



HIDROGÉNTÉCHNOLÓGIÁVAL ÖSSZEFÜGGŐ KÉPZÉSI PROGRAMOK

- nemzetközi tanulmány -

Készítette:

Hidrogén Munkacsoport

Zöld Mobilitás Igazgatóság

HUMDA Green Üzletág

Budapest, 2023.10.10.

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	3
2.	Nemzetközi kitekintés	5
2.1.	Meghatározó elvek.....	6
2.2.	Trendek a vezető ipari országok hidrogénnel kapcsolatos oktatásában.....	7
3.	Európai kitekintés	20
3.1.	Az EU hidrogénstratégiája.....	20
3.2.	Jelentősebb projektek Európában	21
3.3.	Clean Hydrogen Joint Undertaking (FC-JU), Strategic Research and Innovation Agenda 2021 – 2027 (SIRA).....	24
3.4.	European Skills Agenda (Európai Készségfejlesztési Program)	24
3.5.	Pact for Skills (Készségek Paktuma)	25
3.6.	Recovery and Resilience Facility (Helyreállítási és Ellenállóképességi Terv)	27
3.7.	Green Skills for Hydrogen (Zöld Készségek a Hidrogénhez)	27
3.8.	European Hydrogen Skills Strategy (Európai Hidrogén Készségek Stratégia)	29
3.9.	Hydrogen Academy (Hidrogén Akadémia)	31
4.	Európai trendek a hidrogénteknológia oktatásában	32
4.1.	Néhány kiemelt európai képzési forma	32
4.2.	A jelenlegi képzési kínálat áttekintése és elemzése.....	34
4.3.	A képzések nyelvi megoszlása	38
4.4.	A képzések földrajzi megoszlása.....	38
4.5.	A képzések szakmai fókuszterületei	39
4.6.	A régiós összefogás egy-egy kiemelkedő európai példája	43
4.7.	Mikrotanúsítványok.....	45
5.	Összefoglalás	47
6.	Irodalomjegyzék	50

1. Bevezetés

A hidrogénteknológia egy globális kihívásokkal teli terület, így az országok közötti együttműködés és tapasztalatcserék nagy hangsúlyt kapnak az innováció és fejlődés szempontjából.

A hidrogénteknológiákhoz kapcsolódó, oktatási-képzési fókuszú nemzetközi kitekintés segít megérteni, hogy Magyarország hol helyezkedik el a hidrogénteknológia terén a világ többi részéhez képest. Ez az információ lehetővé teszi meghatározni az erősségeket, gyengeségeket, valamint az esetleges lehetőségeket és kihívásokat, továbbá segít azonosítani azokat a jógyakorlatokat és képzési módszereket, amelyeket más országok sikerrel alkalmaznak.

A hidrogénteknológia terén számos, jellemzően gazdaságilag fejlett ország, illetve gazdasági közösség jelentős előrelépést tett. Érdekes tehát megvizsgálni a felhalmozott tudásanyag megjelenését az oktatásban mind a képzés, mind pedig a KFI tevékenység területén. Ahogy az alábbiakban is látható, a különböző országokban eltérő stratégiák és kutatási irányok léteznek. Ezen ismeretek megfelelő alkalmazása segíthet a hazai oktatási és KFI stratégia fejlesztésekben is.

A nemzetközi kitekintés lehetővé teszi, hogy a nemzetközi oktatási és kutatási kompetenciák értékelése által valóságos képet kapjunk a nemzetközi helyzetről, ezzel is segítve a jövőbeni hazai stratégiák kidolgozását és fejlesztését.

A HUMDA elkötelezett a fenntartható, tiszta mobilitás előmozdítása iránt, melyben a hidrogén ígéretes alternatívája lehet a fosszilis üzemanyagoknak, ugyanakkor az ipari dekarbonizációban is nagy szerepet vállalhat. Az oktatás-képzés kulcsfontosságú szempont a zöld mobilitást és fenntarthatóságot jól értelmező, azért hatékonyan tenni tudó szakemberek képzésében, valamint a hidrogénteknológiában rejlő lehetőségek teljes körű kiaknázásában.

„A széndioxid kibocsátás csökkentését, valamint a hidrogén, mint karbonsemleges új energiaforrás megjelenését célzó javaslatok és programok előkészítése, valamint gazdasági, társadalmi hatásainak vizsgálata és azok modellezése” tárgyú hazai programhoz csatlakozva a HUMDA Magyar Mobilitás-fejlesztési Ügynökség Zrt. a hidrogéntechnológiához kapcsolódó képzési alprojekt vezetőjeként feltérképezi a nemzetközi – elsősorban EU-s – jó gyakorlatokat, melyek segítik azon oktatási-képzési beavatkozási pontok meghatározását, melyek a Nemzeti Hidrogénstratégia megvalósításának támogatása kapcsán jelentkeznek.

2. Nemzetközi kitekintés

A hidrogénstratégiák és hidrogénfejlesztési tervek nemzetközi szinten is számos országban és régióban megjelennek. Az Egyesült Államokban számos hidrogénprojekt és kezdeményezés van folyamatban, amelyek között szerepel a hidrogénüzemű járművek infrastruktúrájának kiépítése, a hidrogén előállításának támogatása megújuló forrásokból, valamint a hidrogéntárolás és -hasznosítás fejlesztése.

Japán hosszú ideje vezető szerepet tölt be a hidrogénipar fejlesztésében és a hidrogénenergia előmozdításában. A japán kormány által elfogadott stratégia célja a hidrogénfelhasználás növelése a közlekedésben, az energiaszektorban és az iparban. Japánban hidrogénüzemű járművek, hidrogéntárolásra és -ellátásra szolgáló infrastruktúra, valamint hidrogénhajtású erőművek is működnek.

Dél-Korea is jelentős figyelmet fordít hidrogéntekológiai fejlesztésekre. Terveik között szerepel a hidrogénfelhasználás bővítése a közlekedésben, az iparban és az energiaszektorban. Az országban hidrogéntöltő állomásokat, tárolást és elosztást támogató infrastruktúrát, valamint hidrogénüzemű járműveket fejlesztenek.

Ausztrália nagyon gazdag megújuló energiaforrások terén, ezért nagy potenciállal rendelkezik megújuló hidrogén előállítására és exportjára. Az ausztrál kormány stratégiájának célja a hidrogénipar fejlesztése és a zöldhidrogén export növelése. Ausztráliában hidrogéntermelő projektek, hidrogénelosztó hálózatok és hidrogénüzemű járművek fejlesztése történik.

Kína hidrogéniparának fejlesztési terve két fő célt határozott meg [12, 13] a teljes hidrogénipar számára 2025-re: a hidrogén üzemanyagcellás járművek 50 ezres célértékét (ezzel együtt hidrogén töltőállomások létesítését), valamint a megújuló hidrogéntermelő kapacitás évi 100-200 ezer tonnára növelését.

2.1. Meghatározó elvek

A döntéshozók sarkalatos elveket határoztak meg a gázpiac és a hidrogén alkalmazás tekintetében, így alapvetően a Kína hidrogéntermelésében a melléktermékek és a megújuló hidrogéné a főszerep:

- **„A termeléshez közeli felhasználás” alapelv:** Kína olyan hidrogéngáz piacot hoz létre, ahol a hidrogén felhasználása a termelési helyek közvetlen közelében lesz. A gázellátás főként ipari melléktermék gázból (visszanyerés) és megújuló hidrogénből származik majd.
- **Diverzifikált gázforrások alapelve:** A hidrogéntermelés diverzifikált tiszta technológiákon alapul – a fosszilis tüzelőanyag alapú szürkehidrogén-termelést korlátozni fogják.
- **„A gáz-mellékterméké a főszerep” alapelv:** Mostantól 2025-ig a leginkább prioritást élvező területek az ipari melléktermékek (kokszkemencékből, klórlúgos termelésből és PDH (propán dehidrogénezési eljárás-projektből) és a megújuló elektrolízis energia-gázba termelése.
- **Fejlett technológiai innováció:** A terv megnyitja az utat a fejlettebb technológiák kipróbálásához is, beleértve a tengervíz elektrolízist, a nukleáris hidrogéntermelést, az SOEC¹ technológián alapuló hidrogéntermelését, a fotokatalízist és a termokatalitikus lebontást.

Az USA stratégiája alapvetően három fő irányvonalat fogalmaz meg annak érdekében, hogy biztosítsa a tiszta hidrogén hatékony dekarbonizációs eszközként való elterjedését az Egyesült Államokban [11]:

- **A tiszta hidrogén célzott stratégiai, nagyvolumenű felhasználása:**
Ez teszi lehetővé, hogy a tiszta hidrogént olyan nagy energiaigényű alkalmazásokban használják fel, ahol korlátozott lehetőségek állnak rendelkezésre az üvegházhatást okozó szén-dioxid –kibocsátás csökkentésére. Kiemelt piacok közé tartoznak az ipari szektor (például vegyipar, acélgyártás és finomítás), a nehéz tehergépjárművek

¹ Solid Oxide Electrolyzer Cell (SOEC) - szilárd oxidos elektrolizáló cella

közlekedése és a hosszútávú energiatárolás. A hosszabb távú célkitűzések között szerepel a tiszta hidrogén vagy hidrogénhordozók exportálása, valamint szövetséges országok energiabiztonságának elősegítése.

- **A tiszta hidrogén előállítási költségeinek csökkentése:**

A 2021-ben elindított "Hydrogen Energy Earthshot" (Hydrogen Shot) kezdeményezés innovációra és méretgazdaságosságra ösztönözve serkenti a magánszektor befektetéseit, elősegíti a hidrogén ellátási lánc fejlődését, ezzel is jelentősen csökkentve a tiszta hidrogén előállítási költségeit. Az erőfeszítések kiemelt figyelmet fordítanak a kritikus anyag- és ellátási lánc gyengeségeire és olyan tervezési módszertant tartanak szem előtt, amely a hatékonyságot, a tartósságot és az újrahasznosítást részesít előnyben. Az infrastruktúrába (tárolás, elosztás) történő befektetésekkel együtt ezek a kezdeményezések nemcsak a tiszta hidrogén előállítási költségeit, hanem a szállítási költségeket is csökkenthetik.

- **A regionális hálózatokra való összpontosítás:**

A Regionális Tiszta Hidrogénközpontokba való befektetés lehetővé teszi a nagyobb mértékű tiszta hidrogéntermelést a stratégiai hidrogénfelhasználók környezetében, ezáltal lehetővé téve az infrastruktúra kritikus tömegének megosztását. Ezen beruházások segítségével növelni lehet a termelés, az elosztás és a tárolás méretét, hogy elősegítsék a piaci fellendülést. Jól megtervezett regionális hálózatok révén olyan lehetőségeket teremthetünk, amelyek elősegítik az esélyegyenlőséget és a fenntarthatóságot. A prioritások között szerepelnek a környezeti hatások csökkentése, a munkahelyek teremtése, a hosszú távú átvételi szerződések biztosítása, valamint a hazai gyártás és a magánszektor befektetéseinek felgyorsítása.

2.2. Trendek a vezető ipari országok hidrogénnel kapcsolatos oktatásában

2.2.1. Amerikai Egyesült Államok

Az Egyesült Államok kormánya és támogatási programokon keresztül annak oktatási intézményei, illetve kutatóintézetei az energiahatékonyság előmozdítására nagy figyelmet

fordítanak, amelynek keretében a hidrogéntechnológia is fontos szerepet játszik. Az egyetemeken a kutatási programok a hallgatóknak lehetőséget nyújtanak, hogy részletesen megismerkedjenek a különböző, ipar számára is nagy relevanciával bíró technológiákkal.

Az Egyesült Államokban a hidrogéntechnológia közvetlenül nem kap nagy hangsúlyt a graduális oktatásban, jellemzően a megújuló energiákkal foglalkozó tantárgyak között tárgyalják. Fontos azonban kiemelni, hogy a kutatási programok révén a hallgatók lehetőséget kapnak arra, hogy megismerkedjenek hidrogéntechnológiával kapcsolatos kutatási feladatokkal, és így mélyebb betekintést nyerjenek az iparág jövőbeni kilátásaiba.

Ezt a trendet tükrözik a vezető felsőoktatási intézmények képzési és kutatási portfóliói is.

- *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*

Az egyetemen a hidrogéntechnológiával önálló tárgy nem foglalkozik, a Sustainable Energy című tantárgy keretén belül foglalkoznak hidrogéntechnológiával. A tárgy keretén belül a hallgatók megismerik a megújuló energiatermelési technológiákat, tanulmányozzák, hogyan alkalmazzák ezeket az egész világon, és értékelik szerepüket a jövő energetikai rendszerében. A technológiák közé tartozik hidrogéntechnológia mellett a napenergia, a szélenergia, a tárolás, az atomenergia, a vízenergia és a bioenergia. [15]

A hidrogén-technológiának a kutatásban azonban komoly vetülete van. Az MIT Hidrogéntechnológiai és Energetikai Központja (HyTEC) világszínvonalú alkalmazott kutatást végez, amelynek célja az ismeretek bővítése, új technológiák fejlesztése, valamint a tudósok és mérnökök következő generációjának képzése a hidrogéntermelés, kriogenika, cseppfolyósítás, tárolás és szállítás területén. [16]

- *University of California at Berkeley*

Az intézményben önállóan, csak hidrogéntechnológiához kapcsolódó tárgyat nem indítanak. Fontos azonban megjegyezni, hogy a tudományos munkába itt is mind a graduális, mind pedig a posztgraduális képzések keretén belül bevonják a hallgatókat, ahol az aktuálisan folyó kutatásokba bedolgozva magukat komoly tudásra tehetnek szert hidrogéntechnológia területén.

A Berkeley Egyetem gépészmérnöki szak **Energy Science and Technology** tanszékén végzett energetikával kapcsolatos kutatómunka a tudomány és a technológia széles skáláját öleli fel. A folyamatban lévő kutatások speciális területei a hidrogénenergetikai rendszerek. A kutatások magukban foglalják egyebek mellett a hidrogén tárolását, szállítását, átalakítását és felhasználását is. Az ezeken a területeken végzett kutatómunka átfogó: a kritikus fontosságú folyamatok és mechanizmusok megértését és modellezését célzó alapkutatástól az új energiatechnológiai koncepciókat alkalmazási szinten feltáró alkalmazott kutatásokig terjednek. [17]

Fontos kiemelni az egyetemhez szorosan kötődő Lawrence Berkeley nemzeti laboratóriumban folyó tevékenységeket is. A Clear Hydrogen projekt keretén belül tiszta hidrogén előállítási, felhasználási és tárolási módszereket vizsgálnak az alapkutatástól az alkalmazott technológiákig bezárólag. Céljuk az igény-vezérelt kutatómunkára alapozva környezetbarát zöld hidrogén előállítása.

Az érintett kutatási területek [18]:

- Hidrogén termelés
- Hidrogén szállítás és tárolás
- Hidrogén hasznosítás
- Szerkezeti és funkcionális anyagok

- *University of California at Los Angeles (UCLA)*

Az intézményben önállóan csak hidrogéntekológiához kapcsolódó tárgyat nem indítanak, de egyéb energetikával foglalkozó tárgyak keretén belül a hidrogén is kitüntetett szerepet kap.

Az UCLA Samueli Green Energy Systems programja a megújuló energia és az energiatárolás terén jeleskedő kiváló oktatóik erősségeire építve jellemzően az alábbi területeket érintik a oktatás illetve kutatás területén [19]:

- Energiatermelés – üzemanyagcellák, napenergia és egyéb megújuló energiaforrások
- Energiatároló rendszerek – akkumulátorok, szuperkondenzátorok és nagyméretű tárolók

- Intelligens hálózati rendszerek és hálózati integráció
- Energia és a környezet

A program integrálja az anyagtudományi, a vegyészeti, a gépészeti, a villamosmérnöki és számítástechnikai tudományok szakértelmét. A program átfogó témája az energetikai és a környezetvédelmi kutatások koordinálása, különös tekintettel a megújuló energiákra.

- *Stanford University*

A Stanford Egyetem elindította a Stanford Energy Hydrogen Initiative kutatási és oktatási programot, melyek célja, hogy dekarbonizációhoz kapcsolódóan meghatározza a hidrogén legsikeresebb felhasználási módjait, valamint finanszírozza a szükséges technológiák, politikák és pénzügyi mechanizmusok fejlesztését. Három Stanford-program

- a Precourt Institute for Energy,
- a Natural Gas Initiative
- a SUNCAT Center for Interface Science & Catalysis

szervezi meg ezt a programot. Több mint 30 oktató vesz részt a munkában, a gépészmérnököktől a közgazdászokig [20].

Az oktatás terén a program támogatja a Hidrogéngazdasági szemináriumot. Ennek a szemináriumnak a népszerűsége, valamint a diákok hidrogén iránti fokozódó általános érdeklődése vezetett a Stanford Hidrogén Klub megalakulásához, szintén a program támogatásával. Az új klub tagjai között vannak a Stanford's Graduate School of Business, School of Engineering és School of Humanities & Sciences hallgatói is.

- *Kaliforniai Állami Egyetem*

A Los Angeles-i Kaliforniai Állami Egyetem partnerséget kötött az Energiaügyi Minisztériummal az egyre nagyobb teret hódító hidrogéntechnológiára alapozó üzemanyagcella ipar, illetve az Egyesült Államok gazdaságának munkaerőfelkészítési és közoktatási igényeinek kielégítésére egy átfogó tanterv-fejlesztési és képzési tevékenység révén. A program feladatait öt pontban fogalmazták meg [21]:

- Kurzusok kidolgozása és lebonyolítása az üzemanyagcellás technológiák, a hidrogén és az alternatív üzemanyagok gyártása, az alternatív és megújuló energiatechnológiák, a zero emissziós hidrogéngazdaság és a fenntartható környezet témakörében.
- Nulla emissziós PEM üzemanyagcellás és hidrogén laboratórium létrehozása, amely támogatja a tananyagot és a végzős hallgatók oktatói és kutatási tapasztalatait.
- Projektek biztosítása felsőbb éves egyetemi hallgatók multidiszciplináris csapatai számára.
- Partnerségek előmozdítása az autóiipari beszállítókkal és az energiaszolgáltatókkal.
- Szinergikus projektek és tevékenységek szervezése és azokban való részvétel.

Láthatjuk tehát, hogy a hidrogéntechnológia önmagában egyelőre nem kap nagy hangsúlyt a graduális oktatásban: önálló tárgyat, egyetemi szakot vagy szakirányt nem indítanak a témakörben, de a kutatómunkára nagy hangsúlyt fektetnek, amelynek keretén belül a bevont hallgatók megismerkedhetnek a kulcs fontosságú technológiákkal.

Ennek okai az alábbiakban keresendők:

- Gazdasági és ipari trendek:

Az oktatási intézmények gyakran igyekeznek igazodni a gazdasági és ipari trendekhez, és az energiaágazatban előtérbe kerülhetnek más megújuló energiaforrások vagy technológiák, amelyeknek nagyobb társadalmi és gazdasági hatása van a jelenlegi időszakban.

- Részleges lefedettség:

Az oktatási intézményeknek korlátozott erőforrásaik lehetnek, és így nem minden potenciális területen tudnak önálló szakot indítani. Az ilyen esetekben a hidrogéntechnológia lehet, hogy része más szakterületeknek, például az energetikai mérnöki vagy környezetvédelmi programoknak.

Fontos megjegyezni, hogy az oktatási prioritások és az egyetemi szakok folyamatosan változhatnak, és az energiatermelés területén a hidrogéntechnológia jelentősége is növekedhet az idő előrehaladtával. A hidrogén, mint energiaforrás és tárolási lehetőség

továbbra is fontos téma a fenntarthatóság és az energiahatékonyság szempontjából, így nem kizárt, hogy később nagyobb hangsúlyt kap az oktatásban.

Az Egyesült Államok kormánya és egyetemei a megújuló energiák és az energiahatékonyság előmozdítására összpontosítanak, és ennek keretében a felsőoktatásban a hidrogéntechológiák is fontos szerepet játszanak.

2.2.2. Kínai Népköztársaság

A Nemzeti Fejlesztési és Reformbizottság, Kína legfőbb gazdasági szabályozó hatósága a Nemzeti Energiaügyi Hatósággal együttműködve megalkotta az ország első közép- és hosszú távú (2021-35) tervét a hidrogénipar minőségi fejlesztésének előmozdítására. A terv szerint Kína 2025-ig mintegy 50 000 hidrogénüzemű járművet kíván beüzemelni, és ezek kiszolgálására hidrogéntöltő hálózatot létrehozni. Addigra az ország 100 - 200 ezer tonna megújuló energiaforrásokból termelt hidrogént kíván előállítani, és évente 2 millió tonnával kívánja a szén-dioxid-kibocsátást csökkenteni. 2030-ra kialakul egy viszonylag teljes hidrogén technológiai innovációs rendszer, beleértve egy tiszta energia alapú hidrogéntermelő és -ellátó rendszert is, amely elősegíti a szén-dioxid kibocsátási célok elérését. 2035-re jelentősen bővül a megújuló energiaforrásokból előállított hidrogén részaránya a végfelhasználásban [22].

Az oktatást Kínában elsősorban az állami közoktatási rendszer irányítja, amely az Oktatási Minisztérium alá tartozik. A tankötelezettség hat év általános iskolai és három év középiskolai tanulmányokat foglal magában, amelyek általában 6 éves korban kezdődnek [23].

Kína építette ki a világ legnagyobb felsőoktatási rendszerét, több mint 40 millió hallgatóval és több mint 2900 felsőoktatási intézménnyel, amely között 600 egyetem van [24].

A felsőoktatás két kategóriába sorolható:

- egyetemek, amelyek négy- vagy ötéves alapképzési diplomát kínálnak tudományos fokozatok megszerzésére,
- főiskolák, amelyek hároméves oklevelet vagy bizonyítványt nyújtanak.

Posztgraduális és doktori programokat csak egyetemek kínálnak. A műszaki egyetemek jelentős része foglalkozik energetikával valamilyen szinten, a tiszta villamosenergia előállítás és energiahatékonyság kiemelt kutatási területnek számít. A lenti táblázat tartalmaz néhány példát arra, hogy mely egyetemek foglalkoznak hidrogénnel.

1. táblázat: Néhány kínai egyetem hidrogénnel kapcsolatos tevékenységei

Egyetem	Hidrogénnel kapcsolatos tevékenységek
Tsinghua Egyetem	Tiszta energia, a hidrogénenergia és a fenntartható fejlődés
Pekingi Egyetem	Fenntartható fejlődés és energetikai kutatások
Huazhong Műszaki Egyetem	A hidrogénenergia tárolási és felhasználási technológiái
Shenzhen University	Megújuló energia, zöld hidrogén előállítás [12]

2.2.3. India

India azt tűzte ki célul, hogy 2047-re energiafüggetlenné váljon, és 2070-re elérje a nettó nulla kibocsátást. Az ország energiaátállásának központi eleme a megújuló energia, köztük a zöld hidrogén felhasználásának növelése minden gazdasági szférában. Az Nemzeti Zöld Hidrogén Missziót [26] 2022. január 4-én hagyták jóvá, amelynek céljai a következők:

- Indiát a zöld hidrogén vezető gyártójává és szállítójává tenni a világon
- A zöld hidrogén exportlehetőségeinek megteremtése
- Az importált fosszilis tüzelőanyagoktól és alapanyagoktól való függés csökkentése
- Hazai gyártási képességek fejlesztése
- Foglalkoztatási és gazdasági fejlődési lehetőségek megteremtése
- K+F projektek támogatása

A Missziótól az alábbi eredményeket várják 2030-ra:

- Évente legalább 5 millió tonna zöld hidrogén termelési kapacitás fejlesztése, ehhez kapcsolódóan mintegy 125 GW megújuló energia kapacitás növelése az országban
- Több mint 6 millió munkahely létrehozása
- A fosszilis tüzelőanyagok importjának csökkenése

- Az üvegházhatású gázok éves kibocsátásának közel 50 millió tonnával történő csökkentése

A hidrogénnel kapcsolatban több szinten zajlik oktatási tevékenység Indiában. A University of Petroleum and Energy Studies (UPES) által támogatott Indian Energy Skill Development Pvt. (IESD) például 4 programot kínál felnőttképzés keretében [27].

1. „Advanced Hydrogen Program”

Ez egy átfogó, 101 napos tanúsítási program, amely szakemberek számára készült, és amelynek célja, hogy a hidrogénről, mint jövőbeli üzemanyagról haladó és funkcionális ismereteket nyújtson. Ez egy online, önálló tanulásra épülő program, amelyet tananyag, oktatóvideó, irányított és szuggesztív olvasmányok támogatnak, valamint interaktív egyéni foglalkozások. Ez a program nemzetközi jelentkezőknek 130 USD-be kerül.

2. „Mastering Blue Hydrogen”

A program olyan ipari szakemberek, vállalkozók és tanácsadók számára készült, akik érdeklődnek a kék hidrogén és a kapcsolódó CCUS (Carbon Capture, Usage and Storage) technológia fejlődésének megértésében. Ez egy 51 napos tanfolyam, amely fő témája a kék hidrogén, a dekarbonizáció, a Net Zero és a CCUS technológiák. A program 5 modulból áll, és 120 USD-be kerül a nemzetközi hallgatóknak.

3. „Hydrogen Storage, Transportation and Distribution”

Ez a program 60 napos, ami elegendő ahhoz, hogy a résztvevő saját tempójában sajátítsa el a tantárgyak ismereteit. A beiratkozott résztvevők a tanfolyam elvégzéséről tanúsítványt kapnak, a tanulás 8 modulra osztott irányított tananyagokon keresztül történik. A tanfolyam ára 120 USD.

4. „Introduction to Hydrogen as a Future Fuel”

Ez az alapfokú program 100%-ban online, amely a hidrogént, mint jövőbeli üzemanyagot mutatja be. Kitér a hidrogénben rejlő lehetőségekre, alkalmazásaira, a hidrogén előállítására, tárolására, szállítására és a hidrogén értékláncára. A hidrogén, mint jövőbeli üzemanyag számos új karrierlehetőséget nyitott meg. A program iskolásoknak (12 éves kortól) és egyetemistáknak szól, 15 napos, 30 USD-ba kerül.

Számos egyetemi szintű oktatási és kutatási tevékenység is zajlik Indiában hidrogéntechnológiai témakörben.

A Central University of Himachal Pradesh (CUHP) például zöld hidrogén kutatólaboratóriumot hozott létre [28], amely jelentős előrelépést jelent számukra a fenntartható energia kutatásában. Megkönnyíti az interdiszciplináris kutatást, az ipari partnerekkel való együttműködést és a jövőbeli szakemberek képzését ezen a területen. A laboratórium tevékenysége a hidrogéntermelés hatékonyságának javítására, a költséghatékony tárolási és szállítási megoldások fejlesztésére, valamint a zöld hidrogén újszerű alkalmazásaira irányul.

2.2.4. Japán

A japán kormány ambiciózus célokat tűzött ki a szén-dioxid-mentes jövő felé, miközben növeli energiabiztonságát [29]. Teljes körű nemzetközi hidrogénellátási lánc létrehozását tervezi annak érdekében, hogy 2030-ra csökkentse a hidrogénelőállítás költségeit, és ösztönözze az ammónia energiatermelésben történő felhasználását alacsony széndioxid kibocsátású tüzelőanyagként. A Japánban folyó úttörő kutatás és fejlesztés célja, beleértve a szállítási technológiákat is, hogy a hidrogén a japán energiarendszer egyik alappillére legyen. A japán hidrogénstratégia főbb pontjai:

- A hidrogén és az ammónia (mint hidrogénszármazék) központi szerepet fog játszani a japán energiarendszer szén-dioxid kibocsátásának csökkentésében
- A japán kormány politikai kezdeményezései a következőkre összpontosítanak:
 - o a hidrogén ellátási lánc fejlesztése (beleértve a tárolást is)
 - o a hidrogén és az ammónia iránti belföldi kereslet bővülése
 - o a hidrogén szállítási költségének lényeges csökkentése.
- Cél a hidrogén szállítási költsége 30 JPY/Nm³, 2030-ra.
- Hidrogén és ammónia az energiatermelés dekarbonizálására:
 - 20%-os ammónia vegyes tüzelés a szénerőművekben 2030-ra
 - 30%-os hidrogén vegyes tüzelés a gázerőművekben 2030-ra.

- A hidrogén/ammónia 2030-ra Japán teljes energiavégfelhasználásának 1%-át teszi ki.
- Jelentős, folyamatban lévő köz- és magánszféra társbefektetése K+F-be és kísérleti projektekbe, különösen a hidrogénszállítási technológiákkal kapcsolatban.
- A „Power to gas” megoldást a megújuló energiaforrások időszakos használatára, valamint a hazai hidrogéntermelés hatékony útjaként képzelték el.
- A szabályozási kereteket felül kell vizsgálni a hidrogén és az ammónia szélesebb körű használatának támogatása érdekében.

2020 októberében döntött arról a japán kormány, hogy 2050-re szén-dioxid semleges társadalmat kíván létrehozni, amelyben a hidrogén és az ammónia kulcsszerepet játszik. Ezzel összhangban 2020 decemberében kiadták a „Green Growth Strategy through Achieving Carbon Neutrality in 2050” [30], amelyet 2021 júniusában frissítettek. Ez a stratégia 14 növekedési irányt határoz meg a japán gazdaság számára, beleértve a hidrogént és az ammóniát is, és konkrét nemzeti jövőképet és célokat mutat be.

A „Green Growth Strategy” a következő fő célokat tűzte ki:

- az éves hidrogénfelhasználást 2030-ra évi 3 millió tonnára, 2050-re pedig évi 20 millió tonnára növelni
- a hidrogén 1000 km-re vetített szállítási költségének csökkentése 30 JPY/Nm³-re 2030-ra és 20 JPY/Nm³-re 2050-re – összhangban az alapstratégiával és a stratégiai ütemtervvel, valamint a fosszilis tüzelőanyagokkal (2050-re) versenyképes szinten
- rövidtávon (2030-ig) egyes széntüzelésű erőművekben vegyes tüzelés (20% ammónia és 80% szén) bevezetése, hosszú távon (2050-ig) pedig a technológiák fejlődésének elősegítése

Az utóbbi időben a japán felsőoktatás is kiemelten foglalkozik hidrogéntechnológiákkal. Kyushu University például létrehozott egy „Hidrogén kutatási és oktatási központot” az egyetemen a hidrogénenergia és a tiszta energia alkalmazásának népszerűsítésére. Az egyetemnek az alábbi hidrogéntechnológiához kapcsolódó központjai vannak [31]:

- International Research Center for Hydrogen Energy
- Research Center for Hydrogen Industrial Use and Storage
- Next-Generation Fuel Cell Research Center

A „University of Yamanashi”-n található a „Hydrogen and Fuel Cell Nanomaterials Center”, ahol több kutatás folyik ebben a témában, mint például (i) az üzemanyagcellák felhasználásának drámai bővítésének lehetővé tétele érdekében innovatív anyagtechnológiai fejlesztés, (ii) a nagy hatékonyságú energiatermelés, (iii) új polimer elektrolit membrán koncepció és kerámia hordozó technológiai koncepcióval rendelkező katalizátor, (iv) továbbá különböző hazai projektek támogatásával nem nemesfém katalizátorok és anioncserélő típusú elektrolit anyagok kutatása és fejlesztése, nagy hatékonyságú és rendkívül tartós anioncserélő típusú üzemanyagcellák és elektrolizálók megvalósítása érdekében. [32]

A „Tohoku University” keretén belül működő „Institute for Materials Research” intézet rendelkezik „Hydrogen Functional Materials Research” laborral, ahol a fő téma a nagy sűrűségű hidrogéntároló anyagok fejlesztése üzemanyagcellás alkalmazásokhoz, a lítium/nátrium gyorsionos vezetők az akkumulátorokhoz és a szupravezető anyagok. Az elsődleges cél új hidrogéntároló anyagok kifejlesztése autóiipari alkalmazásokhoz.

2.2.5. Koreai Köztársaság

Dél-Korea a gazdasági növekedés és az ipari versenyképesség érdekében törekszik hidrogéngazdasága kiépítésére, az éghajlatváltozással kapcsolatos globális célkitűzések nem jelentenek prioritást ebben a kérdésben. Dél-Korea úgy látja, hogy a hidrogénszektor mintegy 43 milliárd dollár értékű gazdasági növekedés potenciális motorja és a technológia 420 000 új munkahelyet fog teremteni. Határozott célokat tűztek ki a hidrogén felhasználás terén, amelyeket 2040-ig szeretnének elérni. [33] A fogyasztás tekintetében a jelenlegi 130.000 tonnáról évi 5,26 millió tonnára kívánják bővíteni a piacot. A közlekedési szektorban a dél-koreai New Deal (amelyet 2020-ban jelentettek be) közel 3 millió hidrogén üzemű gépjárműre (FCEV) tűzi ki célt 2040-re, beleértve a 2,9 millió hazai gyártású személyautót, 30 000 üzemanyagcellás teherautót és 40 000 üzemanyagcellás buszt.

Dél-Korea 2040-re vonatkozó elképzelése magában foglalja a hidrogéntöltő állomások számának bővítését is. A Hidrogénenergia-hálózatot (HyNet) 2019-ben hozták létre 119

millió dolláros kezdeti beruházással, 2040-re pedig 15 gigawattnyi közüzemi méretű üzemanyagcella telepítését is tervezi.

A dél-koreai New Deal a hidrogént tette a szén-dioxid mentesítésben az egyik központi pillérre, amely a világjárvány okozta gazdasági lassulásból történő kilábalást is segíti. A kormány elképzelését a kulcsfontosságú dél-koreai ipari érdekelt felek támogatják, köztük olyan autógyártók, mint a Hyundai Motors Group, amelyek saját, 2030-ra vonatkozó FCEV-vízióját 6,7 milliárd dolláros beruházási tervek kísérik.

A Koreai Köztársaság céljai a következők:

1. Hidrogén üzemanyagcellás járművek szektor – hidrogénüzemű járművek használata 2040-re:
 - 6,2 millió hidrogén üzemanyagcellás elektromos jármű szállítása, ebből 3,3 millió export / 2,9 millió belföldi kereslet
 - 2,75 millió személygépkocsi – belföldi kereslet
 - 80 000 taxi – belföldi kereslet
 - 40.000 busz -belföldi kereslet
 - 30 000 teherautó – belföldi kereslet
 - 1200 hidrogén-töltőállomás
2. Üzemanyagcella szektor:
 - Hidrogénes üzemanyagcellák gyártása energiatermeléshez, 2040-re e kívánják érni a 15 GW összteljesítményt (ebből 7 GW exportra).
 - Kombinált ~2 GW üzemanyagcellás kapacitás otthonok és épületek számára

2022 novemberében a médiában megjelent hírek szerint, a kormány új politikákat és célokat jelentett be a hidrogénipar fejlesztésének támogatására. [34] A bejelentett intézkedések a következők:

- fejlett technológiák biztosítása 600 hidrogénközpontú vállalat támogatásához 2030-ig,
- 30 000 hidrogénüzemű haszongépjármű gyártása 2030-ig,
- 70 folyékony hidrogén üzemanyagtöltő állomás építése 2030-ig,
- a tiszta hidrogén 2036-ra az ország energiamixének 7,1%-át teszi ki évi 40 000 tonna termelésére képes cseppfolyósított hidrogén üzem létrehozását tervezi,

- a folyékony ammónia logisztikai csomópontjainak tervei az ország nyugati részén,
- nagyvárosokat összekötő útvonalak mentén hidrogénszállító csővezetékek létesítése,
- ellátási csatornák létrehozását tervezik Délkelet-Ázsiában és a Közel-Keleten, együttműködésben állami vállalatokkal és a magánszektorral, hogy hozzáférjenek a tengerentúli hidrogéntermeléshez.

2023 januárjában a dél-koreai kormány mintegy 193 millió USD finanszírozást jelentett be hat „hidrogénváros” támogatására országszerte, ezek: Pyeongtaek, Namyangju, Dangjin, Boryeong, Gwangyang és Pohang.

2023 májusában Dél-Korea üzleti megállapodást írt alá 14 vállalattal és 12 helyi önkormányzattal, hogy 2026-ig 2000 hidrogénüzemű buszt helyeznek forgalomba. A megállapodás értelmében a kormány gondoskodik a politikai és pénzügyi intézkedésekről, segítséget nyújt az autóbuszok beszerzéséhez és a hidrogéntöltő hálózat bővítéséhez.

3. Európai kitekintés

3.1. Az EU hidrogénstratégiája

Az EU ambiciózus hidrogénstratégiája a hidrogén alapú gazdaság kialakítását célozza meg Európában a fenntartható jövő érdekében, alacsony széndioxid kibocsátású technológiák kutatásával és bevezetésével.

A stratégia főbb pontjai:

1. **Hidrogén előállításának növelése megújuló energiaforrásokból.** Az EU célja, hogy 2030-ig legalább 6 gigawatt (GW) elektrolizáló kapacitást telepítsenek Európában, melyek zöld hidrogént termelnek megújuló energiaforrásokból.
2. **Hidrogén infrastruktúra kiépítése.** Az EU támogatja a hidrogén infrastruktúra kiépítését, beleértve a hidrogéntöltőállomások, hidrogénszállító rendszerek és tárolók fejlesztését. Az infrastruktúra kiépítése lehetővé teszi a hidrogén széleskörű használatát a közlekedésben, az iparban és az energiaellátásban.
3. **Hidrogén hasznosítása a közlekedésben.** Hidrogén hajtású járművek, pl. személygépkocsik, autóbuszok, teherautók és vonatok fejlesztését és kereskedelmét. A hidrogén hajtású járművek segítenek csökkenteni a közlekedési szektor kibocsátását és hozzájárulnak a tisztább közlekedéshez.
4. **Hidrogén hasznosítása az iparban.** A hidrogén használatát ösztönzik az ipari folyamatokban, például az acél- és vegyiparban. A hidrogén lehetővé teszi a széndioxid-kibocsátás csökkentését és a fenntarthatóbb gyártási módszerek alkalmazását.
5. **Hidrogénexport és nemzetközi együttműködés.** Az EU tervezi a hidrogénexport növelését, hogy hozzájáruljon más országok tiszta energiavállalásához. Emellett az EU fontosnak tartja a nemzetközi együttműködést és partnerségeket a hidrogénteknológia fejlesztésében és terjesztésében. A különböző európai országok természeti adottságai sokban eltérnek, a megújuló energiában gazdag

országok zöld hidrogén előállítási képességeire támaszkodva nemzetközi kereskedelem keretében a többi ország is csökkenteni tudja a széndioxid kibocsátását.

3.2. Jelentősebb projektek Európában

Az Európai Bizottság **REPowerEU** elnevezésű terve az Oroszország ukrajnai inváziója által okozott nehézségekre és globális energiapiaci zavarokra adott válasz, amelynek keretében meg kívánják szüntetni az EU függőségét az orosz fosszilis energiától, valamint újabb lépéseket kívánnak tenni a klímaváltozás kezelésére. A REPowerEU-terv intézkedései segítik az energiatakarékosságot, az energiaellátás diverzifikálását és a fosszilis tüzelőanyagok kiváltását az otthonokban, az iparban és az energiatermelésben.

Energiatakarékossági intézkedések

Az energiamegtakarítás a leggyorsabb és legolcsóbb módja a jelenlegi energiaválság kezelésének. Az EU javasolja a hosszú távú energiahatékonysági intézkedések fokozását, beleértve a kötelező energiahatékonysági cél 9%-ról 13%-ra történő emelését az európai zöld megállapodásról (European Green Deal) szóló jogszabálycsomag **„Fit for 55”** keretében. A Bizottság közzétett egy közleményt is, amely részletezi a rövid távú magatartási változásokat, amelyek szerint 5%-kal csökkenthető a gáz- és olajkereslet, továbbá arra ösztönzi a tagállamokat, hogy indítsanak konkrét, a háztartásokat és az ipart megcélzó kommunikációs kampányokat. Emellett rendkívüli intézkedéseket határoznak meg a súlyos ellátási zavarok esetére.

Energiaellátás diverzifikálása

Az EU nemzetközi partnerek bevonásával kiemelten kezeli az ellátás diverzifikálását. Az újonnan létrehozott uniós energiaplatform, amelyet regionális munkacsoportok támogatnak, lehetővé teszi a gáz, LNG és hidrogén önkéntes közös vásárlását a kereslet összevonása, az infrastruktúra-használat optimalizálása és a szállítók felé irányuló kapcsolat koordinálása révén. Az EU fontolóra veszi egy „közös beszerzési mechanizmus” kidolgozását, amely a

részt vevő tagállamok nevében tárgyal és szerződik a gázvásárlásokról, ami magában foglalja a megújuló hidrogén közös beszerzését is.

Fosszilis tüzelőanyagok kiváltása

A megújuló energia jelentős mértékű növelése elősegíti energiafüggetlenségünket, lendületet ad a zöld átállásnak, és idővel csökkenti az energiaárakat is. A „Fit for 55” csomag keretében 40%-ról 45%-ra emelik a megújuló energiaforrásokra vonatkozó 2030-as kiemelt célt. Ennek a kiemelt célnak a megfogalmazása más kezdeményezések keretét is megteremteni, többek között:

- Egy célzott uniós napenergia-stratégia a napelemek kapacitásának megduplázására 2025-ig, és 600 GW üzembe helyezésére 2030-ig.
- Solar Rooftop Initiative, amely fokozatosan bevezeti a jogi kötelezettséget napelemek új középületekre és kereskedelmi épületekre, valamint új lakóépületekre történő felszerelésére.
- A nagy megújuló projektek lassú és összetett engedélyezési problémáinak megoldása, valamint a megújuló energiáról szóló irányelv célzott módosítása a megújuló energia elsődleges közérdekként történő elismerése érdekében.

Az EU 2030-ig 10 millió tonna hazai megújuló hidrogéntermelést és 10 millió tonnányi importot tűzött ki célul a földgáz, a szén és az olaj kiváltására a nehezen dekarbonizálható iparágakban és közlekedési ágazatokban. A hidrogénpiac felgyorsítása érdekében a társjogalkotóknak meg kell állapodniuk az egyes ágazatokra vonatkozó megnövelt részcélokról. A Bizottság két felhatalmazáson alapuló jogi aktust is közzétesz a megújuló hidrogén meghatározásáról és előállításáról annak biztosítása érdekében, hogy a termelés nettó szén-dioxid-mentesítéshez vezessen. A hidrogénprojektek felgyorsítása érdekében további 200 millió eurós finanszírozást különítettek el kutatásra, és az EU vállalja, hogy nyárra befejezi az első fontos közös európai érdekű projektek értékelését.

Európa tagországaiban számos jelentős projekt zajlik hidrogéntekológia területén, amelyek a hidrogén előállításának, alkalmazásának, tárolásának és infrastruktúrájának kutatásával, fejlesztésével foglalkozik. Az alábbiakban néhány példa a jelentősebb hidrogénprojektekre Európában:

1. H2FUTURE (Ausztria):

A H2FUTURE projekt célja a hidrogén előállításának és felhasználásának demonstrálása az acélgyártásban. A projekt keretében hidrogént állítanak elő megújuló energiaforrásokból és felhasználják az acélgyártási folyamatokhoz, ezáltal csökkentve az üvegházhatású gázok kibocsátását.

2. HyDeal Ambition (Franciaország, Spanyolország, Portugália):

A HyDeal Ambition projekt egy ambiciózus kezdeményezés, amelynek célja a megújuló hidrogén nagy mennyiségű termelése és szállítása Európában. A projekt résztvevői létrehozna egy hidrogén alapú gazdasági ökoszisztémát, amely megújuló energiaforrásokat használ, és a hidrogént széles körben felhasználja energiatároláshoz, közlekedéshez és ipari alkalmazásokhoz.

3. HyResponder (Európai Unió kezdeményezés):

A HyResponder projekt célja a hidrogénüzemű járművekhez kapcsolódó biztonsági protokollok és eljárások kidolgozása. A projekt a hidrogénüzemű járművekkel foglalkozó szakemberek képzését és a hidrogéntöltő állomások biztonságának javítását tűzte ki célul.

4. H2SHIPS (Dánia):

A H2SHIPS projekt célja hidrogénüzemű hajók fejlesztése és tesztelése. A projekt keretében hidrogénüzemű hajókat építenek és helyeznek üzembe annak érdekében, hogy a hajózásban is teszteljék a tiszta hidrogén alkalmazhatóságát.

5. H2BER (Németország):

A berlini repülőtérén található demonstrációs projekt célja, hogy a szélenergia felhasználásával „zöld” hidrogént állítson elő elektrolizáló segítségével, majd tároló használatával hidrogén erőművet és hidrogéntöltő állomás infrastruktúrát hozzon létre hidrogénüzemű buszok és autók számára.

6. NorthH2 (Hollandia, Németország, Belgium):

A NorthH2 az egyik legambiciózusabb európai hidrogénprojekt, amely az egyik legnagyobb szabású zöld hidrogén gyártásra törekszik. Az Északi-tenger partján fekvő Hollandiából, Németországból és Belgiumból származó tengeri szélenergiát használnak az elektrolízis folyamatához. A projekt Eneco, RWE, Equinor és Shell konzorciumban valósul meg.

3.3. Clean Hydrogen Joint Undertaking (FC-JU), Strategic Research and Innovation Agenda 2021 – 2027 (SIRA)

A Clean Hydrogen JU3 elnevezésű dokumentum az EU 2021–2027 közötti stratégiai kutatási és innovációs menetrendjét (SRIA) képviseli. Lefedi a Horizon Europe program időtartamát, és meghatározza a kulcsfontosságú prioritásokat, valamint a közös vállalatok célkitűzéseinek eléréséhez szükséges alapvető technológiákat és innovációkat.

Az elmúlt néhány évben az európai hidrogénipar nagyot haladt előre, és jelenleg készen áll a következő lépés megtételére. Ez jelentős gazdasági növekedést tesz lehetővé elsősorban Európában, megtartva a magas hozzáadott értékű munkahelyeket, és létrehozza az uniós vállalatok ellátási láncait új, hidrogén- és üzemanyagcellás technológián alapuló termékcsaládok köré.

2017-ben a Hidrogén Council előrejelezte, hogy a hidrogénágazat 2050-ig több mint 30 millió ember számára biztosíthat munkát világszerte. Ezenkívül a Hydrogen Roadmap Europe elemzése 2050-re Európában 5,4 millió munkahely megteremtését jelezte előre.

3.4. European Skills Agenda (Európai Készségfejlesztési Program)

Az ambíciózus európai és nemzetközi - hidrogéntekológiához kapcsolódó - fejlesztési terveknek köszönhetően a következő három tendencia várható:

- igény a szakképzett munkaerőre;
- hatás a már meglévő állásokra, valamint
- új álláslehetőségek létrejötte.

Ezzel párhuzamosan az EU a szakképzés terén jelentős lépéseket tesz. A készségeket a szakpolitikai menetrend középpontjába helyezi, az emberekbe és készségeikbe való befektetést a koronavírus-járványból történő fenntartható kilábalás érdekében irányítja. Az EU 2020 júliusában bemutatta az Európai Készségfejlesztési Programot (European Skills Agenda) a fenntartható versenyképesség és társadalmi méltányosság megvalósulása érdekében.

A European Skills Agenda egy ötéves terv, amelynek célja, hogy az egyének és a vállalkozások minél több és jobb hasznosítható készséget fejlesszenek ki. A cél tehát a

- a fenntartható versenyképesség megerősítése, az európai zöld megállapodásban foglaltak szerint (European Green Deal);
- a társadalmi méltányosság biztosítása, a szociális jogok európai pillérének első elvét megvalósítva: az oktatáshoz, a képzéshez és az egész életen át tartó tanuláshoz való hozzáférés mindenki számára, az EU egész területén;
- a válságokra való reagálóképesség kiépítése a COVID-19 világjárvány során levont tanulságok alapján.

3.5. Pact for Skills (Készségek Paktuma)

A menetrend első kiemelt intézkedéseiként az Európai Bizottság 2020 novemberében hívta életre a készségek paktumát (Pact for Skills), hogy támogassa a tisztességes kilábalást, teljesítse a zöld és digitális átállást, valamint az EU ipari és kkv-stratégiáinak ambícióit. Ezért a nagyobb számú, versenyképes munkahely megteremtése érdekében a képzett munkaerő képzése kulcsfontosságú ahhoz, hogy sikeres legyen a feltörekvő európai ipar bővítése, mely magában foglalja a leépülő iparágakban a jelenlegi munkaerő továbbképzését vagy átképzését is.

Célok:

Ennek a fókuszterületnek kettős célja van: (i) a versenyképes hidrogénpiachoz szükséges jól és magasan képzett munkaerő felkészítése, megőrizve a meglévő szaktudást és know-how-t, miközben (ii) növeli a hidrogéntechológiákkal kapcsolatos tudatosságot és társadalmi elfogadottságot. Ennek érdekében a konkrét célok ezen a területen a következők:

1. oktatási és képzési anyagok, valamint képzési programok kidolgozása hidrogénnel és üzemanyagcellákkal foglalkozó szakemberek számára,
2. a közvélemény tudatosságának és bizalmának növelése a hidrogéntechológiák, valamint ezen rendszerek előnyei iránt.

Az oktatásra vonatkozó stratégia egyrészt a már megszólított célcsoportok számára rendelkezésre álló oktatási és képzési anyagok frissítésére összpontosít, másrészt az új, eddig nem érintett célcsoportok számára létrehozandó új oktatási és képzési anyagok kidolgozására. Különösen a képzési programokat kell gondosan megtervezni olyan új szempontokat is beépítve, mint például a rendszermodellezés.

A cselekvési program számos kutatást és innovációt, valamint koordinációt és támogatást hajt végre.

K+F prioritások – kutatási tevékenységek a program korai szakaszában:

- Innovatív oktatás továbbfejlesztése a legújabb IT-technológiák felhasználásával és az érintettek képzési folyamataiban való megvalósítása a gyerekektől a diákokon át a tanárokig (pl. digitális modellek, laboratóriumok, rövid távú tanfolyamok).

K+F prioritások – demonstrációs tevékenységek:

- Integrációs szempontok a társadalomtudományokkal, valamint az oktatás és a közvélemény bizalmának fejlesztése, beleértve adott esetben a humán tudományok hozzájárulását is.
- Virtuális európai egyetem fejlesztése és telepítése hidrogén- és üzemanyagcellás oktatási célokkal, szolgáltatások és konkrét események létrehozása (pl. nyári/téli képzések).

Koordinációs és támogató intézkedések:

- Tananyagok készítése és terjesztése az oktatáshoz és képzéshez minden szinten, különböző nyelveken.
- Képzési programok kidolgozása fiatal szakemberek számára a hidrogén és az üzemanyagcella területén, a képzési és oktatási rendezvényeket is beleértve a különböző érdekelt felek számára.

3.6. Recovery and Resilience Facility (Helyreállítási és Ellenállóképességi Terv)

A Recovery and Resilience Facility (RRF) az EU központi tervének, a NextGenerationEU-nak egy ideiglenes eszköze, melynek célja, hogy az EU erősebben és rugalmasabban kerüljön ki a jelenlegi válságból. Az eszköz révén a Bizottság a tőkepiacokon történő hitelfelvétel révén szerez forrásokat, melyek aztán a tagállamok rendelkezésére állnak, hogy ambiciózus reformokat és beruházásokat hajtsanak végre, többek között azért, hogy gazdaságukat és társadalmukat fenntarthatóbbá, ellenállóbbá és felkészültebbé tegyék a zöld és digitális átmenetre.

3.7. Green Skills for Hydrogen (Zöld Készségek a Hidrogénhez)

A fentiekhez kapcsolódóan érdemes kiemelni egy jelenleg már futó EU-s hidrogénoktatási projektet, a „Green Skills for Hydrogen”-t. A kezdeményezés a diákok és a munkaerő szakképzésének és átképzésének felgyorsításával Európa-szerte hozzájárul az uniós célok eléréséhez. A GreenSkillsforH2 egy ERASMUS+ projekt, amelyet a Karlsruhe Institute of Technology vezet, és összesen 34 projektpartnere van az EU 15 tagországából. A GreenSkillsforH2 projekt egyebek mellett 2023 őszére dolgozta ki az ún. **Hydrogen Skills Strategy**-t, valamint ezen kívül továbbképzési és átképzési lehetőségeket, VET programokat („vocational educational training”) fog nyújtani a jövőben.

A partnerek hat munkacsomagot (WP) hoztak létre, melyek közösen fogják át a projekt teljes időtartama alatt elvégzendő különböző tevékenységeket és feladatokat. A GreenSkillsforH2 emellett a hidrogénoktatás terén is igyekszik partnerséget teremteni az ipar és az oktatási szféra között.

Az európai hidrogén értéklánc gyors fejlődésével a Green Skills for Hydrogen azt prognosztizálja, hogy a hidrogéntechológiai szektor az EU-ban 2030-ra 1 millió magasan képzett munkaerő számára kínál munkahelyet, ami 2050-ra 5,4 millióra emelkedik.

Érdemes és igen tanulságos rávilágítani a Green Skills for Hydrogen 2022 decemberében végzett kutatására **Foglalkozási profilok és szükséges készségek** címmel (Occupational profiles and the Skills Needs). A 'Készségelemzés, szükségletelemzés és készségstratégia'

munkacsoport céljául tűzte ki a foglalkozási profilok és a hidrogéntechológiához szükséges készségek meghatározását európai szinten, valamint hogy erre vonatkozóan egy készségfejlesztési stratégiát dolgozzon ki.

A kutatás hangsúlya kifejezetten a nagyon keresett, valamint fejlett műszaki és mérnöki, iparágban keresett szerepkörökre esett. Ehhez az ESCO foglalkozások osztályozását használták, mely az európai készségek, kompetenciák és foglalkozások többnyelvű osztályozásán alapul (European Skills, Competences and Occupations). A speciális interjú kampányba az európai hidrogén szektor iparági képviselőit (stakeholder-ek) vonták be: iparági cégeket, nemzeti hidrogén szövetségeket, hidrogén-klasztereket és akademikusokat. Az ESCO osztályozás tíz fő csoportot határoz meg a nemzetközi sztenderdet követve (ISCO – International Standard Classification of Occupations), melyből a hidrogén szektor számára **a menedzser, szakértő, technikus, szerelő és kapcsolódó szakmák, üzem- és gépkezelők, valamint összeszerelő** pozíciók emelkednek ki.

A cégekkel történt személyes interjúk alapján meghatározott kulcsfontosságú képzési területek:

- A kockázat és biztonság kezelése; a hidrogén projektek biztonsági és kockázatkezelési szempontjai állnak az első helyen a szakemberek felkészültsége szempontjából.
- Második helyen a 'hidrogénnel összefüggő speciális technikai szakértelem', a 'hidrogén projektek és termékek design szempontjai' és a 'projektfejlesztés és menedzsment' kérdései emelkednek ki.
- Fontosság szempontjából harmadik helyen a 'hidrogénpiac és az értéklánc megértése' és a 'specializáció a zöld hidrogén értéklánc egyes aspektusai' készségek állnak.

A visszajelzések alapján a hidrogéntechológiai tevékenységüket fejlesztő vállalatok általában nehezen találhatnak olyan szakembereket, akik rendelkeznek hidrogénes ismeretekkel és tapasztalattal. Mérnökök és technikusok iránt nagy a kereslet. Speciális hidrogénszakértelem jelenleg ritkaságszámba megy az EU munkaerőpiacán, így a mérnökök iránti keresletet a mérnöki oklevéllel vagy műszaki egyetemen szerzett mesterdiplomával elégítik ki - hidrogén szakirányú végzettség nélkül. A cégek esetében a munkahelyi képzés

(on-the-job training), a csapaton belüli közös tapasztalatszerzés és a belső tudásfelhalmozás jellemző. Az iparági szereplők számára hidrogénszakértelem szempontjából a műszaki és biztonsági szempontok emelkednek ki a szakképzett munkaerő iránti keresletben.

3.8. European Hydrogen Skills Strategy (Európai Hidrogén Készségek Stratégia)

A hidrogéntechológiai szektor térnyerése miatt az EU-ban 2030-ra prognosztizált 1 millió magasan képzett munkaerő oktatási szükségleteinek meghatározásához az iparág szükségleteit kell kiindulási pontként megismerni. A stratégia előrevetíti az elkövetkező években tapasztalható egyre növekvő nyomást a munkaerőpiacon. Az EU-ban megvalósított Green Skills for Hydrogen projekt a szektor legjelentősebb képviselőivel dolgozott együtt az igények pontos feltérképezése céljából.

Ahogy már említettük, az iparág képviselői körében végzett Green Skills for Hydrogen felmérés azzal az eredménnyel zárult, hogy elsősorban műszaki területen jelentkezik munkaerő iránti igény. Olyan **mérnökök és technikusok** iránt nagy a kereslet, akik tisztában vannak a kémiai folyamatokkal, az egészségügyi és biztonsági előírásokkal, és megvannak a megfelelő iparági tapasztalatai, kiegészítve nagyfeszültségű villamosipari ismeretekkel. Emellett érdemes hangsúlyozni, hogy a tiszta energiaágazatok (nap- és szélenergia) fejlődése is fokozta a villamosenergia-rendszerekben jártas szakemberekért folyó versenyt.

Szintén kihívást jelent **projektmenedzsereket** toborozni a projektvezetésre a kezdetektől a kivitelezés végéig, hiszen ebben az ebben a pozícióban dolgozóknak széleskörű tapasztalattal és szakértelemmel kell rendelkezniük a hidrogénnel kapcsolatos kockázatok kezelése terén.

Továbbá a **közsférán** belül is jelentős hiány tapasztalható a hidrogénnel kapcsolatos ismeretekben és tapasztalatokban, s ez a hidrogén-techológiai projektek jóváhagyása és engedélyezése terén akadályozza, sőt késlelteti a hidrogéntechológiai projektek időben történő kivitelezését és az infrastruktúra kialakítását.

A képzési programok elérhetőségét és formáját szintén tárgyalja a jelentés. A felmérésből kiderült, hogy a **munkahelyi tanulás** és a külső szolgáltatók által szervezett rövid **tanfolyamok** nagyon jellemzőek a vállalatok hidrogéntechnológiával kapcsolatos képzési gyakorlatában. Az elmúlt időszakban emelkedett a hidrogénre és az üzemanyagcellákra specializálódott programok száma az **alapképzésben**, de ez hangsúlyosan **mesterszinten** a jellemző. (A képzéstípusokra vonatkozó részletes elemzést lásd a 4.2 pontban)

Üzemanyagcellákkal és hidrogénnel kapcsolatos modulok (FCH) egyre gyakrabban jelennek meg a szakok között, kiemelve azok interdiszciplináris jellegét. A rövid szakismereti programok viszont hiányoznak az alapképzések képzési kínálatából. Felsőfokú, nem műszaki jellegű, döntéshozóknak szóló képzések könnyen elérhetőek. Személyre szabott képzések, tréningek indítása már bevett gyakorlatnak számít a hidrogénágazatban, viszont a képzési szolgáltatók kapacitása az ilyen jellegű képzések megvalósítására már korlátozottnak mondható.

Tartalom tekintetében a szakismeretek megszerzésekor alapvető fontosságú a biztonság és a valós életben elérhető infrastruktúrákhoz való hozzáférést jelentő gyakorlati képzés. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy Európában országról országra változó az alap- és mesterképzésekhez, valamint a hidrogéntechnológiai képzési programokhoz való hozzáférés lehetősége.

A stratégia hat lépést ajánl megfontolásra a hatékony képzés, továbbképzés és átképzés tekintetében:

- moduláris képzési programok indítása,
- online hidrogén közösség létrehozása,
- képzési sztenderdek azonosítása,
- a hidrogén mobilitásbeli szerepének előtérbe helyezése az oktatásban,
- a folyamatos szakmai fejlődéshez, továbbképzéshez való hozzáférés biztosítása,
- a hidrogén szektor vonzerejének támogatása, felemelése.

3.9. Hydrogen Academy (Hidrogén Akadémia)

Az EU Clean Hydrogen Joint Undertaking 2023. évi hidrogéntechnológiai pályázati lehetőségei között jelent meg nemrégiben a European Hydrogen Academy című pályázati kiírás, amely a tervek szerint az eddigi legnagyobb, hidrogén és hidrogéntechnológiai oktatási témájú projekt. Átfogó célja, hogy a jövőben folyamatos (digitális) hozzáférést biztosítson magas színvonalú oktatási anyagokhoz, képzési programokhoz, valamint magas szintű készségfejlesztést biztosítson az érdeklődők számára a hidrogén és a hidrogéntechnológiák területén.

Külön érdekessége és erőssége a European Hydrogen Academy pályázati kiírásnak, hogy a győztes pályázótól (konzorciumtól) elvárja a megvalósítás során azt is, hogy a „learning through action” („megvalósításon keresztüli tanulás”) képzési modell is érvényesüljön. E mögött az rejlik, hogy a tanfolyamok résztvevőit fel szeretnék készíteni az ipari ágazatokban felmerülő valós kihívásokra.

4. Európai trendek a hidrogéntechnológia oktatásában

A hidrogéntechnológia interdiszciplináris terület, amely olyan különböző tudományágakat foglal magában, mint például a mérnöki, a környezeti és a kémia tudományok. Az európai hidrogéntechnológia oktatása terén számos képzés elérhető, minden képzési szintet lefedve. Az európai egyetemek és intézmények egyre inkább interdiszciplináris képzéseket kínálnak, amelyek célja a hallgatók széleskörű ismeretekkel való felvértezése a hidrogénenergetika terén. Az oktatás során a hallgatók számára lehetőséget biztosítanak valós laboratóriumi munkára és gyakorlati tapasztalatok megszerzésére is. Ez magában foglalhatja hidrogénüzemű járművek tesztelését, üzemanyagcellák telepítését, hidrogéntermelő rendszerek tervezését, üzemeltetését is.

Az ilyen gyakorlati tapasztalatok kiemelt fontosságot kapnak a hidrogéntechnológia megértésében, alkalmazásában és kutatásában. Egyre nagyobb hangsúlyt helyeznek a hallgatók részvételére kutatási projektekben, valamint együttműködések kialakítására ipari partnerekkel vagy más intézményekkel. Ez lehetőséget ad a hallgatóknak arra, hogy valós problémák megoldásán dolgozzanak és együttműködjenek a szakma képviselőivel. Az online oktatás és tanulás bevezetése számos európai egyetemen és intézményben lehetővé teszi a hidrogéntechnológia részben online formában történt oktatását, így a hallgatók rugalmasabban tudnak tanulni és részt venni a hidrogéntechnológiai képzésekben, ugyanakkor fontos ismét hangsúlyozni, hogy a gyakorlati képzés kiemelt jelentőségű a hidrogéntechnológiák terén.

4.1. Néhány kiemelt európai képzési forma

Az 1. táblázatban gyűjtöttünk össze néhány jelentős hidrogéntechnológiával foglalkozó, már meglévő képzést.

2. táblázat: Néhány kiemelt, hidrogénnel kapcsolatos képzési forma az EU-ból

Ország	Egyetem	Képzés témakörei	Képzési forma
Hollandia	University of Groningen	- üzemanyagcellák - elektrolizálók - energetikai modellezés	MSc 2 év
Hollandia	TU Delft	- hidrogén előállítás - nagyvolumenű hidrogén tárolás - hidrogén a légi- és víziközelekedésben	BSc, MSc, részképzés
Anglia	University of Birmingham	- üzemanyagcellák - elektrolizálók - hidrogénbiztonság	1 éves képzés
Anglia	Newcastle University	- üzemanyagcellák - elektrolizálók - elektromos hálózat optimalizáció	1 éves képzés
Anglia	University of Nottingham	- üzemanyagcellák - elektrolizálók - hidrogénbiztonság	PhD program
Németország	Technische Hochschule Ingolstadt	- hidrogéntárolás - elektrolizálók - hidrogéngazdaság	MSc 3 félév
Norvégia	University of Oslo	- hidrogéntárolás - elektrolizálók - hidrogénrendszerek termodinamikája	1 féléves részképzés
Dánia	Aalborg University	- üzemanyagcellák - elektrolizálók - hidrogén járműhajtás	2 éves képzés
Spanyolország	Universitat Rovira I Virgili Fundació Urv	- hidrogén végfelhasználás - hidrogén tárolás - hidrogén előállítás	18 hónapos képzés
Olaszország	Politecnico di Torino	- hidrogéntárolás - elektrolizálók - hidrogénnel kapcsolatos kémia	4 féléves specializáció
Ausztria	TU Graz	- Center of Hydrogen Research	PhD
Szlovénia	Maribor	- Hydrogen Center	PhD

A fenti táblázatban is jól látható, hogy a hidrogéntechnológia a felsőoktatásban is növekvő szerepet kap.

A téma iránti érdeklődés alapvetően négy fő területre fókuszál:

- elektrolizálók, tüzelőanyagcellák,
- hidrogéntárolás,
- közlekedési célú felhasználás,
- hidrogénbiztonság.

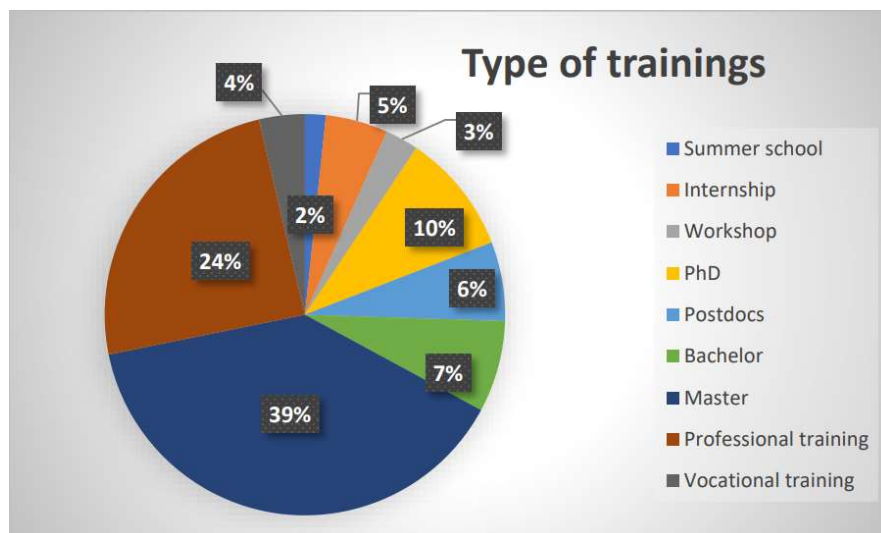
A fókuszpontok egybevágóan a nemzetközi iparági igényekkel és tendenciákkal, ami a felsőoktatás alapvetően pozitív reakcióját igazolja.

4.2. A jelenlegi képzési kínálat áttekintése és elemzése

A következőkben bemutatásra kerülő adatokat, eredményeket az EU-szintű „FCH Observatory” Projekt „Education & Training” modulja mutatja be. **Clean Hydrogen Joint Undertaking (2022): Fuel Cell and Hydrogen Observatory** (Chapter 6) - 2022 Education & Training. Jelenleg ez tekinthető a leginkább fókuszált és átfogó jellegű felmérésnek hidrogéntechnológiai oktatás szempontjából EU-szinten:

Az adatgyűjtés 2022. január-március között történt online kérdőíves kutatás formájában, így meglehetősen friss állapotot tudunk bemutatni. Mivel a projekt során éves adatfelvétel történik, és a projekt 2021-ben indult, így immáron két év adatai („idősora”) prezentálhatók. Ez valódi tendenciát még nem tükröz, de hasznos látni az éves változásokat is.

Az FCH Observatory jelenlegi képzési adatbázisában mindösszesen 299 hidrogénnel kapcsolatos képzés található meg, a következő ábrán látható megoszlás szerint.



1. ábra: hidrogénnel kapcsolatos képzések megoszlása (forrás: FCH Observatory, 2022)

Mesterképzés (Master programmes)

Az Observatory Projekt által feltérképezett képzési kategóriák alakulását vizsgálva észrevehető, hogy a mesterképzés kategória igen meghatározó (33%), és egyre nagyobb arányban képviselteti magát, tehát ez a meghatározó képzési forma.

Ez többféleképpen is értelmezhető:

- a portált főleg egyetemi tanárok, kutatók és diákok használják, akik a képzések feltüntetését, megjelenítését fontosnak tartják. A portál angol nyelvű és az adatfelviteli kontakt lista is kutatókat, egyetemi tanárokat tartalmaz;

és/vagy

- a jelenlegi hidrogénszektorban a képzések kínálata valóban inkább a magasabb, azaz egyetemi szintekre összpontosít: formális iskolai oktatásra és hosszabb tanulmányokra, szemben a szakképzéssel (4%, 11 bejegyzés).

A felmérésben szereplő mesterszakok többnyire mérnöki képzések. A hidrogénismereteket kínáló mesterszakok sokfélesége mutatja a hidrogén ágazatközi („horizontális”) jellegét és a benne rejlő lehetőségeket számos területen. Ha megnézzük az egyik spanyol egyetem által

benyújtott adatokat, azt láthatjuk, hogy a képzések az alábbi, tradicionális mérnöki szakterületekre összpontosítanak: energia (általános, tengeri, megújuló energiaforrások), közlekedési rendszerek (tengeri és óceáni, repülési, autóiipari), környezetvédelmi tanulmányok, ipari mérnöki vagy építőmérnöki szakok. A mesterszakok a hidrogén témáját eltérő mértékben dolgozzák fel: a skála a dedikált hidrogénes kurzusoktól a meglévő kurzusokba illesztett hidrogénes részismeretekig terjed.

A fenti megállapításból is következik, hogy jelenleg még vita folyik az oktatók körében annak meghatározásáról, hogy a hidrogénes és ehhez kapcsolódó hidrogéntechnológiai ismereteket külön programban (képzésben) kellene meghirdetni, vagy sokkal inkább a meglévő képzésekbe kellene integrálni a megfelelő hidrogéntechnológiai ismeretanyagot. A mai napig csak néhány mesterképzés foglalkozik kizárólag az üzemanyag-cellákkal és a hidrogénnel: a jelenlegi „térképen” 12 „dedikáltan” hidrogénes képzési program szerepel (Egyesült Királyság, Franciaország, Spanyolország, Dánia, Hollandia, a Cseh Köztársaság és hamarosan Németország).

Szakmai képzések (Professional Trainings):

Az 1. ábra szerinti képzési arányokat tekintve - a szakmai képzések részaránya némileg csökkent (a 2021-es 26%-ról 24%-ra csökkent 2022-ben), de a feltérképezett szakmai képzések száma nőtt (47-ről 73-ra – lásd a 2. ábrán). E képzések térképen való megjelenítése nem mindig a legmegfelelőbb, mivel egy részük online történik, vagy vállalati helyszínekre „kihelyezetten”.

A szokásos célközönséget továbbra is a mérnökök és a technikusok teszik ki. Néhány szakmai képzés szélesebb célközönséget szólít meg, pl. az értékesítési terület képviselőit vagy a hatóságok szakembereit. A szakmai képzések zöménél viszont nem ez a helyzet; a többség erősen műszaki jellegű képzést takar.

Szakképzés (Vocational trainings)

A szakképzés területe hat új képzéssel bővült, kettő pedig megszűnt a felmérés eddigi időszakában. A tanulmány itt önkritikusan megemlíti, hogy az alkalmazott kérdőívnek korlátai vannak ezen képzési forma felmérésében. E terület vizsgálatára egy célzott, részletesebb európai felmérés lenne ideális.

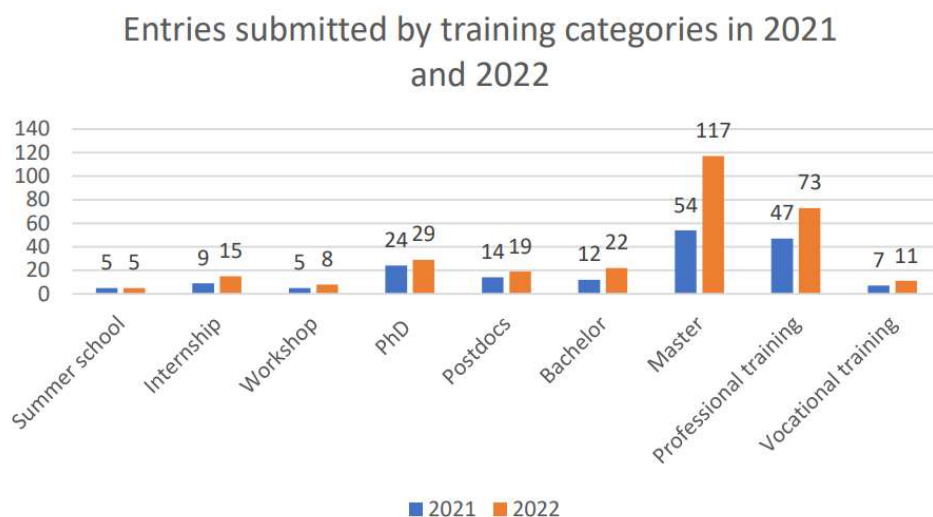
Bachelor, PhD, posztdoktori és gyakornoki képzések

Az alapképzés (BSc) kategóriái folyamatosan bővülnek, 2022-ben 10 új regisztrált képzés jött létre. A PhD-k, posztdoktori és gyakornoki képzések kategóriája mintegy 16 bejegyzéssel bővült. A hidrogénnel és az üzemanyag-cellákkal foglalkozó doktori iskolák jelenléte érdekes és értékes adat a hidrogéntechológiák terén valóban aktív egyetemek és laboratóriumok kiszűrésére, azonosítására.

Nyári egyetemek és műhelyek (Summer schools and workshops)

Új szereplőként (+3) néhány műhely (Workshop) is bekerült a programba. Új nyári egyetem hidrogén témában nem jelentkezett, de a már meglévők megmaradtak.

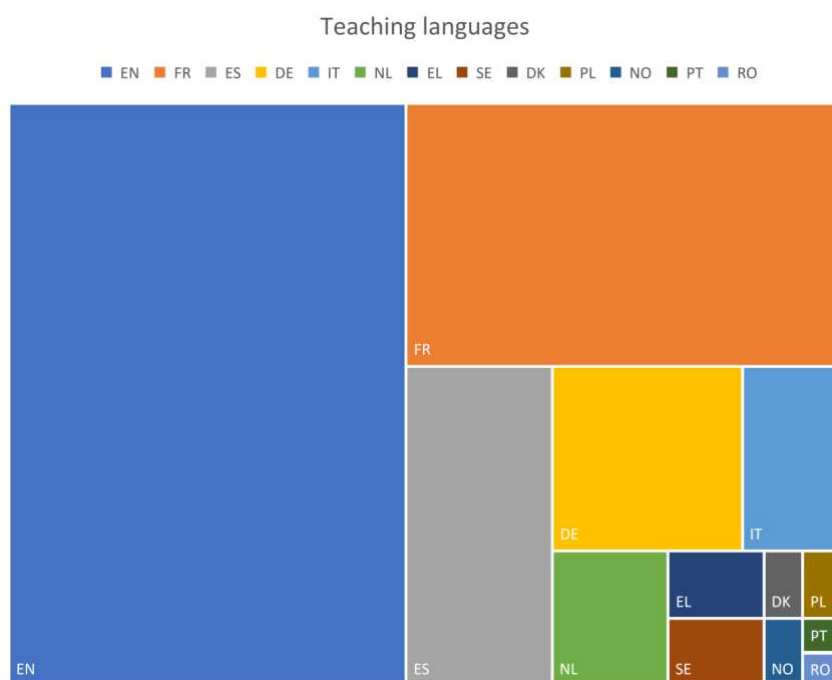
Ahogy már említettük, 2022-ben már a második éves felmérés zajlott, mely alapján – és a következő ábrán szemlélítve – az egyetemi mester képzéseknél volt tapasztalható a legnagyobb növekmény; ez esetben 54-ről 117-re ugrott a bejelentett képzések száma egyetlen év alatt, ami kb. 210%-os növekedés jelent. A második legnépszerűbb képzési formában, a szakmai képzések számában is viszonylag nagyot (~54%) nőtt a képzések száma.



2. ábra: A hidrogénnel kapcsolatos képzések megoszlása 2021 és 2022 évben (forrás: FCH Observatory, 2022)

4.3. A képzések nyelvi megoszlása

Érdekes adat a felmért képzések nyelvének megoszlása, melyet a következő ábra szemléltet. Míg az angol nyelvű képzések aránya dominál (60%-kal), az oktatás programok közel harmada francia nyelven zajlik, majd a spanyol (12%-kal) következik. Érdekes, és némileg rácsáfol az előzetes várakozásainkra, hogy a német nyelvű képzések aránya „csak” 9%.



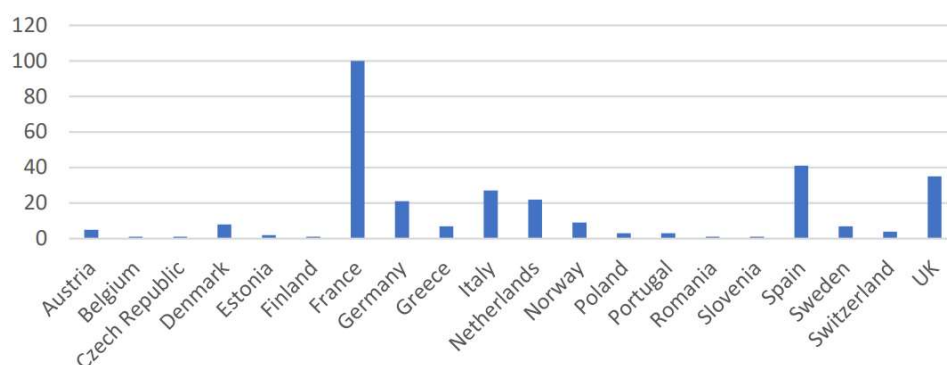
3. ábra: A hidrogénnel kapcsolatos képzések nyelvi megoszlása 2022-ben (forrás: FCH Observatory, 2022)

A képzések háromnegyede egy nyelven zajlik, míg a többi kétnyelvű oktatás. Ez utóbbi esetben az egyik nyelv a helyi ország nyelve, a másik jellemzően ismét csak az angol. Nem gyakori, de előfordul, hogy az oktatás nem a helyi ország nyelvén, hanem angolul történik (pl. Erasmus Mundus Masters képzés során).

4.4. A képzések földrajzi megoszlása

A földrajzi megoszlást illetően egyértelműen kijelenthető, hogy a hidrogéntechológiai képzések domináns része jelenleg Nyugat-Európában zajlik. Itt Franciaország vezet (~33%), őt követi Spanyolország (14%), majd Nagy-Britannia (12%). Némely bizonytalanság, illetve

torzítás a kérdőív módszertani korlátaiból adódóan itt is felléphet, de a bevezetőben említett fő tendencián ez nem változtat (pl. a 2021-es felmérés még 18 országra terjedt ki, majd a 2022-es felmérésben új országgént jelent meg Szlovénia és Románia.)



4. ábra: A hidrogénnel kapcsolatos képzések földrajzi megoszlása 2022-ben (forrás: FCH Observatory, 2022)

4.5. A képzések szakmai fókuszterületei

Az FCH Observatory Projekt „Education & Training” modulja egy előre kidolgozott fókuszterületi lista alapján végezte az európai hidrogéntechnológiai képzések felmérését, hogy rávilágítson a képzések szakterületére. A következőkben ezt a fókuszterületi listát ismertetjük. Ugyanezt az EU-s módszertant alkalmazta a HUMDA is 2023 májusi magyarországi iparági és oktatási felmérésében. Ennek nem mellékes előnye az, hogy ha idővel Magyarország is bekapcsolódik az EU-szintű felmérésbe, akkor a többi tagországgal összevethető eredmény jön létre.

A képzésekre irányuló felmérés során a válaszadókat kérték, jelöljék meg az általuk megvalósított hidrogéntechnológiai képzés(ek) fókuszterületét. A megjelölhető fókuszterületek száma nem volt korlátozva (az ún. checkbox-os megoldást alkalmazták).

- a) **Elektrokémiai alapok:** elektromos áram hatására végbemenő kémiai reakciók ismeretanyaga,
- b) **Hidrogén előállítás:** a hidrogén előállítási módszertan ismeretei (elektrolízis, elgázosítás, termokatalitikus eljárások stb.)

-
- c) **Hidrogén tárolás:** e kategóriába tartoznak a hidrogén tárolása mellett a szállítási és elosztással kapcsolatos ismeretek is (pl. felszín alatti - geológiai - tárolás, csővezetékes szállítás, közúti tréleres szállítás stb.)
 - d) **Hidrogén végfelhasználás a közlekedésben:** a tiszta hidrogén felhasználása üzemanyag-cellás vagy belső égésű motoros járművekben, valamint hidrogénszármazékok (pl. szintetikus üzemanyagok) használatához kapcsolódó ismeretek. Itt minden közlekedési végfelhasználási mód szóba jöhet: közúti járművek, hajózás, repülés, vasút, anyagmozgatás stb.
 - e) **Hidrogén végfelhasználás az iparban:** ez a hidrogén alkalmazásával összefüggő ismeretanyag különböző ipari szektorokban (pl. acélgyártás, vegyipar, műtrágyagyártás stb.)
 - f) **Hidrogén végfelhasználás az épületekben/épületenergetikában:** ide tartoznak a hidrogénnel üzemelő villany és/vagy hő (kogeneráció, CHP) vagy hűtési energiát termelő technológiákkal kapcsolatos ismeretek (pl. háztartási tüzelőanyag-cellák/TC- μ CHP berendezések, „hydrogen-ready” kazánok stb.)
 - g) **Hidrogén végfelhasználás az energetikában:** ide tartoznak az ipari léptékű energiatermelési technológiákkal kapcsolatos ismeretek. Az energiatermelés történhet hidrogén alapon és egyes hidrogénszármazékokkal (pl. ammónia, földgáz és/vagy ezek hidrogénnel alkotott keverékeivel), tüzelőanyag-cellás, gázturbinás vagy esetleges egyéb technológiákkal,
 - h) **Hidrogénnel kapcsolatos jogszabályok, szabványok, eljárások:** hidrogénnel és hidrogén-technológiákkal kapcsolatos jogszabályok, szabványok, eljárási útmutatók ismeretanyaga,
 - i) **Hidrogénbiztonság:** ide tartozik a hidrogén előállításával, tárolásával, kezelésével, végfelhasználásával kapcsolatos biztonságtechnikai ismeretanyag (mind gáz halmazállapotú, mind folyékony hidrogén esetére),
 - j) **Életciklus-elemzés alapú szemlélet, a hidrogén társadalmi vonatkozásai:** ide tartoznak a hidrogén, illetve hidrogéntechológiák környezetvédelmi, újrahasznosítási, eco-design ismeretei, illetve egyéb kapcsolódó környezetvédelmi és fenntarthatósági ismeretek,

- k) **Techno-ökonómiai értékelések:** ide tartozik a technológiai és gazdasági szempontú értékelések ismeretanyaga, illetve ezek „átfedő”, horizontális jellegű kérdései,
- l) **Általános jellegű hidrogén ismeretek:** olyan általános jellegű, általában technikai részletekbe nem mélyülő ismeretek, amelyek az általános megértést, a szektor áttekintését szolgálják.

Az Observatory Projekt „*Education & Training*” moduljának adatbázisa is a fenti szakmai fókuszterületek szerint kereshető. A következő táblázat ugyanezen fókuszterületi felosztás szerint mutatja be, hogy a felmérésben azonosított és vizsgált képzések milyen arányban fókuszáltak egy-egy szakterületre. A táblázat ez esetben is tartalmazza a 2021-es és 2022-es arányokat, bár egyelőre fenntartással kezelendő, mivel rövid idősor áll rendelkezésre. Nem túl meglepő, hogy eddig mindkét évben a **hidrogén előállításával** kapcsolatos ismeretanyag vezet, azaz e témakör található meg legmagasabb arányban a vizsgált képzések fókuszterületei közt; majd ezt kis lemaradással követi a **hidrogén kezelése, tárolása, elosztása**. Majd szinte holtversenyben következik a **közlekedési célú végfelhasználási ismeretek** témája.

Training Focus	Percentage of training indicating the focus category - 2022	Percentage of training indicating the focus category - 2021
Basic Electrochemistry	57%	51%
H2 Production	67%	64%
H2 Storage, Transport and Distribution	64%	57%
H2 End-uses: energy, power generation	55%	56%
H2 End-uses: industry	37%	38%
H2 End-uses: transports	64%	62%
H2 End-uses: buildings	31%	33%
Safety	43%	45%
Regulations, Codes, Standards	22%	19%
Life Cycle and Social Assessment, eco-design, recycling	26%	29%
Technical-economic evaluation	29%	32%

5. ábra: A hidrogénes képzések fókuszterületei (forrás: FCH Observatory, 2022)

Önmagukban a fókuszterületek összehasonlítása után érdemes áttekinteni, hogy e fókuszterületek a szakmai képzések és a mesterképzések között hogyan jelennek meg, ha

megpróbáljuk megérteni a fókuszterületek és képzési szintek között rejlő „dinamikát”. A mesterképzések és a szakmai képzések összehasonlítása rávilágíthat néhány kulcsfontosságú megállapításra, mivel az egyik célja a hallgatók képzése, akik nem feltétlenül szereznek munkatapasztalatot a további elhelyezkedéshez, míg a másik a már foglalkoztatottak képzéséről szól. Mindkét kategóriában magas a bejegyzések száma, ami lehetővé teszi az összehasonlítást.

Training Focus	Percentage of professional training courses indicating the focus category	Percentage of Master programmes indicating the focus category
Basic Electrochemistry	48%	71%
H2 Production	62%	71%
H2 Storage, Transport and Distribution	62%	73%
H2 End-uses: energy, power generation	55%	56%
H2 End-uses: industry	41%	28%
H2 End-uses: transports	68%	67%
H2 End-uses: buildings	40%	29%
Safety	55%	34%
Regulations, Codes, Standards	41%	18%
Life Cycle and Social Assessment, eco-design, recycling	12%	19%
Technical-economic evaluation	27%	24%

6. ábra: A képzési fókuszterületek megoszlása a szakmai tréningek és mesterképzések között összehasonlító jelleggel (forrás: FCH Observatory, 2022)

Az előző táblázatban kék színnel a szakmai képzések és a mesterképzések között kevesebb mint 20%-os eltérésű tématerületek találhatók. Ezek azok a fókuszterületek, amelyeket az ipar és az egyetemi szektor nagyjából azonos fontosságúnak tart, illetve nagyjából azonos „intenzitással” oktat. A narancssárga színnel kiemelt témák esetében pedig a több mint 20%-os az eltérés a két szféra között.

Ez azt jelzi, hogy a fókusz relevanciája képzési típusonként eltérő. Az elektrokémiai alapképzések esetében ez azzal magyarázható, hogy a képzések többnyire hosszabbak és általában meghatározott életkorban zajlanak. A képzés célcsoportja vagy ismeri az elektrokémiát, vagy egyáltalán nem ismeri; utóbbi esetben viszont a gyakran csak néhány napos szakmai képzés nem biztos, hogy elegendő ahhoz, hogy felzárkózzon a terület ismereteihez. A mesterképzésben ez a fókusz inkább elterjedt (71%). Ez a megállapítás azt

mutatja, hogy a tudományos alapok megismerése - a munkavállalók képzése, illetve átképzése - felnőttként kevésbé valószínű.

A „hidrogénbiztonság” és a "jogszabályok, eljárások, szabványok" témakörében a helyzet az előzőekhez képest fordított. E témákat inkább a szakmai képzéseken, mintsem a mesterképzéseken tárgyalják. A magyarázat az, hogy e fókuszterületek ismeretanyagának alkalmazása történik munkahelyen. A biztonság kérdése különösen fontos azon munkavállalók számára, akik a munkájuk során hidrogénnel dolgoznak, miközben annak idején (azaz pl. a korábbi mesterképzésük során) még nem kaptak ilyen irányú képzést.

4.6. A régiós összefogás egy-egy kiemelkedő európai példája

Két összefogást szeretnénk kiemelni, melyek határokon átívelő kezdeményezéssel és iparági bázissal jöttek létre a régiókban.

4.6.1. Mester képzés egyetemi összefogással

Példamutató kezdeményezést jelent a Hidrogén rendszerek és alaptermotechnológiák mester képzés útnak indítása az EU-ban öt egyetem és öt – a hidrogénteknológia területén piacvezető - cég együttműködésével. Ez az első mester képzés, mely a teljes hidrogén értékláncot lefedi. A képzésben résztvevő egyetemek:

- Torinói Műszaki Egyetem (Olaszország);
- Milanoi Műszaki Egyetem (Olaszország);
- Norvég Tudományos és Technológiai Egyetem (NTNU, Trondheim);
- Katalán Műszaki Egyetem (Spanyolország) és az
- Eindhoveni Technológiai Egyetem (Hollandia).

A mester képzéshez csatlakozó EU-s cégek:

- SNAM (IT),
- REPSOL (ES),
- SHELL (NL) and

- SINTEF (NO) és a
- SAFETEC (NO).

A kétéves nappali képzés során 120 kreditet kell elérni. A mester képzés nyelve az angol. Az első és második szemesztert a milánói és torinoi egyetemeken teljesítik a hallgatók, a harmadik szemeszterben specializálódhatnak a katalán, a norvég és a holland egyetem által kínált területekre, míg a negyedik félév során a hallgatók szakmai gyakorlatot teljesítenek és a szakdolgozatukat állítják össze kutatási projekt vagy ipari bázis alapon.

Az egyetemek és iparági képviselők törekvéseinek összehangolása kiemelkedő példája annak, hogy a szükségletekre és az iparági igényekre alapozva indítsanak útjára képzést.

4.6.2. Hydrogen Center

A H2GreenTECH egy határokon átívelő projekt - Szlovénia és Ausztria együttműködésével - a kutatási és innovációs kapacitások megerősítésére a fejlett hidrogén technológiák terén. A maribori székhelyű Hydrogen Center vállalkozások, kutatóintézetek és a felsőoktatás közötti szinergiák kialakítását célozza. Az együttműködő intézmények:

- a ljubljana-i Nemzeti Kémiai Intézet,
- a Grazi Műszaki Egyetem és a
- villach-i Karintiai Alkalmazott Tudományok Egyeteme.

A Hydrogen Center „egyablakos ügyintézési pontként” könnyű hozzáférést biztosít az érdeklődők számára kompetencia fejlesztési céllal, világos stratégiával és cselekvési tervvel 2025-ig. A központ küldetésének tekinti a határokon átnyúló kapcsolatok építését és az alacsony szén-dioxid-kibocsátású technológiák alkalmazását egy határokon átívelő térkép (roadmap) felvázolásával, ami a kutatóintézetek, cégek és a közigazgatás együttműködésével jön létre.

4.7. Mikrotanúsítványok

Az Európai Unió Tanácsa 2022. június 16-án ajánlást fogadott el az egész életen át tartó tanulást és a foglalkoztathatóságot célzó mikrotanúsítványokra vonatkozó európai megközelítésről. Az ajánlás célja, hogy támogassa a mikrotanúsítványok kidolgozását, bevezetését és elismerését intézményeken, vállalkozásokon, ágazatokon és határokon átívelően.

Mikrotanúsítványt **kis volumenű tanulási egységek** (pl. rövid tanfolyam vagy képzés) elvégzését követően kapják a képzésben részt vevők. Ezen dokumentum igazolja a megszerzett **tanulási eredményeket**, melyek felmérése és értékelése átlátható és világosan meghatározott kritériumok mentén történik. A mikrotanúsítványok megszerzéséhez vezető tanulási eredmények célja, hogy a tanulókat olyan speciális ismeretekkel, készségekkel és kompetenciákkal ruházzák fel, amelyek megfelelnek a társadalmi, a személyes, a kulturális és/vagy a munkaerőpiaci igényeknek.

A mikrotanúsítványok a **képzésben részt vevők tulajdonát** képezik, **megoszthatók és hordozhatók**, lehetnek **önállóak vagy nagyobb tanúsítványokká vonhatók össze**. Kiadásukat az adott ágazatban vagy tevékenységi területen elfogadott szabványokon alapuló **minőségbiztosítás** támogatja. A mikrotanúsítvány kötelező jelleggel tartalmazza: a tanuló azonosítását; a mikrotanúsítvány megnevezését; a kibocsátó országot)/régiót; az odaítélő szervet; a kibocsátás dátumát; tanulási eredményeket; a tanulási eredmények eléréséhez szükséges feltételezett munkaterhelést (lehetőség szerint az európai kreditátviteli és -gyűjtési rendszer (ECTS) szerinti kreditekben); adott esetben a mikrotanúsítvány megszerzéséhez vezető tanulási tapasztalat szintjét (és adott esetben ciklusa) (európai képesítési keretrendszer – EKKR, az európai felsőoktatási térség képesítési keretrendszere – QF EHEA); a felmérés típusa; a tanulási tevékenységben való részvétel formája; az alkalmazott minőségbiztosítási eljárások, mechanizmusok.

A zöld és digitális átálláshoz az embereknek továbbképzésre, átképzésre van szükségük. A mikrotanúsítványok jelentősége abban áll, hogy rugalmasabb, tanuló központú oktatási és képzési formát kínálnak az embereknek. A kialakításukra és kiadásukra európai elvek nem

kötelező, hanem segítő jellegűek a tanúsítvány kiállítói számára. Az elvek egyetemesek, és adott esetben bármely területen vagy ágazatban alkalmazhatók.

A mikrotanúsítványban rejlő lehetőségeket azonban csak akkor lehet teljes mértékben kiaknázni, ha közös szabványok garantálják az általa igazolt képzések minőségét, átláthatóságát, az országok közötti összehasonlíthatóságát, elismertetését és hordozhatóságát.

5. Összefoglalás

Mivel a hidrogéntechnológia egy globális kihívásokkal teli terület, az országok közötti tapasztalatcsere és kitekintés nagy hangsúlyt kap a fejlődés és innováció szempontjából. A hidrogéntechnológiához kapcsolódó, képzési fókuszú nemzetközi kitekintés alapján válnak világossá mindazok az erősségek, gyengeségek, lehetőségek és kihívások, melyek a magyarországi képzési rendszert jellemzik.

A nemzetközi kitekintés során sikerült beazonosítanunk azokat a jógyakorlatokat és képzési módszereket, melyeket más országok sikerrel alkalmaznak. A megismert – elsősorban EU-s – jó gyakorlatok segítenek meghatározni azokat az oktatási-képzési beavatkozási pontokat, melyek a Nemzeti Hidrogénstratégia megvalósítása kapcsán jelentkeznek.

Ahogy azt a tanulmányban részletesen ismertettük, a különböző országokban eltérő stratégiák, más-más kutatási irányok a jellemzőek. A hidrogénstratégiák és hidrogéntechnológiai fejlesztések számos gazdaságilag fejlett ország gazdaságfejlesztési, energiagazdálkodási tervében, programjában szerepelnek.

Az európai hidrogén értéklánc gyors fejlődésével a Green Skills for Hydrogen prognózisa szerint a hidrogéntechnológiai szektor az EU-ban 2030-ra 1 millió magasan képzett munkaerő számára kínál munkahelyet, ami 2050-ra 5,4 millióra emelkedik. Speciális hidrogénszakértelem jelenleg nehezen elérhető az EU munkaerőpiacán; nagy a kereslet a mérnökök és technikusok iránt. A hidrogén szektor számára a menedzser, szakértő, technikus, szerelő és kapcsolódó szakmák, üzem- és gépkezelő, valamint összeszerelő pozíciók emelkednek ki.

Európában országról országra változó az alap- és mesterképzésekhez, valamint a hidrogéntechnológiai képzési programokhoz való hozzáférés lehetősége. Tartalom tekintetében a szakismeretek megszerzésekor alapvető fontosságú a biztonság és a gyakorlati képzés.

Az európai hidrogéntechnológia oktatása terén számos képzés elérhető, s ezek minden képzési szintet lefednek. Az európai egyetemek és intézmények egyre inkább interdiszciplináris képzéseket kínálnak, amelyek célja a hallgatók széleskörű ismeretekkel való felvértezése a hidrogénenergetika terén. Az oktatás során a hallgatók számára lehetőséget biztosítanak valós laboratóriumi munkára és gyakorlati tapasztalatok megszerzésére is.

A hidrogéntechnológia iránti érdeklődés alapvetően négy területre fókuszál:

- elektrolizálók, tüzelőanyagcellák,
- hidrogéntárolás,
- közlekedési célú felhasználás,
- hidrogénbiztonság.

A fókuszpontok egybeesnek a nemzetközi iparági igényekkel és tendenciákkal, ami a felsőoktatás pozitív reakcióját igazolja. Nem túl meglepő tehát, hogy az ismertett felmérésben

- a **hidrogén előállításával** kapcsolatos ismeretanyag vezet, azaz e téma szerepelt a legmagasabb arányban a vizsgált képzések fókuszterületei közt; majd
- ezt kis lemaradással követte a **hidrogén kezelése, tárolása, elosztása,**
- végül szinte holtversenyben következett a **közlekedési célú végfelhasználási ismeretek** témája.

A képzési programok elérhetősége és formája szempontjából kiderült, hogy a **munkahelyi tanulás** és a külső szolgáltatók által szervezett rövid **tanfolyamok** nagyon jellemzőek a vállalatok hidrogéntechnológiával kapcsolatos képzési gyakorlatában. Az elmúlt időszakban emelkedett a hidrogénre és az üzemanyagcellákra specializálódott programok száma az **alapképzésben**, de ez hangsúlyosan **mesterszinten** a jellemző.

Míg a felmérés alapján az angol nyelvű képzések aránya dominál (60%-kal), az oktatási programok közel harmada francia nyelven zajlik, majd a spanyol (12%-kal) következik.

A földrajzi megoszlást illetően egyértelműen kijelenthető, hogy a hidrogéntechnológiai képzések domináns része jelenleg Nyugat-Európában zajlik. Szinte törvényszerűnek mondható, hogy az oktatási fókusz, a kutatási programok és a témában realizálódott együttműködések idővel meghozzák gyümölcsüket: az első nagyszabású, több ország összefogásával létrejövő hidrogénvölgy projektek is a nyugat-európai régióban jöttek létre. A Clean Hydrogen Partnership által támogatott két nagyszabású hidrogén völgy projekt egyike hidrogén folyosót képez a balti-tengeri államok között (Észtországos és Finnországot beleértve), míg a másik az észak-adriai régióban (Horvátország, Olaszország és Szlovénia összefogásával) alakult meg.

A zöld és digitális átálláshoz az embereknek továbbképzésre, átképzésre van szükségük. Az alkalmazott mikrotanúsítványok jelentősége abban áll, hogy rugalmasabb, tanuló központú oktatási és képzési formát kínálnak az embereknek. A kialakításukra és kiadásukra európai elvek nem kötelező, hanem segítő jellegűek a tanúsítvány kiállítói számára.

Összefoglalva, a nemzetközi kitekintés lehetővé tette, hogy a nemzetközi oktatási és kutatási kompetenciák értékelése valósághű képet adjon a nemzetközi helyzetről, ezzel is segítve a jövőbeni hazai stratégiák kidolgozását és fejlesztését, valamint a régiós együttműködések megerősödését.

6. Irodalomjegyzék

1. HyDeal Ambition projekt website: <https://www.hydeal.com/>
2. H2FUTURE projekt website: <https://www.h2future-project.eu/>
3. HyResponder projekt website: <https://hyresponder.eu/>
4. H2SHIPS projekt website: <https://h2ships.org/>
5. Aerostructures Innovation Research Hub website:
<https://www.swinburne.edu.au/research/platforms-initiatives/air-hub/>
6. HyDeploy projekt website: <https://hydeploy.co.uk/>
7. NorthH2 projekt website: <https://www.north2.eu/>
8. EU hidrogén stratégiája, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301>
9. Hidrogéntekológia képzés cikk, H2 – hidrogén hírlevél, Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület, 2023 (megjelenés alatt)
10. Clean Hydrogen Joint Undertaking (2022): Fuel Cell and Hydrogen Observatory (Chapter 6) - 2022 Education & Training
11. “U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap
<https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/us-national-clean-hydrogen-strategy-roadmap.pdf>
12. Prospects of Renewable Hydrogen in China and Its Role in Industrial Decarbonization,
https://www.energypartnership.cn/fileadmin/user_upload/china/media_elements/publications/2022/Agora/Prospects_of_Renewable_Hydrogen.pdf
13. China’s National Hydrogen Development Plan, <https://energyiceberg.com/national-hydrogen-development-plan/>
14. Mayer Z, Mészáros V., Nagy A.: Európai Hidrogén Akadémia és egyéb hidrogénoktatási projektek, H2 - hidrogén hírlevél, Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület, 2023/2. – június, https://www.hfc-hungary.org/H2_Hirlevel_2023_2_junius.pdf
15. Massachusetts Institute of Technology: Sustainable Energy honlap:
<https://www.edx.org/learn/energy/massachusetts-institute-of-technology-sustainable-energy>
16. The Hydrogen Technology and Energy Center at MIT honlap:
<https://www.hytec.mit.edu/>

17. Berkeley Mechanical Engineering, Energy Science and Technology honlap: <https://me.berkeley.edu/research-areas-and-major-fields/energy-science-and-technology/>
 18. Berkeley Clean Hydrogen Laboratory honlap: <https://www.lbl.gov/research/hydrogen/>
 19. University of California, Los Angeles, Samueli's Green Energy Systems program honlap: <https://www.meng.ucla.edu/green-energy-systems/>
 20. Stanford news: Stanford University launches research initiative on hydrogen as a climate solution, 2022, május: <https://news.stanford.edu/2022/05/06/research-initiative-hydrogen-decarbonization/>
 21. Hydrogen and Fuel Cell Education at California State University, Los Angeles honlap: <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc833510/m1/>
 22. Guo Lili: Hydrogen as clean fuel gets massive fillip, <https://www.tsinghua.edu.cn/en/info/1320/11116.htm>
 23. A brief introduction to the Chinese education system, <https://www.open.edu/openlearn/education-development/a-brief-introduction-the-chinese-education-system>
 24. Zou Shuo: China's higher education system is world's largest, officials say, <https://www.chinadaily.com.cn/a/202012/03/WS5fc86ab2a31024ad0ba9999e.html>
 25. Yu Jiahui: The World's First Direct Seawater Electrolysis for Hydrogen Production Driven by Offshore Wind Power Successfully Tested in Fujian, <https://ce.szu.edu.cn/info/1355/5893.htm>
 26. Government of India, Ministry of New and Renewable Energy: National Green Hydrogen Mission, https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file_f-1673581748609.pdf
 27. Indian Energy Skill Development Pvt. Ltd. (IESD) honlap: <https://iesd.in/>
 28. Anela Dokso: Central University of Himachal Pradesh Sets Up Green Hydrogen Research Laboratory, <https://energynews.biz/central-university-of-himachal-pradesh-sets-up-green-hydrogen-research-laboratory/>
 29. Summary of Japan's Hydrogen Strategy, https://www.env.go.jp/seisaku/list/ondanka_saisei/lowcarbon-h2-sc/PDF/Summary_of_Japan's_Hydrogen_Strategy.pdf
-

30. Green Growth Strategy Through Achieving Carbon Neutrality in 2050: https://climate-laws.org/document/green-growth-strategy-through-achieving-carbon-neutrality-in-2050_1345
31. Kyushu University, Department of Hydrogen Energy Systems honlap: https://www.eng.kyushu-u.ac.jp/e/g_hydrogen.html
32. University of Yamanashi, Hydrogen and Fuel Cell Nanomaterials Center honlap: <https://fc-nano.yamanashi.ac.jp/english/>
33. Government of Korea: Hydrogen Economy Roadmap of Korea, 2019, https://docs.wixstatic.com/ugd/45185a_551e67dca75340569e68e37eea18f28e.pdf
34. Republic of Korea: Outlook on Hydrogen Economy & Roadmap, 2022, <https://icdk.dk/-/media/websites/icdk/locations-reports/seoul/outlook-on-korean-hydrogen-economy-and-roadmap.ashx>
35. Az SZTE kutatói is segítik a hidrogén felhasználását a zöld gazdaságban, SZTE Heuréka Magazin: <https://u-szeged.hu/sztehirek/2020-szeptember/szte-kutato-i-is-segitik?folderID=53156&objectParentFolderId=50256>
36. Szegedi Nap: Készül az ország első zöldhidrogén-termelő rendszere, benne van a Szegedi Tudományegyetem is, <https://www.szegedinap.hu/helyi/2023/04/21/keszul-az-oroszag-elso-zoldhidrogen-termelo-rendszere-benne-van-a-szegedi-egyetem-is/>
37. Clean Hydrogen Joint Undertaking (2022): Fuel Cell and Hydrogen Observatory (Chapter 6) - 2022 Education & Training, <https://www.fchobservatory.eu/sites/default/files/reports/Chapter%206%20-%20Education%20and%20Training%20-%202022%20Final.pdf>
38. EU A mikrotanúsítványokra vonatkozó európai megközelítés: <https://education.ec.europa.eu/hu/education-levels/higher-education/micro-credentials>
39. Greennovation Center honlapja, <https://greennovation.hu/>
40. Hidrogéntechnológiák és Ipari IoT Tanszék honlapja: <https://kvk.uni-obuda.hu/munkatarsak/KVK-EFI-HIIT/>
41. Neumann János Egyetem, Hidrogéntechnológiai Tudásközpont honlapja: <https://nje.hu/tudomany/tudaskozpontok/hidrogen-technologiai-tudaskozpont>
42. Magyarország Nemzeti Hidrogénstratégiája: <https://kormany.hu/dokumentumtar/magyarorszag-nemzeti-hidrogenstrategiaja>

43. European Hydrogen Skills Strategy, 2023 <https://greenskillsforhydrogen.eu/wp-content/uploads/2023/09/D2.2-Skills-Strategy-25-09-2023.pdf>