

HIDROGÉN TÜZELŐANYAGCELLÁS NEHÉZGÉPJÁRMŰVEK HIDROGÉNTÖLTŐ ÁLLOMÁSAINAK OPTIMÁLIS HELYMEGHATÁROZÁSA

Optimal Location Analysis of Hydrogen Refueling Stations for
Hydrogen Fuel Cell Heavy-duty Vehicles

Szabó Ádám¹ - Orosz László² - Borsi Zoltán³ - Telekesi Tibor⁴ -
Főglein Katalin⁵ - Faragó Gábor⁶ - Schváb Zoltán⁷

Absztrakt: 2018-tól az energiaipart megelőzve a legnagyobb szén-dioxid kibocsátási részesedéssel rendelkező szektor Magyarországon a közlekedés. A Párizsi Megállapodás célkitűzéseinek eléréséhez kiemelt fontosságú ezáltal a közlekedési ágazat dekarbonizációja. Egy lehetséges megoldás az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére az alternatív hajtású nehézgépjárművek és a hozzájuk tartozó üzemanyagtöltő állomások infrastruktúrájának kiépítése. Jelen tanulmány a hidrogénüzemű nehézgépjárművekhez kapcsolódó hidrogéntöltő állomások potenciális helymeghatározását és elterjedését vizsgálja, több tényező adatainak összevetésével.

¹ Szabó Ádám, KTI - Közlekedéstudományi Intézet, Levegőtisztasági és Járműtechnikai Osztály, senior kutató.

ORCID azonosító: <https://orcid.org/0000-0001-7356-0621>

A szerző további munkásságát lásd a Magyar Tudományos Művek Tára oldalán:

<https://m2.mtmt.hu/gui2/?type=authors&mode=browse&sel=10083443>

E-mail cím: szabo.adam@kti.hu

² Orosz László, KTI - Közlekedéstudományi Intézet Közlekedésakusztikai Osztály, térinformatikus.

³ Dr. Borsi Zoltán, KTI - Közlekedéstudományi Intézet Levegőtisztasági és Járműtechnikai Osztály, vezető kutató.

⁴ Telekesi Tibor, KTI - Közlekedéstudományi Intézet Levegőtisztasági és Járműtechnikai Osztály, kutatóközpont-vezető.

⁵ Dr. Főglein Katalin, KTI - Közlekedéstudományi Intézet Levegőtisztasági és Járműtechnikai Osztály, senior kutató.

⁶ Faragó Gábor, KTI - Közlekedéstudományi Intézet Levegőtisztasági és Járműtechnikai Osztály, senior kutató.

⁷ Schváb Zoltán, KTI - Közlekedéstudományi Intézet, ügyvezető.

A helyelemzés során különböző forgatókönyvek javasoltak a hidrogéntöltő állomások megjelenéseinek szempontjából. Az eltérő prioritású hidrogéntöltő állomások főként a Transz-Európai Közlekedési Hálózat magyarországi autópályaszakaszai mentén található pihenőhelyek helyén lettek kijelölve, valamint a települési önkormányzatok hidrogénkutatás-fejlesztési projektjeinek és terveinek ismeretében telephelyek területén. Az optimális hidrogéntöltő hálózat kijelölése és modellezése ezáltal összetett feladat, mégis értékes információkkal szolgál a telepítések előtti helymeghatározásokhoz, illetve további kutatásokhoz.

Kulcsszavak: hidrogéntöltő állomás, nehézgépjárművek, TEN-T hálózat, Excel, QGIS, helymodellezés

Abstract: The energy industries sector was responsible for the largest share of greenhouse gas emissions until 2018 replaced by the transport sector. Therefore, the decarbonization of the transport sector is a key element to achieve the objectives of the Paris Agreement. One possible solution by reducing greenhouse gas emissions is to increase the sales of new alternative fueled heavy-duty vehicles and the construction of their associated alternative refueling stations. The present study examines specifically the potential location and distribution of hydrogen refueling stations by comparing several data characteristics. During the location analysis, different scenarios have been proposed for the new hydrogen refueling stations. Those stations with different priorities have been designated mainly along the Hungarian motorway sections of the Trans-European Transport Network, and in aware of the hydrogen research and development projects and plans of the municipalities. Thus, the selection and modelling of the optimal hydrogen refueling network is a complex task, yet it provides valuable information before construction and for further research.

Keywords: hydrogen refueling station; heavy vehicles; TEN-T network; Excel; QGIS; location modeling

BEVEZETÉS

A tanulmány lezárásának idején egyre nagyobb lendület van a hidrogén üzemanyagcellás (rövidítve: HFC) nehéz tehergépjárművek (tehergépkocsi, vontató) szegmensének fejlesztésében és kereskedelmi felhasználása mögött. Az éghajlatváltozás elleni küzdelemre és az üvegházhatású gázok (rövidítve: ÜHG) kibocsátásának csökkentésére irányuló felgyorsuló európai és globális erőfeszítésekkel összhangban a széndioxid-mentesítésre és a kibocsátás mérséklésére Európa-szerte valamennyi közlekedési mód esetében szükség van. A nehéz teherbírású közúti szállítás jelentősen hozzájárul a kibocsátásokhoz. A 16 tonna feletti össztömegű járműkategóriák az összes nehéz tehergépjármű ÜHG kibocsátásának több mint a felét teszik ki. A nehéz tehergépjárművek közúti közlekedéssel összefüggő széndioxid (CO₂)-kibocsátása körülbelül 27 százalék és az Európai Unió ÜHG-kibocsátásának körülbelül 5 százalékát teszik ki.⁸ A HFC nehézgépjárművek (tehergépkocsik, vontatók, autóbuszok) ígéretesek a jelenleg főként dízzel hajtott nehéz közúti szállítás ÜHG-és károsanyag-kibocsátás csökkentés célkitűzéseinek teljesítésében, amely hozzájárul az éghajlatvédelemhez és tisztább levegőhöz. Annak érdekében, hogy a HFC tehergépjárművek Magyarországon belüli közlekedésük biztosított legyen, a tanulmány elemzi a lehetséges logisztikai útvonalak mentén a hidrogéntöltő állomások (rövidítve: HRS) kiépítési helyeit. Célunk a Transz-Európai Közlekedési Hálózat (rövidítve: TEN-T) átfogó- és törzshálózatát alkotó nemzetközi közlekedési folyosók (*Core Network Corridor*, rövidítve: CNC) magyarországi szakaszai mentén elhelyezkedő, illetve a városi hidrogén-fejlesztési közlekedési terveket is figyelembe vevő potenciális HRS helymodellező megalkotása.

A tanulmányban bemutatásra kerül a hidrogéntöltő állomások elhelyezéséhez szükséges bemenő adatok feldolgozása és elemzése térinformatikai módszerekkel, valamint a köztes adatok feldolgozását és kiértékelését egy TEN-T törzsszakasz példáján keresztül ismertetjük. Végül az értékelői rendszernek megfelelően legoptimálisabb pihenőhelyek kerültek kiválasztásra a hidrogéntöltő állomások elhelyezéséhez, amelyeket forgatókönyvszerinti prioritásuknak megfelelően megjelenít a modell.

⁸ RUF ET AL. 2020.

I. MÓDSZERTAN

Az adatelemzés *Microsoft Office Excel* 2016 (Excel) táblázatkezelő és adatelemző szoftverben került kivitelezésre, illetve a térinformatikai műveletekhez QGIS 3.12 térinformatikai programot használtunk. A helymodellező fő ismérvei a következők:

- vizuális térképes megjelenítés: Egységes Országos Vetületi (rövidítve: EOVS) rendszerben ábrázolt (nemzetközi azonosító: EPSG:23700) raszteres tematikus térkép, melynek felbontása 1 pixel 500x500 méter területet ábrázol;
- elterjedési forgatókönyvek ajánlása a HRS-ek létesítésére a hidrogén európai piacon történő megjelenésének függvényében;
- HRS-ek forgatókönyvei a prioritás szempontjából alacsony közepes és magas fontosságúak;
- egyéb információk (pihenőhelyek, telephely neve, koordináták) megjelenítése;
- az elemzés nem számol a könnyűgépjárművekkel.

A következő input adatokat használtuk fel:

- belterületek: *ArcHungary* adatbázis, amely tartalmazta a Központi Statisztikai Hivatal (rövidítve: KSH) által nyilvántartott népességszám adatokat is (2018. január 1-jei felmérés), amely a KSH kód alapján a településhez köthető;
- ipari területek: *OpenStreetMap* (rövidítve: OSM);
- a közutak geometriája vektoros formában, nehéz teherforgalmi adatokkal kiegészítve: Országos Közúti Adatbank (rövidítve: OKA);
- pihenőhelyek és forgalomszámlások: korábbi KTI tanulmány.⁹

1.1. HFC tehergépjárművek

A HFC tehergépjárművek HRS helyelemzése során a következő paraméterekkel számoltunk:

⁹ CSENDES ET AL. 2021.

- autópályák mentén fellelhető pihenőhelyek forgalomszámlálásai;
- Országos Közúti Adatbank (rövidítve: OKA) nehéz teherforgalmi adatai;
- 10 km-en belüli települések nagysága (népességszám);
- 10 km-es belüli települések vonzáskörzetében levő ipari területek;
- Az egymás mellett lévő
 - darabszáma,
 - nagysága;
- pihenőhelyek és települések közötti távolságok;
- két pihenőhely közötti távolsági kritérium;
- intermodális csomópont vonzáskörzete.

1.2. HFC autóbuszok, -kukásautók

Az önkormányzati települések esetén a jelenleg futó hidrogén-fejlesztési projektek ismeretében a HFC autóbuszok és kukásautók töltőpontjainak lehetséges töltési telephelyeit határoztuk meg. Az autóbuszok töltése ott a legideálisabb, ahonnan indulnak az autóbuszok. Ez rendszerint a helyi autóbusz vállalat telephelyén történik meg.

1.3. Térinformatika műveletek

Az adatgyűjtéseket követően, a QGIS-be importált adatokon részletes térinformatikai elemzést hajtottunk végre. A térinformatikai feldolgozás praktikusán EOV vetületi rendszerben került végrehajtásra, mivel néhány elemző funkció paraméterezésénél szükséges volt vetületi távolságok megadása. Az alapadatok homogenizálása során ezért a csak földrajzi koordinátákkal (WGS84 – EPSG:4326) rendelkező adatokat EOV-be transzformáltuk. Az elemzőeszközökkel történő munkafolyamatok a következők voltak:

- Az ipari területek esetén az OSM adatbázisban egybefüggő (egy geometriai elemként ábrázolt) 100 000 m²-nél nagyobb területeket dolgoztuk fel, amelyekre centroidokat (adott terület geometriai súlypontja) képeztünk.
- A pihenőhelyekhez tartozó WGS koordinátákból transzformálással megkaptuk EOV-ben is az adatokat. Az autópályák mentén az 1 km-es körzetben levő pihenőhelyeket kiválasztottuk. A pihenő-

helyek forgalomszámlálási mellett az OKA-ban található forgalomszámlálók által mért nehéz teherforgalmi adatokat is hozzárendeltük. Mindez úgy történt, hogy Voronoi poligonokat hoztunk létre és a poligonokkal átfedésben lévő pihenőhelyek kapták meg a hozzájuk legközelebb álló teherforgalmi adatokat.

- A települések feldolgozása során a szorosán értelmezett belterületi fekvésű központot vettük figyelembe. Az ezektől a területektől geometriailag elkülönülő településrészeket a centroidok generálásánál nem vettük figyelembe, azonban a centroidokhoz minden esetben a település teljes lakónépességét rendeltük hozzá.
- A települések – mint pontszerű elemek –, örökölték a település felületszerű geometriájának a leíró tulajdonságait, az 5000 fő lélekszám alatti településeket kizártuk.
- A települések vonzáskörzetébe tartozó legközelebbi ipari területeket hozzárendeltük a településekhez. A kapott települési réteg így az ipari területek darabszámát és a települések népességszámát hordozta tovább.
- A teljes magyarországi útvonalból levágtuk a TEN-T törzshálózati folyósók magyarországi szakaszait, amelyek a következő autópályák voltak: M0, M1, M3, M5 és M7. Az M6-os autópálya is bekerült a számításba – mint TEN-T átfogó hálózat –, mivel kíváncsiak voltunk, hogy ha nem tudnánk a települési önkormányzatok hidrogénfejlesztési kutatásairól, akkor mely pihenőhelyek lennének kiválasztva a modell által.
- Az M0 déli szakaszán a kezdőpontot kijelöltük, amely mindhárom TEN-T (Mediterrán, Kelet/Kelet-Mediterrán és Rajna-Duna) keresztezésének vonalszakaszába esik.
- Kijelöltük az M1, M3, M5, M6, M7 végső szakaszait (általában határmentén), és megkaptuk vektorosan az adott vonalszakaszt. A szakaszokhoz tartozó pihenőhelyek egymás közötti távolságait kumuláltan kigyűjtöttük.
- A pihenőhelyeket a kapott vektor mentén 1 km-es zónában kiválasztottuk. (Tapasztalataink azt mutatják, hogy az autópályán közlekedő nehéz tehergépjármű járművezetői a legtöbb esetben csak az autópálya mellett elhelyezkedő üzemanyagtöltőket preferálják és ritkábban mennek le az autópályáról üzemanyagtöltési célból).
- A kapott puffer zóna és pihenőhely réteget kijelöltük és csak a puffer zónába eső pihenőhelyeket kiválasztottuk.

- A települések feldolgozásához szintén a már fent említett feldolgozási lépéseket alkalmaztuk, mint az pihenőhelyek esetében, azonban az 1 km-es pufferzóna helyett 10 kilométeres puffert alkalmaztunk a szűréshez.
- Meghatároztuk a pihenőhelyek és települések távolságmátrixait.

1.4. Értékelői rendszer

Az értékelés egy több paramétert figyelembe vevő pontozási rendszeren alapul. Mindegyik paraméter esetében az értékeket egyenlő intervallumokra osztott osztásközökkel határoztunk meg. Ez az osztási módszer tűnt a legjobban reprodukálhatónak valamennyi paraméter esetében, mert egyenlően szét tudja osztani az olykor nagy különbségeket is mutató adatokat. Erre a típusú adatelemzésre azért volt szükség, mert nem lehetett megállapítani a többparaméteres jellemzők között, hogy melyik pihenőhelyek lennének legalkalmasabbak HRS-ek kiépítésére.

A pihenőhelyek a kapott pontszámoknak megfelelően kategorizálva lettek egy feltételezett magyarországi elterjedési forgatókönyv szerint. A legmagasabb pontszámot kapó pihenőhelyek prioritás szempontjából a legfontosabbak, az elterjedési forgatókönyv szerint a töltőállomások még csak szórványosan jelennek meg. A narancssárga színnel jelölt pihenőhelyek prioritás szempontjából közepes fontosságúnak számítanak, így reális elterjedési forgatókönyvnek felelnek meg. Prioritás szempontjából kevésbé fontos pihenőhelyek citromsárga színűek, ugyanakkor az elterjedési forgatókönyv a pihenőhelyek magasabb darabszáma miatt már széles körű elterjedtséget mutat.

	Szomszédos országban már meglévő
	Magas prioritás – Szórványos elterjedés
	Közepes prioritás – Reális elterjedés
	Alacsony prioritás – Széles körű elterjedés

1. sz. táblázat. Töltőállomások prioritása és forgatókönyv szerinti megjelenésének színjelölése. Forrás: saját szerkesztés.

A magyarországi HRS-ek kiépítése a hidrogénüzemű nehéz tehergépjárművek európai piacon történő megjelenésének függvényében javasoltak 2030-ra, 2023-ra, 2027-re és a 2030-ra becsült összes tehergépjárműből a HFC tehergépjárművek részesedésére és az újonnan eladott

tehergépjárművekből a HFC tehergépjárművek arányára különböző előrejelzések vannak. Az előrejelzéseket kiegészítettük minden évre, lineárisan hozzárendeltük az összes- és HFC tehergépjárművek darabszámait.

Forgatókönyvek 2030-ra	A HFC tehergépjárművek európai piacon való megjelenésének előrejelzése 2030-ra	Összes HFC tehergépjármű [db]	Részesedés összes tehergépjárműből	Eladott új HFC tehergépjárművek [db]	Részesedés az újonnan eladott tehergépjárművekből
Jelenlegi állapot	-	-	-	-	-
Szórványos	Konzolidált	70 000	1,06%	29 591	15,93%
Reális	Átlagos	110 000	1,67%	59 182	31,85%
Széles körű	Optimista	250 000	3,79%	95 339	51,31%

2. sz. táblázat. A hidrogén európai piacon történő megjelenésének függvényében a javasolt magyarországi hidrogéntöltő pontok kiépítése.

Forrás: Ruf et al. 2020, módosított.

1.5. Települések

Miután a térinformatikai előkészítés eredményeként előálltak az elemzéshez a kiinduló adatok, elsőként a településekhez tartozó ipari területek darabszámát, ipari területek nagyságát és a települések lakosságszámát értékeltük. A TEN-T szakaszok közül az M5-ös szakaszt szemlélítve, a településekhez kapcsolódó lakosság szám összegzése és értékelése a következő módon történt meg.

Település népesség (M5)	Pontszámok
5 086 – 36 821	0,2
36 821 – 68 557	0,4
68 557 – 100 292	0,6
100 292 – 132 028	0,8
132 028 – 163 763	1,0

3. sz. táblázat. Lakosság szám pontozása. Forrás: saját szerkesztés.

Egy település vonzáskörzete alá eső ipari területek darabszáma és területe is ugyanezt a módszert követve valósult meg, ugyanazzal a

pontozási rendszerrel. Majd a többi szakaszra is megismételtük az ismertett folyamatokat. A folyamat végén az összes település rendelkezett egy részösszeggel, mely a népességszámból, ipari területek darabszámából és ipari területek nagyságából tevődött össze.

1.6. Autópálya pihenőhelyek

A pihenőhelyekhez tartozó települések távolsága egy további paraméter, amely a számításban szerepel. Mindegyik szakasz esetén az összes pihenőhely és összes település egymás közötti távolságát mátrixként kaptuk meg. Elsőként kizártuk azokat a pihenőhely-település távolságokat, amelyek a számítás szempontjából nem relevánsak. Ezt a határértéket 12,5 km-nél határoztuk meg, melyen túl már nem kapja meg a település részösszegét az adott pihenőhely. Ha 12,5 és 10 km a pihenő-település távolsága, akkor is csak a település részösszegének 20%-át kapja meg a pihenőhely. Elmondható tehát, hogy minél közelebb van a pihenőhely a településhez, annál nagyobb súllyal esik számításba a település részösszege.

Pihenőhely- település távolság [km]	Súlyozás
0 – 2,5	1,0
2,5 – 5	0,8
5 – 7,5	0,6
7,5 – 10	0,4
10 – 12,5	0,2

4. sz. táblázat. A pihenőhely-település távolságok súlyozása. Forrás: saját szerkesztés.

Mindazonáltal a pihenőhelyek teherforgalmi darabszámai és az OKA adatbázisából származó nehéz tehergépjárművek darabszámai is pontozásra kerültek. Az alábbi táblázat az M5-ös szakaszon található pihenőhöz köthető forgalomszámlálások pontozását mutatja:

Hidrogén tüzelőanyagcellás nehézgépjárművek hidrogéntöltő állomásainak optimális helymeghatározása

Teherforgalom (M5)	Pontozás
0 – 1518	0,2
1518 – 3036	0,4
3036 – 4554	0,6
4554 – 6072	0,8
6072 – 7590	1,0

5. sz. táblázat. Pihenőhelyek teherforgalmi adatainak pontozása. Forrás: saját szerkesztés.

Az OKA adatbázisból származó nehéz tehergépjárművek darabszámait is ugyanígy pontoztuk, majd az összes többi szakasznál megisméltük a folyamatokat.

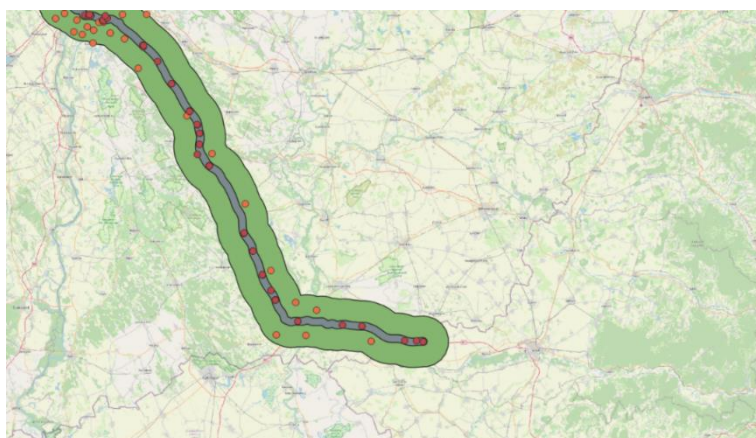
Miután megkaptuk a pihenőhelyekhez köthető pontszámokat a szórványos elterjedésű forgatókönyvben, a további elterjedési forgatókönyvek kidolgozásakor a pihenőhelyek egymás közötti távolságai is döntő szerepűek voltak az adatelemzések során. A TEN-T törzshálózatok magyarországi szakaszainak keresztezése az M0-ás autópálya déli szakaszára tehető. Ez egy megfelelő kiindulási pont az országhatárig található pihenőhelyek egymás közötti kumulált távolságainak meghatározásához. Számításainkat a következőképp viteleztük ki:

- meghatároztuk két pihenőhely egymás közötti távolságát;
- a kapott távolságot megfeleztük, melynek az értéke a mértani közepének számított két pihenőhely között;
- előzetes számításaink során ez az érték nem lehetett több 25%-kal, melyet érdemesnek találtunk felvinni 40%-ra, így több lehetőség is szóba kerülhetett HRS kijelöléseként a két pihenőhely közötti útvonalon.

A 0-20%-os és 20-40% közötti különbségnél súlyozásokat vittünk a számításba. Azok a pihenőhelyek, melyek ennél nagyobb távolságra helyezkedtek el – vagyis közelebb a már adott X és Y pihenőhelyhez –, azokat kizártuk a számításból.

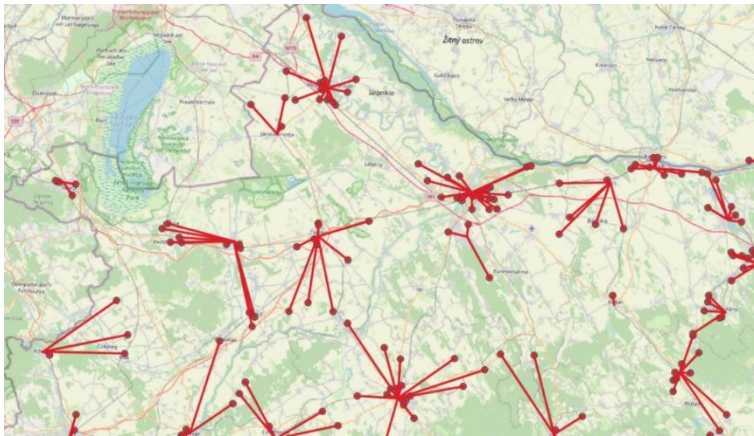
M5-ös pihenőhelyek egymás közötti távolsága [m]	Súlyozás	Százalékos távolság
0 – 21 935	0	0
21 935 – 43 871	0	20
43 871 – 65 806	0	40
65 806 – 87 741	0,8	60
87 741 – 109 676	0,9	80
109 676 – 131 612	1	100
131 612 – 153 547	0,9	80
153 547 – 175 482	0,8	60
175 482 – 197 417	0	40
197 417 – 219 353	0	20
219 353 –	0	0

6. sz. táblázat. A végső pontozás előtti kritérium: a pihenőhelyek egymás közötti távolsága. Forrás: saját szerkesztés.



1. sz. ábra. Pihenőhelyek, települések levágása az autópálya körül. Az M5-ös autópályához viszonyítva: bordó színnel jelöltük az 1 km-es távolságon belül található pihenőhelyeket; narancssárga szín szemlélteti a 10 km-ig kijelölt településeket; szürke szín mutatja az 1 km-en belüli pihenőhelyek zónáját; valamint zöld szín jelzi a 10 km-en belül található települések zónáját. Forrás: saját szerkesztés.

Hidrogén tüzelőanyagcellás nehézgépjárművek hidrogéntöltő állomásainak optimális helymeghatározása



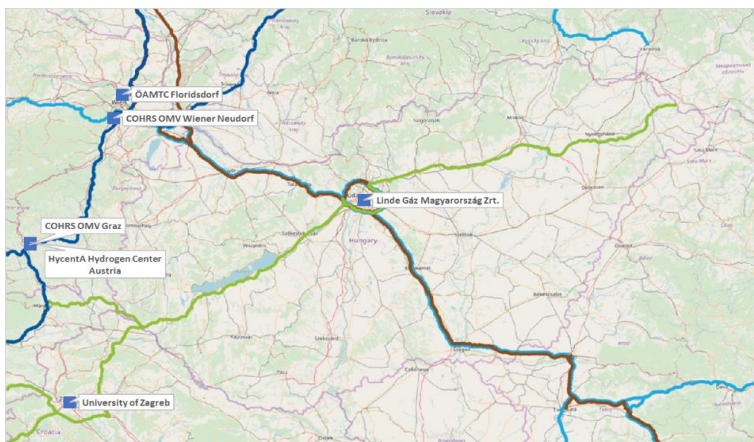
2. sz. ábra: Települések és a vonzáskörzetükben található közeli ipari területek. Forrás: saját szerkesztés.

II. EREDMÉNYEK

2.1. HRS-ek helyelemzése

2.1.1. Jelenlegi állapot

Alaphelyzetben a már meglévő HRS-ek rajzolódnak ki, elterjedési forgatókönyvekkel még nem számol a modell.



3. sz. ábra. A HRS-ek elterjedése a jelenlegi helyzet szerint. Forrás: saját szerkesztés.

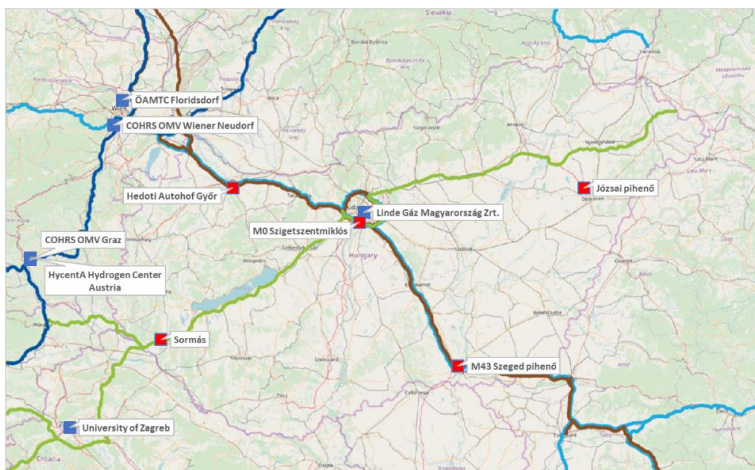
HRS helyzete	Név	WGS84 vonatkozási rendszerben megadva	
		(Formátum: DD,DDDD)	
		Szélesség	Hosszúság
Már meglévő	ÖAMTC Floridsdorf	48,2705	16,4124
	COHRS OMV Wiener Neudorf	48,0775	16,3235
	COHRS OMV Graz	47,0420	15,4643
	HycentA Hydrogen Center Austria	47,0586	15,4637
	University of Zagreb	45,7950	15,9718
	Linde Gáz Magyarország Zrt.	47,4537	19,0993

7. sz. táblázat. A jelenlegi állapot szerinti HRS-ek elterjedése a szomszédos nyugati országokban és hazánkban földrajzi koordinátákkal. Forrás: saját szerkesztés.

2.1.2. Szórványos elterjedési forgatókönyv

A legfontosabb prioritással rendelkező HRS-eket piros színnel tüntettük fel a modellben. Ez azt jelenti, hogy ha az összes pihenőhely értéke az eddig ismertetett számítási pontoknál megállna, akkor a magas prioritásúak kapnák a legmagasabb pontszámokat. Az Annahegyi pihenőhely és Szigetszentmiklós M0-ás pihenőhely magas pontszámokkal rendelkeztek. Az M7-es osztrák határ közeli HRS kiépítése a Graz irányából történő összeköttetés folytonosságának biztosítása érdekében szükséges. Ennél a szakasznál a településen belül található *Xeni's Log* Nagykanizsa pihenőhely kapta a legtöbb pontot, melyet az autópálya menti Sormás pihenőhely követett. Az M1-es szakasznál a Bécsből jövő HFC nehéz tehergépjárművek miatt szintén a 150 km-en belüli biztosítása érdekében szükséges egy Győr környéki HRS. A pontok szerint az Arrabona pihenőhely kapta a legtöbbet, majd a *Hedoti Autobof*. Az M5-ös szakaszon az M43-as Szeged pihenőhely, illetve az M3-as (M35-ös) szakaszon a Józsai pihenőhely rendelkezett magas pontszámokkal.

Hidrogén tüzelőanyagcellás nehézgépjárművek hidrogéntöltő állomásainak optimális helymeghatározása



4. sz. ábra. A javasolt HRS-ek elterjedése 2030-ra az szórványos elterjedési forgatókönyv szerint. Forrás: saját szerkesztés.

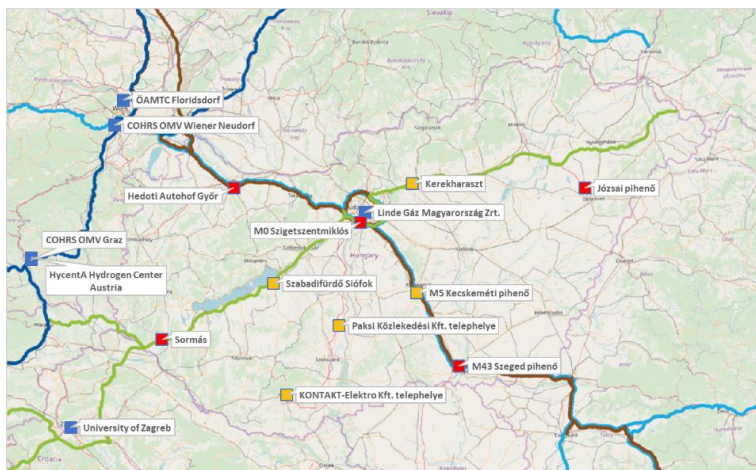
Sorszám	Név	WGS84 vonatkozási rendszerben megadva (Formátum: DD,DDDD)	
		Szélesség	Hosszúság
1	M0 Szigetszentmiklós	47,3794	19,0541
2	Hedoti Autohof Győr	47,6328	17,6631
3	M43 Szeged pihenőhely	46,2951	20,1107
4	Sormás	46,4785	16,9173
5	Józsiai pihenőhely	47,6107	21,5208

8. sz. táblázat. A szórványos elterjedési forgatókönyv szerint javasolt HRS-ek megjelenése földrajzi koordinátákkal. Forrás: saját szerkesztés.

2.1.3. Reális elterjedési forgatókönyv

A kapott eredmények szerint az M3-as Középhelet-magyarországi Közlekedési Központ Zrt. (rövidítve: KMKK) Hatvani Területi Igazgatóság és a közelben lévő Kerekharaszt pihenőhely kapta a legmagasabb pontszámot. Az M7-esen Szabadifürdő Siófok kapta a magasabb pontszámot a TIR Parking Fonyódnhoz képest. Végül megnéztük az említett M6-os szakaszt is – amely a TEN-T átfogó hálózatának része –, hogy mennyi átfedés lehet a jelenlegi módszer és a tervezett hidrogénüzemű városfejlesztési tervek között. A számítás meglehetősen jó eredményt adott. A Cseresznyés Paks pihenőhely egyik legmagasabb pontszámmal rendelkezett,

mely megerősítette az autópálya közelében elhelyezkedő Paksi Közlekedési Kft. telephelyét potenciális HRS-ként.



5. sz. ábra. A javasolt HRS-ek elterjedése 2030-ra a reális elterjedési forgatókönyv szerint. Forrás: saját szerkesztés.

Sorszám	Név	WGS84 vonatkozási rendszerben megadva	
		(Formátum: DD,DDDD)	
		Szélesség	Hosszúság
6	M5 Kecskeméti pihenőhely	46,8472	19,6655
7	Szabadifürdő Siófok	46,9165	18,1059
8	Paksi Közlekedési Kft. telephelye	46,5982	18,8225
9	KONTAKT-Elektro Kft. telephelye	46,0762	18,2663
10	Kerekharaszt	47,6675	19,6250

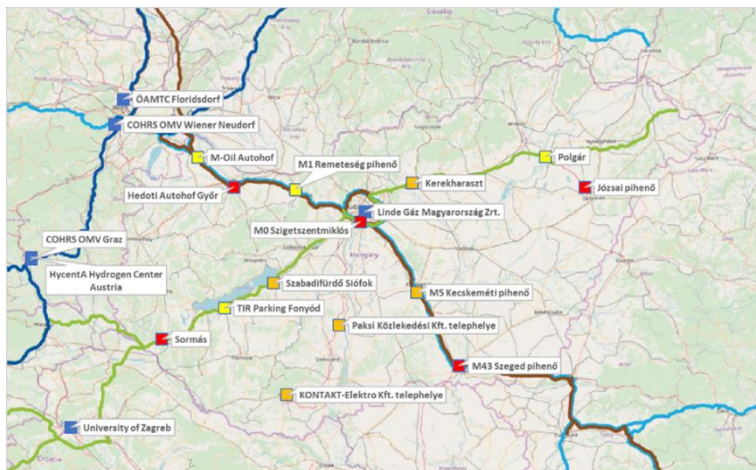
9. sz. táblázat. A reális elterjedési forgatókönyv szerint javasolt HRS-ek megjelenése földrajzi koordinátákkal. Forrás: saját szerkesztés.

2.1.4. Reális elterjedési forgatókönyv

Az alacsony prioritású HRS-ek megjelenése következtében a további HRS-ek darabszáma széles körű elterjedést biztosít. A határmenti alacsony prioritású HRS-ek közül az M43 Csanádpalota pihenőhely különösen alacsony pontszámot ért el. Az M1 osztrák határmenti *Autohof* Kamionparkoló és Motel alacsonyabb pontszámmal rendelkezik, mint a közelben

Hidrogén tüzelőanyagcellás nehézgépjárművek hidrogéntöltő állomásainak optimális helymeghatározása

lévő *M-Oil Autobof*. Az M3-ason Polgár közelében lévő pihenőhely, illetve a TIR Parking Fonyód a kapott pontszámok miatt potenciális HRS-ként szerepeltették.



6. sz. ábra. A javasolt HRS-ek megjelenése 2030-ra a széles körű elterjedési forgatókönyv szerint. Forrás: saját szerkesztés.

Sorszám	Név	WGS84 vonatkozási rendszerben megadva	
		(Formátum: DD,DDDD)	
		Szélesség	Hosszúság
Sorszám	Név	Szélesség	Hosszúság
11	Polgár	47,8488	21,0963
12	TIR Parking Fonyód	46,7204	17,5845
13	<i>M-Oil Autobof</i>	47,8504	17,2557
14	M1 Remeteség pihenőhely	47,6167	18,3413

10. sz. táblázat: A széles körű elterjedési forgatókönyv szerinti javasolt HRS-ek megjelenése földrajzi koordinátákkal. Forrás: saját szerkesztés.

ÖSSZEGZÉS

A jelenlegi HRS-ek közül megjegyzendő, hogy a Zágrábi Egyetemenél található töltő kísérleti jellegű és hidrogén üzemanyagcellás pedelec (elektromos rásegítésű kerékpár) töltésére alkalmas 30 bar-on. A horvátországi hidrogénstratégia egyértelmű célt tűzött ki a hidrogéntechnológia

fejlesztéséről, amely hozzájárulna a 2050-ig elérendő klímasemlegességhez. Emiatt a jövőben várható a könnyű- és nehézgépjárművek töltésére alkalmas töltő is, ezért a már meglévő szomszédos HRS-el itt is terveztünk.

A kezdeti magas prioritású HRS pontok közül az egyik legfontosabb töltő az M0-áson elhelyezkedő pihenőhely, hiszen a Mediterrán (M7, M0, M3 autópályák) a Kelet/Kelet-Mediterrán és Rajna-Duna (M1, M0, M5 autópályák) nemzetközi közlekedési folyósokat keresztezi. Az Annahegyi pihenőhely és Szigetszentmiklós M0-ás pihenőhely közül a Budapesti Intermodális Logisztikai Központ (rövidítve: BILK) vonzáskörzete miatt inkább célszerűbb választás a Szigetszentmiklós M0-ás pihenőhely. Az M7-es szakasznál a *Xeni's Log* Nagykanizsa pihenőhely településen belül található és több mint 1 kilométert kellene letérni az autópályáról, ezért a közeli autópálya menti Sormás pihenőhely javasolt. Az M1-es útvonalon az Arrabona -és a *Hedoti Autobof* pihenőhely közül a *Hedoti Autobof* pihenőhelynél ajánlatos a HRS kiépítése a közelben lévő autógyár és annak gyorsabb megközelíthetősége miatt. Az M5-ös szakaszon Szeged mellett az M43-as Szeged pihenőhelyet, az M3-as (M35-ös) szakaszon a Debrecen melletti, még épülő autógyár melletti pihenőhelyet javasoljuk. Ukrajnában belátható időn belül nem lesz HRS, így az ukrajnai határmentéhez nem tervez a modell.

A közepes prioritású HRS töltőpontok esetében a M3-as KMKK Hatvani Területi Igazgatóság helyett szintén a közelben lévő Kerekharaszt pihenőhelyet célszerű kijelölni, mivel autópálya mentén helyezkedik el. Az M7-esen a Szabadifürdő Siófok kapott magasabb pontszámot, így előbb jelenik meg közepes prioritásként, mint a TIR Parking Fonyód. A jelenlegi hidrogénfejlesztési tervek közül Pécsen a KONTAKT-Elektro Kft. hidrogéntechológiai és tüzelőanyag-cellás berendezések fejlesztései 15 éves múltra nyúlnak vissza. Jelenleg tüzelőanyag-cellás hulladékgyűjtő jármű fejlesztését kezdték el. A Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Karon induló tüzelőanyag-cella és hidrogéntechológia szakmérnökök szakképzéseiben is segíteni fogja az oktatást. Várhatóan a KONTAKT-Elektro Kft. telephelyén fog elsőként egy HFC kukásautó prototípusa megjelenni, ezért valószínűleg a töltés is ott lesz. Paks esetében a Paksi Atomerőműben termelt éjszakai árammal vagy annak egy részével hidrogén előállítását lehet támogatni, így a FCEV autóbuszok megjelenése idő kérdése. Emiatt a Paksi Közlekedési Kft. telephelyén javasolunk egy HRS elhelyezését, mivel a helyszín már adott, hiszen az elektromos meghajtású városi autóbuszokat is itt fogják tölteni. A telephely maga az M6 autópálya

Paks déli kijáratánál, a nyugati oldalon található nagydorogi-biritói körforgalomtól északra helyezkedik el. A számítások megerősíteni tudták a telephelyen való HRS kialakítását, mivel az OMV Pálhalma pihenőhely mellett a Cseresznyés Paks pihenőhely kapta a legmagasabb pontszámot, mely közel helyezkedik el a Paksi Közlekedési Kft. telephelyéhez képest.

Az alacsony prioritású HRS-ek közül a Romániába és Bulgáriába tartó TEN-T folyósó M5 határmenti alacsony prioritású HRS-t megfontolandó kijelölni, azonban nem tudjuk, hogy hol fognak az említett országok TEN-T menti HRS-t kialakítani. Emellett az M43 Csanádpalota pihenőhely alacsony pontjai következtében célszerűbb kivenni a javasolt alacsony prioritású HRS-ek közül. Az M1 osztrák határmenti *Autobhof* Kamionparkoló és Motel alacsonyabb pontszáma miatt, inkább a magasabb pontszámmal rendelkező Mosonmagyaróvár mellett található *M-Oil Autobhof* pihenőhelyet érdemesebb választani. Végül az M3-ason egy alacsony prioritású HRS jelenne meg Polgár közelében, illetve az M7-esen a TIR Parking Fonyód második legmagasabb pontszáma miatt alacsony prioritású HRS-ként tűntették fel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- RUF Y, BAUM M, ZORN T, MENZEL A, REHBERGER J (2020). Fuel Cells Hydrogen Trucks – Heavy-Duty’s High Performance Green Solution Study Summary. Roland Berger. FCH 2 JU B-1049 Brussels. Letöltés helye: <https://www.fch.europa.eu/publications/study-fuel-cells-hydrogen-trucks> (Letöltve: 2022. május 06.)
- BÁLINT CSENDES, ALBERT G, NORINA SZANDER, ANDRÁS MUNKÁCSY (2021). Where Truck Drivers Stop – Application of Vehicle Tracking Data for the Identification of Rest Locations and Driving Patterns. *Promet - Traffic&Transportation* 33(6):821–832. Letöltés helye: <https://traffic.fpz.hr/index.php/PROMTT/article/view/3962> (Letöltve: 2022. május. 06.). DOI azonosító: <https://doi.org/10.7307/ptt.v33i6.3962>
- MICROSOFT CORPORATION (2022). Microsoft Excel. Letöltés helye: (<https://office.microsoft.com/excel>)
- QGIS.ORG (2022). QGIS 3.22. Geographic Information System API Documentation. QGIS Association. Letöltés helye: <http://www.qgis.org>