

A BIOMETÁN ÉS A HIDROGÉN HATÁSA A FÖLDGÁZRA BESZABÁLYOZOTT GÁZKÉSZÜLÉKEKBEN

BEVEZETÉS

Napjaink egyik legsürgetőbb globális kihívása az éghajlatváltozás megállítása. A hatást okozó, légkörbe kibocsátott gázok egyik jelentős csoportja az energiatartalomhoz, és ez által a végfelhasználó tüzelőberendezésekhez köthető. Európai szinten egyre erősödik az a törekvés, hogy a hagyományos fosszilis energiahordozókat egyre nagyobb mértékben helyettesítsük megújuló forrásból származókkal, az ipari méretű villamos energia termeléstől kezdődően a kommunális és lakossági szektorokig bezárólag. A közvetlen eltüzelésen alapuló gázfogyasztó készülékek legnagyobb mértékű ÜHG kibocsátása az eltüzelés során keletkező szén-dioxidból származik. A gázhálózatba bevezetendő megújuló gázok a földgáz legígéretesebb helyettesítői, a biometán és a hidrogén jogos prioritást kap a kormányzat részéről is, azonban meg kell vizsgálni, hogy a földgázra szabályozott készülékekre ez pontosan milyen hatást gyakorol. A biometán a szén körforgása miatt karbon-semlegesnek tekinthető, a hidrogén eltüzelésekor pedig eleve nem képződik szén-dioxid. Az Európai Unióban számos projektről hallani, mely a kérdés vizsgálatát tűzte ki célul, de konkrét, akár a hazai gyakorlatba is bevezethető eredmények még nincsenek. [9] A szerzők ennek a témakörnek az elemzését, probléma felvetését tűzték ki célul a hidrogénnel kevert biometán esetében, ugyanis az eddigi szakirodalmi tapasztalatok alapján a hidrogén csak igen korlátozott mennyiségben lesz a földgázrendszerbe keverhető, ellentétben a földgáz minőségével megegyező biometánnal. A legjobb, legnagyobb betáplálási hányadot képviselő alternatíva tehát a két forrás összekapcsolása.

Kulcsszavak: biometán, hidrogén, földgáz, energiatartalom, gázkeverék, tüzeléstechnikai jellemzők

PROBLÉMA FELVETÉS

A földgázszektor egyik legnagyobb felhasználói szegmense az EU-ban, és Magyarországon is a lakossági szegmens. Az a szektor, mely a 3,26 millió lakossági fogyasztót 2018-ban 3,35 millió m³ földgázzal látta el itthon. [1] A számokból érezhető a probléma súlya, hiszen a lakosságnál található gázfogyasztó készülékek igen jelentős számban vannak jelen, és nem állíthatók át, illetve csak jelentős gazdasági beruházás mellett, más gázminőség eltüzelésére. A kérdés tehát adott, mi az a még megengedhető gázminőség, mely a földgázra szabályozott készülékekben megfelelő energiahatékonysággal és biztonsággal eltüzelhető. Nem beszélve arról a további előnyről, hogy ezek a gázok a földgázhálózatba táplálva tárolhatóak is, ellentétben például a villamos energiával.

Az eltüzelési technológiák tehát adottak, a vizsgálatok célja, hogy összehasonlításra kerüljenek az új üzemanyag keverékek tüzeléstechnikai paraméterei. Ezekből megkaphatók azok az előzetes válaszok, hogy milyen készülék üzemi paraméterek területén jelezhető előre probléma, és melyeknél nem valószínűsíthető. Jelen szakmai cikk nem hivatott vizsgálni a hidrogénnel kevert biometán szerkezeti anyagokra gyakorolt hatását, kizárólag a

tüzeléstechnika paraméterek viselkedésére irányul, azaz az égésméleti ismeretek alapján von le bizonyos következtetéseket.

Az alábbi 1. táblázat egy 2013-as kutatás eredményeit szemlélteti, melyet mi is kiindulási alapként vettünk a vizsgálataink során.

1. táblázat [2] [3]

A hidrogén hatása a földgázra beszabályozott készülékekben

Fogyasztói berendezések	Probléma
Háztartási készülékek	Vélhetően nem okoz problémát 10% H ₂ -tartalomig, azonban kismértékű módosítás lehet szükséges.
Ipari előkeveréses égők	Vélhetően nem okoz problémát 10% H ₂ -tartalomig, azonban kismértékű módosítás lehet szükséges.
Előkeverés nélküli égők (kazán, kemence)	5% H ₂ -tartalom felett módosítás lehet szükséges és eseti értékelés szükséges.
Gázmotor és gázturbina	Fejlesztések lehetnek szükségesek a megváltozott gázösszetétel és a H ₂ jelenléte miatt.
CNG tartályok	2% H ₂ -tartalom felett anyagprobléma jelentkezhet.

A fentiek alapján az alábbi megállapítások, következtetések tehetők:

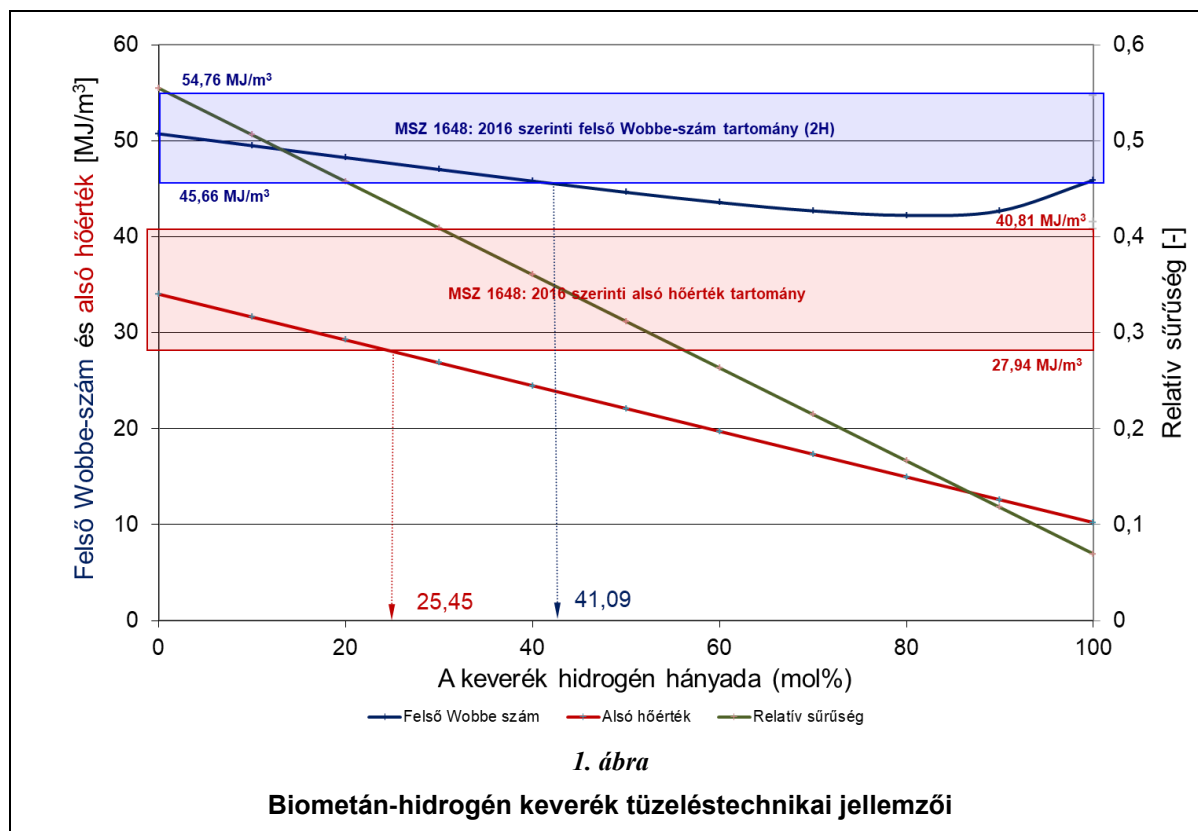
- A háztartási és kommunális gázfogyasztó készülékek nagy része vélhetően probléma nélkül képes kezelni a földgáz-hidrogén gázkeveréket minimális (5-10%) bekeverési arány esetében;
- Külön kell vizsgálni az atmoszférikus levegő előkeveréses, valamint a ventilációs égők viselkedését;
- Az ipari égőkben vélhetően nem okoz problémát a 10% alatti hidrogén részarány, de minden esetben egyedi, a gyártó előírásait is figyelembe vevő felülvizsgálat, átszabályozás lehet szükséges;
- A legérzékenyebbek a H₂-tartalomra vonatkozóan a gázmotorok és gázturbinák, esetükben mindig egyedi mérlegelés, eseti alapú vizsgálat, átszabályozás lehet szükséges;
- A gázmotorokban a hidrogéntartalom hatására bekövetkező növekvő reakcióképesség és lángterjedési sebesség növeli az égési csúcsnyomást, illetve a hidrogéntartalom csökkenti a metánszámot. Ez teljesítménycsökkenéshez, megnövekedett motorkopáshoz, megnövekvő NO_x kibocsátáshoz, valamint a kopogásállóság csökkenéséhez vezet;
- A gázturbinák nagyon érzékenyek a hidrogén jelenlétére, általánosságban 5 tf% alatti hidrogéntartalmat határoznak meg a gyártók határértékként;
- Megállapítható, hogy a 10% hidrogéntartalmú földgáz gázfogyasztó készülékekre vonatkozó kockázata két tényezőtől függ alapvetően: a primer levegőmennyiségtől, valamint a földgáz Wobbe-számától;
- A legérzékenyebbek a hidrogén tartalom változására az atmoszférikus égők;
- Az eddigi nemzetközi vizsgálati eredmények alapján nem tehető általános érvényű megállapítás a maximálisan megengedhető hidrogéntartalomra vonatkozóan!

A problémát alapvetően két szemszögből kell vizsgálni, a készülék technika, valamint a hálózati gáz minőségének oldaláról.

A készülék technika oldala jelenti azon gázkészülék vizsgálatokat, melyeket tanúsító és minősítő szervezetek végeznek a gázkészülékek adott országban történő forgalomba hozatala előtt meghatározott vizsgálati szabványok alapján. A gázkészülék vizsgálatok azon az elven alapulnak, hogy a készülék működését meghatározott minőségű referenciagázzal, valamint az

ahhoz tartozó, a szélsőséges gázminőségeket jelző határgázokkal és vizsgálmányosokkal vizsgálják. Amennyiben ezen gázokkal a készülék működése kielégítő, akkor a célországban az adott, arra szabályozott gázcsoport gázával működtetve forgalomba hozható. Itt azért meg kell említeni, hogy a kérdés ettől összetettebb, hiszen a fogyasztóknál működnek 20-30 évvel ezelőtt beüzemelt készülékek is, és sokszor azok karbantartási gyakoriságát sem ismerjük. A kockázat tehát adott. Az egyre növekvő hidrogén részarány egyre növekvő lángterjedési sebességet is jelent, fokozatosan megnövelve az égőbe történő lángvisszagyulladás kockázatát. Sajnos előfordulhatnak olyan koros készülékek is a fogyasztóknál, melyekben nincs, vagy nem működőképes az égésbiztosító, lángőr egység.

A gázminőségi előírások oldaláról közelítve a kérdést megállapítható, hogy a földgázhálózaton keresztül szolgáltatott gáz minőségének szűk határok között való tartása a rendszerüzemeltetők alapvető érdeke. A gáz minőségében bekövetkező zavaró változások a végfelhasználó berendezések biztonságos és energiahatékony működését tennék kérdésessé. A földgáztól eltérő minőségű éghető gázok földgázrendszerbe történő betáplálásának szabályozása során a követelményrendszer középpontjában továbbra is a szolgáltatott gáz(keverék) minőségi paramétereinek kell állni. Az Európában leginkább használt szabványok és előírások az EN 437 jelű szabványra, azaz a Wobbe-számnak való megfeleltetésre épülnek. [4] A szabvány azt az elvet követi, hogy egy földgázcsoporton belül a földgáz égési jellemzőinek csak olyan mértékű változása engedhető meg, amely a gázkészülékek működését nem befolyásolja, a készülék vagy az égő átalakítását nem teszi szükségessé. Az eredeti minőségi csoportba tartozó földgáztól eltérő gázt csak a készülék megfelelő átállítása (alkatrészcsere, átszerelés, szabályozás) után szabad szolgáltatni. A Magyarországon is döntően szolgáltatásra kerülő H gázcsoport esetében a szabvány a visszagyulladás határgázában 23%-os hidrogén tartalommal történő vizsgálatot ír elő 1999 óta, azonban ez nem jelent szorosan vett garanciát arra, hogy az azt követően üzembe állított készülékek ezt a hatást folyamatosan és hosszú távon képesek lennének elviselni.



Amennyiben egy tiszta biometán-hidrogén gázkeveréket veszünk alapul, akkor a keverékben legfeljebb 25,45 mol% hidrogén lehet, hogy a keverék még éppen megfeleljen a H gázcsoportra vonatkozó hőérték, és 41,09 mol% hidrogén lehet, hogy még éppen megfeleljen a Wobbe-szám követelményeinek, azaz a gázcsoportra megengedett tartományokon belül maradjon. (1. ábra) Mindebből következik, hogy egy átlagos összetételű biometán esetében megközelítőleg 25 mol% körül van az a maximálisan betáplálható hidrogén részarány, mely még a H gázcsoporton belüli gázkeveréket eredményez, azaz nem történik csoportváltás. Mindezt visszaigazolja az EN 437 szabványban szereplő határgázok 20, illetve 23 mol%-os maximális részarányát is. Megjegyezzük, hogy ez az elméleti szám csupán a gázminőség oldaláról közelített, a készülék működési oldaláról, annak viselkedéséről (kiemelten a megváltozó lángterjedési sebességről) nem ad információt!

A HIDROGÉN, A BIOMETÁN ÉS A FÖLDGÁZ GÁZMINŐSÉGI JELLEMZŐI

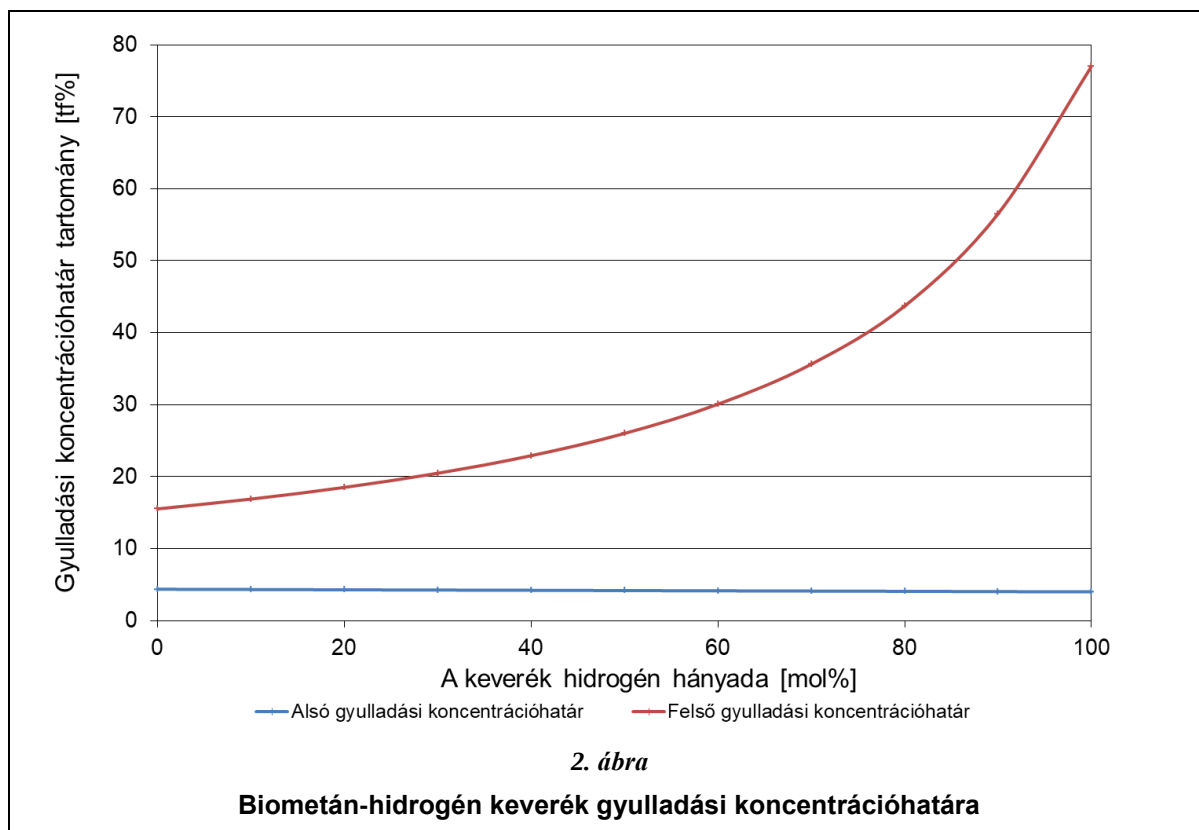
A 2. táblázat a hidrogén, egy nagy tisztaságú biometán, és egy tipikus orosz földgáz fizikai és tüzeléstechnikai tulajdonságait mutatja. A táblázatból egyértelműen kitűnnek azok a paraméterek, melyek az eltüzelés során probléma forrásai lehetnek. Mivel a hidrogénnek nagyon kicsi a relatív sűrűsége a levegőhöz képest (lásd. 1. ábra), ezért szivárgás esetén sokkal könnyebben szétválhat a metántól, és robbanóképes közeget képezhet a felállítási helyiségben. Egységnyi térfogatra vetített energiatartalma csupán harmada a biometánénak, azonban Wobbe-száma, mely a gázkeverékek cserélhetőségének egyik legjellemzőbb paramétere, 9,5%-ban marad csupán el. A leglényegesebb különbség a gázok lángterjedési sebességében és gyulladási koncentráció tartományában keresendő, mivel a hidrogén 10,5-ször gyorsabban ég levegőben, mint a biometán, vagy a földgáz. A gázkészülékekben történő eltüzeléskor ez lesz az egyik legmeghatározóbb változó, mely erősen lekorlátozza a megengedhető bekeverhető mennyiségeket.

2. táblázat [5] [6]

A hidrogén, a biometán és az orosz földgáz tüzeléstechnikai jellemzőinek összehasonlítása

Tulajdonság	Mértékegység	Hidrogén (H ₂)	Biometán (CH ₄)	Földgáz (2H orosz)
Moláris tömeg	kg/kmol	2,016	16,043	16,409
Sűrűség (15 °C; p _n)	kg/m ³	0,090	0,717	0,695
Relatív sűrűség	-	0,070	0,555	0,567
Alsó hőérték (15/15 °C)	MJ/m ³ (kWh/m ³)	10,223 (2,840)	34,016 (9,449)	34,205 (9,501)
Felső hőérték (15/15 °C)	MJ/m ³ (kWh/m ³)	12,102 (3,362)	37,781 (10,495)	37,973 (10,548)
Alsó Wobbe-szám	MJ/m ³ (kWh/m ³)	38,758 (10,496)	45,668 (12,686)	45,406 (12,613)
Felső Wobbe-szám	MJ/m ³ (kWh/m ³)	45,880 (12,744)	50,724 (14,090)	50,407 (14,002)
Lángterjedési sebesség	cm/s	~267	~35	~34
Gyulladási koncentrációhatár (20 °C)	tf%	4,0-77,0	4,4-15,0	4,3-15,6
Öngyulladási hőmérséklet	°C	560	595	
Fajl. elméleti oxigénszükséglet	m ³ /m ³	0,499	2,003	2,014
Fajl. elméleti levegőszükséglet	m ³ /m ³	2,383	9,565	9,614
Keletkező CO ₂	m ³ /m ³	0,001	0,998	1,009
Metánszám	-	0,0	100,0	92,5

A gyulladási koncentrációhatár igen jelentős eltolódása a felső határok irányába, az elégtelenül környezetbe, vagy tüztérbe áramló hidrogén gáz veszélyességét mutatja. (2. ábra) Látható, hogy az alsó gyulladási koncentrációhatár szinte nem változik, azonban a felső határérték exponenciálisan növekedik a hidrogén dúsulásával.



A hidrogén minimális gyújtási energiája körülbelül tízszer alacsonyabb, mint a metáné, azaz sokkal könnyebben meggyújtható, azonban az öngyulladási hőmérsékletük meglehetősen hasonló (H_2 : 560 °C; CH_4 : 595 °C) [7]. Ennek következtében a biometán-hidrogén keverékek könnyebben begyulladhatnak, mint a metán, tehát robbanásveszély szempontjából nagyobb kockázatot jelentenek.

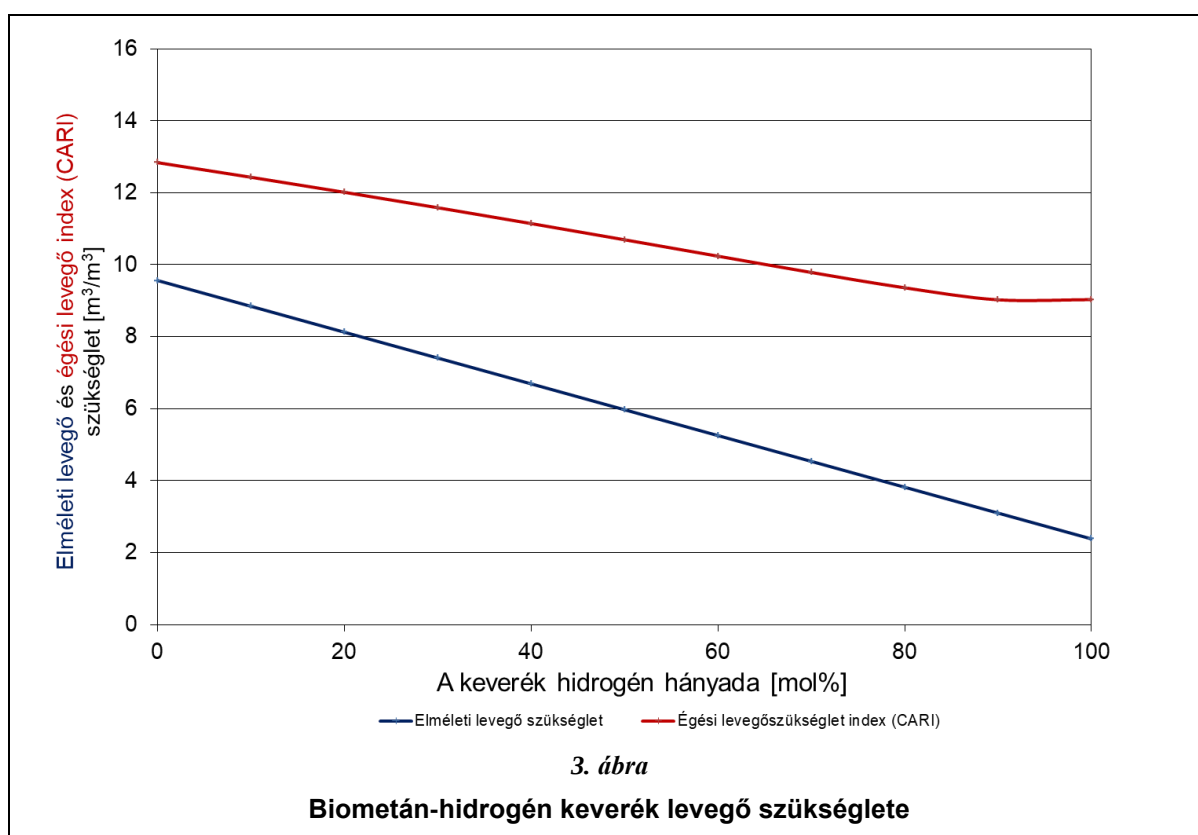
A metánszám a belső égésű gázmotorokban való eltűzelhetőség jellemző mutatószáma, mely szintén jelentős eltérést mutat, ugyanis a tiszta biometán metánszáma 100, míg a hidrogéné 0. Ebből adódik, hogy a gázmotorokban és gépjárművekben történő eltűzeléskor ennek kiemelt szerepe lesz, ugyanis a nem elégséges metánszámú tüzelőanyag kopogást, hatásfok csökkenést és megnövekedő károsanyag kibocsátást is eredményez.

A VIZSGÁLT GÁZOK ELTÜZELÉSÉNEK JELLEMZŐI

A biometán tulajdonságai közel megegyeznek a hálózatban szolgáltatott H gázminőséggel, azaz a biometán korlátozás nélkül betáplálható a földgázrendszerbe. A hidrogén esetében ezt már nem mondhatjuk el, mivel fizikai és kémiai tulajdonságai a korábban bemutatott módon jelentősen eltérnek a földgázétól. Mindez azt jelenti, hogy ha ezt a gázt hozzákeverjük a biometánhoz, akkor megváltozik maga az égési folyamat is. Gyakorlatilag ma az EU-ban telepített valamennyi lakossági és kereskedelembe forgalmazott gázkészülék földgázzal való üzemelésre terveztek. Éppen ezért a hidrogén biometánba történő bekeverése során az égési folyamatokra gyakorolt hatása igen fontos kritérium, melyek elméleti vizsgálata az alábbiakban található.

A szakirodalmi háttér bemutatásakor már felszínre került, hogy a hidrogénes biometán gázfogyasztó készülékekre vonatkozó kockázata két tényezőtől függ alapvetően: a földgáz Wobbe-számától, valamint az eltüzeléshez igénybe vett primer levegőmennyiségtől. A Wobbe-szám kérdése már tisztázásra került, a H gázminőségi csoportnál legfeljebb 25 mol% hidrogén keverhető a biometánhoz. Bár a Wobbe-szám megfelelő lenne 41 mol% hidrogén esetén is, de a gáz egységnyi energiatartalma már nem érné el a H gázminőség alsó határát.

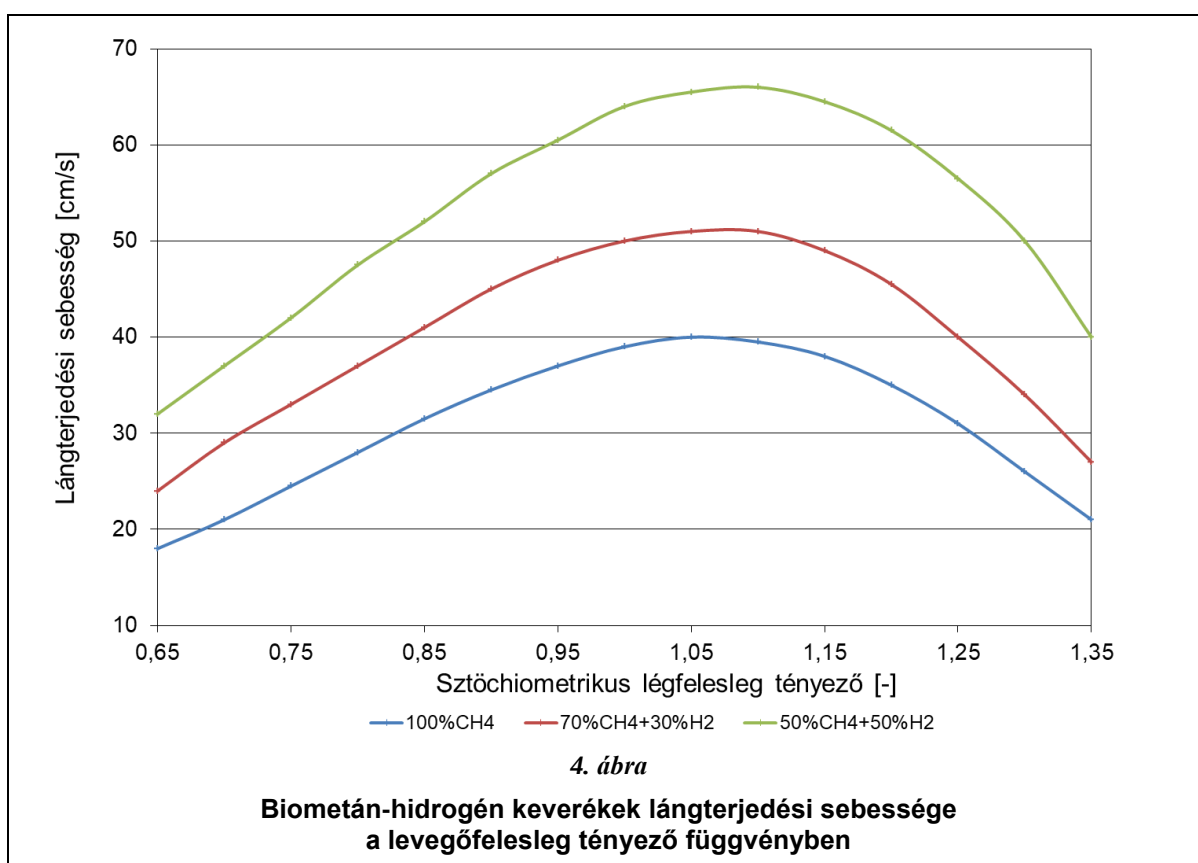
A 3. ábra a gázkeverék eltüzeléséhez szükséges elméleti sztöchiometrikus levegőmennyiséget, és az elméleti égési levegő indexet (CARI - Combustion Air Requirement Index) tartalmazza, mely jelzi, hogy mennyi levegőre van szükség a tüzelőanyag-gáz sztöchiometrikus elégetéséhez. A mértékegység nélküli CARI mutatószám matematikailag korrelál a Wobbe-indexhez, mivel az adott összetételű gáz elméleti levegőszükségletének és a relatív sűrűség négyzetgyökének hányadosaként áll elő. Látható, hogy míg az elméleti levegőszükséglet lineárisan csökken a növekvő hidrogén részarány mellett, addig a CARI index ettől kisebb mértékben csökken. [8]



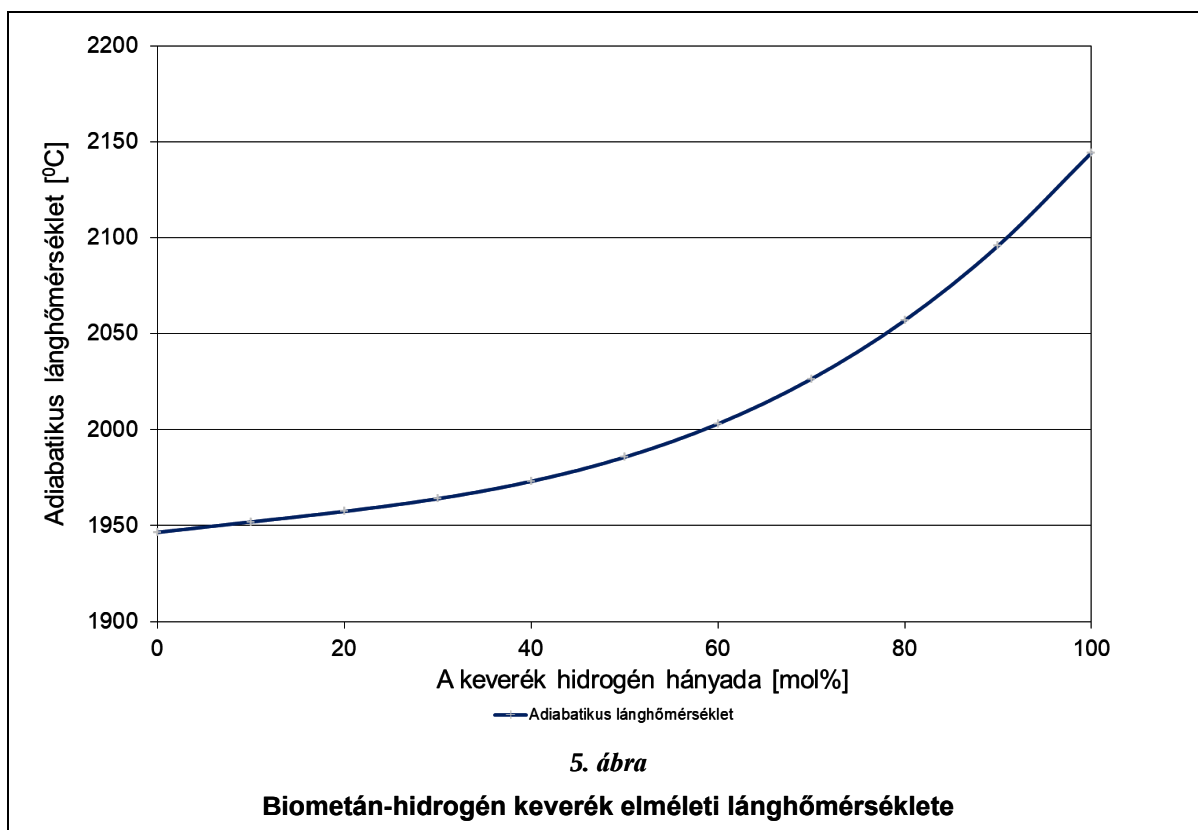
A gázkészülék legnagyobb darabszámban a lakossági szektorban található. Ezekben a készülékekben jellemzően kis sebességgel áramlik a gáz az égőkiömlő felülethez, ez által lamináris égési sebességről kell beszélni. Az égőhöz hozzávezetett gáz sebességének egybe kell esnie az adott gázra jellemző lamináris égési sebességgel, ellenkező esetben a láng leszakad, vagy visszagyullad az égőbe, károsítva annak szerkezetét. A készülékek biztonságos üzeme szempontjából ez lényeges kérdés, tehát érdemes vizsgálat alá vonni. Nem szabad továbbá arról a hatásról sem elfeledkezni, amit ún. „kioltási átmérőnek” neveznek. Az előkeveréses (injektoros) égőknél az égési reakció zóna viszonylag közel helyezkedik el az égő kiömlő felületéhez, mely egyben hőt is von el a lángtól. A gáz összetételéből adódó növekvő égési sebesség a lángot egyre jobban közelíti az égőfejhez, mely egyre nagyobb mértékű hőelvonást is jelent. Ha az égőfejen lévő kiáramlási

keresztmetszet túl nagy, akkor az visszagyulladást eredményez. Ennek megfelelően, ha elég kicsi az átmérő, a visszagyulladás megelőzhető. A minimális „kioltási átmérő” a biometán esetében 3,5 mm, a hidrogénél mindössze 0,8 mm. [8]

A 4. ábra mutatja egy biometán, egy 70% biometán és 30% hidrogén, valamint egy 50% biometán és 50% hidrogén összetételű gáz esetében a lángterjedési sebesség értékeit. Látható, hogy a legnagyobb értékek 10% légfesleg körül adódnak, azaz itt a legideálisabb a gáz és a levegő keveréke a tüzeléstechnikai folyamatok szempontjából. Egyértelmű, hogy a kialakuló legmagasabb lángterjedési sebesség a biometán esetében 40 cm/s körüli, de egy 50-50%-os elegy esetében ez már 1,6-szoros érték, melyet a készülék égője már nem képes tolerálni, és a láng visszagyulladhat. Megállapítható, hogy a lángterjedési sebesség vizsgálata elengedhetetlen követelmény. [9]



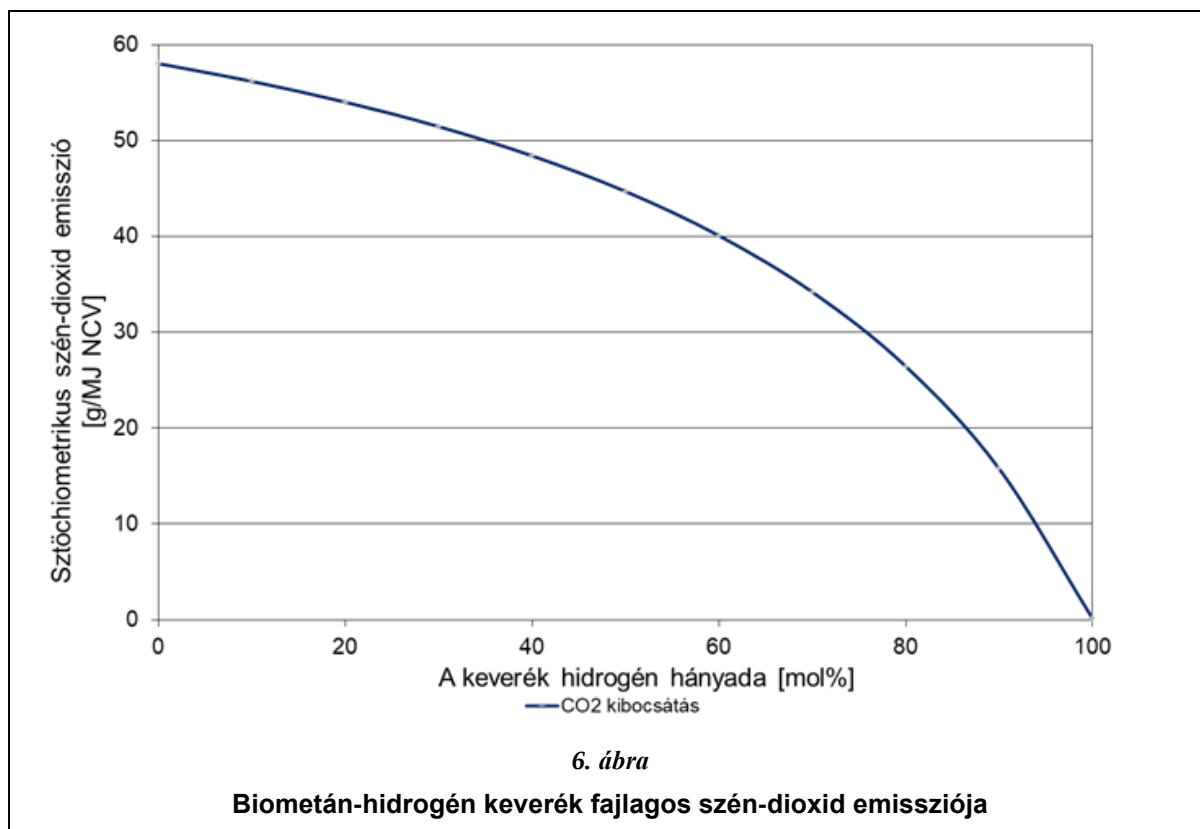
Az 5. ábra az elméleti adiabatikus lánghőmérsékletet mutatja a biometán és hidrogén különböző arányú keverékeiben. Értékének a meghatározásakor nem kerül figyelembe vételre a rendszer térfogatának változása (növekedése) a hőmérséklet emelkedés hatására. Látható, hogy a tiszta metán és a tiszta hidrogén lánghőmérsékletek között közel 200 °C különbség adódik, mely nem lineárisan változik. A korábban vizsgált, maximum 25 mol% bekeverési aránynál ez az érték még viszonylag alacsony, 10-20 °C, mely a gázkészülékek szempontjából elhanyagolható hatást eredményez. [9]



SZENNYEZŐANYAG KIBOCSÁTÁS

A készülékek üzemeltetése során azért lenne célszerű alkalmazni biometán-hidrogén keveréket, hogy csökkenthető legyen a fosszilis földgáz elégetéséből a légkörbe kerülő szén-dioxid mennyisége. A 6. ábra az elméleti levegőmennyiség és a gáz alsó hőértéke alapján kalkulált szén-dioxid emissziót mutatja g/MJ mértékegységben. A tiszta metán 58,03 g/MJ CO₂ kibocsátási értéke (15°C; p_n) 0,13 g/MJ-ra csökkenthető a tiszta hidrogén alkalmazásával. Megjegyzés: a hidrogén égéstermék minimális szén-dioxid tartalma az égéshez felhasznált levegő szén-dioxid tartalma miatt nem zérus. Az általunk vizsgált max. 25 mol%-os bekeverési aránynál 52,73 g/MJ érték érhető el, mely 5,3 g/MJ megtakarítást eredményez. Ha figyelembe vesszük, hogy a biometán „zérósemleges” kibocsátással rendelkezik, akkor valójában -5,3 g/MJ értékkel kell figyelembe vennünk előjel helyesen a környezeti terhelés szempontjából.

Az égetéssel kapcsolatos szennyezőanyag-kibocsátás tekintetében a szén-dioxidon túl csak a szén-monoxid és a nitrogén-oxid kibocsátás releváns. A szén-monoxid alapvetően a tökéletlen égés, azaz a túl kevés égési levegő többlet, vagy a túl magas tüztérhőmérséklet miatt képződik. Ha ezeket a tényezőket ki tudjuk szűrni a folyamatból, akkor képződési mennyisége nem lesz meghatározó. Amennyiben nem szabályozzuk át a készülék levegő ellátását a hidrogénes gáz betáplálása esetén, akkor a többlet levegőfelesleg nem engedi majd a szén-monoxid képződését. A tüztér hőmérséklete arányos a láng hőmérséklettel, melynél láttuk, hogy a max. 25 mol% hidrogén bekeverés mellett nem emelkedik jelentősen, azaz ez a tényező sem igazán releváns. Nem szabad viszont figyelmen kívül hagyni, hogy a túl magas levegőfelesleg viszont hűti a tüztér, ez által a láng egyre instabilabbá válik, ami lokálisan tökéletlen égéshez, azaz szén-monoxid képződéshez vezethet.



Földgáztüzelésnél a termikus, azaz a magas tüztér hőmérséklet miatt megjelenő nitrogén-oxidok képződése lehet meghatározó. A keverékben a hidrogén megjelenése magasabb égési hőmérsékletet és magasabb levegőfelesleget eredményez, így több oxigén áll rendelkezésre a reakciózónában. Mivel a hidrogén részarány növekedése az egységnyi energiatartalmát is csökkenti a gáznak, ezért a felszabaduló energia, és ezzel együtt a tüztérhőmérséklet is alacsonyabb lesz, ha nem változtatunk az égőhöz vezetett gáz mennyiségén. Tipikus helyzet lehet a lakossági szektorban. Mindez a nitrogén-oxidok képződésének valószínűségét is csökkenti. Nem igaz ez viszont azokra az égésszabályozással ellátott berendezésekre, melyek beavatkoznak a levegőellátásba is. Itt a helyi hőmérséklet növekedése miatt akár magasabb NO_x emisszió is várható. [9]

KÖVETKEZTETÉSEK

A biometán-hidrogén keverék megfelelő környezetbarát alternatívája lehet a földgáz részbeni kiváltásának, azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni a keverék földgáztól akár jelentősen eltérő fizikai-kémiai, valamint tüzeléstechnikai tulajdonságait, valamint biztonsági feltételeit. Az égésméleti vizsgálatok előre mutatnak az alkalmazhatóság szempontjából, de önmagukban csak támpontot és iránymutatást adhatnak, a tényleges készülék vizsgálatokat nem tudják kiváltani. Nyilvánvaló, hogy a kérdést még az előtt meg kell válaszolni, mielőtt ténylegesen alkalmazásra kerül a lakossági gázfogyasztói szektorban.

Meg kell különböztetnünk azon gázkészülék technikákat, melyek automatikus tüzelés szabályozó rendszerrel vannak ellátva, azaz bizonyos mértékben igazodni tudnak a változó gázminőséghez, valamint azt a nagyszámú, főként lakossági gázkészülék parkot, melyekben egyrészt semmilyen automatikus szabályozó rendszer nincs, másrészt részleges előkeveréses égőket tartalmaz jelentős számban. Ekkor a megváltozó gázösszetétel mellett a légszükséglet

nem, vagy csak minimális mértékben változik, miközben a tüzelőanyag energiatartalma akár jelentősebb mértékben is.

Nagy valószínűséggel kijelenthető, hogy a biometán-hidrogén keverékek meghatározott mértékben alkalmasak a lakossági energiaszektor dekarbonizációjára, de erőteljesen figyelembe kell venni a meglévő gázkészülék park által diktált korlátozó követelményeket is. Bizonyos összetétel határértékig a metán-hidrogén keverékek nem okoznak biztonsági és tüzeléstechnikai kockázatot, de a magas hidrogén részarány egyértelműen csak a meglévő készülékpark lecserélésével lesz járható út. Ezekhez, a tisztán hidrogénnel üzemeltetett gázkészülékekhez is elindultak az előkészületek, például hamarosan megjelenik a hidrogénre, mint tüzelőgázra vonatkozó európai szabvány, mely a tisztán hidrogén üzemű kazánok biztonságos alkalmazását fogja előre vetíteni.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutató munka a „Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017” című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Szechenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

IRODALOM

1. **MEKH** Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal: A magyar földgázrendszer 2018. évi adatai; <http://www.mekh.hu/a-magyar-foldgazrendszer-2018-evi-adatai>
2. **Smith, Byrne, Coates, Linton, van Alphen:** Identifying the commercial, technical and regulatory issues for injecting renewable gas in Australian distribution gas networks, Research Report, 2017.
3. **Altfeld, K. , Pinchbeck, D.:** Admissible Hydrogen Concentrations in Natural Gas Systems, HIPS – the paper, 2013.
4. **MSZ EN 437:2019** Vizsgálógázok, vizsgálónyomások, készülékkategóriák.
5. **Szunyog, I.:** A biogázok földgáz közszolgáltatásban történő alkalmazásának minőségi feltételrendszere Magyarországon; PhD értekezés, 2009.
6. **Galyas A.B.:** Hidrogén a földgázhálózatban – Fikció vagy már a valóság?, 26. Dunagáz Konferencia és Kiállítás, Visegrád, 2018.
7. **Schröder, V., Askar, E., Tashqin, T., Habib, A.K.:** „Sicherheitstechnische Eigenschaften von Erdgas-Wasserstoff-Gemischen“, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben 2539, 2016.
8. **Jones, H.R.N.:** The Application of Combustion Principles to Domestic Burner Design. Taylor & Francis, 1989.
9. **THyGA project** Testing Hydrogen admixture for Gas Applications: Impact of hydrogen admixture on combustion processes – Part I: Theory Deliverable: D2.2 Status: Final, 27th of June, 2020.