



MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA

BORSOD-ABAÚJ-ZEMLÉN VÁRMEGYEI MÉRNÖKI KAMARA



MISKOLCI
EGYETEM
UNIVERSITY OF MISKOLC



HIDROGÉNES TECHNOLÓGIÁK BIZTONSÁGI KÉRDÉSEI

Hasulyó Gábor
PhD. hallgató

sanofi

Lead of Process Excellence



PhD. hallgató

Robbanásvédelmi szakmérnök hallgató



MISKOLCI
EGYETEM
UNIVERSITY OF MISKOLC

Gépészmérnök MSc.

Környezetmérnök

Tűzvédelmi szakmérnök

Munkavédelmi szakmérnök

Gépbiztonsági szakmérnök

Technológiai rendszerbiztonsági szakmérnök



AGENDA

HIDROGÉN JELLEMZŐI

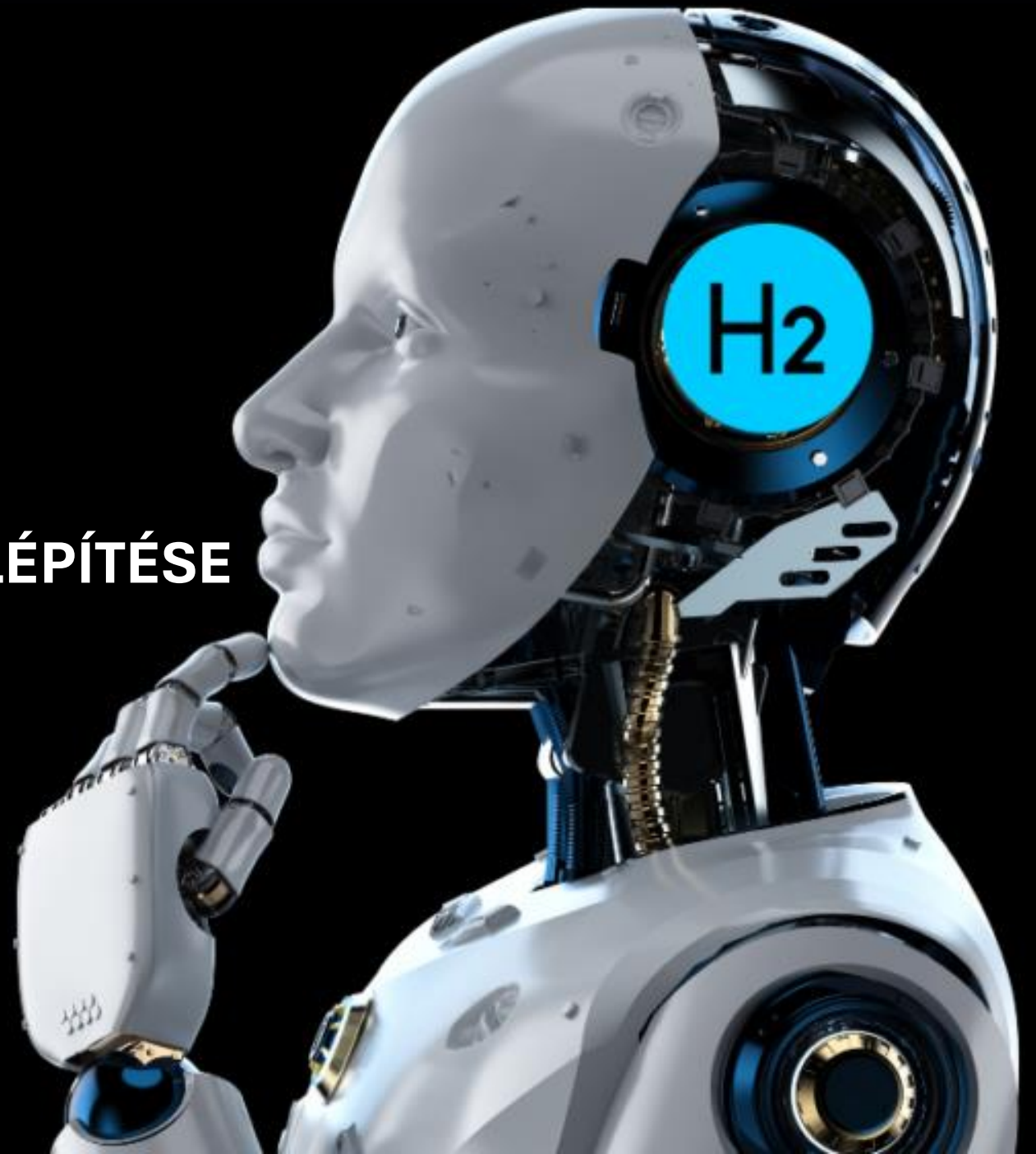
HIDROGÉN-ELŐÁLLÍTÁS TÍPUSAI

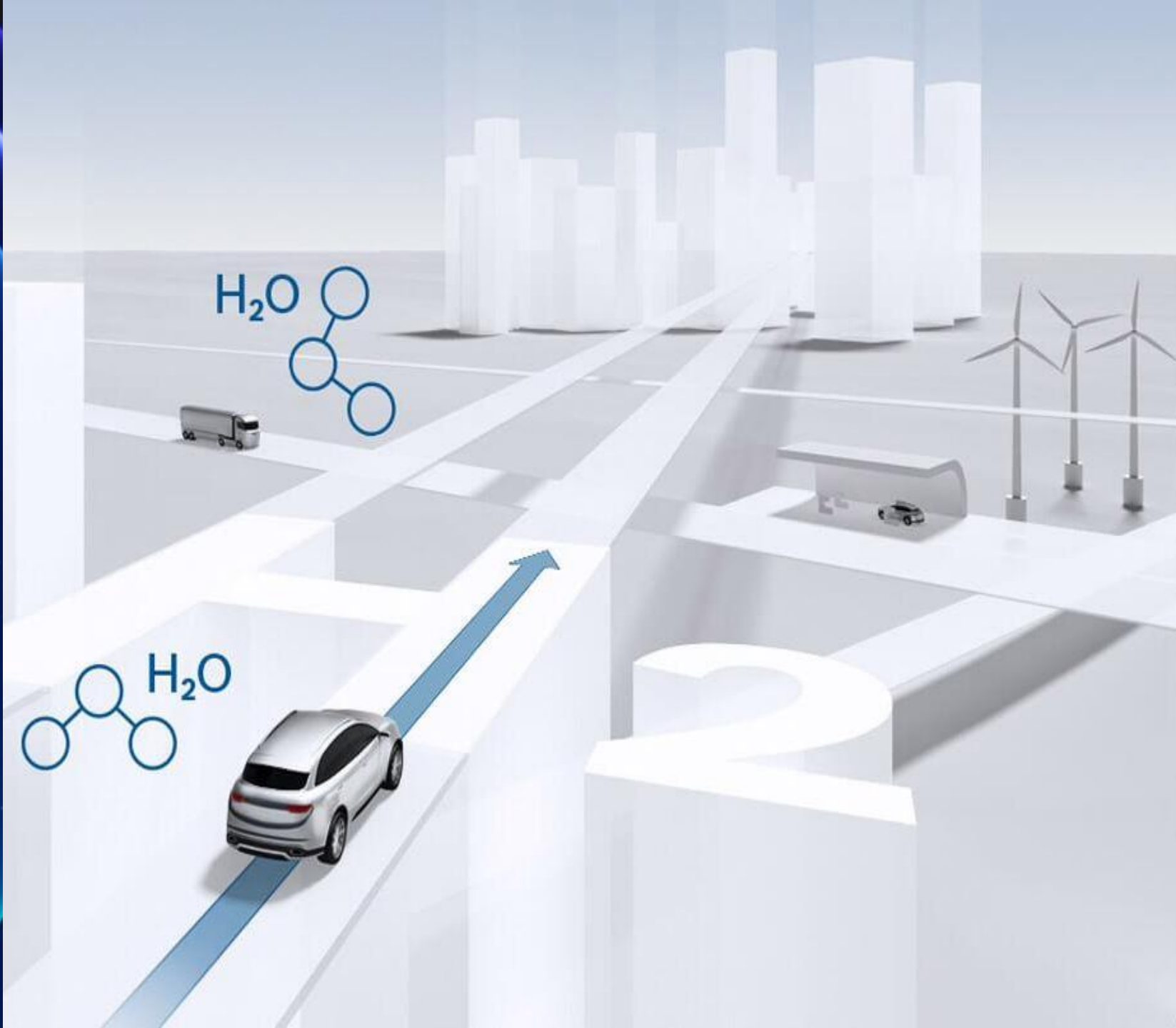
HIDROGÉN MEGHAJTÁSÚ AUTÓ FELÉPÍTÉSE

HIDROGÉN GÉPJÁRMŰ TÍPUSOK

ÜZEMANYAGCELLA MŰKÖDÉSE

HIDROGÉN TANKOLÁS KIHÍVÁSAI





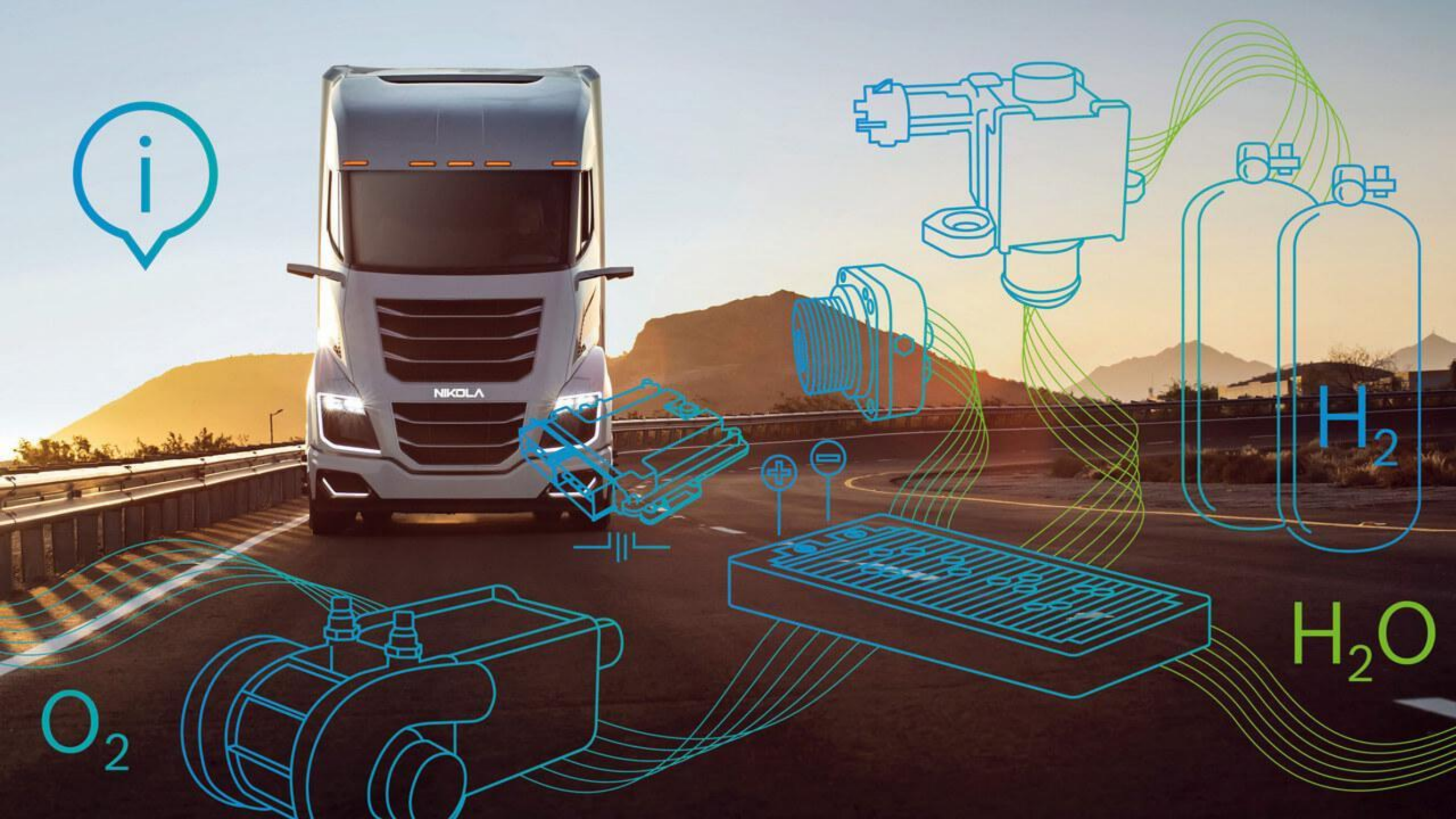








HIDROGÉN MEGHAJTÁSÚ GÉPJÁRMŰVEK





1200 km



800-1000 km



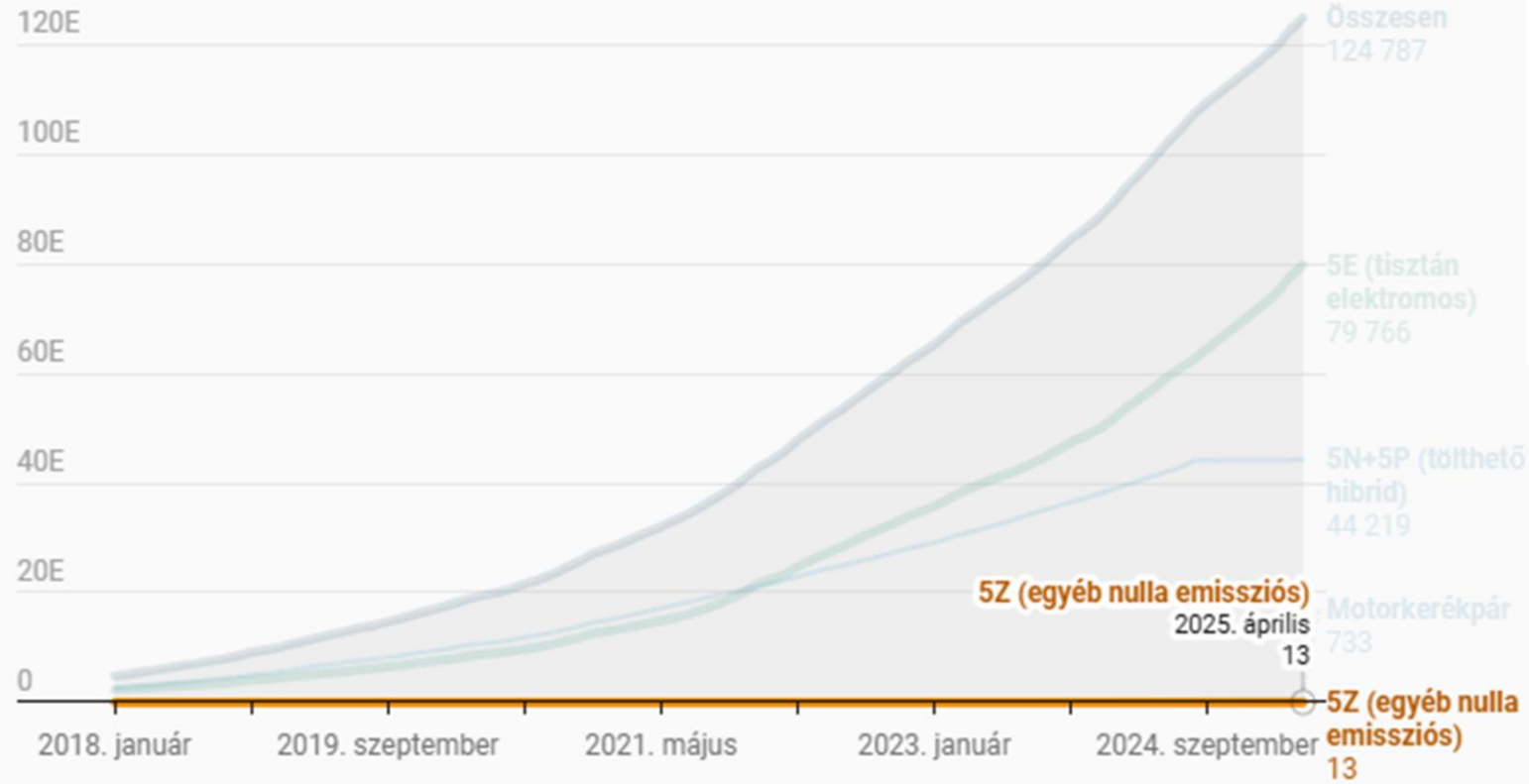
400-500 km



650 km

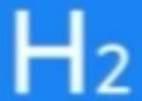
HATÓTÁV

A zöld rendszámmal ellátott járművek száma besorolás szerinti bontásban.

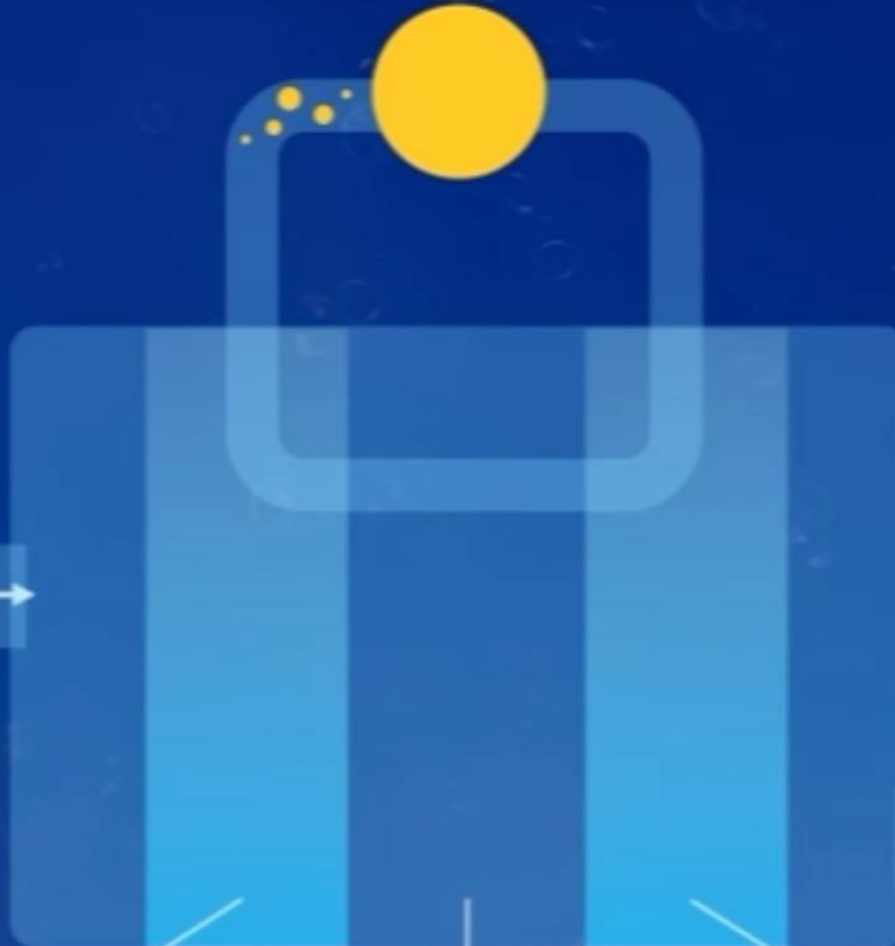




HIDROGÉN



H $\cdot$

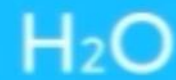


NEGATÍV
ELEKTÓRÓDA

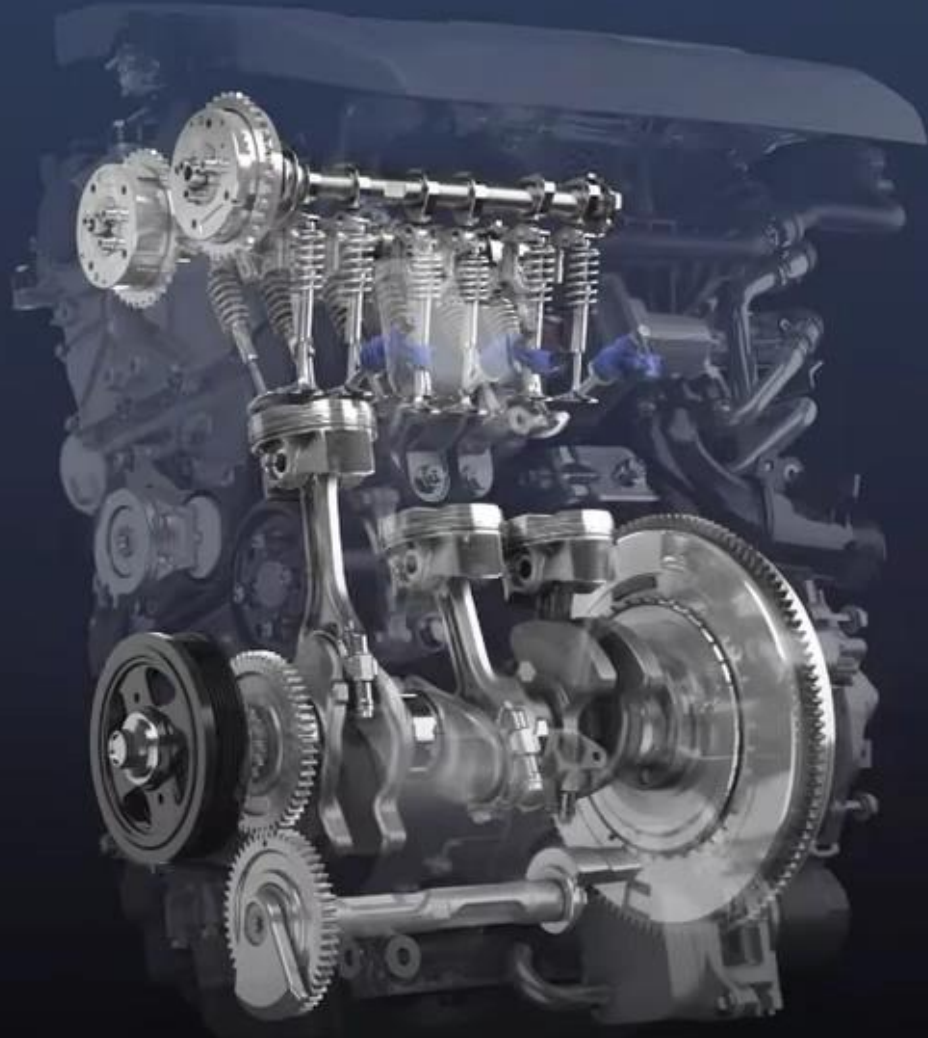
POLIMER
MEMBRÁN

POZITÍV
ELEKTÓRÓDA

OXIGÉN



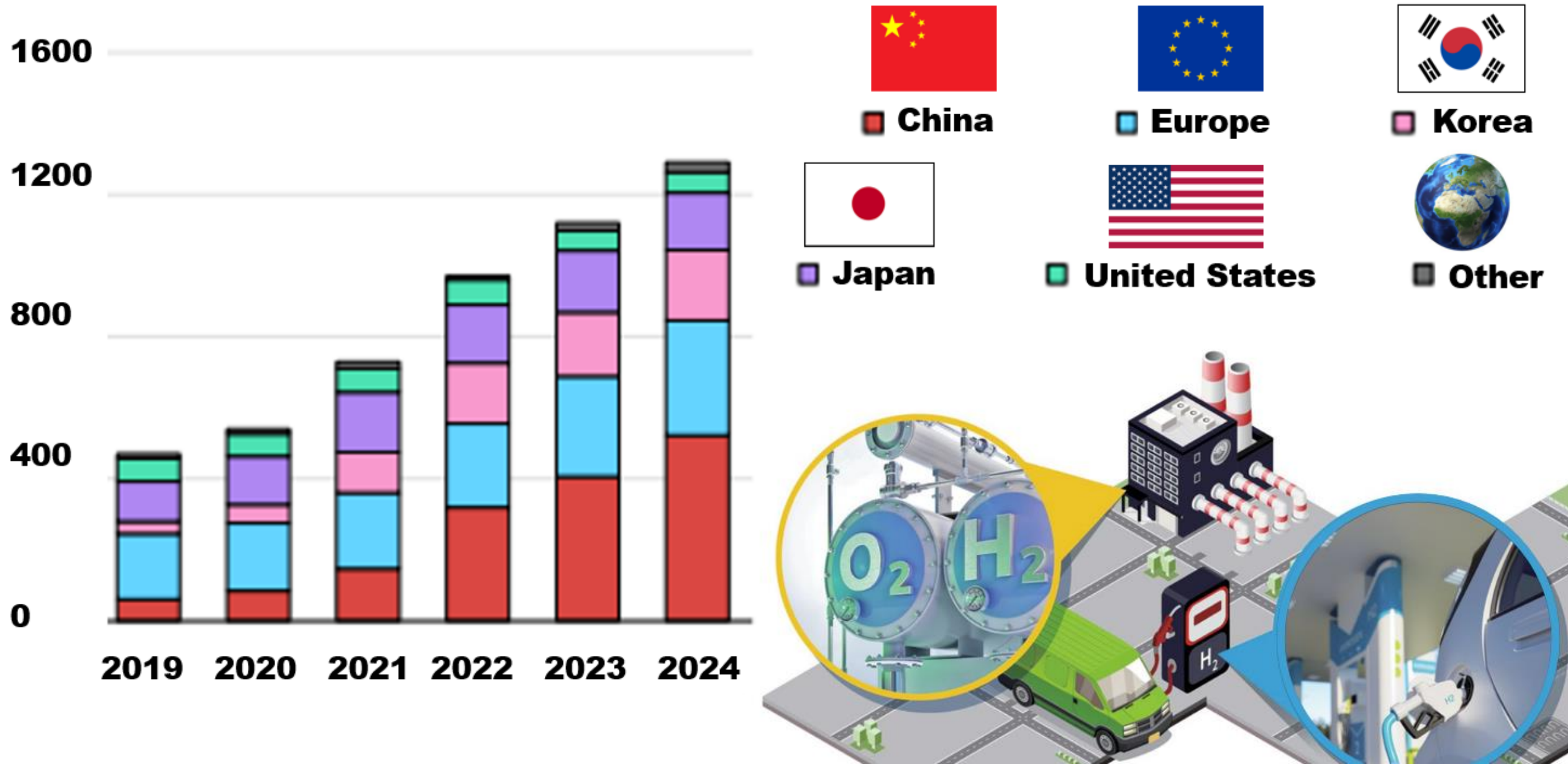
VÍZ



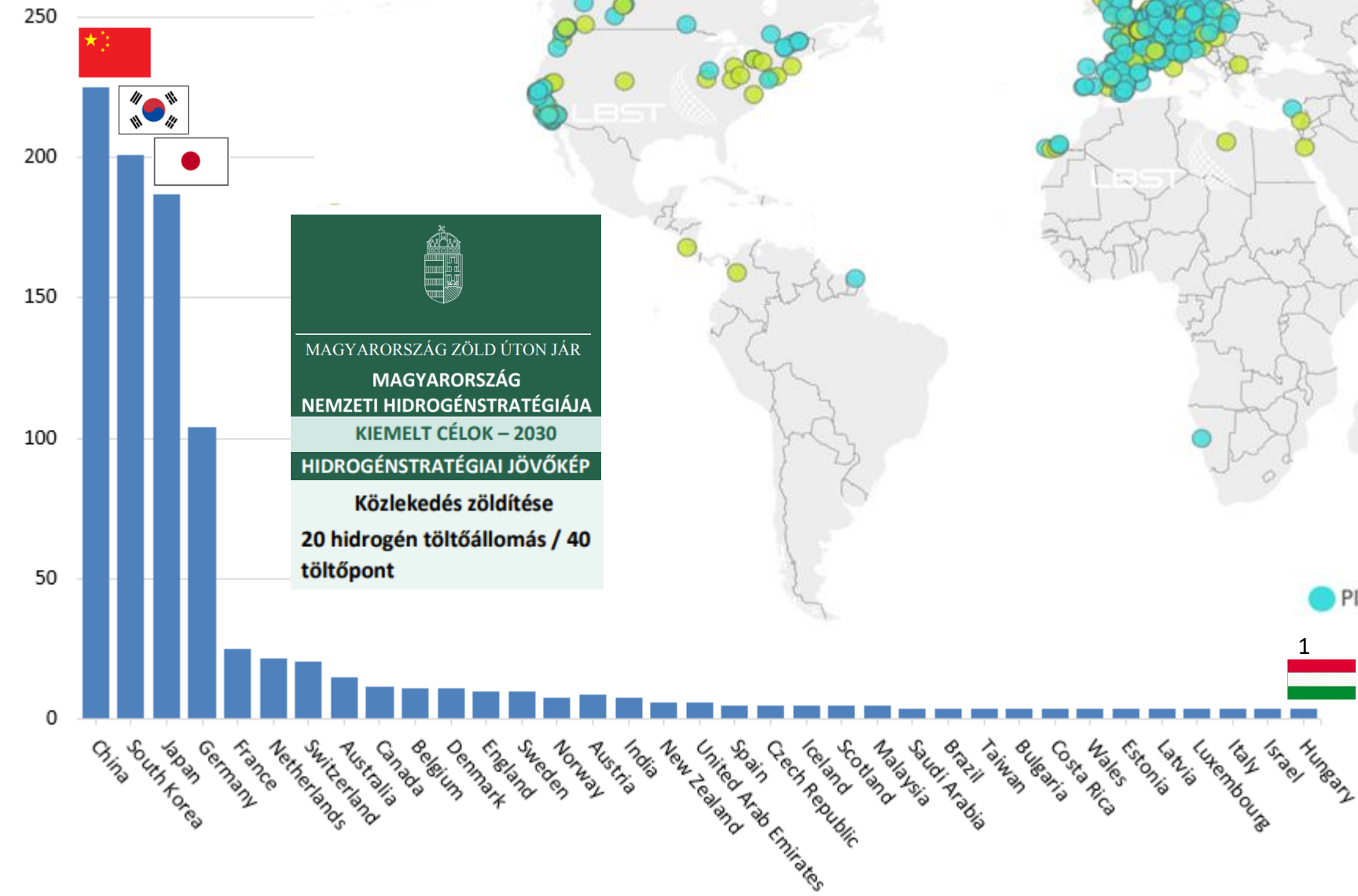
KOCKÁZAT



HIDROGÉN TÖLTŐÁLLOMÁSOK SZÁMA



HIDROGÉN TÖLTŐÁLLOMÁSOK VILÁGSZERTE





MAGYARORSZÁG ZÖLD ÚTON JÁR

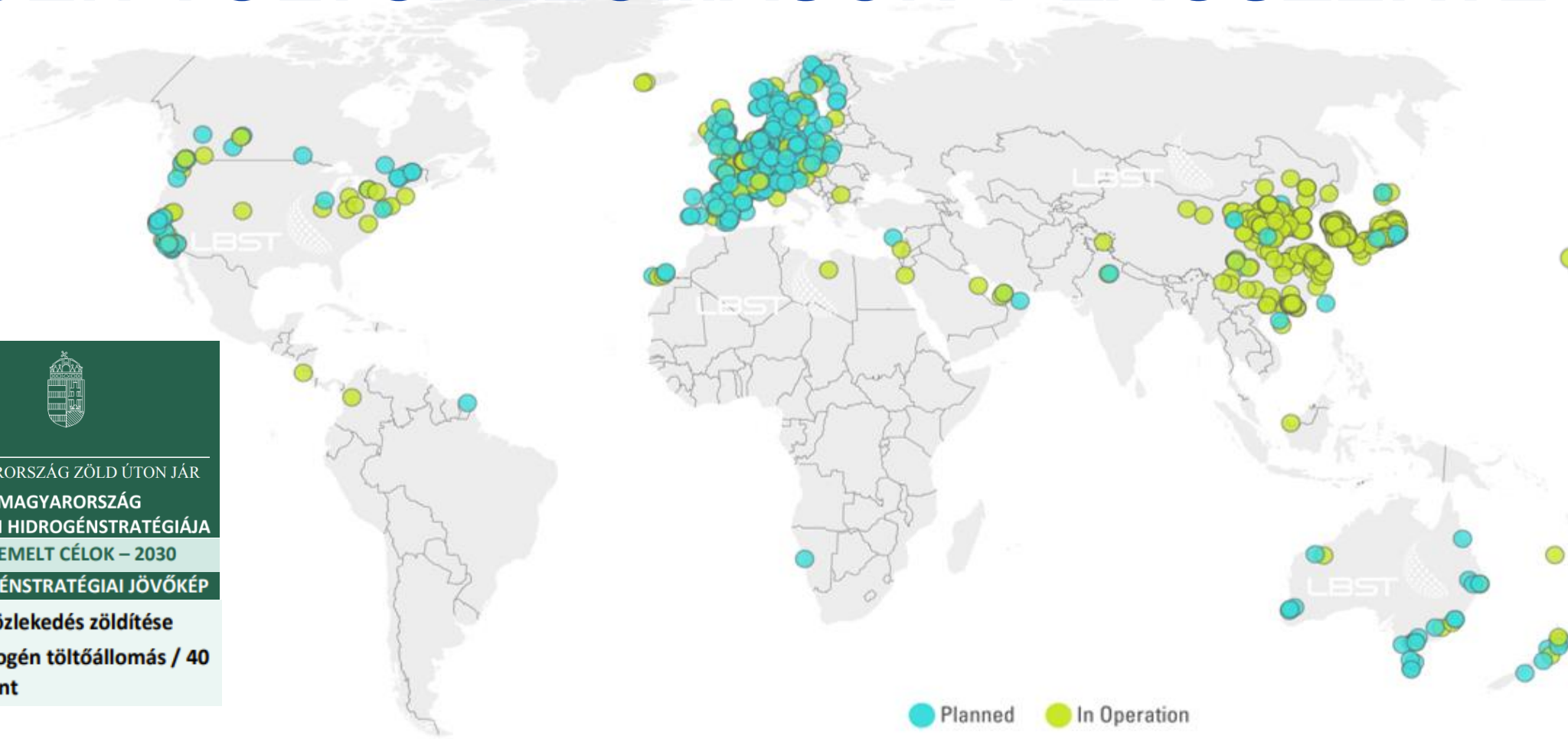
**MAGYARORSZÁG
NEMZETI HIDROGÉNSTRATÉGIÁJA**

KIEMELT CÉLOK – 2030

HIDROGÉNSTRATÉGIAI JÖVŐKÉP

Közlekedés zöldítése

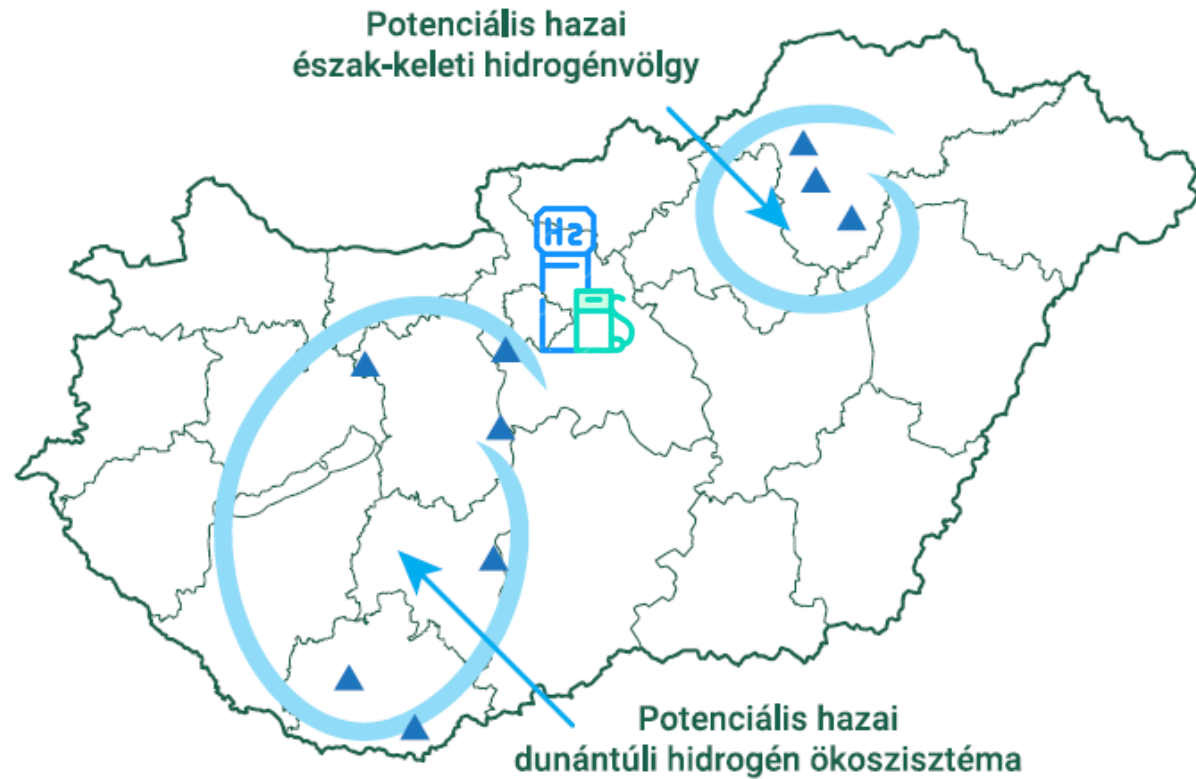
**20 hidrogén töltőállomás / 40
töltőpont**



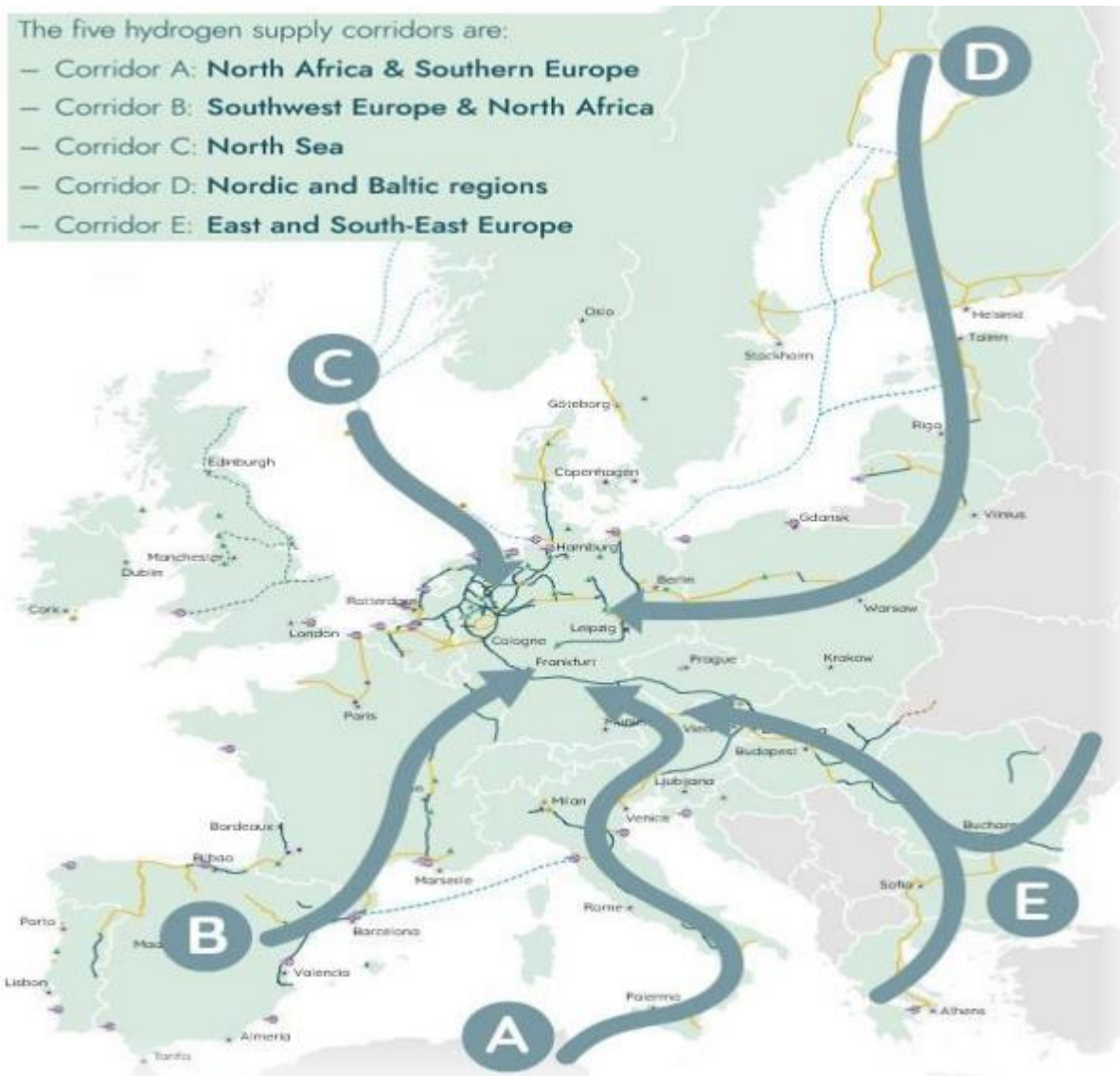
HYDROGEN
FUEL STATION



MAGYAR HIDROGÉN HELYZET

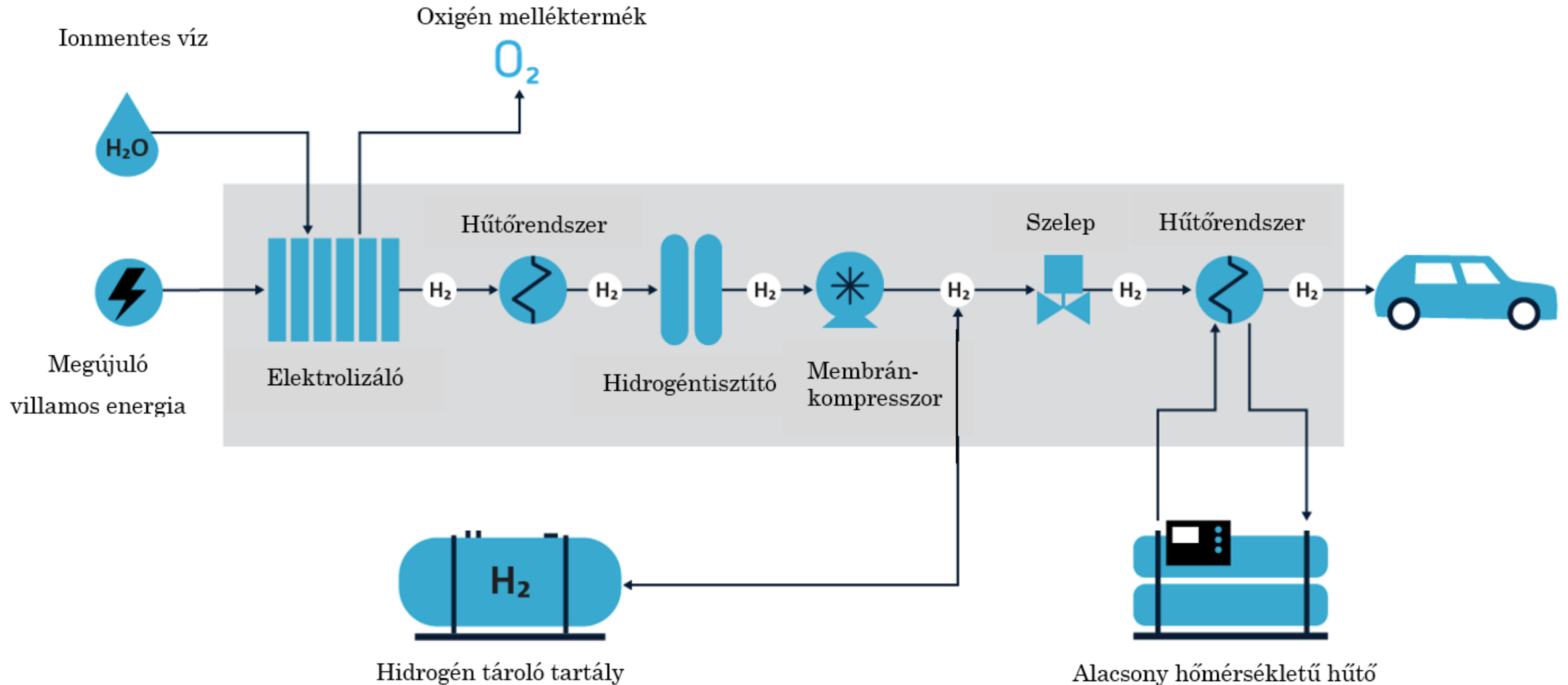


A DÉLKELET EURÓPAI HIDROGÉNKORRIDOR

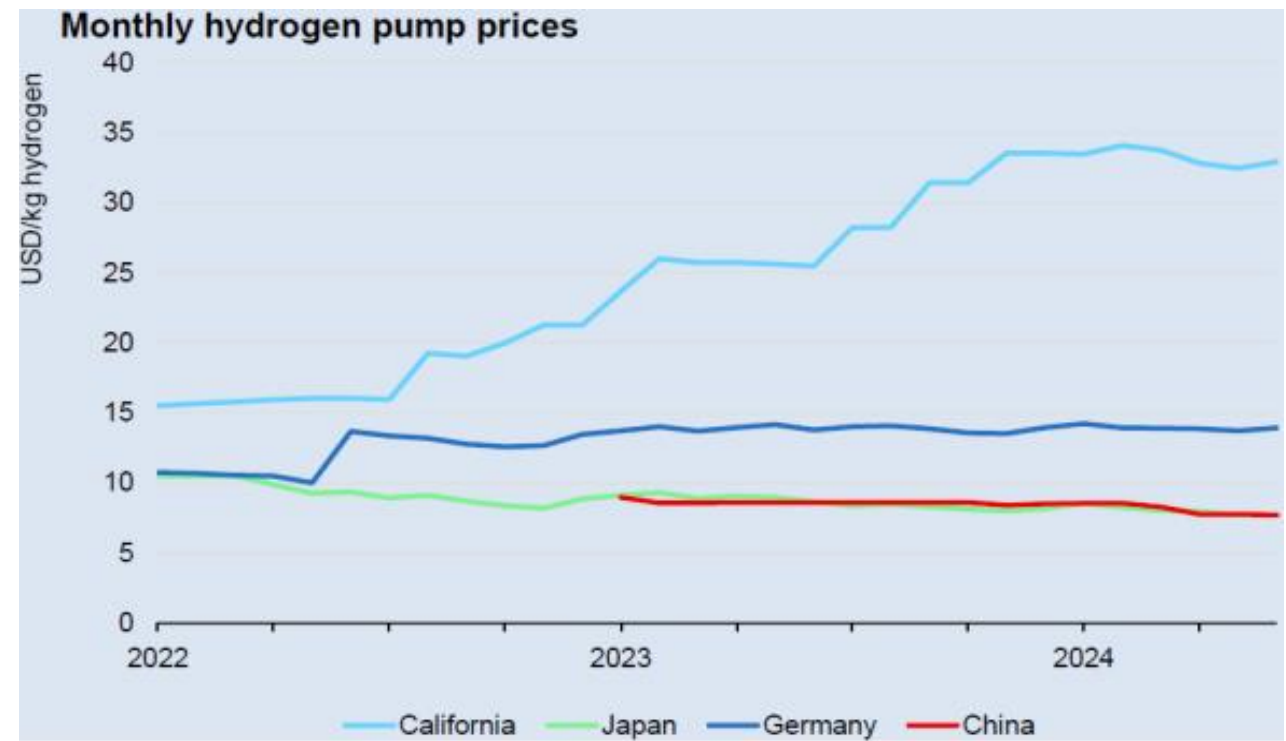
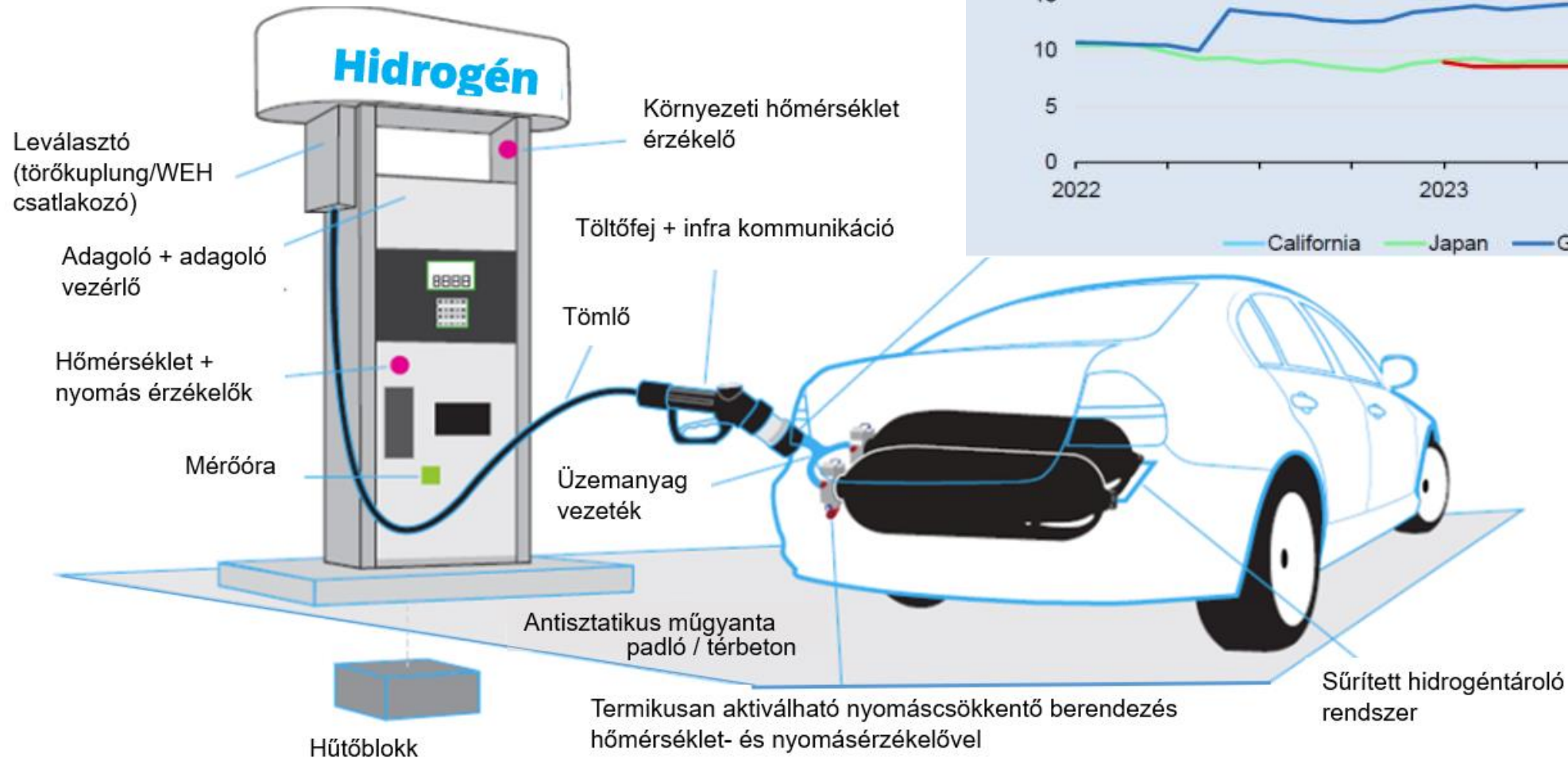




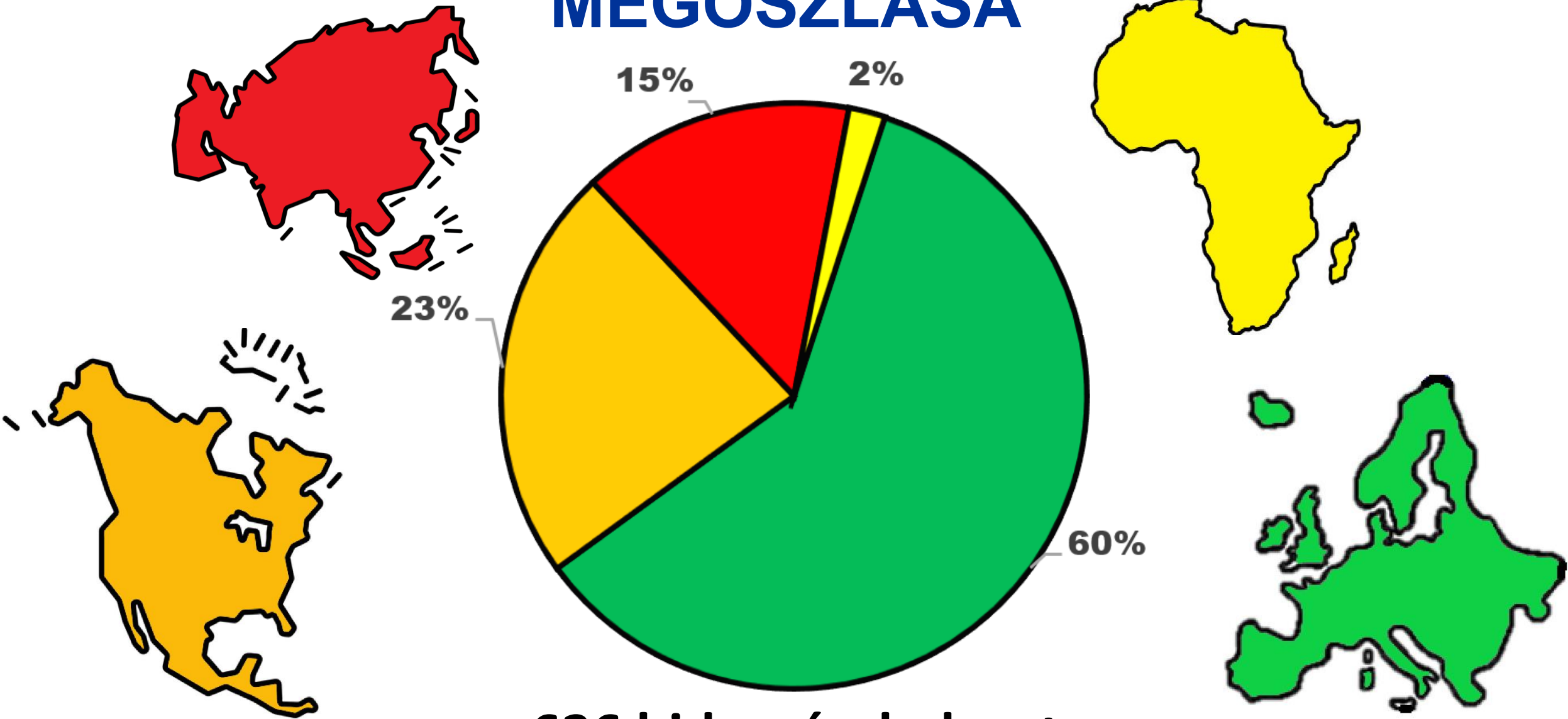
TÖLTŐÁLLOMÁS MŰKÖDÉSÉNEK FOLYAMATÁBRÁJA



HIDROGÉN TANKOLÁS

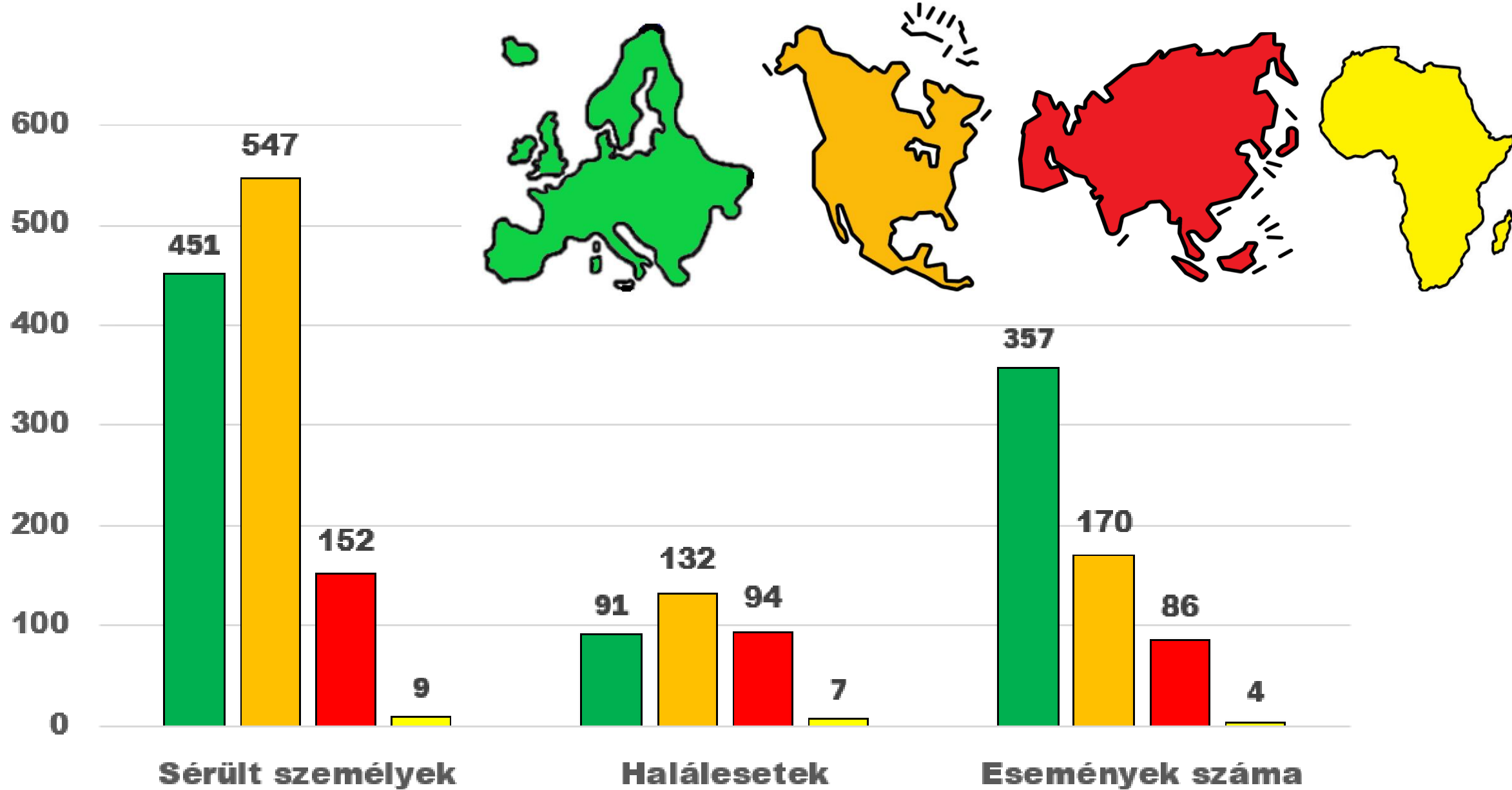


HIDROGÉNBALESETEK FÖLDRAJZI MEGOSZLÁSA

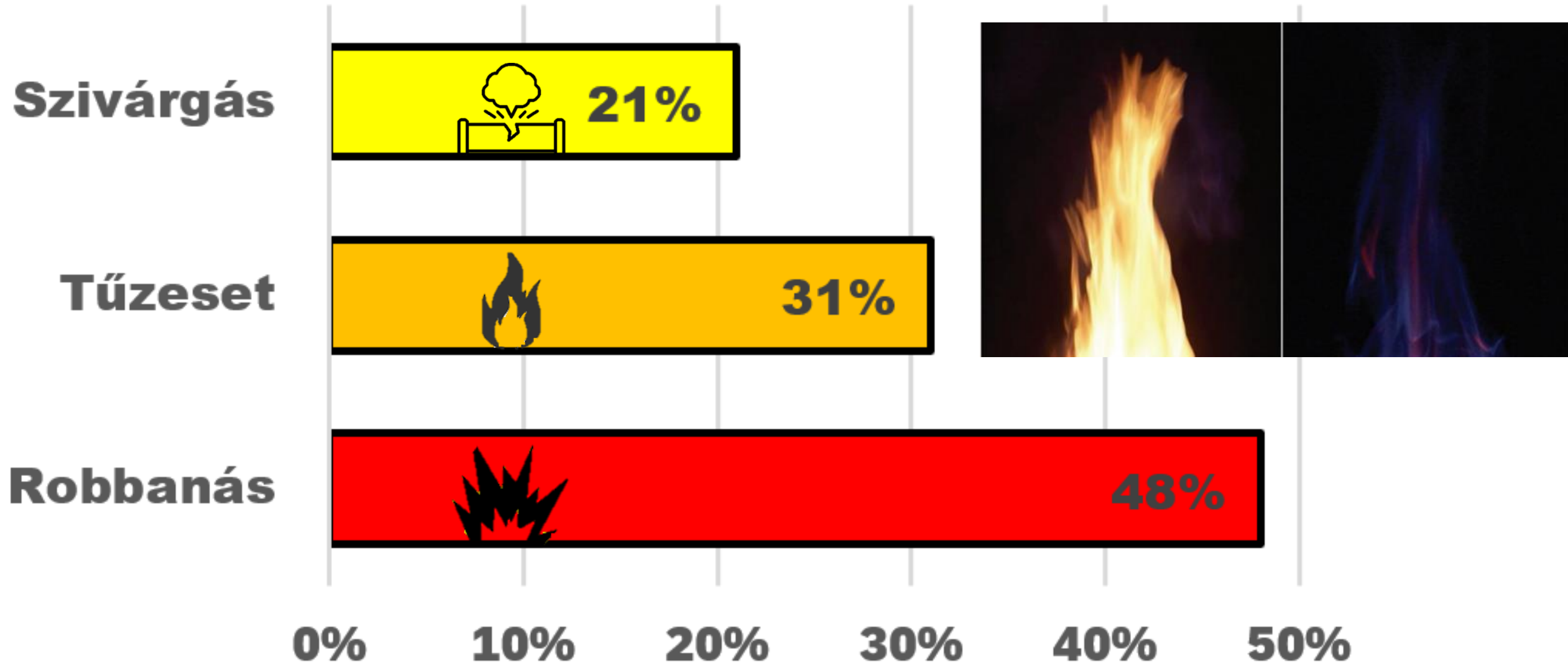


626 hidrogén-baleset

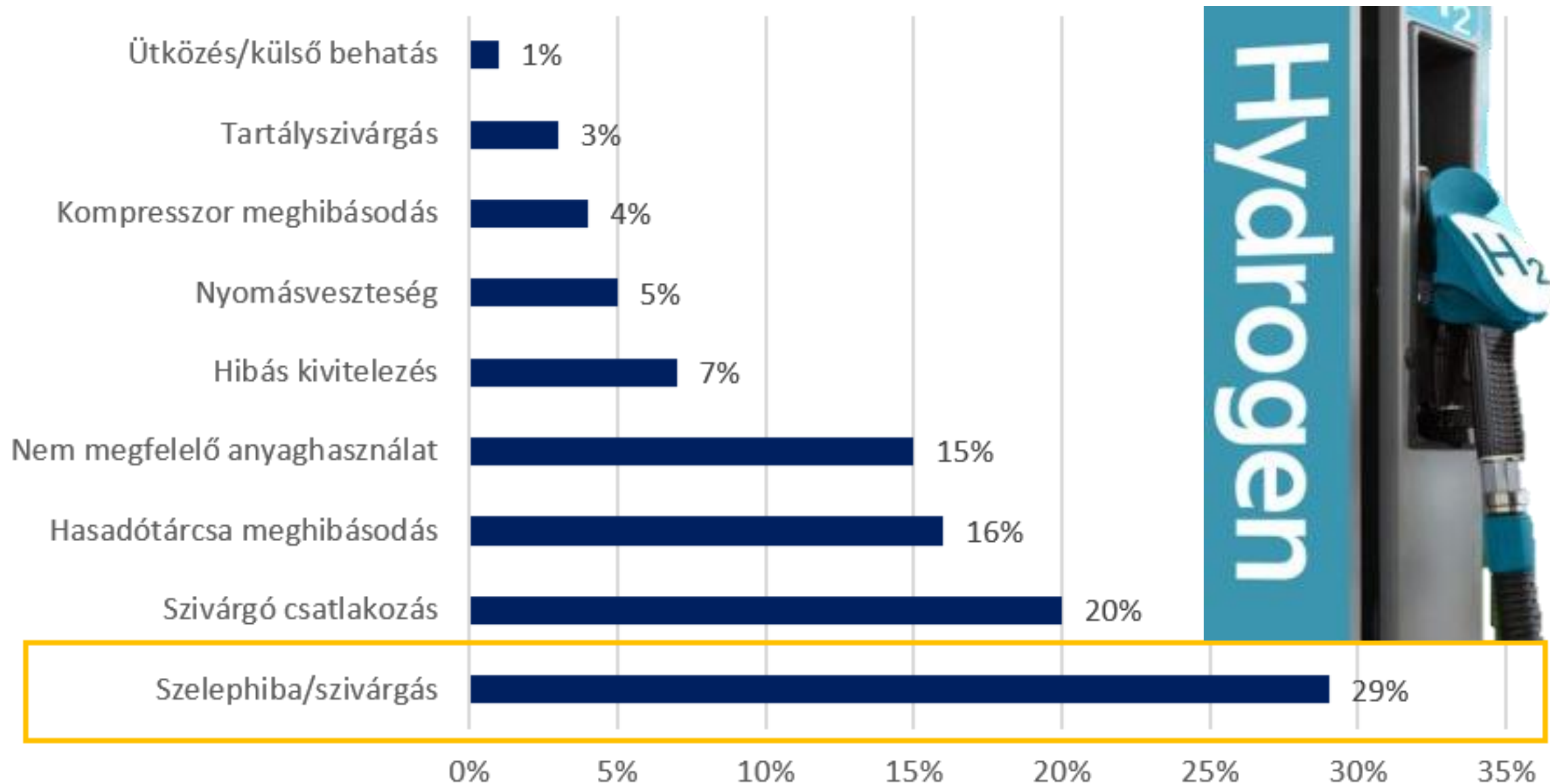
SÉRÜLÉSEK ÉS HALÁLESETEK MEGOSZTLÁSA



HIDROGÉN BALESETEK JELLEGE



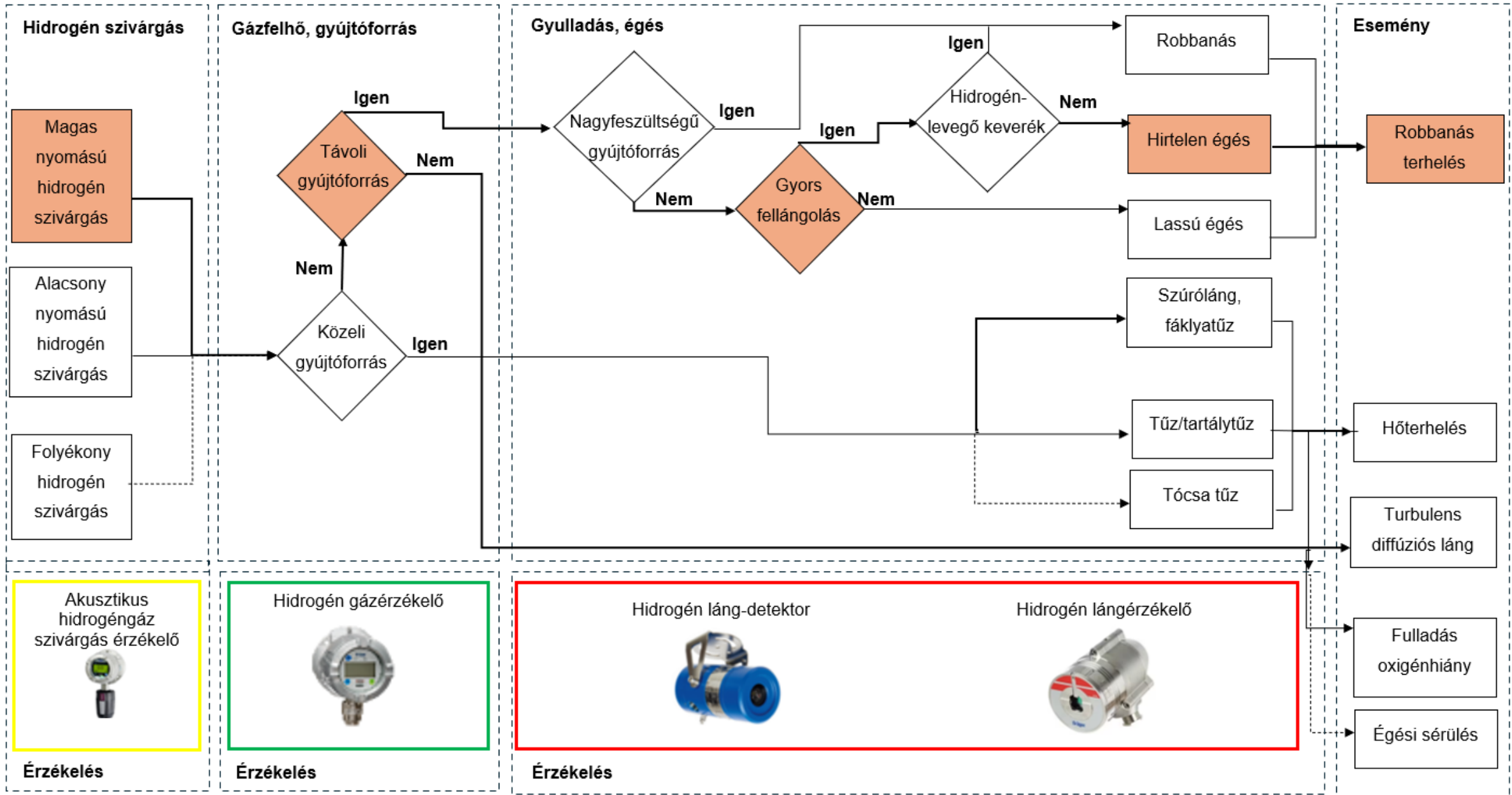
HIDROGÉN BALESETEK OKA



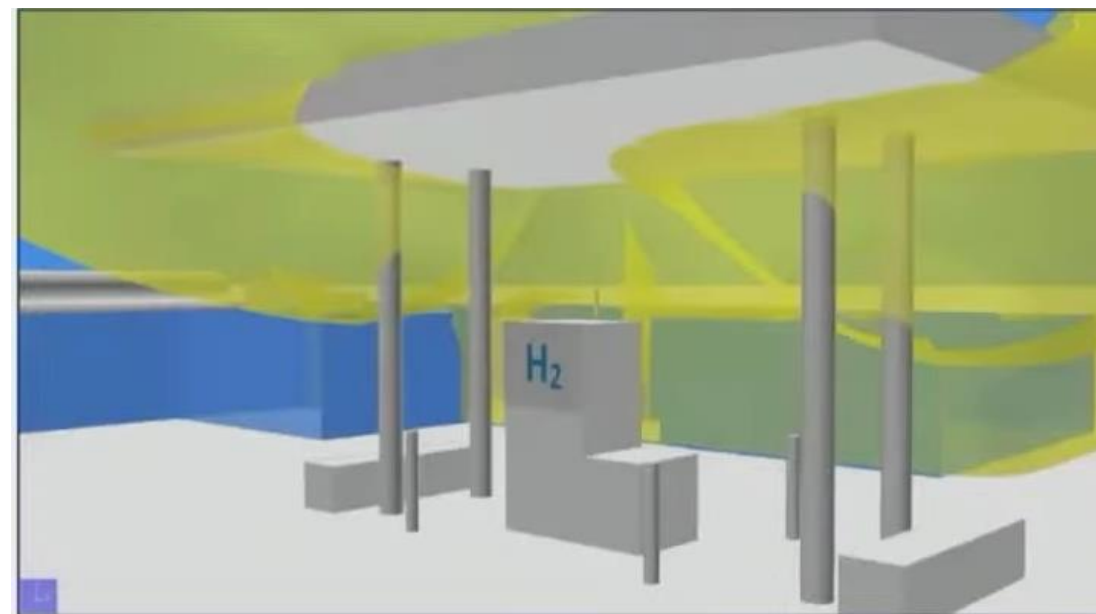
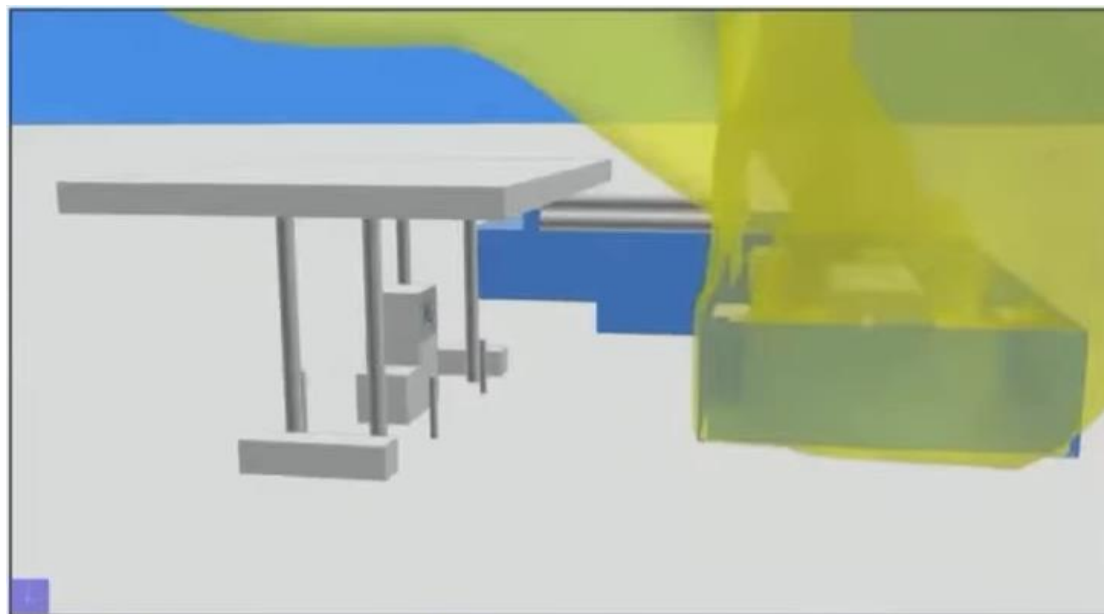
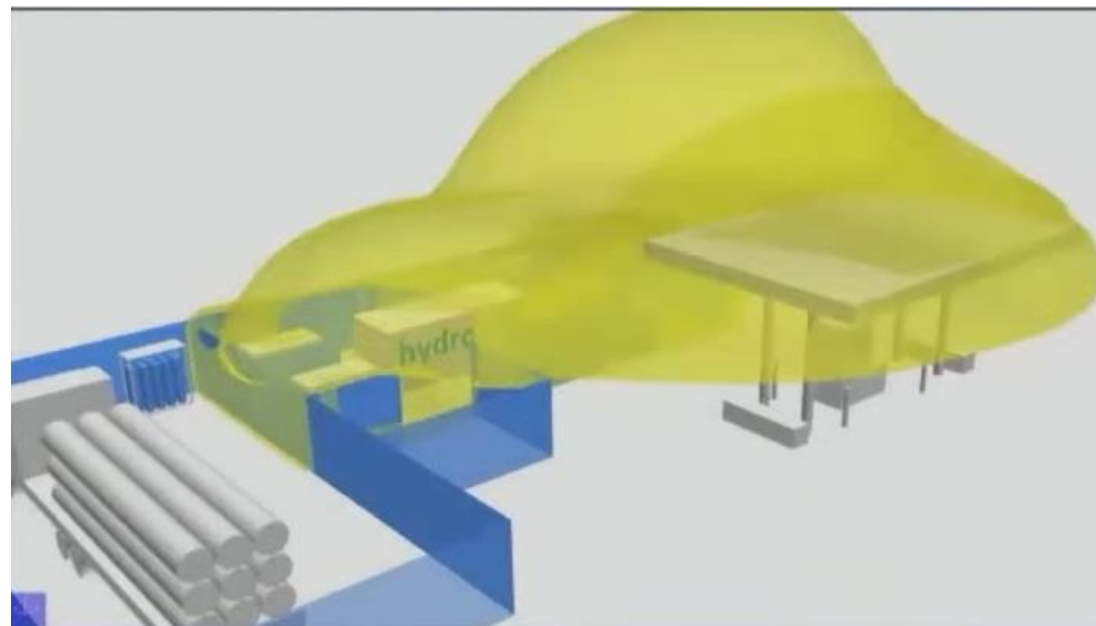
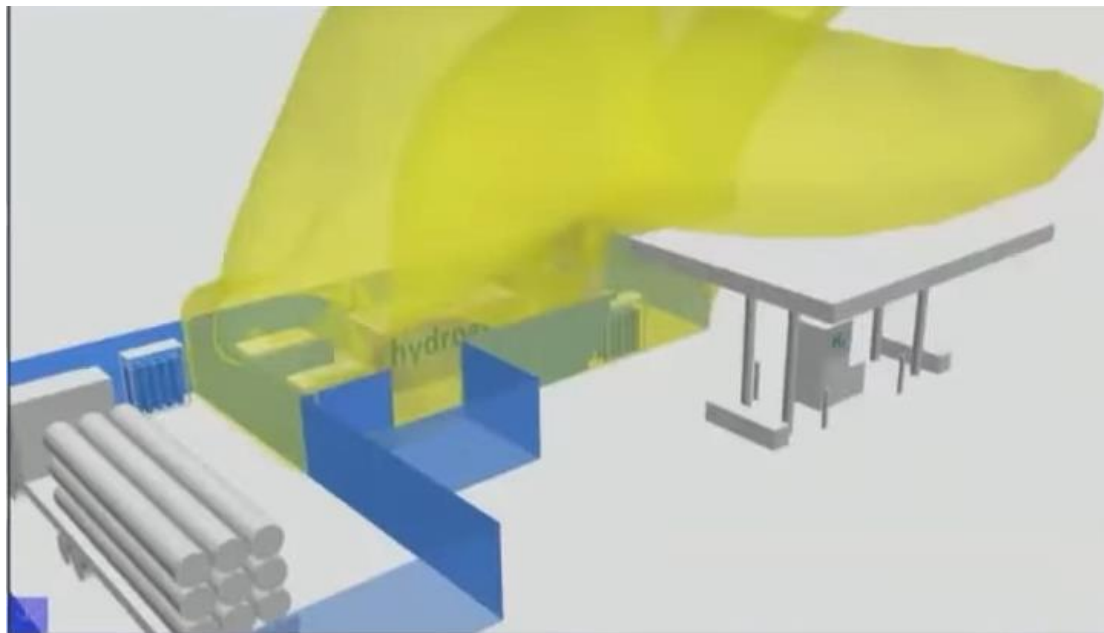
HAZOP

Egység/ alegység	Eltérés	Hiba oka	V	S	K	Tűz megelőzés
Szelep	Szivárgás	Fagyponthoz alatti hőmérséklet, hibás működés	4	B	4B	Téli időszakban gyakori ellenőrzés, gázérzékelő,
Töltőkábel, tömlő	Szivárgás	Mechanikai sérülés, tömlő-sérülés, törés	3	D	3D	Ellenőrzés, időszakos tömlőcsere, kerékütköző, oktatás,
Szelep	Szivárgás	Fordított beszerelés	1	C	1C	Tesztelés, EVE, légzésvédő,
Üzemanyag-adagoló	Szivárgás	Tömorségi probléma	2	C	2C	Ellenőrzés, szivárgásdetektor,
Szabályozó-szelep	Szivárgás	Kopás	2	B	2B	Gyakori ellenőrzés és karbantartás
Üzemanyag-adagoló	Szivárgás	Csatlakozó fellazulás	2	B	2B	Vészleállítás, nyomaték meghatározása, légzésvédő,
Kompresszor	Szivárgás	Meghibásodás	3	B	3B	Gázérzékelő telepítése
Csatlakozó	Szivárgás	Hibás kivitelezés	2	B	2B	Minősítés, vészleállítás, elzáró szerelvények
Csatlakozó	Szivárgás, tűz, fáklyatűz hősugárzás, hőterhelés	Sérült tömítés, Forró felület	4	D	4D	Vészleállítás, spinkler, havária terv, tűzgátló panel, lángdetektor, hőkamera, Q-box, biztonsági távolság,
Szabályozó szelep	Szivárgás	Anyaghiba	2	B	2B	Kompatibilis anyagválasztás, áramlásmérő,
Csatlakozó	Szivárgás, robbanás	Hibás kivitelezés	2	D	2D	Szikramentes térbeton, check lista, detonációs zár, robbanás-álló építési mód,
Hűtőrendszer	Biztonsági szelep nyitás	Zárhat miatt hőmérséklet emelkedés	2	A	2A	Hőmérséklet mérés, távfelügyelet, nyitásérzékelő
Hidrogén-tartály	Szivárgás, $P_a > P_t$	Túltöltés	3	C	3C	Lefúvatás, szabályozó-szelep, oktatás, be/ki kapcsoló szelep
Csatlakozás	Szivárgás, robbanás,	Szikramentes kialakítás, gyújtóforrás	4	D	4D	Rb. védelmű berendezés, biztonsági távolság, detonációs zár, robbanás-álló építési mód,
Töltőcső	Szivárgás, tűz, hősugárzás, égési sérülés	Földelés hiánya, Sztatikus elektromosság,	4	D	4D	Földelés, szikramentes szerszám, Tűzoltó készülék, Antisztatikus ruházat, EVE, hőkamera, Q-box,
PLC logikai vezérlő	Szivárgás	Áramkimaradás okozta szelephiba	2	B	2B	Tartalék akkumulátor, szellőztetés zárt tér esetén.
Hidrogén-tartály	Nyomásemelkedés, túlnyomás, repeszhatás, tartálytűz	Vezérlőrendszer meghibásodás	3	C	3D	Lefúvatás, hasadópanelek, nyomásmérő,
Nyomás-szabályozó szelep	Nyomás-növekedés, szivárgás	Meghibásodás	2	C	2C	Gázérzékelő, nyomástávadó,
Kompresszor	Töltés megszakadása	Meghibásodás, szelepszárás	3	B	3B	Mágnesszelep,

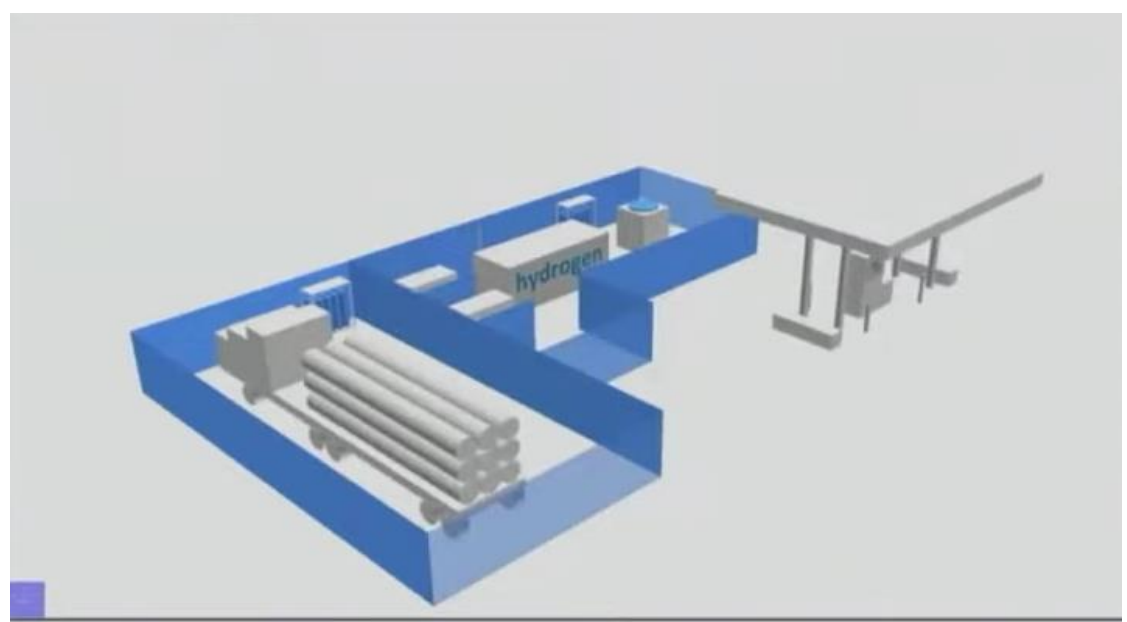
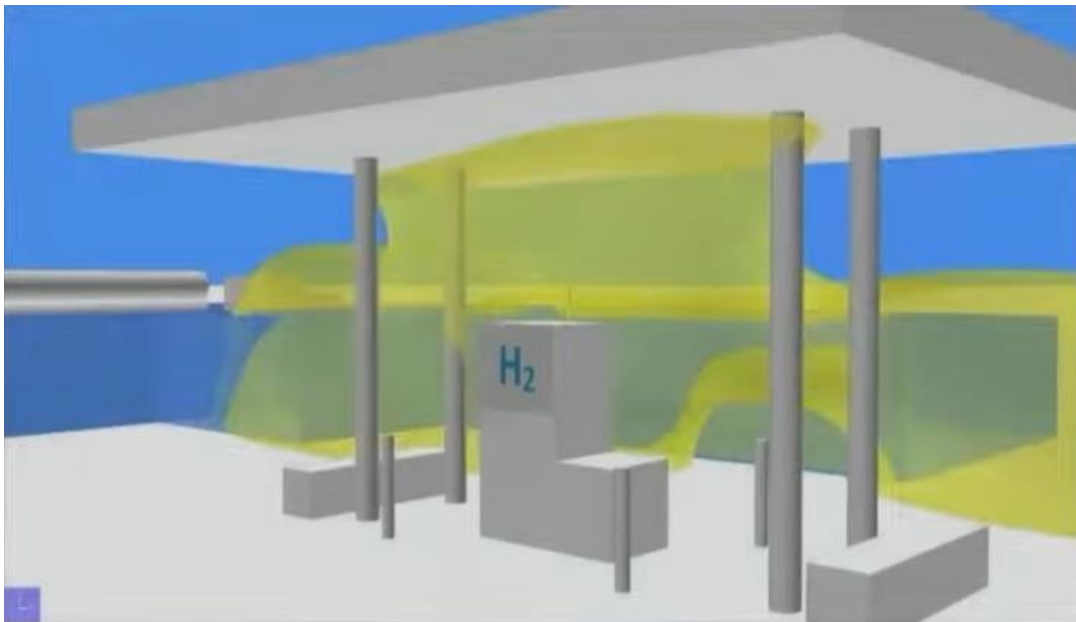
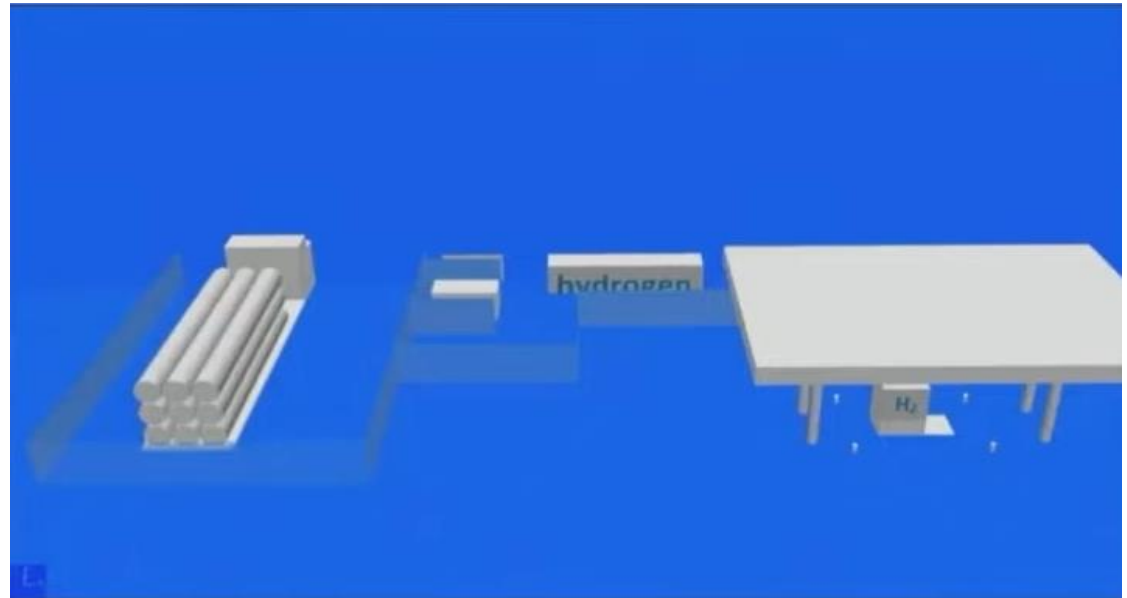
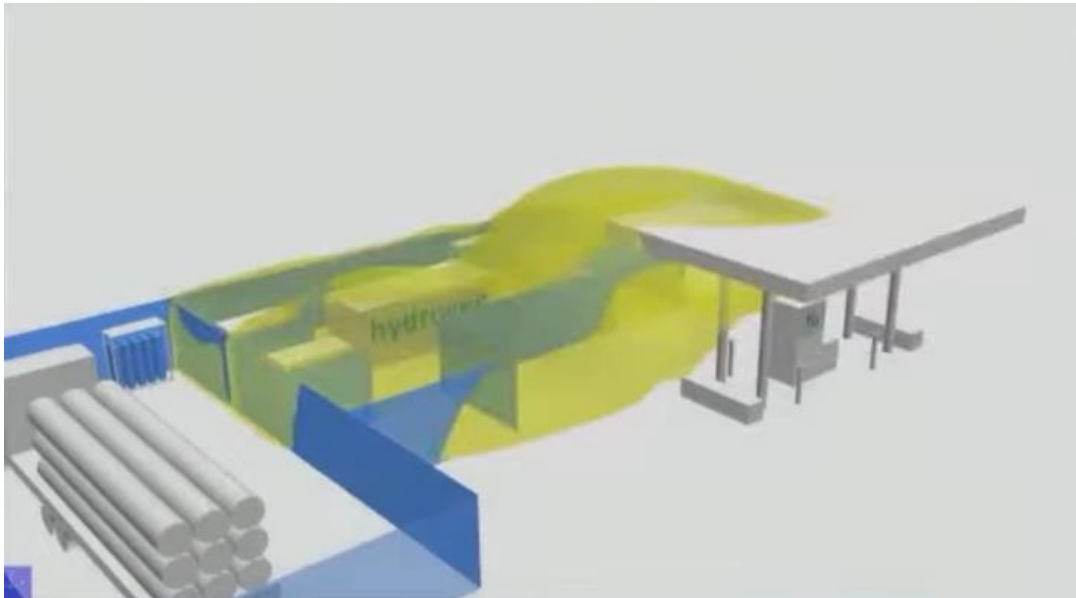
ESEMÉNYFA ELEMZÉS



GÁZMODELLEZÉS

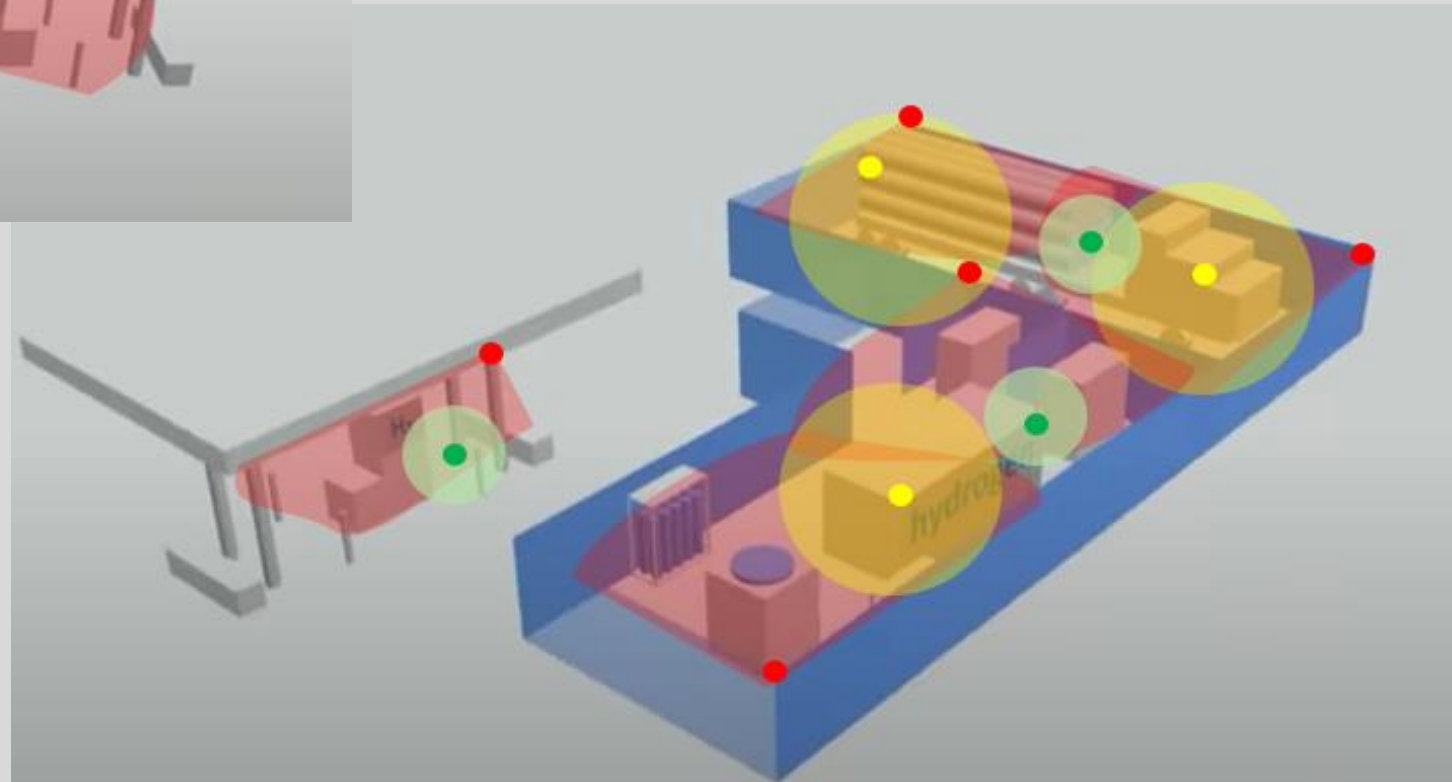
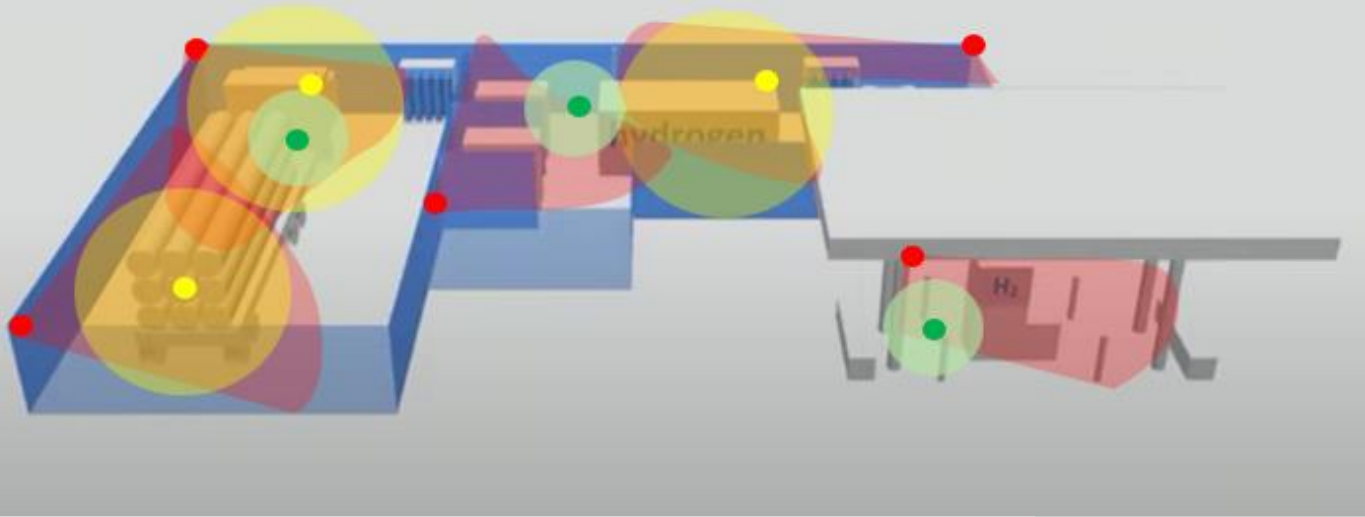


GÁZMODELLEZÉS ÉS ROBBANÁSELEMZÉS

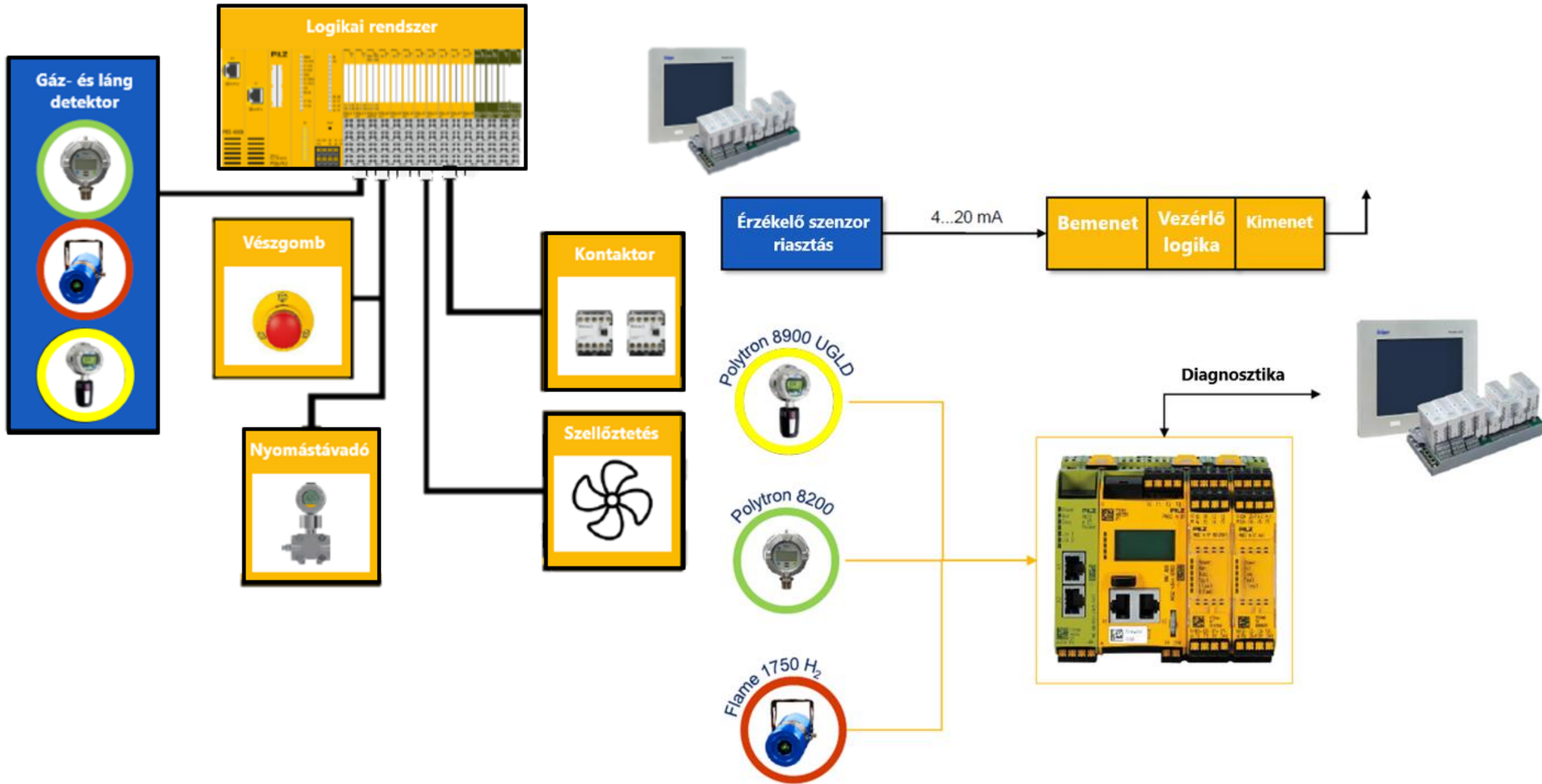


DETEKTOROK LEFEDETTSÉGE

-  Akusztikus hidrogéngáz szivárgás érzékelő
-  Hidrogén gázérzékelő
-  Hidrogén láng-detektor



FUNKCIONÁLIS BIZTONSÁG



ANYAGVÁLASZTÁS

SZERKEZETEK:

Auszténites rozsdamentes acélok és alumínium ötvözetek, rézötvözetek

SZIGETELÉS:

Többrétegben poliizocianurát (PIR) és a poliuretán (PUR) szigetelőhab

TÖMÍTÉS:

Szilikonmentes NBR (nitril-kaucsuk), FPM/FKM Viton, IIR butil kaucsuk, SBR neoprén, grafitos tömítőanyagok

SZERKEZETEK:

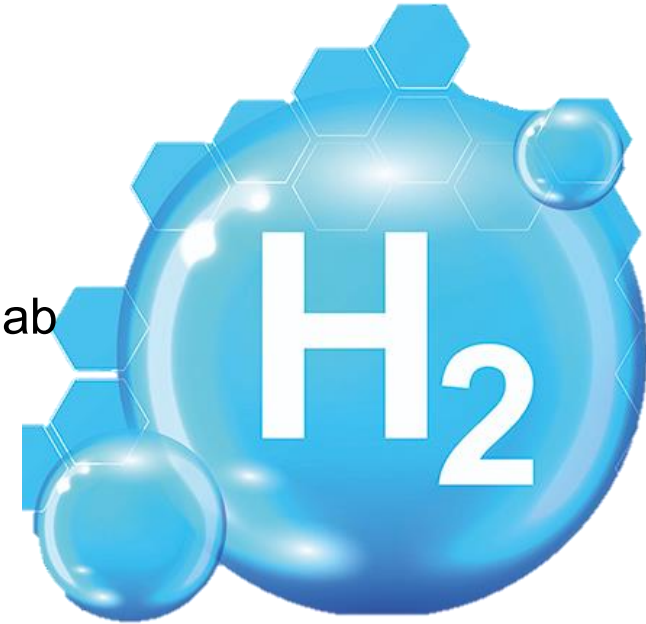
Nem stabilizált auszténites rozsdamentes acél vas, alacsonyan ötvöztött acélok, cink, króm, köbös kristályszerkezetű fém

SZIGETELÉS:

Azbeszt és a teflonnal impregnált azbeszt

TÖMÍTÉS:

Elasztomerek és műanyagok, szilikon kaucsuk



MEGFELELŐSÉG IGAZOLÁSA

Releváns hazai jogszabályok

22/2009. (VII. 23.) ÖM r.

44/2016. (XI. 28.) NGM r.

219/2011. (X. 20.) Korm. r.

Releváns szabványok

MSZ EN 17127:2024

MSZ EN ISO 80079-36:2016

MSZ EN 60204-1:2019

Vonatkozó EU rendeletek

2014/34/EU ATEX

2014/68/EU PED

Irányelvek

EIGA Doc 100/20

EIGA Doc 134/21

Együttes CE megfelelőségi nyilatkozat

- ✓ tűzvédelmi megfelelőségi tanúsítvány – tűz/robbanásveszélyes berendezés
- ✓ EK megfelelőségi nyilatkozat – robbanásbiztos berendezés
- ✓ EU típustanúsítvány - nyomástartó

40/2017. (XII. 4.) NGM r.

280/2024. (IX. 30.) Korm. r. (TÉKA)

31/2014. (II. 12.) Korm. R.

MSZ EN 1127-1:2019

MSZ EN IEC 60079-10-1:2021

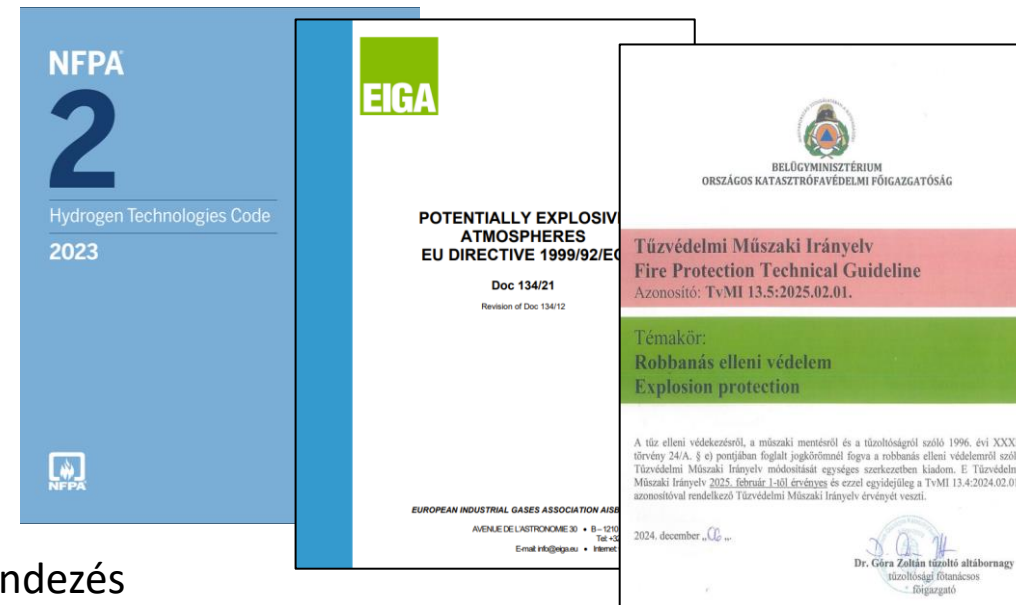
MSZ 9943:2009

2014/30/EU EMC

2006/42/EK gép

TvMI 13.5:2025.02.01

EIGA Doc 242/22



ROBBANÁSVÉDELEM

0-ás zóna: szabályozószelep belső tere, szerelvények, csővezetékek, csatlakozók belső tere, tartály belső tere

1-es zóna: szabályozó szelepszártól mért 1m sugarú gömb, fedett terek teljes alapterülete, tartályok légző berendezéseinek nyílása körüli 3 m-es övezet,

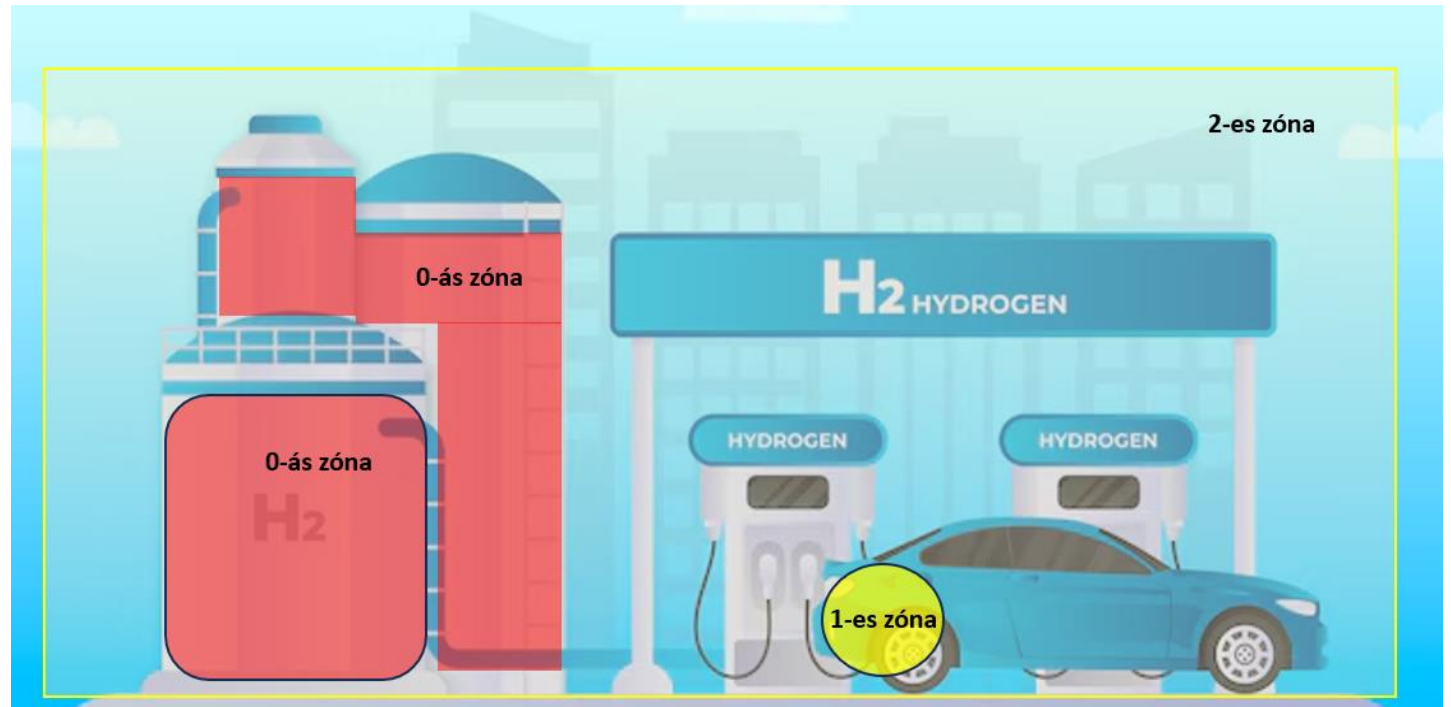
2-es zóna: szabadtéren, a nem üzemszerűen oldható csőkötések, szerelvények, csatlakozók, körüli 9 m sugarú gömb, szabályozó szelep körüli 1-es zónán túli további 9 m sugarú gömb



0-ás zóna:  II 2G Ex e [ia] IIC T1 Ga

1-es zóna:  II 2G Ex db [ib] IIC T3 Gb

2-es zóna:  II 2G Ex nC [ic] IIC T5 Gc



GYÚJTÓFORRÁSOK

Elsődleges védőintézkedés: robbanóképes közeg kialakulásának elkerülése, az éghető anyag szivárgásának csökkentése, hígítás szellőztetéssel,

Másodlagos védőintézkedés: gyújtóforrás kialakulásának elkerülése,

Harmadlagos védőintézkedés: robbanás következményeinek korlátozása elfogadható mértékűre, konstrukciós védőintézkedésekkel pl.:

hasadópanel- és tárcsa, Q-box, deflagrációs/detonációs zár, robbanásálló

Építési szabvány által megkülönböztetett gyújtóforrások a H2

töltőállomá

Forró felület

Elektromos termékek

Forró gáz, láng

Sztatikus elektromosság

Mechanikusan gerjesztett szikra

Villámcsapás



TŰZBIZTONSÁG

Szerelvények

dupla roppantógyűrűs, vágógyűrűs csavarkötés

Túlnyomás elleni védelem

hasadótárcsák, lángmentes lefúvatás
deflektor, hőpajzs, lángzár, hidegfáklya

Aktív tűzvédelmi rendszer

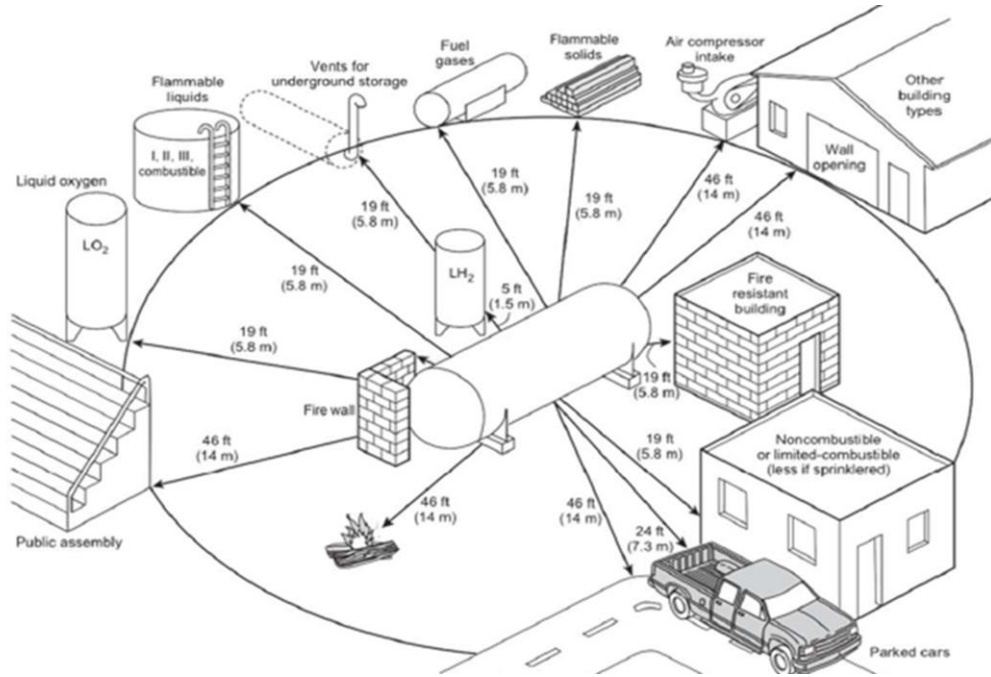
FM-200 oltógáz, palásthűtés

kémiai reakciókkal történő tűzgátlás

kémiai inhibitorok, NaHCO_3 , NBr , NaCl



TŰZBIZTONSÁG



Passzív tűzvédelmi rendszer

ISOLATIE Combinatie IGNIS-PFP panel

tűzvédelmi lezárások, mandzsetták, láng-visszacsapó

Biztonsági távolság

NFPA2 hidrogén kódex

EIGA Doc. 15/21 kiadvány

Beavatkozás menete

Vonulás (szélirány, 50 m biztonsági távolság)

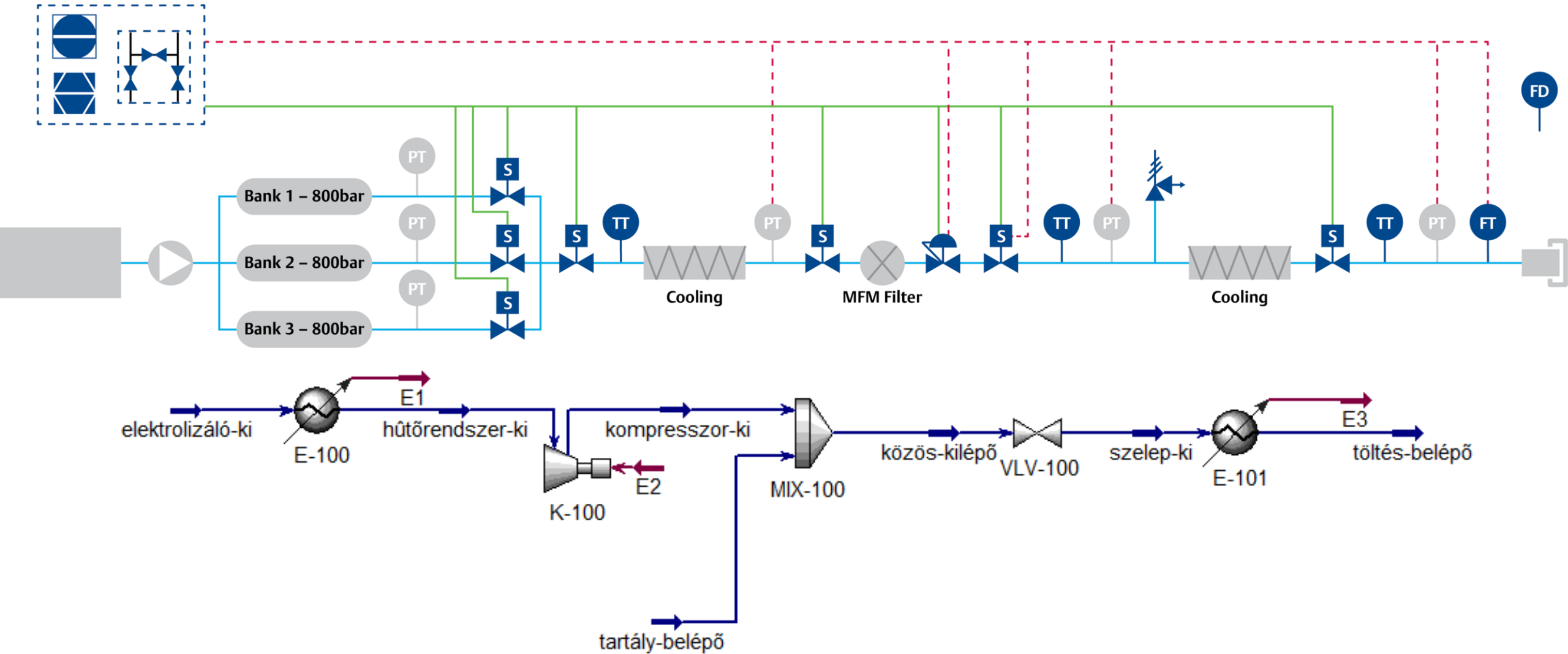
Felderítés (2 fő, védőruházat, légzésvédő, hőkamera, gázérzékelő,)

Beavatkozás előkészítése (veszélyességi zóna, gázkoncentráció mérés, kiszakaszolás)

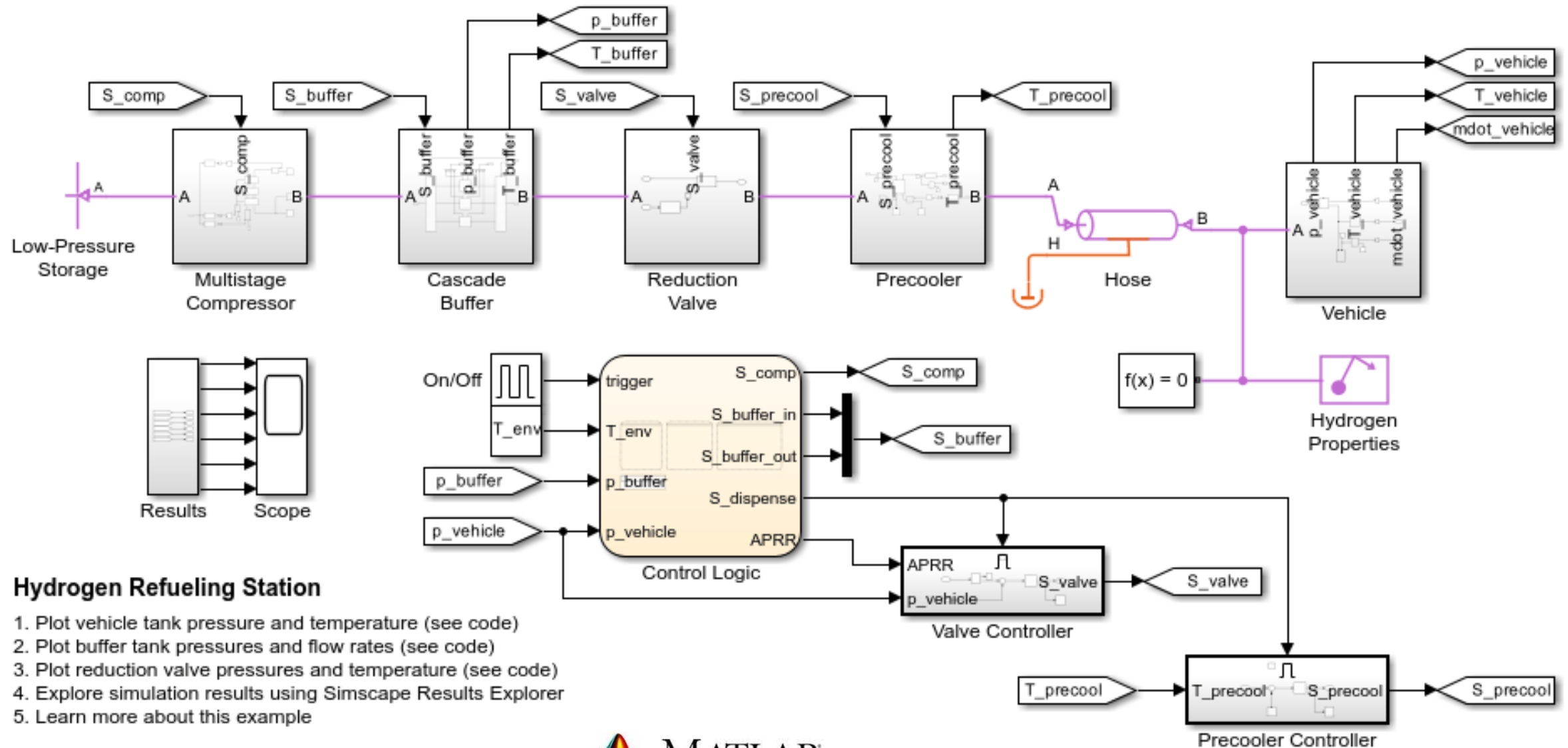
Beavatkozás (nedvesítés-hűtés, robbanásbiztos turbóventilátor, vízfüggöny)



FOLYAMATMODELLÉZÉS



DIGITÁLIS IKER TECHNOLÓGIA



Hydrogen Refueling Station

1. Plot vehicle tank pressure and temperature (see code)
2. Plot buffer tank pressures and flow rates (see code)
3. Plot reduction valve pressures and temperature (see code)
4. Explore simulation results using Simscape Results Explorer
5. Learn more about this example

[illegible]

BIZTONSÁGI KÖVETELMÉNYEK

Egyéni védelem

ESD biztonsági cipő, légzésvédő, hőkamera,
mobil gázérzékelő, oktatás, antisztatikus munkaruha

Kollektív védelem

Szabályozások, munkautasítás
vészleállító, hasadótárcsa, lefúvatás, havária terv,

Műszaki védelem

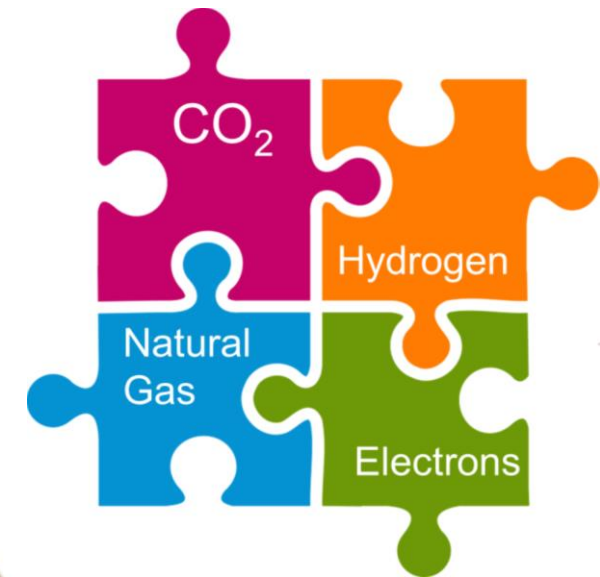
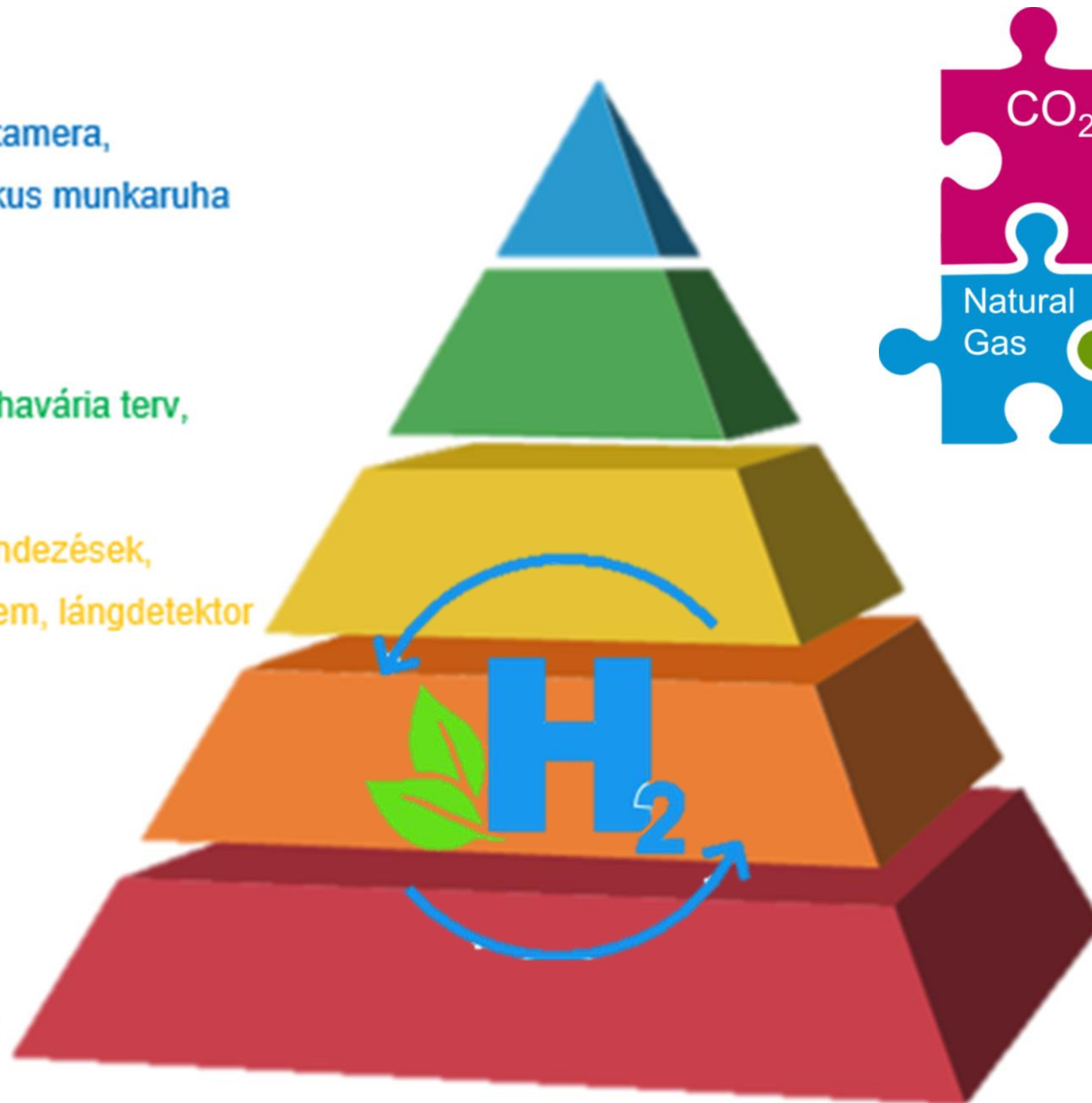
Fix gázérzékelő, robbanásbiztos berendezések,
nyomástávadó, szellőztetés, tűzvédelem, lángdetektor

Kiegészítő védelem

Kémiai reakció, passzív védelem

Izolált védelem

Veszély fizikai elhatárolása,
oldhatatlan kötés, biztonsági távolság



KÖNYVAJÁNLÓ

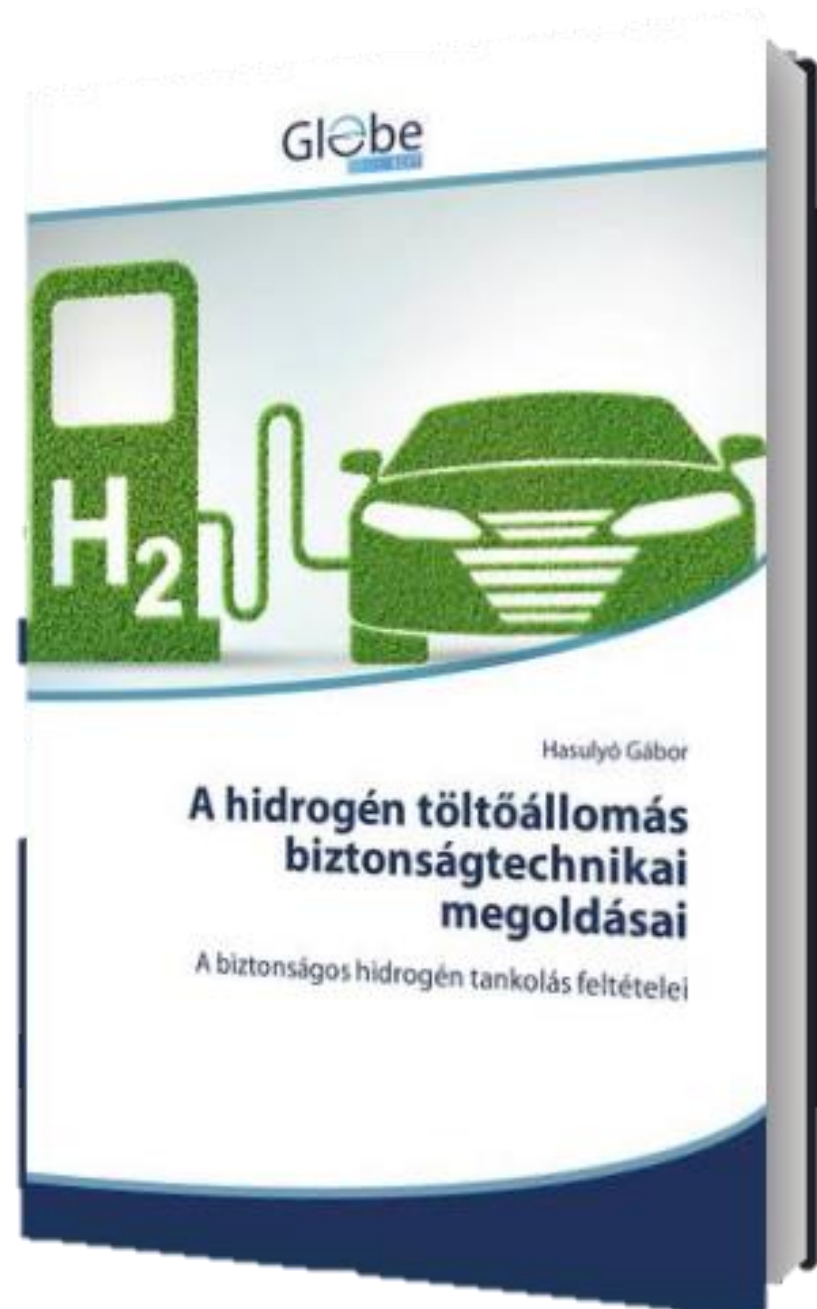
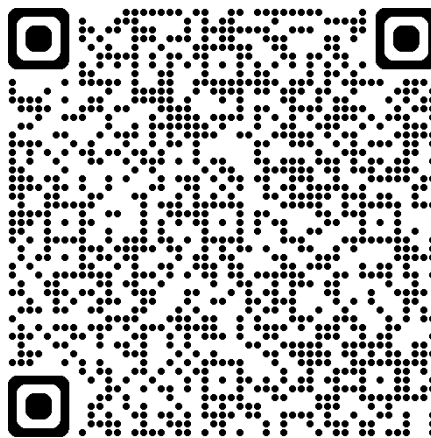
A biztonság a legfontosabb az új technológiák zökkenőmentes fejlődéséhez és a társadalom általi elfogadásához. A könyv hozzájárulhat a hidrogénbiztonsági kultúra és a biztonságos hidrogénpiac előmozdításához, mert tartalmazza a hidrogén töltőállomás rendszerarchitektúra stabilitását és az ellátás biztonságát szolgáló biztonsági koncepciókat, szabványokat. Az ismertetett biztonsági intézkedések egyszerű célokat fogalmaznak meg, amelyek széles körben érthetőek és egy hidrogéntöltő állomás robbanását okozó eseménylánc különböző elemeire kockázatcsökkentő intézkedésként hatnak. Alapos ismereteket nyújt a balesetek elkerülése érdekében betartandó szabályokról a feltörekvő hidrogéntekológia teszteléséről, érzékeléséről. A hazai hatóságok és jogalkotó szakemberek számára ajánlásokat tartalmazhat arra vonatkozóan, hogy hogyan oldhatók fel, illetve csökkenthetők a hidrogén-technológiák előtt álló akadályok. A könyvben ismertetett kockázatcsökkentő intézkedések hozzájárulhatnak a dekarbonizációs célok eléréséhez, megteremtve a lehetőséget annak is, hogy Magyarország aktív szereplőjévé váljon az európai hidrogéntérnek.

amazon

Globe
EDIT

More
Books!

ISBN: 978-620-8-83209-4



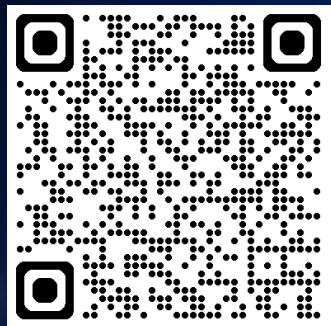






Hasulyó Gábor

Lead of Process Excellence / Project Delivery Cluster 1 • Sanofi
Doktorandusz • University of Miskolc



KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!



3535 Miskolc, Egyetemváros



gabor.hasulyo@uni-miskolc.hu



06/30-128-30-51