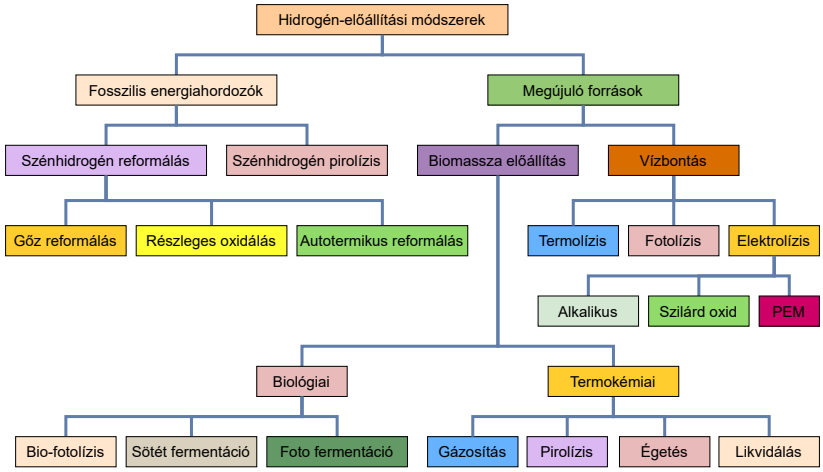
A CSP-n alapuló energiatermelő rendszerek általában olyan helyeken gazdaságosak, ahol a közvetlen normál besugárzás (DNI) meghaladja az 1800-2000 kWh/m^2/a (körülbelül 5 kWh/m^2/nap) értéket. A világ legjobb CSP helyszínein ezek a DNI-értékek 3000 kWh/m^2/a felett vannak. Ilyen helyszínek találhatók például Chilében és Namíbiában a sivatagokban. Európa délibbi régióiban is vannak olyan CSP-re megfelelő helyek, ahol a napsugárzás átlagosan DNI = 1800 kWh/m^2/a feletti értékeket ér el. Ezek a helyek főleg Dél-Spanyolországban, Olaszországban (Szicília) és Görögországban (Kréta) találhatók. A spanyolországi CSP telephelyeken átlagosan 2100 kWh/m^2/a feletti DNI értékek érhetők el, így nem csoda, hogy Spanyolország jelenleg a világ legnagyobb telepített CSP-kapacitásával rendelkező országa kb. 2,3 GW teljesítménnyel.

A tanulmány szerint a fotovoltaikus energiatermelés esetében a globális termelési potenciál akár 4.000.000 TWh$_{el}$/a értéket is elérheti. Csak az EU 28 tagállamban (2019-es állapot) összesen 11.000 TWh$_{el}$/év potenciál rejlik. Az árak meredek csökkenése a fotovoltaik rendszerek gyors elterjedéséhez vezetett. Ez jelenleg világszerte évente további 120 GW$_p$/év körüli névleges teljesítményű PV modulokkal növekszik, és a már telepített kapacitások meghaladják az 500 GW$_p$-t.

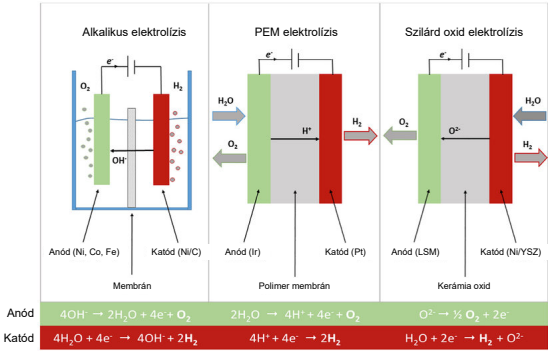
A fenti számok egyértelművé teszik, hogy a PV fontos szerepet fog játszani a jövő energiarendszerében. Hátránya, hogy a CSP-vel ellentétben a villamos energia termelés hőtárolással nem szabályozható. Ez azt jelenti, hogy egy napelemes rendszernek – még nagyon jó helyen is, pl. Észak-Afrikában – nincs több mint 2000 teljes terhelési üzemórája évente. Ha az elektrolízist közvetlenül a napelemes villamos energiával működtetik, akkor az alacsony kihasználtság viszonylag magas hidrogéntermelési költségekhez vezet. Ezért észszerűnek tűnik a PV és CSP rendszerek kombinációja. Az ilyen PV/CSP hibrid rendszerek optimalizálásával foglalkozik egy további tanulmány [5]. Ennek a publikációnak az egyik legfontosabb általános végkövetkeztetése, hogy a végső optimalizált design és a meghatározott költség (“levelized cost of hydrogen” (LCOH)) erősen függ a műszaki-gazdasági bemeneti adatoktól. Így például az elektrolizáló berendezések gyorsabb fejlesztése, a költségcsökkentés és a nagyobb elektrolizáló hatásfok elérése egyértelműen kedvezne a PV alapú hidrogén termelés további terjedésének.

Mint már korábban is említettem, hidrogén előállítására különféle megoldások állnak rendelkezésre, amelyeket vázlatosan a 2. ábra mutatja be [6]. Az ábra jobb oldalán látható elektrolízisre is különféle módszerek állnak rendelkezésre, amelyeket vázlatosan a 3. ábra mutat be [7].

Napjainkban a fenntarthatóság és környezetvédelem szempontjából a PEM (proton exchange membrane) elektrolízist tartják a legígéretesebb technikának zöld hidrogén nagy tisztaságú és hatékony előállításához. Itt meg



2. ábra: *Hidrogén előállítása [6]*



3. ábra: *A hidrogén elektrolízisének típusai [7]*

kell azonban jegyezni, a vízfelhasadásos technológiák összességében a globális ipari hidrogén termelés mindössze 4 %-át teszik ki napjainkban. A zöld hidrogén előállításának szükségessége miatt azonban a közelmúltban jelentősen megnövekedett a PEM elektrolízis technológia iránti érdeklődés. Többek között egy német disszertációban részletes leírást találnak az érdeklődők az elektrolízis fizikai alapjairól, a jelenlegi műszaki megoldásokról, az alkalmazott mérési módszerekről, valamint a továbbfejlesztés lehetőségeiről és korlátairól [8]. Ez a disszertáció az alapja például a Siemenshez kapcsolódó, a honlapjain publikált műszaki leírásoknak és magyarázatoknak is [9].

Mind a Rosenstiel publikáció [10], mind pedig több más hasonló tanulmány [21-22] végkövetkeztetése az, hogy nagy mennyiségben, gazdaságosan és magas ellátási biztonság mellett akarunk zöld hidrogént előállítani, akkor a további kulcstechnológia az elektrolízis. Itt nemcsak a folyamat továbbfejlesztésére van szükség, hanem a fenti feltételeknek megfelelő berendezések fejlesztésére, gyártására és mielőbbi piaci bevezetésére is. Az ilyen berendezések mind magas fokú hardveres és szoftveres digitalizációval kell, hogy rendelkezzenek. Ennek fényében, egyáltalán nem meglepő, hogy a nagy globális mechatronikai és energetikai vállalatok intenzív fejlesztésekbe kezdtek ezeken a területeken. Így például a Siemens is erőteljes fejlesztésekbe kezdett az energiatermelés zöld átalakításának szinte összes lehetséges irányában. Az elektrolízis területén külön meg kell említeni, hogy a vállalat Berlin Moabit (Siemens Energy Switchgear Plant Berlin) városrészében építi fel az első gigawatt kapacitású elektrolízis berendezések gyártókapacitását, ami várhatóan 2023-ban kezdi meg a berendezések gyártását [23]. Az első ilyen nagy kapacitású berendezések piaci megjelenése erőteljes lökést adhat mind piaci alapú, mind pedig közösségi finanszírozású zöld hidrogén elektrolízis rendszerek telepítéséhez [2, 10].

Ha én befektető vagy energiapolitikai döntéshozó lennék, azonnal megvizsgálnám a fentihez hasonló tanulmányok megfontolásai alapján a zöld hidrogén elektrolízis rendszerek pilot-projektekben való telepítésének és üzemeltetésének a lehetőségét. Miután egyik sem vagyok a fenti személyekből, megpróbálok a környezetemben meglevő példákat találni, valamint bekapcsolódni regionális és/vagy szélesebb nemzetközi projektekbe. Úgy gondolom azonban, hogy csak empirikus módszerekkel nem lehet kielégítő megoldást elérni. Olyan szimulációk is szükségesek, amik a változók széles tartományában tudják vizsgálni az összefüggéseket és a lokális telepítésnek leginkább megfelelő megoldást képesek szolgáltatni.

2. Ausztriai zöld hidrogén berendezések rövid bemutatása

A bevezető után a továbbiakban két olyan ausztriai példát mutatok be a Power-to-X koncepcióra és a zöld hidrogén előállítására vonatkozóan röviden, amiket Felső-Ausztriában a lakó- és munkahelyem közelében a közelmúltban fejlesztettek ki és építettek meg mint ipari prototípust:

- Az egyik példa a voestalpine linzi telephelyén a H2FUTURE projekt keretében, több ausztriai vállalat (voestalpine, VERBUND, Siemens, Austrian Power Grid, K1-MET Kompetencia Centrum és TNO holland kutatási központ) közreműködésével és jelentős EU támogatással megvalósított, a világ akkori (2019) legnagyobb CO2-mentes hidrogén-előállító kísérleti üzeme. A projekt partnerek a zöld hidrogén ipari előállításának többféle szempontjait vizsgálják, amely során zöld hidrogén hosszú távon a fosszilis tüzelőanyagokat kívánja helyettesíteni az acélgyártásban.
- A másik példa a welsi székhelyü Fronius nevű osztrák vállalat Solhub nevű berendezése, ami szintén zöld hidrogént állít elő napenergiából. A Solhub berendezés lehetővé teszi önkormányzatok, kereskedelmi és ipari vállalatok számára lokális, fenntartható hidrogén alapú mobilitási és energetikai megoldások kipróbálását és hosszú távú üzemeltetését. Ezt a berendezést személyesen is megtekinthettem a cég telephelyén.

Az alapelv és a technikai megoldások mindkét esetben hasonlóak, az egyik legfontosabb különbség a felhasználás céljában és az előállított hidrogén mennyiségében van. A másik különbség a projektek jellegében látható. A H2Future projekt [11] több szereplős, a résztvevők valamennyien specialistának és nemzetközi szinten is vezető-technológia tulajdonosnak számítanak. Emellett a kb.18 M Eurós költségek egy jelentős részét az Európai

a) b)

4. ábra: *A H2Future berendezés a voestalpine linzi telephelyén [12]: (a) az épület, (b) az elektrolízis berendezés (Siemens)*

Unió fizette (European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Hydrogen Europe and N.ERGHY). A Fronius SolHub projektje dominánsan üzleti finanszírozású, legalábbis az elérhető nyilvános információk szerint. Miután valamennyire ismerem az osztrák kutatás finanszírozási rendszert, valószínűsíthető, hogy legalábbis közvetett módon mind tartományi, mind pedig szövetségi finanszírozás is van benne (public-private partnership). A cég képviselője azonban megerősítette a túlnyomóan piaci alapú finanszírozás szándékát a további fejlesztések során is.

A lokális szigetszerű megoldásnak természetesen vannak előnyei és hátrányai. Ha a hagyományos megoldásokban gondolkodunk, akkor először a globális megoldások, nagyüzemi finomítás, előállítás és hosszú szállítási útvonalak kerülnek előtérbe. A lokális üzem megspórolja a hosszú idejű és a hidrogén esetén eléggé körülményes tárolást és a hosszú szállítási útvonalakat. Azt, hogy melyik megoldás, milyen gazdasági és technikai környezetben előnyösebb, jelenleg elég nehéz objektíven eldönteni. A hasonló berendezésekkel megszerezhető valós üzemeltetési tapasztalatok és a költségek mindenképpen hatékonyan támogatják a jövőben szükségszerű döntéseket a megújuló energiák és a zöld hidrogén alkalmazásában.

3. H2FUTURE

Mint az iparág egyik vezető technológiai képviselője, a voestalpine a környezetvédelem terén is egy következetes és hosszú távú stratégiát követ az acélgyártás dekarbonizálására. Egyértelmű célokat tűztek ki maguk elé a CO_2-kibocsátás további közvetlen csökkentésére az acélgyártásban az elkövetkező évekre. A voestalpine jelenleg is vizsgálja egy új hibrid technológia megvalósíthatóságát a meglévő koksz/szén alapú nagyolvasztó és a zöldárammal üzemeltetett elektromos ívkemencék kombinációjával, valamint részben zöld hidrogén felhasználásával. Tekintettel a gazdasági versenyképesség és a termelési költségek jelenlegi szintjére, ez a lehetőség körülbelül egyharmadával csökkentené a vállalatspecifikus CO_2-kibocsátást 2030 és 2035 között. Hosszú távon a voestalpine csoport célja, hogy fokozatosan növelje a zöld hidrogén felhasználását az acélgyártásban, és így 2050-re több mint 80 %-val csökkentse a CO_2-kibocsátást. Ehhez a szándékok és sok-sok pénz mellett azonban megfelelő technológia is szükséges.

Ennek a megújuló energiára (napenergia) és zöld hidrogénre épülő acélgyártásnak a legfontosabb feltétele, hogy elegendő mennyiségben és gazdaságosan elérhető áron álljon rendelkezésre megújuló energia és a zöld hidrogén. Csak így lehet ténylegesen versenyképesen működtetni a jövő technológiáit nagyipari környezetben. A világ üzembeállítása idején legnagyobb zöld hidrogén kísérleti üzemének üzembe helyezésével a voestalpine linzi telephelyén jelentős lépést tettek ennek a technológiai átalakulásnak az előmozdítása érdekében. Az épület, amiben a berendezés található a 4.a ábrán látható. A H2Future projekt 2017-ben indult, a berendezés 2019 végén került átadásra Linzben és 2020 márciusa óta folyamatosan működik. Linzben ugyan nem süt annyit a nap, mint azt a bevezetőben említett tanulmányok szerint kellene a gazdaságos működéshez (nem optimális DNI értékek). Ugyanakkor az acélmű itt van Linzben, és a zöld(ebb)é válás a telephely megtartásának valószínűleg elengedhetetlen feltétele. A telephely megtartása pedig létfontosságú az osztrák gazdaság egésze és a helyi munkaerőpiac szempontjából is. Tehát, van kényszer a váltásra és vannak források ennek a rövid -és hosszútávú finanszírozására is [12].

A rendszer egyik legfontosabb része az elektrolízis. A Siemens Silyzer 300 berendezésben 6 MW teljesítménynyel kb.1200 m^3 zöld hidrogént állítanak elő (4.b ábra). A berendezés is a korábban röviden bemutatott PEM (proton exchange membrane) elektrolízis technológiát használja (lásd 3. ábra).

A H2FUTURE prototípus berendezés egy fontos mérföldkő az elektrolízis nagyipari felhasználásában: Az acélipar mellett potenciálisan alkalmazható olajfinomítókban, a műtrágyagyártásban és más magas hidrogénigényű iparágakban is. A projekt világos célja, hogy mint egy alkalmazott ipari kutatólabor a próbaüzem során megalapozza a jövőbeli ipari projekteket. A legfontosabb kutatási területek a PEM elektrolízis berendezés hatékonysága és élettartama, a korrózió intenzitása (ez a PEM technológia egyik gyenge pontja), a karbantartás tervezhetősége, a szükséges vízminőség, az előállított hidrogén tisztasága

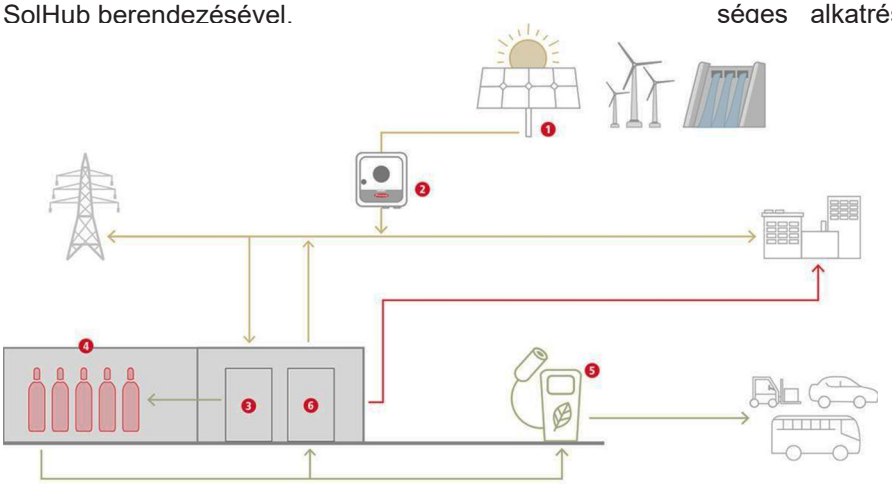
és természetesen az üzemelés valós költségeinek a meghatározása. Az üzemeltetők jelenleg meglehetősen visszafogottak ezen műszaki információk megosztásában, mind szabadalmi, mind pedig üzleti okokból. Ha az ígéreteknek megfelelően a nyári szabadságok után sikerül bejutnom a telephelyre és kapok további műszaki információkat is, igyekszem ezeket megosztani és további esetleges magyar vonatkozású projektjeimben is felhasználni.

Amikor ezeket a sorokat írtam a voestalpine közzétette az első csökkentett CO_2 felhasználással gyártott acél (Greentech-steel) kereskedelmi megjelenését [13, 14]. A cég közleménye szerint a CO_2-kibocsátás csökkentését a gyártási folyamat átalakításával érik el, például a hagyományos koksz részleges hidrogéntartalmú redukálószerekkel való helyettesítésével. A voestalpine Ausztria legnagyobb CO_2-kibocsátója, megelőzve az OMV-t és a Wien Energie-t. Csak a linzi gyárban kibocsátott 9,4 millió tonna üvegházhatású gáz több, mint 900.000 osztrák lakos együttes kibocsátásának felel meg (ez kb. a lakosság 10 %-a). Ebből is látható a következő hat évben betervezett évi 5 %-os csökkentés jelentősége, amihez a cég által előállított zöld hidrogén jelentősen hozzájárulhat.

4. Fronius Solhub – Zöld hidrogén előállítása napenergiával egy moduláris berendezésben

A Fronius nevü osztrák vállalat (Wels, Felső-Ausztria) nemcsak a hegesztésben érdekelt és gyárt világszínvonalú berendezéseket, hanem az innovatív energetikai rendszerek területén is. A Solhub nevű berendezés zöld hidrogént állít elő napenergiából, és egy rendszerszintű és szigetszerű technikai megoldást kínál a zöld hidrogén lokális előállítására, tárolására és felhasználására. A berendezés második prototípusa Wels közelében, Steinhausban (Felsö-Ausztria) a Fronius közelmúltban alapított hidrogén kompetencia centrumának a telephelyén található. Mondhatjuk úgy, hogy ez egy zöldmezős beruházás zöld hidrogén előállítására.

Az 5. ábra vázlatosan mutatja be a napenergiából történő zöld hidrogén előállításának folyamatát a Fronius SolHub berendezésével.



5. ábra: Zöld hidrogén előállítása napenergiából: előállítás, tankolás, tárolás és újra átalakítás a Fronius SolHub berendezésével [15], 1) nap, szél és vízenergia, 2) Fronius inverter, 3) elektrolízis, 4) H2 tartály, 5) tankoszlop, 6) üzemanyag cella

A berendezés lehetővé teszi a villamosenergia-ellátás-, a mobilitás- és az energiaellátás innovatív összekapcsolását. Ez egy fontos konkrét lépés a 24 órás napsütéses jövőkép gyakorlati megvalósítása felé, amelyben a világ energiaszükségletének nagy részét megújuló források fedezik. Ez persze ma még csupán álom, és nem is biztos, hogy világszerte akár a távolabbi jövőben teljeskörűen megvalósítható, mindenesetre a Solhub berendezés kifejlesztése és eddigi prototípusai az egyik első észszerű és a mindennapokban is alkalmazható lépést jelenti ebben az irányban. Amit általában Ausztriában és specifikusan több ismert osztrák vállalatban nagyon értékelek, nemcsak filozofálnak tanulmányok szintjén, hanem megcsinálnak és kipróbálnak új rizikós dolgokat is. Miután Wels és környéke ugyanannyi napsütéses órában sütkérezik, mint Linz, ezáltal a DNI értékek itt is alacsonyak. Viszont egy ilyen kísérleti berendezés kifejlesztéséhez és próbaüzeméhez itt áll rendelkezésre az összes műszaki és gazdasági feltétel.

A tervek szerint minden új berendezést egyedi igények szerint terveznek és építenek, valamint az állapotfelügyelet és a karbantartás is egyedileg tervezhető. A moduláris, kb. 9 m nagyságú konténerek tetszés szerint méretezhetők és összekapcsolhatók. A komplex fotovoltaik-elektrolízis-nagynyomású tároló rendszer folyamatos állapotfelügyelete és állandó optimalizálása kiemelt jelentőségű. Az ehhez készített szoftvert egyelőre még hétpecsétes titokként kezeli a cég, és így az általánosságokon túl semmilyen információ nem áll rendelkezésre. Az viszont gondolom nyilvánvaló, hogy a hasonló berendezések szíve-lelke lesz a szoftver. A berendezés mind 150 és 900 bar közötti nyomástartományban tud -45 °C alá hűtött hidrogént tárolni. Nemcsak a zöld hidrogén előállítása, hanem a megbízható tárolása is energiaigényes. A napelemes rendszer által termelt villamos áram erre a célra is fordítható, és a szoftver optimálni tudja a rendelkezésre álló villamos áram elosztását az előállítás, tárolás és kiszolgálás között. A tárolók közvetlenül csatlakoznak töltőállomásokhoz, amikkel az erre alkalmas járművek különböző nyomású hidrogénnel tankolhatók. A hidrogén betankolásáról, a szükséges alkatrészekről, szabályokról, tömítéstechnikáról valamint az alkalmazott szelepekről egy következő cikkben szeretnék beszámolni a Japánban szerzett személyes tapasztalataim és irodalmi adatok alapján.

A cég tervei szerint a SolHub berendezés lehetővé teszi önkormányzatok, kereskedelmi és ipari vállalatok számára a lokális, fenntartható hidrogén alapú mobilitási és energetikai megoldások kipróbálását és hosszú távú üzemeltetését.

A berendezés első prototípusa, amint az a 6. a ábrán látható, Welsben, a cég egyik telephelyén található, második továbbfejlesztett változat Wels közelében, Steinhausban látható a cég hidrogén Kompetencia Centrumának telephelyén (6. b ábra) [16].

a) b)

6. ábra: *A Fronius SolHub kísérleti berendezései [16]*
a) első prototípus Welsben, b) második változat Steinhausban

A harmadik berendezést a közeljövőben adják át az első vállalkozó kedvű felhasználóknak Herzogenburgban (Alsó-Ausztria, NÖ) [17]. Ezzel az első, a felhasználó telephelyén felállított berendezéssel a Fronius komoly üzemeltetési és főleg karbantartási tapasztalatokat szerezhet a további berendezések fejlesztéséhez és üzemeltetéséhez.

A berendezés tulajdonosa és üzemeltetője egy SAN-Group nevű multinacionális vállalat, ami többek között a zöld energiák terjesztését is menedzseli világszerte [18]. Az első kapavágás 2021 májusában volt, amit személyesen a NÖ tartomány miniszterelnöke, Johanna Mikl-Leitner asszony végzett el, ezzel is hangsúlyozva a projekt társadalmi jelentőségét. A berendezés átadása a SAN telephelyén a közeljövőben várható.

A berendezést 1,5 MW villamos energia előállítására méretezték. Az előállított hidrogént többnyire a SAN-csoport járműparkjában használják majd fel, de a régió más partnerei is részesedhetnek belőle. A berendezéssel naponta hozzávetőleg 100 kg zöld hidrogént állítanak elő, amivel mintegy 16 személyautó tankolható, illetve hidrogén hajtású buszokkal vagy teherautókkal több, mint 1500 kilométert lehet majd megtenni ezzel a mennyiséggel.

A további ipari és fogyasztói alkalmazásokhoz és az egységek kiválasztásához érdekes lehet hasonló célú berendezések összehasonlítása. Szívesen közreműködnék egy olyan nemzetközi projektben, ami megvizsgálja a különböző berendezések gyakorlati alkalmazhatóságát, elemzi alkalmazásuk korlátait (teljesítmény és élettartam), és megteszi az első lépéseket egy általános zöld hidrogén felhasználói kézikönyv kidolgozására. A szigetszerű telepítés mellett a berendezések hálózati összekapcsolása lehet a másik érdekes lehetőség. Ehhez a hardverek mellett okos szoftverek is kellenek. Ez esetleg magyar vállalkozások számára is lehetőséget jelenthet a technológia megismerésére, együttműködésre és magyarországi adaptációjára.

Miután annak a valószínűsége, hogy egy helyen 2-3 hasonló berendezést üzembe állítanak, gyakorlatilag nulla, így ez az összehasonlító tanulmány egy szoros nemzetközi együttműködés keretében képzelhető el. Erre kiválóan alkalmasak lennének pl. az ún. határháromszög területek (Ausztria, Magyarország, Szlovákia, vagy délen Szlovénia) egy Interreg Europa vagy Interreg Danube együttműködés keretében.

5. Összefoglalás

Mint azt egy minap (2022. június 14.) megjelent internetes bejegyzés is megállapítja [19] „a megújuló és alacsony szén-dioxid-kibocsátású hidrogéntermelés alapvető fontosságú lenne a klímavédelmi harcban, de 2050-re a globális végső energiamixnek csak 5 százalékát fogja kitenni, ami nem éri el az éghajlati célok eléréséhez szükséges mértéket – közölte hétfőn a norvég DNV globális energetikai tanácsadó cég [20]”.

Miután a hidrogén és különösen a zöld hidrogén előállításának nagy az energiaigénye, ez drágává és gazdaságtalanná teszi a közvetlen villamosenergia-felhasználással összehasonlítva. A fosszilis tüzelőanyagok villamos energiával való helyettesítése azonban egy elég nehéz feladat pl. a légi közlekedésben, a hajózásban és az olyan nagy hőigényű ipari folyamatokban, mint pl. az acélgyártás. A megújuló energiával vagy alacsony szén-dioxid-kibocsátással előállított zöld hidrogén számottevően csökkentheti a karbonlábnyomokat ezeken a területeken. A közlekedés, mind a személy, mind pedig az áruszállítás speciális

7. ábra: *A Herzogenburgban levö SolHub berendezés terve [17]*

helyzetben van. A mobilitás jelenlegi szintjének megtartásához vagy további növeléséhez az energiatárolót is magunkkal kell vinnünk. A mai technológia szinten ez vagy az akkumulátorokat, vagy pedig valamilyen gáz/folyékony halmazállapotú energiahordozót igényel.

Az Ausztriában eddig megvalósult „zöld hidrogén" előállítási projektek ennek a két fent említett, neuralgikus pontnak a lokális megoldását célozzák meg.

- A gyártóhely fenntarthatósága érdekében nemcsak a linzi voestalpine, de az egész osztrák acélgyártás szénlábnyomát mindenképpen csökkenteni kell. A napenergia szempontjából kevésbé vonzó és előnyös telephely ellenére a H2FUTURE berendezés egy fontos gyakorlati előrelépés ebben az irányban. A berendezés kísérleti üzeme során a berendezéseket gyártók és az üzemeltető részletes, mind műszakilag, mind gazdaságilag megalapozott tapasztalatokat szereznek egy viszonylag kedvezőtlen helyen levő berendezés hatásfokáról, valamint az üzemeltetés további korlátairól.
- A Solhub berendezés Alsó-Ausztria kísérleti üzeme során az eredeti célok megvalósítása mellet még össze lehetne hasonlítani a zöld villamos energia átalakításának és tárolásának lehetséges módjait is. Az eredetileg tervezett hidrogén üzemmód mellett a napenergiából származó zöld energia akkumulátorok töltésére is felhasználható. Egy osztrák-magyar projekt konzorcium keretében erre az összehasonlító vizsgálatra tettünk javaslatot és jelenleg is intenzíven vizsgáljuk egy közös projektterv kidolgozásának a lehetőségét a már fentebb említett Interreg Central Europe és az Interreg Danube vagy más Horizon Europe felhívások keretében. Ennek előnyei különösen a magyar partnerek számára világosak. A próbaüzem során valós méréseken alapuló összehasonlítással sok időt és pénzt takaríthatunk meg a további fejlesztésekre vonatkozóan.

Irodalomjegyzék

[1] Siemens Energy honlapja: Hydrogen Solutions: https://www.siemens-energy.com/global/en/offerings/renewable-energy/hydrogen-solutions.html?gclid=EAIaIQobChMIs9zR8pqO-AIVxY1oCR0qIwo8EAAYAiAAEgIIYvD_BwE) (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[2] H2Bulletin honlapja: Hydrogen colours codes: https://www.h2bulletin.com/knowledge/hydrogen-colours-codes/ (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[3] Ricardo rail honlapja: Opinion: Decoding the Hydrogen T-Rainbow: https://rail.ricardo.com/news/opinion-decoding-the-hydrogen-t-rainbow (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[4] Roeb, M., Brendelberger, S., Rosenstiel, A., Agrafiotis, C., Monnerie, N., Budama, V., Jacobs, N., Wasserstoff als ein Fundament der Energiewende, Teil 1: Technologien und Perspektiven für eine nachhaltige und ökonomische Wasserstoffversorgung; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Institut für Solarforschung: Köln, Germany, 2020.
[5] Rosenstiel, A., Monnerie, N., Dersch, J., Roeb, M., Pitz-Paal, R., Sattler, C., Electrochemical Hydrogen Production Powered by PV/CSP Hybrid Power Plants: A Modelling Approach for Cost Optimal System Design. Energies 2021, 14, 3437., https://doi.org/10.3390/en14123437
[6] S. Shiva Kumar, V. Himabindu: Hydrogen production by PEM water electrolysis – A review, Materials Science for Energy Technologies 2 (2019) 442–454). https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299119300035 (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[7] Hermann Wolfmeir: H2FUTURE – GREEN HYDROGEN, HYDROGEN MEETING FUTURE NEEDS OF LOW CARBON MANUFACTURING VALUE CHAINS, 7th May 2021 (elhangzott a H2GreenSteel WEB Workshop-on az ESTEP rendezésében)
[8] Philipp Lettenmeier: Entwicklung und Integration neuartiger Komponenten für Polymerelektrolytmembran- (PEM) Elektrolyseure, Uni Stuttgart, 2018
[9] Siemens Energy honlapja: www.siemens-energy.com (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[10] Stefan Brendelberger, Andreas Rosenstiel , Anton Lopez-Roman, Cristina Prieto and Christian Sattler, Performance analysis of operational strategies for monolithic receiver-reactor arrays in solar thermochemical hydrogen production plants, International Journal of Hydrogen Energy 45 (2020) 26104-26116 https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.06.191
[11] H2future honlapja: https://www.h2future-project.eu/ (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[12] Voestalpine, 2019-11-11-h2future-weltweit-groesste-gruene-wasserstoffpilotanlage-erfolgreich-in-betrieb-gegangen, pdf, 2019 (voestalpine bocsátotta rendelkezésre)
[13] ORF news: Voestalpine lieferte ersten CO2- https://ooe.orf.at/stories/3160532, 2022 (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[14] voelstalpine honlapja: https://www.voestalpine.com/group/de/media/, 2022 (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[15] Fronius, SE_BRO_SOLH2UB_DE.pdf, 2021 (megtekintés dátuma: 2022.06.10.) (Fronius bocsátotta rendelkezésre)
[16] Fronius solar energy honlapja: Fronius errichtet Wasserstoff-Kompetenzzentrum und neuen Solhub in Steinhaus: https://www.fronius.com/de/solarenergie/ueber-uns/news/h2cc-solhub-210121 (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[17] Fronius solar energy honlapja: Erster Fronius Solhub in Umsetzung: www.fronius.com/de/solarenergie/ueber-uns/presse/erster-fronius-solhub-in-umsetzung-29062021 (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[18] SAN Group honlapja: SAN Group builds first green hydrogen production facility in Lower Austria: https://www.san-group.com/news/san-group-builds-first-green-hydrogen-production-facility-in-lower-austria (megtekintés dátuma: 2022.06.10.)
[19] Index hírek: Hiába helyettesíthetné a földgázt, mégsem kell a világnak: https://index.hu/gazdasag/2022/06/14/zold-hidrogen-kibocsatascsokkentes/ (megtekintés dátuma: 2022.06.14.)
[20] Deep dive into the future of hydrogen: Hydrogen energy forecast to 2050: https://www.dnv.com/powerrenewables/?utm_campaign=energy&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=241436554463&utm_term=dnv%20gl%20energy&gclid=EAIaIQobChMImtylmrav-AIVSo9oCR3jHg6WEAAYASAAEgJuuvD_BwE (megtekintés dátuma: 2022.06.14.)e
[21] Takach, M., Sarajlic, M., Peters, D., Kroener, M., Schuldt, F., von Maydell, K., Review of Hydrogen Production Techniques from Water Using Renewable Energy Sources and Its Storage in Salt Caverns. Energies 2022, 15, 1415. https:// doi.org/10.3390/en15041415
[22] Agyekum, E.B.; Nutakor, C.; Agwa, A.M.; Kamel, S. A Critical Review of Renewable Hydrogen Production Methods: Factors Affecting Their Scale-Up and Its Role in Future Energy Generation. Membranes 2022, 12, 173 https://doi.org/10.3390/membranes12020173
[23] Siemens Energy: Siemens Energy to start production of hydrogen electrolyzers in Berlin: https://press.siemens-energy.com/global/en/pressrelease/siemens-energy-start-production-hydrogen-electrolyzers-berlin (megtekintés dátuma: 2022.06.20.)