

Szemelvények a murai H2-régió megvalósíthatósági tanulmányából

Excerpts from the feasibility study on the Murau H2 region

Major Zoltán

Johannes Kepler Universität Linz, egyetemi tanár, zoltan.major@jku.at

Kulcsszavak

közösségi finanszírozású zöld hidrogén energetikai projekt, hidrogén alapú regionális vasúti közlekedés, hidrogén hajtású vasúti szerelvények, hidrogén tárolás és betankolás

Keywords

crowdfunded green hydrogen energy project, hydrogen based regional railway, hydrogen powered trains, hydrogen storage and refueling

Absztrakt

Az éghajlatváltozás gazdasági, ökológiai, társadalmi és egészségügyi következményei, valamint a szennyező anyagok által okozott környezetszennyezés komoly veszélyt jelent életminőségünkre. A hidrogéngazdaság az energiarendszerünk teljes szén-dioxid-mentesítésével egy fenntartható megoldást kínál a jelenlegi, túlnyomórészt fosszilis tüzelőanyagok zöld villamosárammal és zöld hidrogénnel történő teljes helyettesítésével. Külföldi példák alapján az önszerveződő helyi közösségek, az állami intézmények és a magántőke szabályozott együttműködésével létrehozott társulások hatékony megoldást kínálnak efféle projektek lebonyolítására.

A regionális vasutak üzemanyagcellás hajtásra való átalakítása támogatja ezt az energetikai átállást és megnöveli a hozzáadott értéket, valamint tovább erősíti a helyi kompetenciákat a zöldenergia kutatás-fejlesztés területén. A szükséges vasúti műszaki megoldások már jelenleg is rendelkezésre állnak, több nagy technológia konszern tervez és gyárt jelenleg hibrid vagy teljesen hidrogénhajtású vonatrendszereket. Ezek adaptálása a helyi viszonyokhoz, a hidrogén tárolása és betankolása is megoldható műszaki és szervezési problémát jelent, különösen a helyi zöld hidrogén termelés esetében.

Abstract

The economic, ecological, social and health consequences of climate change, as well as environmental pollution caused by pollutants, pose a serious threat to our quality of life. By completely decarbonizing our energy system, the hydrogen economy offers a sustainable solution by fully replacing the current predominantly fossil fuels with green electricity and green hydrogen. Based on foreign examples, associations created with a regulated cooperation of self-organizing local communities, state institutions and private capital offer an effective solution for the implementation of such projects.

The conversion of regional railways to fuel cell drive supports this energetic transition and increases the added value and further strengthens local competences in the field of green energy research and development. The necessary railway technical solutions are already available, several large technology concerns are currently designing and manufacturing hybrid or fully hydrogen-powered train systems. Adapting them to local conditions, storing and refueling hydrogen is a solvable technical and organizational problem, especially in the case of local green hydrogen production.

1. Bevezetés

A recept nagyon egyszerű; vegyünk olyan hagyományosan összetartó helyi közösségeket, ahol a kölcsönösen előnyös gazdasági társulásoknak hagyománya van, adjunk hozzá innovációs és kutatás-fejlesztési tapasztalatot és tudást, hozzunk létre egy átlátható, nyílt gazdasági társulást, amit a magántőke, az állam és a helyi közösség együttesen finanszíroz, és legyen elkötelezettségünk környezetünk megóvásáért, fenntartható fejlesztésére. Ezek talán egy sikeres zöld hidrogén projekt legfontosabb előfeltételei.

2. Kölcsönös előnyökön alapuló projektek

Ilyen, Ausztriában (Stájerországban) megvalósított zöld hidrogén energetikai projekteket mutatok be a cikkben röviden különös figyelemmel

1. a megtermelt hidrogén hasznosítására a helyi vasúti közlekedésben és
2. a különböző kormányzati, önkormányzati, ipari és kutatási intézmények együttműködésére efféle előremutató energetikai és infrastrukturális projekteken.

A régi miskolci microCAD-es jelmondatunk érvényét – *“we believe that the genius of the future lies not in the technology alone, but in the ability to manage it”* – tökéletesen bizonyítják ezek a közösségi projektek.

Földrajzi helyzete és természeti adottságai miatt Murau különösen alkalmas egy önellátó hidrogén régió megteremtésének kipróbálására, amit a helyi önkormányzat a stájer kormány támogatásával egy megvalósíthatósági projekt keretében az elmúlt 2 évben meg is tett. Murau Ausztriában Stájerország dél-nyugati részén a Mura folyó

partján a gurktali és az Alacsony-Tauern hegyek között egy festői szépségű völgyben fekszik. Miután a fafeldolgozás (fűrészüzemek) mellett nem rendelkezik számottevő iparral, így természeti környezete szintén érintetlenül áll a turizmus rendelkezésére.

Murau környéke bőségesen kínál megújuló energiaforrásokat: nap, víz, szél és fa (bio) áll a zöld energiatermeléshez rendelkezésre. A helyi vállalkozások mellett más régiókból származó cégek is felismerték már az itteni lehetőségeket és szeretnének itt zöld energiaprojekteket megvalósítani. A technológia-bevándorlás és a közvetlen gazdasági haszon mellett, egy további fontos szempont, hogy a helyi polgárok közvetlenül is részesüljenek ezekből a projektekből. Az új murai GreenPower koncepció és működési szabályzat lehetővé teszi, hogy az együttműködő helyi lakosság – magánszemélyek vagy vállalkozások – is részesednek a nyereségből. Engedjenek meg ehhez egy személyes példát is. A feleségem linzi barátjának, akinek egy kisebb farmja is van Murau közelében, teljesen magától értetődő volt, hogy a megjelenést követően azonnal vett néhányat a magánszemélyeknek kibocsátott 500 Euro névértékű részjegyekből (a kisvállalkozások 1000 Euro jegyeket tudnak venni). És még sokan mások – magánszemélyek és kisvállalkozások – gondolkodtak hasonlóan. A zöld környezet iránti elkötelezettség nemcsak az osztrák zöld párt választási eredményén látszik Bécs belvárosában, hanem egy politikailag különben hagyományosan meglehetősen konzervatív közösség sok tagja a zsebébe is nyúl és saját munkájával is támogatja ezeket a közös erőfeszítéseket.

A murai projektben a Hycenta Kutatóintézet vezetésével [1] műszakilag és gazdaságilag megvizsgálták annak

lehetőségét, hogy ezt a megújuló többlet energiát hogyan lehet hidrogén formájában tárolni, valamint mind a helyi közlekedési mind pedig az energiaellátás rendelkezésére bocsátani a régióban. Ezekon a konkrét példákon keresztül egy átfogó rendszert dolgoztak ki a szükséges alkatrészek tervezésétől, a beépítési koncepciók, valamint műszaki, és az infrastrukturális rendszerek gazdasági és ökológiai értékeléséig.

A muravölgyi vasutat 1894-ben helyezték üzembe és ettől kezdve biztosítja mind a teher mind a személyforgalmat a régióban. A jelenleg dízel üzemanyaggal üzemeltetett muravölgyi vasutat a közeljövőben károsanyag-kibocsátás-mentessé szeretnék tenni. Ennek keretében megvizsgálták a hidrogén alkalmazásának műszaki és gazdasági feltételeit a következő fontosabb területeken:

- A vonatszerelvény vontatási és légkondicionálási energiaigényének meghatározása különböző üzemeltetési körülmények esetén.
- Az ehhez szükséges hidrogénszükséglet kiszámítása.
- H₂ alapú vasúti szerelvény műszaki koncepciója (pl. a hajtásrendszer pozicionálása, az üzemanyagcella, a konverter és a hűtőrendszer, valamint a H₂ tartály megvalósítási tanulmánya).
- A H₂ infrastruktúra költségeinek összehasonlítása a felsővezetékkel üzemeltetett e-vonatokkal.

Az energiaszükségletet a maximális napi futásteljesítményre 750km/vonat értékkel számították. A 3 részes, 52m hosszúságú és 114 tonna súlyú vonatkészlethez a teljes számított energiaigény (fűtéssel és hűtéssel együtt) 5911 kWh/nap vonatonként, ami kb. 177 kg hidrogén egyenértéknek felel meg.

3. Lehetséges műszaki megoldások

A továbbiakban nézzük meg, hogy milyen műszaki megoldások állnak ehhez jelenleg rendelkezésre.

A klímabarát vasúti közlekedésre való áttérés területén az egyik legintenzívebb konkrét fejlesztést és együttműködést a Deutsche Bahn (DB) és a Siemens Mobility valósítják meg [2].

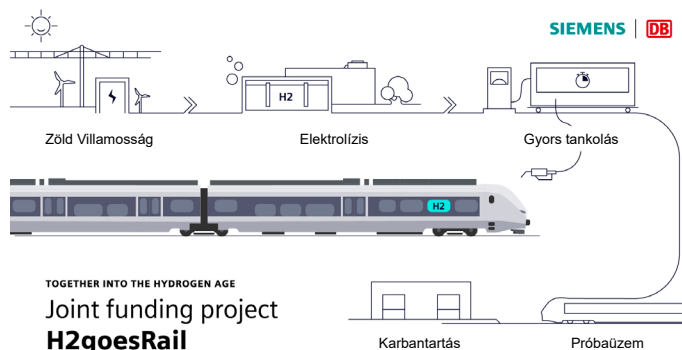
A két partner a Siemens Mobility krefeldi gyárában mutatta be ez év áprilisában a Siemens új teljes hidrogén rendszerének az elemeit: az újonnan kifejlesztett Mireo Plus H-t – a következő generációs hidrogénüzemű vonatot – és az ehhez újonnan tervezett mobil hidrogéntároló pótkocsit. A vonat és annak új infrastruktúrája a dízel motorvonatokat hivatott kiváltani az elővárosi és regionális közlekedésben, és nullára csökkenteni a vasúti CO₂-kibocsátást.

Az 1. ábrán zöld hidrogénnel meghajtott vasúti rendszer elvi vázlatát látható [3, 4].

Az 2. ábrán látható további hidrogénvonat koncepciótervek az akkumulátorok és a hidrogén tartályok elhelyezését mutatja az üzemanyagcellás hajtásláncban. A hidrogén tartályok az első és hátsó motorkocsikban a vezetőfülke mögött lesznek elhelyezve.

A H2goesRail projekthez készült Mireo Plus H (Siemens) kétkocsis vonatként akár 800

kilométeres működési hatótávolságú is lehet, és olyan erős, mint az elektromos motorvonatú társa, az 1,7 MW vontatási teljesítménye akár 1,1 m/s² gyorsulást is lehetővé tesz, a végsebessége pedig 160 km/óra. A három részes változat hatótávolsága pedig akár 1000 kilométer is lehet.

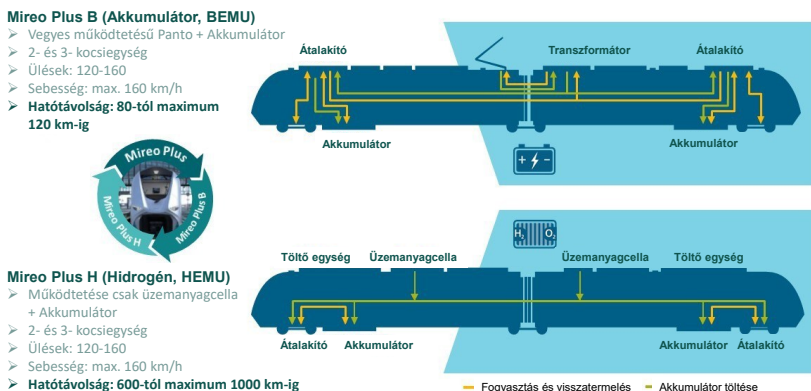


1. ábra: Zöld hidrogénnel meghajtott vasúti rendszer elvi vázlat [3]

4. További helyközi vonatkozás (SPNV) számára rendelkezésre álló rendszerek

További hidrogén meghajtású vagy hibrid vonatok kerültek kifejlesztésre és álltak próbaüzembe különböző vasútvonalakon. A Német Repülési és Űrhajózási Hivatal (DLR) egyik tanulmányában a szerző (H. Dittus, 2020 [5]) összefoglalta a németországi állapotokat és a rendelkezésre álló vasúti megoldásokat. Négy vasúti berendezéseket gyártó cég (Alstom, Bombardier, Siemens, Stadler) gyárt kísérleti vagy már akár sorozatgyártásra is alkalmas hidrogén vonat modelleket. Ezek próbaüzeme is több helyen folyt, mind Németországban és Hollandiában, mind pedig Ausztriában. Míg az előbbieket döntő többségben sík terepen, viszonylag egyszerű földrajzi körülmények között üzemeltetik, az ausztriai próbaüzemnél nagy figyelmet szenteltek a nagy szintkülönbségű, hegyi üzemeltetés lehetőségeinek is. Az alsó-ausztriai teszt során az osztrák vasút (ÖBB) a Wiener Neustadt-Wien (Aspang) és a Wiener Neustadt-Puchberg vonalakon próbálta ki a Coradia iLint (Alstom) szerelvényeket [6].

A Zillertali Vasút pedig a Stadler cég keskeny nyomtávú hidrogén vonatát üzemeltette sikerrel magashegyi körülmények között [7].



2. ábra: További hidrogénvonat koncepciótervek [8]

A Siemens a murai Mireo Plus üzeme mellet az ÖBB-vel Bécsben egy Desiro MainLine CityJet eco hybrid vonatrendszert is tesztelt. Látható, hogy műszaki megoldásokban nincs, vagy nem lenne hiány, és ezek csak német példák. Hasonló próbaüzemelésről vagy részleges üzembeállításról vannak információk Olaszországból, Spanyolországból és Franciaországból is [9].

5. Energiatárolás és a vasúti szerelvények/vonatok hidrogén ellátása, tankolás

A Wiener-Neustadt-i tesztüzem során egy hidrogéntároló és üzemanyagtöltő állomást is építettek. A személyszállítás mellett így lehetőség volt a teljes hidrogén vasúti infrastruktúra részletes vizsgálatára is, a hidrogén ellátás feltételeinek és szervizelési körülményeinek tanulmányozására. A projektet Ausztriában a kormány Klíma és Energia Alapja és az állami energiaellátó vállalat (Verbund) is támogatta. A DLR már említett tanulmányában a vonatok műszaki leírása mellett nagy figyelmet fordítottak a németországi hidrogéntankolási lehetőségekre is. Az első tesztet többnyire követte egy vasúti hidrogén üzemanyagtöltő állomás megépítése is. Különösen alkalmasak erre a nagy vegyipari cégek környezetében lévő vasúti rendszerek (pl. Höchst, Frankfurt am Main). A vasúti közlekedés jellegéből adódóan hosszabb időtartamot és nagyobb üzemelési biztonságot garantál mind műszakilag, mind pedig gazdaságilag. Ezek a töltőállomások multifunkcionálisan használhatók buszok és teherautók hidrogén tankolására is. Ezáltal egy olyan zöld hidrogénes összefüggő infrastruktúra teremthető meg, ahol a különböző szereplők (vasúti és közúti teher- és személyszállítás) ugyanazokat a forrásokat használhatják.

6. A hidrogén vasúti szállítása

A Német Vasutak (DB-Energie) részlege mellett Németországban mások is intenzíven dolgoznak a H₂ vasúti szállítására és a megújuló H₂ biztosítására vonatkozó gazdasági koncepciókon. A DB-Energie egy 2020-ban megjelent tanulmányban foglalta össze ezeket a tevékenységeket [10].

A megnövekedett kereslet az alternatív vasúti hajtások iránt, valamint szén-dioxid-kibocsátás csökkentését célzó új szállítási pályázatok és szerződések számos nyitott kérdést vetnek fel, amelyeket rövid időn belül meg kell válaszolni egy átfogó és fenntartható, zöld energiát használó vasúti koncepció keretén belül. Az első legfontosabb kérdés, hogy milyen műszaki megoldású vonatok felelnek meg a követelményeknek, valamint, hogy ezen megoldások minőségi szállítási szolgáltatásokat tudnak nyújtani. A hajtástechnológia kiválasztása közvetlenül jelentősen függ a forgalmi útvonaltól és a pályán meglévő infrastruktúrától, közvetve azonban ez egy átfogó közlekedés- és gazdaságpolitikai kérdés is. A helyes megoldás továbbá nagyban elősegítheti az adott ország általános műszaki innovációját is és megnövelheti gazdasági

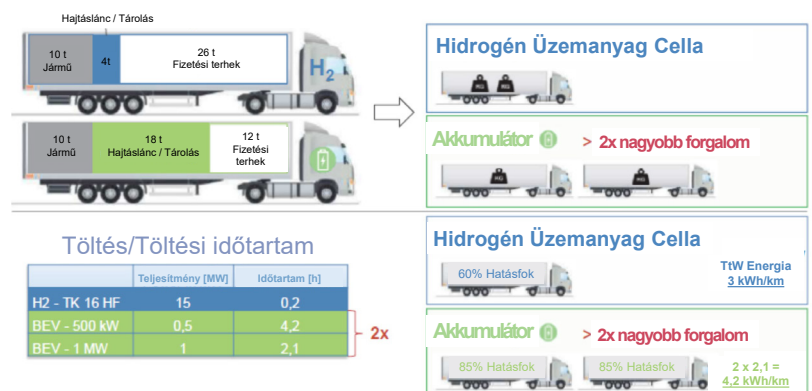
vonzerejét a nemzetközi befektetők számára. A Hesseni Tartományi Vasutak (Hessische Landesbahn GmbH) Taunus hálózatán a tanulmány szerint 27 db Coradia iLint 54 típusú üzemanyagcellás szerelvény 2022 végétől kezd meg működését [11]. A hidrogénnel való betankolás a Frankfurt am Main közelében található Höchstben működő ipari parkban történik. Miután ez egy nagy vegyipari centrum, a vasúti közlekedésben felhasznált hidrogén ott klór-alkáli elektrolízis melléktermékeként kerül előállításra, ami egy igen kedvező kapcsolt megoldás. De nem mindig sikerül megtalálni egy ilyen optimális helyet, ahol minden koncentráltan áll rendelkezésre és a tankolás, valamint a felhasználás olyan közel kerüljön egymáshoz, mint ebben az esetben. Ezért a szállítási útvonalakat is tervezni kell.

Az egész hálózat hatékonysága még tovább fokozható, illetve a „szén lábnyom” csökkenthető, ha a hidrogén üzemű vonatok szállítják a hidrogén üzemanyagot a felhasználás helyére. Ez biztosan egy még inkább környezetbarát megoldás lenne összehasonlítva a közúti szállítással. Ehhez nyilván mind egy kiépített infrastruktúra, mind pedig egy szervezett és optimált elosztó hálózat szükséges, aminek a költségeit vagy az államnak vagy pedig a magánvállalatoknak valahogy elő kell teremteni. Az ebben a projektben tervezett 27 db H₂ vonat beszerzése és üzembeállítása mindenképpen egy olyan komoly, több mint 500 millió eurós beruházás, ami ezt a projektet nemzetközi szinten is láthatóvá teszi. Ennek megfelelően az üzemeltetési pályázat is egy nemzetközi tender keretében kerül kiírásra [11].

7. Teherszállítás

Ellentétben a regionális személyszállítással, a teherszállításban várhatóan marad a vezetékes villamos rendszer, illetve a Diesel hajtású vonatok dominanciája. Az előrejelzés szerint ezen a területen sem a költségek nagysága, sem pedig a költségek struktúrája, sem a rendelkezésre álló erőforrások nem teszik lehetővé az átállást.

A murai példánál maradva, a 3. ábrán egy grafikus összefoglalás szemlélteti a hidrogén előnyeit a közúti teherszállításban. A tanulmány azt feltételezi, hogy a jövő járműparkjában a különböző hajtástechnológiák vegyesen szerepelnek majd. A kis futásteljesítményű, könnyű járművek a tisztán akkumulátoros energiaellátású



3. ábra: A hidrogén előnyei a közúti teherszállításban [1]

szállítójárművek lesznek. A nagyobb futásteljesítményű, nehéz járművekhez a rövid tankolási idők szükségessége miatt pedig hidrogén üzemanyaggal működő üzemanyagcellás járművek használata lehet előnyös. Különösen a nehéz teher- és vonatforgalomban hidrogén üzemanyag nagyobbszállítási terhelések érhetőek el [12].

Mivel több olyan cég is található Murau körzetében, különösen a logisztikai és hulladékkezelési területeken, amelyek többnyire nagy terhelhetőségű járművekből állnak, ezeket célszerű lehet hidrogén meghajtásra átváltani. Ennek a lehetőségnek a kihasználását mutatja, hogy a murai vasúti infrastruktúra mellett egy benzinkút is kiépült az egyik közeli városban (Unzmarkt), amely napi 180 kg hidrogén kapacitással, a tervek szerint három személyautót, három kamiont és két buszt tud folyamatosan naponta kiszolgálni.

8. Önkormányzati Projektek: Murau és Schladming (Stájerország, Ausztria)

A "Stájerország nyomja a hidrogénpedált" nevű projekt [13] a másik példa a zöld hidrogén közösségi finanszírozására. Ez a projekt is a zöld energiával előállított (például fotovoltikus rendszerekből származó) villamos energia hidrogén formájában történő tárolásával foglalkozik. A Johann energiacella (amelyet a projektpartner az EEG Energy Elements GmbH (8143 Dobl-Zwaring, Ausztria) fejlesztett ki) az elektromosságot hidrogénné alakítja, nyomás alá helyezi és hidrogéntartályokban tárolja. Amikor elektromos áramra van szükség, a hidrogént üzemanyagcella vagy egy kapcsolt lokális hő- és villamos erőmű (német fordítás Blockheizkraftwerke, rövidítve BHKW vagy CHP) alakítja vissza elektromos energiává. A kapcsolt hő- és villamos erőművek, olyan kis erőművek, amelyek lakókerületeket vagy egyéni házakat látnak el egyidejűleg hővel és villamos energiával. Működésük nagyon egyszerű: amikor tüzelőanyag elégetésével villamos energiát állítanak elő, elsősorban hőt termelnek. Ez közvetlenül használható háztartásokban. Ha ezeket a CHP-eket kapcsolt üzemmódban használják, kiemelkedő hatékonysággal biztosítanak egyidejűleg hőt és villamos energiát is. A Schladming Innovations- und Entwicklungs GmbH (SIE) projektszponzoraként működik Stájerország egész területén. A SIE GmbH feladata felhasználási esettanulmányok kidolgozása, ezek koordinálása és a különböző partnerekkel történő megvalósítása. A projekteket 2016-ban kezdték el, és 2019 óta működnek a Johann különböző rendszerei [14]. Közbevetőleg megjegyzem a névválasztás nem véletlen. A Johann név Stájerországban évszázadok óta az innováció, a korszellem és a gazdasági fejlődés szinonimája. Johann Habsburg nagyherceg volt az a politikai személyiség, aki a 19. század elejétől szisztematikusan támogatta a Stájer nehézipar kialakulását és fejlődését [15]. Az ő nevét viseli a Johanneum Research is, ami a stájer kormány nemzetközileg elismert kutatóintéze [16].

A Murai járásban a régió áramigénye már az év nagy részében teljes egészében kielégíthető a régióból származó megújuló energiákkal. Ahhoz, hogy a

régiót energia-önellátó és fenntartható módon bővíteni és működtetni lehessen, jelenleg 4 GWh villamos energiát kellene szezonálisan tárolni. Az elektrolízishez szükséges villamos áram teljes egészében zöld forrásokból rendelkezésre áll, így nagy mennyiségben termelhető zöld hidrogén. A felesleges villamosenergia-tartalékok tárolására a zöld hidrogén a leghatékonyabb tárolóeszköz. Ez hidrogén gáz formájában, például föld alatti természetes tárolókban vagy tároló tartályokban tárolható. Igény szerint, mint ez Murauban a téli hónapokban várható, üzemanyagcellákon keresztül vagy belső égésű motorok segítségével a tárolt hidrogénből villamos energiát lehet előállítani és újra elérhetővé tenni. Egy 800 kW teljesítményű helyhez kötött üzemanyagcellás rendszer lehetővé tenné, hogy a téli hónapokban 240 tonna hidrogént a szükséges villamos energiává alakítsák át. Ennek akkori költségeit (2021) 1,6 és 2,4 millió euró közé becsülték a tanulmány szerzői. A továbbiakban a zöld hidrogén összekapcsolhatja az energiapiacot a szállítási ágazatokkal és más termelő ipari létesítményekkel. Ezáltal a zöld hidrogénnel a közlekedést és szállítást egy részét dekarbonizálhatjuk, a helyi emissziót nagyban csökkenthetjük.

Végezetül, e tanulmány szerzői is megemlítik, hogy az alábbi konkrét eredmények mellett a projekt általában is hozzájárulhat a Stájer gazdaság fejlődéséhez, újabb piacok eléréséhez és modernebb technológiák elterjedéséhez és a technológiai vezető szerep megtartásához.

9. Összefoglalás

A továbbiakban nagy dilemma, hogy milyen legyen, lehet a globális (pl. távfűtés, földgáz és villamos energia hálózat) és lokális energiaellátási rendszerek (nap, szél vagy vízenergiából nyert zöld energia) optimális aránya az ún. energiamixben. A technológiai és gazdasági szempontok mellett ez egy fontos társadalmi kérdés is, ami előtérbe helyezheti az önszerveződő helyi közösségek szerepét. Az energiátárolásra, valamint környezetkímélő közlekedési és szállítási rendszerek megtervezésére és üzemeltetésére kínál megoldást a hidrogén.

Ennek megvalósítása azonban nemcsak politikai szándék kérdése, és ezek a megoldások nem fognak egy ujjcsettintésre azonnal rendelkezésre állni. A cikkben bemutatott stájerországi projektek elgondolkodtató példákat mutatnak mind a közösségi szervezésre és finanszírozásra, mind pedig kutatóhelyek és innovatív magánvállalkozások bevonására. Ezek a helyi zöld hidrogén projektek megfelelő infrastruktúra és szabályozás mellett összekapcsolhatók például környezetbarát helyközi vasúti személyszállítási megoldások telepítésével. A sok helyen meglévő helyi vasútvonalak, mint pl. a Muravölgye, tálcán kínálják ezt a megoldást. De miért ne lehetne ez pl. a Kőszeg-Szombathely közötti vagy egy határon átnyúló helyközi vasútvonal is a jövőben?

A rendelkezésre álló vasútműszaki megoldások jelentik véleményem szerint a kisebb problémát. Több nagy technológia konszern tervez és gyárt jelenleg – már csak presztízből is – hibrid vagy teljesen hidrogénhajtású vonatrendszereket. Ezek adaptálása a helyi viszonyokhoz

is egy megoldható műszaki probléma. A hidrogén betankolás szervezési és technikai megoldása is szintén problémamentes, különösen a helyi zöld hidrogén termelés esetében. Miután a betankolási idő ezekben az esetekben nem kritikus, kisebb nyomású kutak és lassabb betöltési megoldások is alkalmazhatók. Ez nemcsak a költségeket csökkenti, hanem az egész folyamat biztonságát is növeli. Ha a hidrogén előállítási, és tárolási kapacitásokat sikerül összekötni meglévő nagyipari infrastruktúrával is (vegyipar), akkor akár elegendő zöld hidrogén állhat rendelkezésre nagyobb rendszerek üzemeltetésére is. A megtermelt zöld hidrogén, hidrogén meghajtású vonatokkal eljuttatható a tankolási hálózat további pontjaira is. Ezek a pontok nemcsak a vasúti igényeket, hanem pl. a közúti teherszállítás igényeit is kiszolgálhatják. A kulcskérdés a hálózatok tervezése és a bennük folyó anyag és energiateranszportok aktuális igények szerinti optimalizálása.

Köszönetnyilvánítás

Ez (valamint az előző lapszámában bemutatott [17]) tanulmány a Debreceni Egyetem TKP2020-NKA-04 számú projektjében a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2020-4.1.1-TKP2020 pályázati programfinanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] HyCentA Research GmbH (Außeruniversitäre Forschungsgesellschaft an der TU Graz), Machbarkeitsstudie H2- Region Murau, HyNr, 2020/H2Region_Murau
- [2] Deutsche Bahn honlapja: <https://gruen.deutschebahn.com/de/massnahmen/wasserstoff/h2goesrail> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [3] Siemens honlapja: <https://press.siemens.com/global/en/feature/deutsche-bahn-and-siemens-enter-hydrogen-age> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [4] Siemens Mobility GmbH, Ein starker Zug wird noch einmal stärker, Siemens.com/mireo, 2019
- [5] Holger Dittus, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) Institut für Fahrzeugkonzepte | Pfaffenwaldring 38-40 | 70569 Stuttgart, Wasserstoff in Lok und Triebzug – eine Lösung mit Zukunft?, Vortrag 01.10.2020 Holger.Dittus@dlr.de | www.DLR.de/FK
- [6] FuelCellsWorks honlapja: ÖBB Tests the New Hydrogen Train During its First Ever Passenger Service: <https://fuelcellsworld.com/news/obb-tests-the-new-hydrogen-train-during-its-first-ever-passenger-service/> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [7] Molinari Rail honlapja: Green Hydrogen Train (Zillertalbahn, Austria): <https://www.molinari-rail.com/projects/zillertalbahn-hydrogen-train/> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [8] Rolling Stock honlapja: Siemens Mobility introduced the first Mireo Plus H hydrogen train: <https://rollingstockworld.com/passenger-cars/siemens-mobility-introduced-the-first-mireo-plus-h-hydrogen-train/> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [9] Yan Sun, M. Anwar, N. M. S. Hassan, Maksym Spiryagin and Colin Cole, A review of hydrogen technologies and engineering solutions for railway vehicle design and operations, Railway Engineering Science volume 29, pages 212–232 (2021) <https://link.springer.com/article/10.1007/s40534-021-00257-8>
- [10] Next Mobility honlapja: Wie der Wasserstoff-Transport per Schiene Standard werden soll: <https://www.next-mobility.de/wie-der-wasserstoff-transport-per-schiene-standard-werden-soll-a-954824/> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [11] Regionalverkehr honlapja: https://www.regionalverkehr.de/pages/rv_meld_190628.htm (megtekintve: 2022.10.10.)
- [12] Murau honlap: Machbarkeitsstudie H2-Region Murau: <https://www.energieregionmurau.at/machbarkeitsstudie-h2-region-murau/> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [13] Verbund honlapja: Green Hydrogen Blue Danube: <https://www.verbund.com/en-at/about-verbund/news-press/press-releases/2020/11/17/greenhydrogenbluedanube> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [14] EEG honlap: <https://www.elements-energy.at/#modules> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [15] Wikipedia: Johann von Österreich: https://de.wikipedia.org/wiki/Johann_von_%C3%96sterreich (megtekintve: 2022.10.10.)
- [16] Joanneum Research honlapja: <https://www.joanneum.at/en/> (megtekintve: 2022.10.10.)
- [17] Major Zoltán: Példák Ausztriából zöld hidrogén előállítására napenergiával – “a szomszéd hidrogénje/üzemanyagotlító kútja mindig zöldőbb”, Anyagvizsgálók Lapja, 2022/II. lapszám, pp. 25-31.: https://avilap.hu/view_article.jsp?article=1277