

# Gázfogyasztó-berendezés alapú, e-oxy rendszerű P2G technológia szintetikus földgáz körforgásos előállításához

Hujber Ottó, okl. villamosmérnök, otto.hujber@coopinter.hu

## Kivonat:

*A P2G technológia jelentősége többek között abban van, hogy a fölös időjárásfüggő megújuló energiákat (a nap-, és a szélenergiát) valamint a mélyvölgyi nukleáris energiát, metánná alakítva, képes szezonálisan tárolni, a gyakorlatilag korlátlan kapacitású földgáz hálózatban.*

*A jelen találmány tárgyát képező gázmotor-, vagy gázturbina-, vagy gázkazán alapú, e-oxy rendszerű P2G technológia további előnye, hogy minimális CAPEX mellett, külön OPEX ráfordítás nélkül, az elektromos vízbontók melléktermékeként jelentkező oxigén felhasználásával, állítja elő a P2G technológiák számára szükséges tiszta széndioxidot.*

*Az új P2G technológiával megtakaríthatjuk a metanizátorban keletkező metán földgáz-tárolóba való besajtolásának-, és annak tárolóból való kitermelésének jelentős energia-igényét, valamint a földgáz-tárolóból a felhasználás helyszínére való szállításának a költségét.*

*Ez a technológia a gázmotorok, gázturbinák és gázkazánok által termelt CO<sub>2</sub> emisszió megakadályozásával, annak a metanizációban való felhasználásával, körforgásos tüzeművé téve azokat, közvetlenül is szolgálja a dekarbonizációt, a szezonális energiatároláson túlmenően.*

*Az új P2G technológia esetében a földgáz, a széndioxid és a víz zárt rendszerben, körforgásos módon, mint a technológiához szükséges közvetítő elemek, vesznek csak részt a folyamatban.*

\*\*\*

## 1. Bevezetés

Az időjárásfüggő megújuló energiaforrások, a nap és szélenergia, hagyományos módon, az energiamix részeként történő felhasználása közismert. Ugyancsak ismeretes a Power to Gas (P2G) szezonális energiatároló technológia is, amely lehetővé teszi a megtermelt villamosenergia fölös részének elektromos vízbontó berendezésben hidrogénné alakítását, majd azt követően ebből a hidrogénből és széndioxidból metanizátorban metán termelése, amely a földgáz infrastruktúrában szezonálisan eltárolható, majd, amikor a kevés a napenergia, visszaalakítható villamosenergiává.

Az időjárásfüggő megújuló energiák elterjedésének fő akadálya, azok villamos hálózatba történő befogadási lehetőségének korlátos volta. Ennek műszaki oka elsősorban az, hogy az időjárásfüggő megújuló energiák termelésének ideje, mennyisége és időtartama, nem tervezhető kellő pontossággal. Ez a probléma kiküszöbölhető nagy kapacitású energiatároló berendezések (kémiai akkumulátorok, szivattyús energiatárolók, sűrített levegős energiatárolók stb.) telepítésével.

**Ezzel együtt, még megmarad a korlát a megújuló energiák, mint „ingyen energia” teljesebb mértékű hasznosítása előtt, hiszen a szél-, és napenergia rendelkezésre álló mennyisége többszöröse annak az energiamennyiségnek, ami az energia-mix részeként hasznosítható a villamos hálózatban.**

Ezen a problémán segíthet az a megközelítés, ha a P2G technológiára nem csupán a villamosenergia szezonális tárolási eljárásaként-, valamint, ha az időjárásfüggő energiákra nem az energia-mix részeként tekintünk, hanem mint a szintetikus földgáz forrására, amely lehetővé teheti a dekarbonizációt és a földgázimport jelentős mértékű csökkentését.

Ez a megközelítés lehetővé teszi a nap-, és szélenergia korlátlan mértékű hasznosítását, az adott villamoshálózat jelenlegi szabályozási adottságaitól-, illetve energiatárolási lehetőségeitől függetlenül. Legyen célunk a nap-, és szélenergia társadalmi méretű hasznosítása, illetve annak elősegítése.

Arra kell törekednünk, hogy a háztartási méretű kiserőművekből (HMKE), szélerőművekből-, és napelemekből származó villamos energiát egységes rendszerbe integrálva, azt a legteljesebben alkalmazzuk metán (szintetikus földgáz) előállítására oly módon, hogy a megtermelt szintetikus földgáz tárolása és felhasználása is a jelenleginél hatékonyabb módon történjen.

## 2. Helyzetértékelés

A P2G technológiák egyre szélesebb körű alkalmazása fontos társadalmi igény és feladat. Ezt a helyzetet folyamatosan értékeli a kormány illetékes szakterületének vezetői is [1, 2]. Számos műszaki megoldás létezik az időjárásfüggő megújuló energiák villamosenergiaként való hasznosítására [5, 6, 7]. Például egy elektromos energiából földgáz hálózatba betáplálható gáz előállítására szolgáló rendszert ismertet a [4] dokumentum. A rendszer egy P2G típusú rendszer, amely nincs integrálva a már működő földgázfogyasztó berendezésekkel és a hidrogén előállításakor melléktermékként keletkező oxigén felhasználására nem ad megoldást. Egy, a területi energiaszolgáltatással kommunikálni képes, kiegészítő energiaként megújuló energiát használó mikrohálózati rendszerre találunk utalást a [4] dokumentumban. A dokumentumból megismerhető megoldás háztartások energiaszolgáltatásának összehangolására alkalmas, nem tartalmaz a villamosenergia nagyüzemi tárolására vonatkozó információkat. Ismeretes olyan gázmotor alapú P2G rendszer [3], amely tiszta széndioxidot generál a rendszer részét képező gázmotorok által, a vízbontók melléktermékeként keletkező oxigén felhasználásával, azok égéslevegőjét lecserélve erre az oxigénre, széndioxiddal hígítva azt. Viszont ennek a P2G rendszernek a célja csak a villamos energia szezonális eltárolása, a villamos hálózat egyidejű szabályozása mellett. Ez a megoldás nem illeszti a széndioxidot generáló gázmotor teljesítményét a vízbontó teljesítményéhez, így kénytelen a keletkező metánt a földgáz hálózatba juttatni, ahelyett, hogy azt maga a gázmotor használná fel.

Az általunk ismert megoldások egyike sem ad útmutatást az időjárásfüggő megújuló energiák villamos hálózat üzemétől független, megtermelésükkel azonos idejű olyan hasznosítására, amelynek célja a földgáz import részbeni kiváltása. Egyik találmány sem teszi lehetővé a HMKE méretű napelemek és szélkerekek által termelt lakossági villamosenergia fel nem használt részének összegyűjtését és az összegyűjtött villamosenergia összehangolt módon, szintetikus földgáz termelésére való felhasználását. Az ismert megoldások közül egyik sem alkalmazza a vízbontó, többnyire akkumulátoros energiatárolóval támogatott üzemének kiterjesztését oly módon, hogy azt hőenergiatárolóval (TES) kiegészített kapcsolt hő és villamosenergia termelő egységekkel (CHP) integrálja, melyek üzemét a vízbontó-, és a nap/szél erőművek üzemével összehangoltan vezérli (részletesebben lásd lentebb). És végezetül, **egyik ismert műszaki megoldás sem teszi lehetővé a szintetikus földgáz széndioxid kibocsátás nélküli körforgásos termelését. Nem ismeretes olyan megoldás, ahol a földgáz, a széndioxid és a víz zárt rendszerben, körforgásos módon, mint a technológiához szükséges közvetítő elemek, vesznek csak részt a folyamatban.**

## 3. A javasolt műszaki megoldás

Felismertük, ha a napenergiát nem a villamos „energiamix” részeként kezeljük, hanem a szintetikus földgáz forrásként (földgáz-import csökkentő tényezőként), akkor az elhárít minden ismert villamoshálózati akadályt az időjárásfüggő megújuló energiák hasznosítása elől. Ez a megközelítés megszünteti a nap és szélenergia hasznosításának jelenlegi, villamoshálózati hasznosítással kapcsolatos időbeni és mennyiségi korlátait.

Az időjárásfüggő megújuló energiák szintetikus földgáz termelésére történő hasznosítása lehetővé teszi a P2G technológia elterjedéséhez szükséges „kritikus tömeg” megteremtését.

Kritikus tömegnek nevezzük azt az üzleti volument, ami magával hozza a P2G technológia alapvető berendezései-, a vízbontók és a metanizátorok, árának radikális csökkenését. Ez az árcsökkenés később lehetővé teszi a P2G technológia villamosenergia csak szezonális tárolására való szélesebb körű használatát is.

Az időjárásfüggő megújuló energiák szintetikus földgáz előállítására történő korlátlan hasznosítása megköveteli az eddigi technológiai elemek (napelemek, szél erőművek, CHP-k, vízbontó, metanizátor és az áramot továbbító villamos hálózat) célszerű integrációját, valamint az azt lehetővé tevő automatikus rendszer-szabályozás létrehozását.

A javasolt eljárás, berendezés együttes és automatikus vezérlő-, szabályozó rendszer erre kíván megoldást adni.

A javasolt műszaki megoldás egyik eleme az, hogy a vízbontó melléktermékeként keletkező oxigént hasznosítja az oxy-fuel céljára. (Az ismert oxy-fuel megoldások nem az elektromos vízbontó

berendezések által melléktermékként termelt oxigént hasznosítják, hanem ahhoz külön üzemben állítják elő a szükséges oxigént, általában levegő-bontásos eljárással.)

A megoldás másik fontos eleme, hogy a P2G eljárásokhoz szükséges széndioxid generálására a nagy számban-, térben elosztott módon üzemelő gázmotorokat, gázturbinákat, gázkazánokat alkalmazza, a teljesítményükhöz illesztett méretű vízbontó és metanizátor telepítésével. **A működő gázfogyasztó berendezések telephelyén a P2G technológiához minden szükséges elem (villamos hálózat, földgázhálózat, és víz megtalálható, vagyis rendelkezésre áll a P2G technológia teljes infrastruktúrája.**

További fontos eleme a javasolt megoldásnak, a villamos hálózattal, mint a megtermelt megújuló villamos energiát továbbító rendszerrel való, kölcsönösen előnyös együttműködés biztosítása.

Bár a megújuló forrásokból megtermelt villamos energiát a telepített vízbontó a keletkezés időpontjában felhasználja, vagy a saját rendszerében tárolja, célszerű a kölcsönös előnyök alapján a villamos rendszerirányítóval való együttműködés. Ennek keretében sor kerülhet a mélyvölgyi nukleáris energia metán előállítására való igénybevitelére, illetve a rendszerirányító igénye esetén negatív és pozitív kiegyenlítő energiák biztosítására a villamos hálózat számára, az igényelt időben és mennyiségben.

A megoldás lényeges alkotó-eleme az irányítástechnika. A találmányok szerinti megoldás célszerű és energiahatékony működését a villamos szabályozás látja el. Az automatikus szabályozás villamos-, és gázhálózati okos mérők, valamint virtuális mikrohálózat segítségével biztosítja:

- A melléktermékként oxigént generáló vízbontó teljesítményének illesztését a széndioxidot generáló gázmotor vagy gázturbina üzeméhez, illetve azok teljesítményéhez.
- A háztartási méretű napelemek, szélkerekek és CHP-k (HMKE), és egyéb CHP egységek, valamint a nap-, és szélerőművek által termelt villamos energia összegyűjtését, és együttes teljesítményük összehangolását az elektromos vízbontó üzemével.
- A lakossági nap-, és szélenergia, valamint a lakossági mikro CHP-k által termelt-, és a megtermelésük időpontjában el nem fogyasztott-, a vízbontónak átadott villamos energiák személyre szabott nyilvántartását, és ezen villamosenergiák földgázzal történő ellentételezésének nyilvántartását, illetve elszámolását.
- A CHP egységek üzem-idejének és teljesítményének a hozzájuk tartozó hőenergia-tárolók (TES) üzemével való együttes szabályozását, a vízbontó energia-igényével összhangban úgy, hogy a hőszolgáltató CHP-k akkor működjenek, amikor már nem süt a nap és/vagy nem fúj a szél (a napsütéses és/vagy szeles időben a TES a hőszolgáltató).
- A HMKE-k és a nap-, és szélerőművek üzemének összehangolását a rendszer opcionális részét képező energiatároló üzemével, valamint az energiatároló üzemének összehangolását a vízbontó üzemével és a villamos hálózat igényével (lásd: mélyvölgyi nukleáris energia, negatív és pozitív kiegyenlítő energiák forgalma).
- A Villamos rendszerirányítóval (VIR) és az illetékes áramszolgáltatóval való automatikus együttműködést, a fentebb ismertetett villamos hálózathasználatot-, valamint a negatív és pozitív kiegyenlítő energiák stb. forgalmát, szolgáltatását illetően.

A javasolt műszaki megoldást az alábbi rajzok ismertetik, ahol az

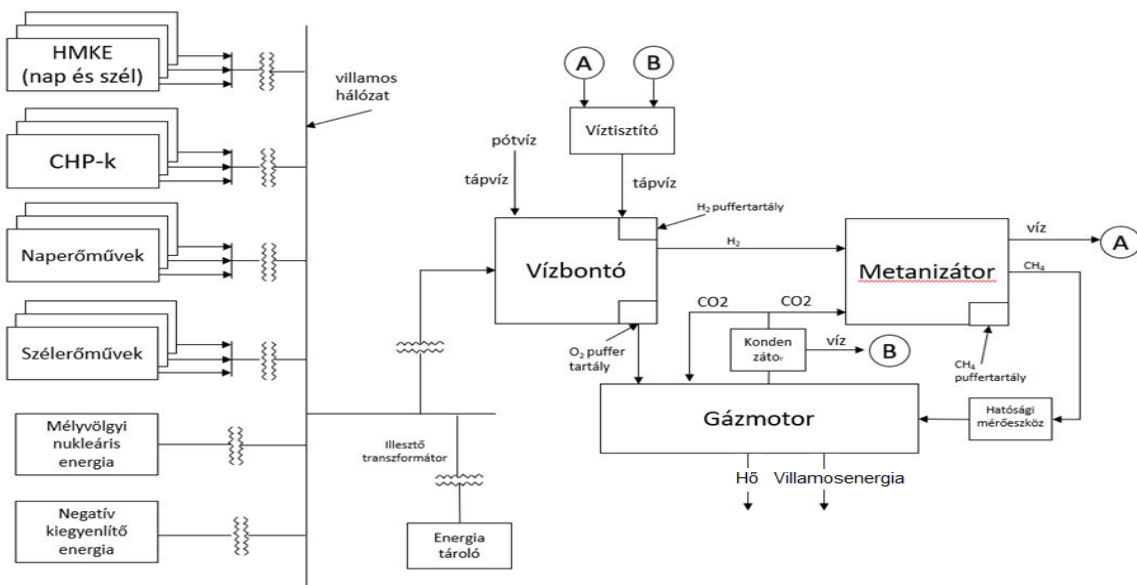
1.sz. ábra a javasolt rendszer felépítését ábrázolja, a

2.sz. ábra a javasolt rendszer összehangolt működését biztosító automatikus vezérlés és szabályozás felépítését mutatja be.

Az *1. ábrán* láthatóak a rendszer fő elemei, a: háztartási méretű kiserőművek (HMKE-k), a kapcsoltan hőenergiát és villamosenergiát előállító erőművek (CHP-k), a naperőművek, a szélerőművek, a mélyvölgyi nukleáris energia, és a villamos hálózat negatív kiegyenlítő energia igénye, mint a szintetikus földgáz energiaforrásai.

Ezeket az energiaforrásokat a javaslat szerinti rendszer összegyűjti és az integrált villamosenergiákat a vízbontó használja fel. A vízbontó napi üzemének meghosszabbítását-, és annak nominális teljesítménye körüli kiegyensúlyozását az energiatároló végzi, a fentebb felsorolt energiaforrásokból származó energiák időben történő célszerű elosztásával.

A vízbontó által előállított hidrogénből és a gázmotor kipufogó csövéből kapott mintegy 98,5 % és 99,5% közötti tisztaságú széndioxidból a metanizátor metánt (szintetikus földgázt) termel, amelyet a gázmotor fogyaszt el. A gázfogyasztó berendezés üzemének megfelelő szabályozásával elérhető az adott típusú metanizátor által megkövetelt tisztaságú széndioxid.



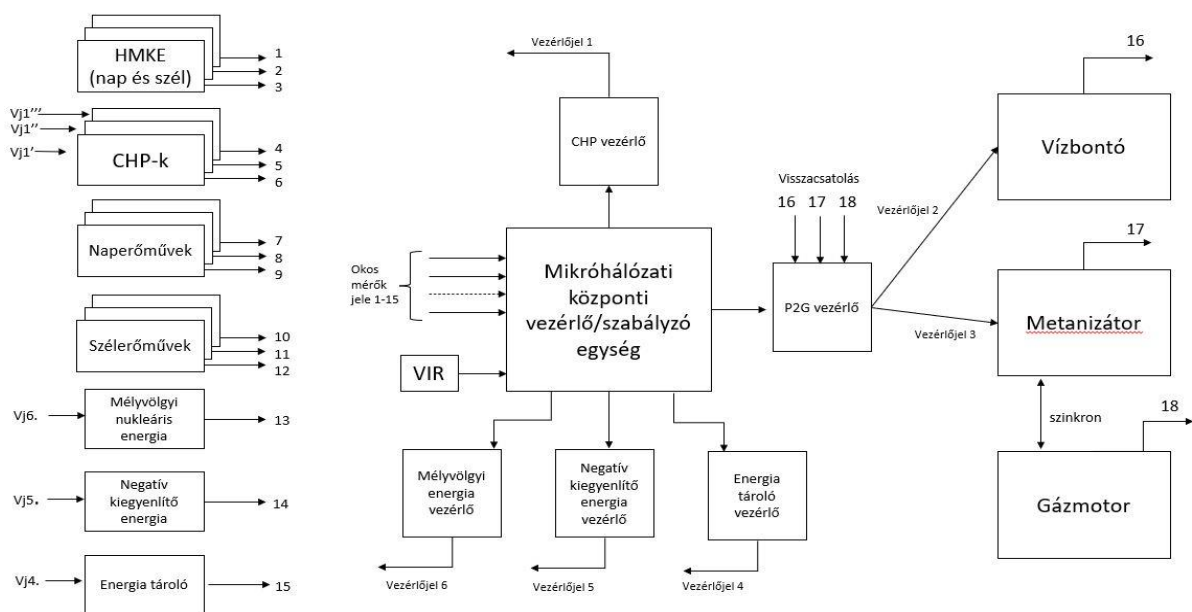
1. ábra. Gázmotor alapú, e-oxy rendszerű P2G technológia

A vízbontó és metanizátor teljesítményét illesztjük a gázmotor teljesítményéhez, így pontosan annyi metán keletkezik, amennyi a gázmotor üzeméhez szükséges. (A vízbontó-, metanizátor-, és gázmotor teljesítményének illesztési alapelveit lentebb ismertetjük.)

A 2. ábrán látható a műszaki megoldás további fontos eleme, a mikrohálózati központi vezérlő és szabályozó egység, amelyet kiegészít a CHP-k vezérlő egysége, a P2G vezérlő egysége, az energiatároló vezérlő egysége, a negatív kiegyenlítő energia felhasználásának vezérlő egysége és a mélyvölgyi nukleáris energia felhasználásának vezérlő egysége.

A központi vezérlő és szabályozó egység megfelelő működését az energiaforrások okosmérőinek jelei és a vezérlők vezérlő jelei-, valamint a visszacsatolások és a metanizátor gázmotorral való együtt-futását garantáló szinkron-jel, valamint a villamoshálózati irányító (VIR) jelei biztosítják.

A vízbontó és a gázmotor teljesítményei illesztésének egyik célja az, hogy a gázmotor által igényelt tüzelőanyag annyi legyen, mint amennyi metánt a metanizátor előállít a vízbontó által termelt hidrogénből. Ebben az esetben nem kell a termelt metánt a földgáz hálózatba juttatni, azt a gázmotor is el tudja fogyasztani.



2. ábra. Mikrohálózati központi vezérlő működése

A vízbontó-, metanizátor-, és gázmotor teljesítményének illesztése a körkörös gazdaság mintapéldája lehet és egyben meghatározó fontosságú a dekarbonizáció és az időjárásfüggő megújuló energiák minél teljesebb mértékű hasznosítása szempontjából.

A vízbontó-, metanizátor-, és gázmotor teljesítményének illesztése azt is jelentheti, hogy a gázmotor zéró-, vagy zéró közeli széndioxid kibocsátással üzemelhet, hiszen az általa kibocsátott széndioxidból, a vízbontó által termelt hidrogén felhasználásával, a metanizátorban metán keletkezik.

Fontos, hogy a gázmotor teljesítménye, amit az általa elhasznált metán (földgáz) mennyisége határoz meg, akkora legyen, hogy az megfeleljen a metanizátorban keletkező metán (szintetikus földgáz) mennyiségének. **Ezt nevezzük a vízbontó és a gázmotor teljesítményei illesztésének, teljesítményeik egymáshoz való megfeleltetésének.**

Ehhez a vízbontó teljesítményét úgy választjuk meg, hogy az négyszer annyi normál köbméter ( $\text{Nm}^3$ ) hidrogént termeljen, mint a gázmotorban a metánból keletkező széndioxid mennyisége.

A vízbontó, hidrogén mellett, melléktermékként, oxigént is előállít fele  $\text{Nm}^3$  mennyiségben, mint az előállított hidrogén mennyisége. Ebből az következik, hogy a vízbontó teljesítménye mintegy a kétszerese kell, hogy legyen a gázmotor bruttó teljesítményének.

A gázmotor ezt az oxigént hasznosítja a teljesítményéhez szükséges metán elégetéséhez, a szokásos levegő helyett oly módon, hogy a vízbontóból származó oxigénhez széndioxidot keverünk, amely helyettesíti a levegőben lévő inert nitrogént. Ily módon a gázmotor kipufogója közel tiszta széndioxidot bocsát ki, amit már nem kell tisztítani. Az oxigént hígító széndioxidot a rendszer indításakor külön be kell juttatni a rendszerbe (az 1. ábrán nem jelöltük.)

A levegőben az oxigén aránya mintegy 21 %. Az általunk végzett kísérletek kimutatták, hogy az oxigén-széndioxid keverékben az oxigén aránya célszerűen magasabb, a gázmotor teljesítményétől és típusától függően, 27 % és 39 % között van (lásd lentebb a kutatási eredmények között).

A pontos értékeket minden gázmotor típusra külön-külön, kísérleti úton kell meghatározni.

A fentebb ismertetett gázmotor alapú P2G rendszer tartalmaz kis méretű oxigén és hidrogén puffertartályokat, valamint széndioxid puffertartályt is, amelyet nem jelöltünk az 1. ábrán.

Amikor gázmotorról beszélünk, akkor az alatt minden földgázt felhasználó energiatermelő berendezést is értünk, különös tekintettel a gázturbinákra és a gázkazánokra. A fenti teljesítmény-illesztési elvek azokra is egyaránt vonatkoznak.

Az 1. és 2. ábrákon elsőként jelöltük az háztartási méretű nap-, és szél kiserőműveket (HMKE). Amikor a nap-, és szélenergia társadalmi méretű hasznosítását célozzuk meg, akkor az nem lehetséges a lakóházak tetőinek hasznosítása nélkül. Budapest napelem térképe szerint a háztetőkre telepíthető HMKE méretű napelemek teljesítménye 5.000 MWp. Ugyanez Magyarországra vonatkoztatva, mintegy 20.000 MWp. Ezt egészíthetik ki a HMKE szélgenerátorok, melyek potenciálja szintén jelentős. Mindez azért fontos, mert ezek a HMKE-k nem foglalnak el szántóföldet, termőterületet.

Azonban a villamos hálózat állapota és energiatárolási/szabályozási képességei miatt jelenleg új HMKE-eket nem engednek be a hálózatba, azok csak szigetüzemben működhetnek.

A szigetüzem a háztartások számára nem gazdaságos mivel azok így csak egy kisebb részét képesek felhasználni a termelt villamos energiának, ezért a HMKE-k telepítése megakadt.

Ezen a problémán segíthet, a találmány szerinti megoldás, mely szerint az HMKE-k illesztő-transzformátoron keresztül a villamoshálózatra csatlakoznak. Az okosmérők jelének-, és a mikróhálózati központi vezérlő és szabályozó egység segítségével összegyűjtjük a HMKE- által termelt villamosenergia HMKE tulajdonosok által fel nem használt részét. Az ily módon integrált villamos energiát a P2G vezérlő azonos időben a vízbontó részére bocsátja, amiből a vízbontó hidrogént termel. A hidrogénből a metanizátor, a széndioxiddal együtt, metánt (szintetikus földgázt) állít elő, amit eltárolás-, majd későbbi, fűtési idényben való felhasználás céljából a földgázhálózatba juttathatunk, vagy azt „csere-ügyletként” a rendszer részét képező gázfogyasztó berendezés elfogyaszthatja.

A HMKE tulajdonosok fűtési idényben, vagy igény szerint bármikor máskor, megkaphatják az őket megillető földgázt, vagy annak ellenértékét.

Amennyiben a vízbontó teljesítménye illesztve van a gázmotor (gázturbina, gázkazán) teljesítményéhez, akkor a metán betárolása csak „csere-üzletet” jelent, vagyis a megtermelt metánt, hatósági hitelesített mérőeszköz közbeiktatásával a gázmotor fogyasztja el, és helyette a gázmotor energiaszükségletét jelentő földgáz a földgáz tárolóban (hálózatban) marad és azt a mikróhálózati központi vezérlő és szabályozó egység nyilvántartásba veszi.

Az időjárásfüggő megújuló energiák minél teljesebb felhasználása céljából, valamint a vízbontó és metanizátor üzem-idejének kiterjesztése érdekében a HMKE-k, a CHP-k, a naperőművek és a szélerőművek mellett a mikróhálózati központi vezérlő és szabályozó egység, a mélyvölgyi nukleáris energia vezérlő egysége-, és a negatív kiegyenlítő energia vezérlő egysége, valamint az energiatároló vezérlő egysége segítségével, biztosítja a mélyvölgyi nukleáris energia-, és a villamoshálózat számára időnként szükségessé váló negatív kiegyenlítő energia felhasználását is.

A vízbontó és a metanizátor üzem-idejének további kiterjesztését szolgálja a meglévő CHP-k üzemének hőtárolókkal (TES) való kiegészítése, vagy új CHP-k telepítése esetén azok hőtároló egységekkel együtt való telepítése, valamint azok CHP vezérlőegység segítségével oly módon való vezérlése és szabályozása, hogy a CHP-k akkor működjenek, amikor nem süt a nap és/vagy nem fúj a szél. A napos és/vagy szeles időben a hőszolgáltatást a hőtároló egységek végzik. A CHP-k által termelt és azok tulajdonosai által fel nem használt villamos energiát azok okos mérőinek jele alapján szintén a vízbontó használja fel.

A fentebb ismertetett, vízbontó teljesítményéhez illesztett teljesítményű-, gázfogyasztó berendezés alapú, e-oxy rendszerű P2G metán-generátor, többek között a HMKE-k széleskörű integrálásával, valamint a mélyvölgyi nukleáris energia-, és a villamoshálózati negatív kiegyenlítő energia felhasználásával, lehetővé teheti a karbonmentes villamosenergiák társadalmi méretű hasznosítását, az áramszolgáltatókon keresztül, a fentiekben ismertetett módon kialakított okos virtuális mikróhálózatok segítségével.

Ez a megoldás megszüntetheti az időjárásfüggő megújuló energiák hasznosításának időbeni és mennyiségi villamoshálózati korlátait.

### 3. Kutatási eredmények

A fentebb ismertetett műszaki megoldás legkevésbé ismert eleme az annak központi részét képező gázmotor oxy-fuel üzeme, ezért a BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék bevonásával kutatást végeztünk a gázmotorok oxy-fuel üzemének jellemzőit, valamint az oxy-fuel üzem megvalósíthatóságát és működőképességét illetően.

A kísérletek bizonyították a hagyományos égéslevegő  $O_2/CO_2$  gázkeverékkel való helyettesítésének megvalósíthatóságát és működőképességét, a földgáz-üzemű motorok esetében is.

Az égéslevegő  $O_2/CO_2$  gázkeverékkel való helyettesítése esetén a gázmotor kipufogógázából kellően tiszta széndioxidot kaphatunk, amely a légfelcsillapító függvényében 0,5-2,0 V/V% CO is tartalmaz. Az a későbbi felhasználástól függ, hogy ezt szükséges-e kivonni vagy átalakítani, illetve maradhat-e a gázban. Miközben a villamos teljesítményre vonatkozott hatásfok romlik és a kipufogógáz hőmérséklet megnő.

A széleskörű ipari bevezetés érdekében célszerű a fentebb ismertetett kísérleteket ipari és nem kísérleti gázmotoron is elvégezni és az üzemi tapasztalatokat kiértékelni, hogy bizonyos motoroknál az esetlegesen szükségessé váló kisebb konstrukciós kiegészítéseket, a gyártók bevonásával, el lehessen végezni. Egyben, a felhasználásra kerülő gázmotor típus számára meg kell határozni az optimális  $O_2/CO_2$  gázkeverék oxigén arányát, az adott gázmotorok üzemi paramétereinek optimalizálása érdekében [13].

### 4. Összefoglalás

A fentebb ismertetett gázfogyasztó berendezés alapú, e-oxy rendszerű P2G technológia szükségességét, valamint időszerűségét, többek között, az elektromos vízbontók és metanizátorok várható gyors ütemű és nagy mennyiségben történő elterjedése indokolja, célszerűvé téve a vízbontó berendezések melléktermékeként keletkező oxigén gázfogyasztó berendezésekben történő hasznosítását annak érdekében, hogy minimális CAPEX mellett és külön OPEX ráfordítás nélkül legyen előállítható a P2G technológiák számára szükségessé váló nagy mennyiségű tiszta széndioxid.

A tárgyi gázfogyasztó berendezés alapú, e-oxy rendszerű P2G metán-generáló eljárás hatékonyan teszi lehetővé, hogy az időjárásfüggő megújuló energiákra és a többlet nukleáris energiára, mint a szintetikus földgáz forrására-, importcsökkentő tényezőként tekinthessünk.

Ez a technológia, megfelelő mennyiségű karbonmentes (nap, szél, nukleáris) villamos energia rendelkezésre állása esetén, lehetővé tehet zéró széndioxid kibocsátású üzemet is.

A 2050-re kitűzött karbonsemlegesség elérését ez a megoldás nagy mértékben elősegítheti.

A karbonsemlegesség ugyanis azt jelenti, hogy a kibocsátott széndioxid egyensúlyba kerül a szénelnyelőkben tárolt széndioxiddal. A természetes szénelnyelők (erdők, óceánok) mellett erre a szénmegkötéssel járó technológiára is nagy szükség lehet a karbonsemlegesség eléréséhez.

Ezzel az eljárással az erőműben keletkezett kipufogógázból oxy-fuel eljárással tiszta széndioxidot nyerünk, amelyet hidrogénnel metanizátorban metánná alakítunk. Ez a metán szolgál az erőmű tüzelőanyagaként, külső földgáz forrásra nincs szükség.

A metánhoz szükséges zöld-hidrogént vízbontóban állítjuk elő, melynek melléktermékeként keletkező oxigént a már hivatkozott oxy-fuel eljárásban hasznosítjuk.

A metanizátorból kikerülő metánt újra a földgázfogyasztó berendezés használja fel, ebből újra széndioxid, majd abból ismét metán (szintetikus földgáz) keletkezik, körforgásos módon.

Végezetül fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a technológia vízfogyasztás szempontjából is, zárt ciklusú és önellátó – a körforgásos gazdaság mintapéldája lehet: a tápvízből a vízbontóban hidrogén keletkezik, amiből a metanizátorban metán és víz, majd a metán felhasználásakor, víz és széndioxid keletkezik. Ezeket a vizeket tápvízként hasznosítjuk; a tápvízből újból hidrogén, abból metán majd abból újból víz keletkezik.

Így a földgáz, a széndioxid és a víz zárt rendszerben, körforgásos módon, mint a technológiához szükséges közvetítő elemek, vesznek csak részt a folyamatban.

## **Irodalomjegyzék**

- [1] *Dr. Birkner Zoltán: A Power-to-Gas/Power-to-Methane technológia – merre tovább? ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [2] *Steiner Attila: Az energiátárolás lehetséges fejlesztési irányai. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [3] *Hujber Ottó: „Megújuló villamosenergia tárolását és a villamosenergia rendszer szabályozását egyidejűleg lehetővé tevő gépészeti rendszer, eljárás”, P21000321 ügyiratszámú találmány.*
- [4] *Hujber Ottó: „A naperőművek és a szélerőművek által termelt villamosenergia megtermelésükkel azonos idejű, villamos hálózaton kívüli felhasználása szintetikus földgáz előállítására”, P2200498 ügyiratszámú találmány*
- [5] *Dr. habil. Csedő Zoltán: A power-to-gas technológia ipari környezetben való tesztelése: egy szennyvíztisztító telepen szerzett K+F tapasztalatok. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [6] *dr. Pintér Gábor, Kondor Dóra, Hegedűsné dr. Baranyai Nóra, dr. Vincze András, dr. Zsiborács Henrik: A power-to-gas technológia potenciális szerepe a visegrádi országok naperőműveinek menetrendtartásában. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [7] *Dr. Sinóros-Szabó Botond: Alga biomasszából power-to-gas technológiával előállított biometanizációs folyamat műszaki feltételei. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [8] *Prof. Dr. Imre Attila, Kummer Kristóf: Power-to-Methane alapú pseudo-akkumulátorok. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [9] *Groniewsky Axel, Kustan Réka, Imre Attila: Power-to-Methane technológia: műszaki összegzés és esettanulmány. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [10] *Csányi Szilvia, Dr. Zsiborács Henrik, Dr. Pintér Gábor\*, Hegedűsné Dr. Baranyai Nóra, Dr. Vincze András: A biogáz alapú Power-to-Gas technológia szerepe a magyarországi energiagazdálkodásban. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [11] *Zavarkó Máté: Az alga alapú power-to-gas üzemek fejlesztésének stratégiai szempontjai a körforgásos gazdaságban. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [12] *Dr. Csedő Zoltán, Dr. Imre Attila: A Power-to-Gas/Power-to-Methane technológia – merre tovább? ENERGIAGAZDÁLKODÁS 63. évf. 2022. különszám*
- [13] *Lukács Kristóf, Hujber Ottó, Bereczky Ákos: Oxy-fuel tüzelés vizsgálata a gázmotor alapú P2G rendszerű metán előállító technológia számára, ENERGIAGAZDÁLKODÁS 64/1-2, 2023*