

# ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata

63. évfolyam 2022. 5-6. szám



A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

## Kellemes Karácsonyi ünnepeket, és Boldog új évet kívánunk!



### Szolgáltatásaink

EKR tanácsadás • EKR audit • EKR hitelesítés • EKR értékesítéstámogatás  
Gyármentő elő- és utóaudit • Társasági adó (TAO) elő- és utóaudit

ISO 50001 bevezetés és támogatás • Energetikai audit • Energetikai szakreferens • Műszeres mérés  
CO<sub>2</sub> megtakarítási projektek • Oktatás, szemléletformálás • LEAN folyamatfejlesztés • Energetikai K+F+I projektek

[www.alfaped.hu](http://www.alfaped.hu) • +36 30 alfaped • [info@alfaped.hu](mailto:info@alfaped.hu)  
+36 30 2532733

2023. március 8–9. • Thermal Hotel Visegrád

# KLENEN'23

KLÍMAVÁLTOZÁS  
ENERGIATUDATOSSÁG  
ENERGIAHATÉKONYSÁG

## XVIII. KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

„Osszuk meg tapasztalatainkat, dolgozzunk együtt a természet egyensúlyának megőrzéséért”

A konferencián kiemelt figyelmet fordítunk

- az energiaár drasztikus emelkedésének hatására,
- a megnövekedett energetikai korszerűsítési igények ipari hátterére (a gyártói/kivitelezői kapacitásokra),
- az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer működésével kapcsolatos tapasztalatok megosztására,
- az energetika területén felmerült új kockázatok kezelésének lehetséges megoldásaira, a kialakult jó gyakorlatokra, s nem utolsósorban,
- az energetikai auditálási kötelezettség 2023. évi évfordulója alkalmából az audit és az azt kiváltó, ISO 50001 szabvány szerinti energiagazdálkodási rendszer előnyének/hátrányának megvitatására.

**Előzetes program: [www.klenen.eu/konferencia/program](http://www.klenen.eu/konferencia/program)**

**A kedvezményes regisztráció határideje: 2023. január 31.**

További információ és jelentkezés:

**[www.klenen.eu](http://www.klenen.eu), [klenen@congress.hu](mailto:klenen@congress.hu)**



aecenter.org



ete-net.hu



eszk.org



mekh.hu



bpmk.hu



bkik.hu



mee.hu



zerocarbonhub.hu

Médiapartnereink:

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

innotéka

# ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata

63. évfolyam 2022. 5-6. szám

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

## Főszerkesztő:

Dr. Gróf Gyula

## Olvasó szerkesztő:

Dr. Groniewsky Axel

## Szerkesztőség vezető:

Kaposvári Regina

## Szerkesztőbizottság:

Czinege Zoltán, Dr. Csűrök Tibor, Czibolya László, Dr. Farkas István, Horváth Péter János, Dr. Imre Attila, Ignáci Elek, Korcsog György, Dr. Laza Tamás, Molnár Csaba, Molnár Ferenc, PhD, Dr. Nagy Valéria, Németh Bálint, Péter Szabó István, Dr. Serédiné Dr. Wopera Ágnes, Dr. Stróbl Alajos, Székely László, Dr. Szilágyi Zsombor, Dr. Tóth Tamás, Dr. Zsebik Albin

## Honlap szerkesztő:

Kierblewski Marius  
www.ete-net.hu

**Kiadja:** Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület  
1091 Budapest, Üllői út 25., IV. em. 420-421.  
Tel.: +36 1 353 2751,  
+36 1 353 2627,  
E-mail: titkarsag@ete-net.hu

## Felelős kiadó:

Dr. Kiss Csaba, az ETE elnöke

**A szerkesztőség címe:**  
BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék

1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.  
D épület 208 sz.  
Telefon: +36 1 463 2613.  
Telefax: +36 1 353 3894.

**E-mail:** enga@ete-net.hu

Megjelenik kéthavonta.  
Előfizetési díj egy évre: 5500 Ft  
Egy szám ára: 920 Ft

Előfizethető a díj átutalásával a 10200830-32310267-00000000 számlaszámra a postázási és számlázási cím megadásával, valamint az „Energiagazdálkodás” megjegyzéssel  
**ISSN 0021-0757**

## Tipográfia:

Büki Bt.  
bukiangras@t-online.hu

## Nyomdai munkák:

EFO Nyomda  
www.efonyomda.hu

Lapunkat rendszeresen  
szemléli a megújult



www.observer.hu

## TARTALOM • CONTENTS • INHALT

### Fenntarthatóság \* Sustainability \*

#### Nachhaltigkeit

Nagy Valéria, Pavló Ferenc,  
Kovács Tamás Ervin  
Az „átlátszó” innováció –  
avagy az üveg energiaalkalmassága 2  
*The “transparent” innovation –  
or the energy suitability of glass  
Die “transparente” Innovation –  
oder die Energietauglichkeit von Glas*

### Energiapolitika \* Energy policy \*

#### Energiapolitik

Szilágyi Zsombor  
Az energia árak jövője 6  
*The future of energy prices  
Die Zukunft der Energiepreise*

Zsiborács Henrik, Pintér Gábor,  
Vincze András, Hegedűsné Baranyai Nóra  
A magyarországi naperőművek létesítését  
szabályozó jogszabályok 9  
*Legislation regulating the installation of solar  
power plants in Hungary  
Gesetzgebung zur Installation von  
Solarkraftwerken in Ungarn*

Szalai Gabriella  
Hőszivattyú technológia: kulcs az európai  
épületállomány megújításához 12  
*Heat pumps: key to renewing the European  
building stock  
Wärmepumpen: der Schlüssel zur Erneuerung  
von Europas Gebäuden*

### Táv hőellátás \*

#### District heating \* Fernwärme

Hegedűsné Baranyai Nóra, Szabó Zsófia,  
Szalai Gréta, Vincze András, Pintér Gábor,  
Zsiborács Henrik  
A távhőellátás a Balaton turisztikai  
régióban 15  
*District heating in the Balaton tourist region  
Fernwärme in der Tourismusregion Balaton*

### Épületenergetika \* Building energy \*

#### Gebäudeenergie

Zsebik Albin  
A halogatásnak ára van 20  
*Procrastination has its price  
Aufschub hat seinen Preis*

### Villamos energia \* Electricity \*

#### Elektrizitát

Nagy Ákos  
Lokális fogyasztói profilok fejlesztése 32  
*Development of local load profiles  
Entwicklung lokaler Lastprofile*

### Energiatárolás \* Energy storage \*

#### Energiespeicherung

Kummer Kristóf, Imre Attila  
Power-to-Methane alapú  
pseUDO-akkumulátorok  
37Pseudo-batteries based  
on Power-to-Methane technology  
Power-to-Methane-basierter  
Pseudo-Batterien 9

Groniewsky Axel, Kustán Réka, Imre Attila  
Power-to-Methane technológia:  
műszaki összegzés és esettanulmány 46  
*Power-to-Methane technology:  
technical summary and case study  
Power-to-Methan-Technologie: Technische  
Zusammenfassung und Fallstudie*

### Szakkollégiumi Hírek \*

#### Student Association News \*

#### Studentenverein Nachrichten

Húsz éves az Energetikai Szakkollégium 57  
*The Student Association of Energy is 20  
years old  
Die Studentenverein Energie ist 20 Jahre alt*

### KLENEN \* KLENEN \* KLENEN

Konferencia felhívás, előzetes program 59  
*Conference call, preliminary program  
Konferenz Anruf, Vorläufiges Programm*

A folyóirat szerkesztésénél különös figyelmet fordítottunk  
a környezetvédelmi szempontokra!

A beküldött kéziratokat nem őrizük meg, és nem küldjük vissza. A szerkesztőség fenntartja a jogot a beküldött cikkek rövidítésére és javítására. A szakfolyóiratban megjelent cikkek nem feltétlenül azonosak a szerkesztők vagy az ETE vezetőségnek álláspontjával, azok tartalmáért az írók felelős.

# Az „átlátszó” innováció – avagy az üveg energiaalkalmassága

Nagy Valéria

okl. gépészmérnök, valinagy78@mk.u-szeged.hu

Pavlo Ferenc

programozó matematikus, fpavlo@guardian.com

Kovács Tamás Ervin

közgazdász, tekovacs@guardian.com

Az ENSZ a 2022-es esztendő a Nemzetközi Üvegszövetség javaslatára az Üveg Nemzetközi Évének nyilvánította. Ennek kapcsán fogalmazódott meg oktatási célkitűzésként, hogy a műszaki mérnök alap- és mesterképzésben az Energiagazdálkodás, az Energiatervezés, illetve a Műszaki innováció tantárgyak keretein belül is essen szó az üveg(ipar) és a műszaki energetika (elsősorban az épületenergetika, az energiamenedzsment) integrációjáról. Az ismeretbővítés – a kötelező tananyagrészekhez szervesen kötődve és azokat kiegészítve – Az „átlátszó” innováció címet viselő rövid felvezető előadással indult. Ezt követően irányított előadói kérdésekkel, validálható üvegeneretika innovációk elemzésével haladt végig az üveg/üvegezés és az energetika közösen elvégzett/elvégzendő feladatain és megoldott/megoldandó problémáin, illetve a még feloldásra váró konfliktusokra is kitért a fizikai törvények alapján értelmezhető oximoron-szemlélet segítségével. Oktatóként és gyakorló szakemberekként pedig e rövid áttekintő írás formájában járunk hozzá az üveg energetikai vonatkozású megismer(tet)éséhez, hangsúlyozva az üveg technikai jelentőségét és társadalmi jelentőségét egyaránt. Egyúttal lehetőséget is teremtünk arra, hogy elmélyedjünk ebben az „átlátszó” témában.

\*

The UN declared 2022 the International Year of Glass at the suggestion of the International Glass Association. In connection with this as an educational objective, it occurred that the integration of glass (industry) and technical energetics (mainly building energy) should also be discussed within the framework of the Energy Management, Energy Planning and Engineering Innovation subjects in bachelor's and master's programs of technical engineering training. The expansion of knowledge – organically linked to and supplementing the compulsory curriculum parts – started with a short introductory lecture entitled “Transparent” innovation. After that, with guided instructor questions and analysis of validable glazing energy innovations, the group discussion went through the tasks performed/to be performed and the problems solved/to be solved jointly by glass and energy. And it also addressed the conflicts still waiting to be resolved with the help of the oxymoron approach that can be interpreted based on physical laws. As a university professor and practitioners, we contribute in the form of this short overview to the knowledge of glass in terms of energy, emphasizing both its technical significance and social significance. At the same time, we create an opportunity to delve deeper into this “transparent” topic.

\*\*\*

Az üveg történetének kezdete a Kr. előtti időkre datálható, ekkortól folyamatosan teret hódít(ott) magának: egyaránt bővült az alkal-

mazási területe is és fejlődött a gyártási technológiája is [1] [2]. Kezdetben az előállítási lehetőségek szabtak határt az alkalmazhatóságnak, azonban a gyártási technológiák folyamatos fejlesztésével, illetve az újabb és újabb technológiák megjelenésének köszönhetően ma már a felhasználási lehetőségek is megszámlálhatatlanok, úgymint:

- művészeti tárgyak, dísz tárgyak;
- kulináris használati tárgyak;
- élelmiszeripari csomagoló anyagok;
- üvegyipari késztermékek (üvegszál, cső, üvegyapot, kőzetgyapot stb.);
- belsőépítészeti, esztétikai szempontú üveghasználat (szaniter kiegészítők);
- biztonsági szerkezetek (gépjárműtechnikai, hőálló, tűzgátló, golyóálló üvegszerkezetek);
- energetikai alkalmazás (napelemek, naptükör stb.);
- épületenergetikai alkalmazás (elsősorban épülethomlokzatok, nyílászárók)
- különleges üvegtípusok (üvegbeton stb.);
- tudományos/ipari alkalmazás (kémcső, lombik stb.).
- ...

Napjainkban tehát a különféle üvegek, üvegtárgyak, üvegszerkezetek életterünk részei. A közlemény kivonatában említett egyetemi kurzusokhoz kapcsolódóan az alkalmazási területek közül kiemelendő az épületenergetikai alkalmazás. E területen ugyanis egyszerre van lehetőség az üveg/üvegezés technikai és társadalmi előnyeit is integrálni a funkcionális energetika lehetőség-halmazába. Annak okán is, hogy az épületenergetika területén végzendő/megoldandó energiagazdálkodási és energiatervezési feladatok/problémák többségét a világban zajló folyamatok, társadalmi és gazdasági változ(tat)ások idézik elő. E folyamatok és változ(tat)ások mindig egy „új” vagy „másik” állapotot „okoznak”, ahol kétségkívül más állapothatározók dominálnak, ezért a szabályozási környezet is változásra ítélt.

A szigorodó globális és EU-s elvárásokat, iránymutatásokat megfogalmazó dokumentumok [3] [4] olvasása közben akaratlanul is „felidéződik” Weöres Sándor Testamentum c. műve [5], miszerint „Az emberiség akkor fog boldogulni, – ha rááll az egyetlen józan, ráállható alapra: ha szükségleteit elégíti ki, és nem szenvedélyeit, bosszúvágyait, rögeszméit ... – ha úgy tevékenykedik, hogy nem árt vele se másnak, se magának.” A kérdés már „csak” az, hogy nehéz vagy könnyű ezt az alapot (újra)megépíteni és megszilárdítani? Talán az oly sokat emlegetett fenntarthatóság „eszményét” olvashattuk már ekkor, még az ún. rádöbbenés időszaka előtt. A fenntarthatóságot szem előtt tartó használat (racionalizált felhasználás) korábban ugyanis az emberiség alapigényei közé tartozhatott, tartozott, mert közelebb élt a természethez, aminek javaiból az újratermelődéssel ütemében részesülhetett. Azonban mára már a

racionalizált felhasználás átlányegült fogyasztássá és a fenntarthatóság komplex szükségességgé nőtte ki magát. Ami pedig azt eredményezte, hogy a gazdasági és környezeti fenntarthatóság mellett a társadalmi és technikai fenntarthatóság is kérdéssé vált. Az energaintenzív és sokszor pazarló életmódok és termelési minták mellett egyáltalán nem vagy csak költségesebben érhető el és tartható fenn a klímasegélyes működés. És kétségkívül a kutatás-fejlesztés-innováció-oktatás lesz az energia- és éghajlati célok megvalósításának egyik kulcsa [3].

Az elmúlt évben egyre több kormány kötelezte el magát a „nettó nulla” mellett – ami azt jelenti, hogy az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását teljesen le kell állítani és fokozatosan meg kell szüntetni a fennmaradó hatásokat is. Ez a világ egyik legsürgetőbb közös kihívása, amely az egyének, a vállalkozások és a kormányok erőfeszítéseinek példátlan összehangolását követeli meg. A nemzeti szintű „nettó nulla” (fel)készültséget alapvetően az öt kulcságazat (a villamos- és hőenergia, a közlekedés, az épületek, az ipar, valamint a mezőgazdaság, a földhasználat és az erdőgazdálkodás) készültségi szintje határozza meg. A Net Zero Readiness Index (magyarul talán dekarbonizációs felkészültségi jelentés) összegzi 32 ország klímasegélyességi vizsgálatát, vagyis összehasonlítja az országok előrehaladását az éghajlatváltozást okozó üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése terén, valamint felméri felkészültségüket és képességüket arra, hogy 2050-re elérjék a gázok „nettó nulla” kibocsátását. A 103 mutató alapján rangsorolt országok között Magyarország a 13. helyre került [4].

De visszatérve az épületenergetikai gondolatmenethez, érdemes megemlíteni, hogy talán nem is volt annyira régen, amikor a természetes fényt a beépítetlen padlástérben egy-egy üvegcserep biztosította vagy amikor otthonainkat nem temperáltuk éjjel-nappal és még sorolhatnánk. Szoktuk mondani, hogy az igények megnövekedtek, ami egyfelől igaz is, de sok esetben arról az oximoron jellegről van szó, hogy az életünkben megjelenő és energiát igénylő új innovációkhoz nem feltétlenül társul olyan mérvű (energia) hatékonyság, amely ellensúlyozná a használatból fakadó többlet energiaigényt és ezért többlet valós energiaigényként mutatkozik. De ha a(z energia)hatékonyság teljesül is, bizony nem kívánatos velejáró lehet a visszapatlanó hatás is (ha valami hatékonyabb, akkor az emberek hajlamosabbak többlet használni, túlhasználni). És (talán) még az is előfordul, hogy a kényelmünket és/vagy gazdasági érdekeket szem előtt tartó innovációknál nem merül(het) fel vizsgálati szempontként az energiaigény elemzése, az energia életciklus elemzés. Persze naivság lenne azt állítani, hogy korábban minden energiátökéletes volt, hiszen mindig is voltak energia-pazarló magatartásformák (amelyek kiinduló pontja lehetett önkéntes, de akár kötelező jellegű is). És ez a dolgok szemléletének csupán egyetlen aspektusa. Tulajdonképpen itt kapcsolódik össze az üveg/üvegezés apropóján keresztül a már említett három egyetemi stúdium, nevezetesen az Energiagazdálkodás, az Energiatervezés és a Műszaki innováció. A felsorolás sorrendje nem prioritási sorrend, továbbá a jelenlegi feladatok és problémák túlmutatnak a diszciplínák keretein. Sokkal inkább az együtt gondolkodás és az oda-vissza hatások elemzése teremt lehetőséget az energiaipari innovációra [6], amire most szüksége van a világnak. Tekintettel arra is, hogy a klímakutatók arra számítanak, hogy a szélsőséges időjárás események a jövőben gyakoribbá válnak és az épületeknek ellenállóknak kell lenniük az éghajlati kockázatokkal szemben, ezért azok energiahatékonyságát gyorsabban kell javítani. Az épületágazat éghajlati kockázatokkal szembeni ellenálló képessége

pedig szorosan összefügg az energiarendszer ellenálló képességével, különösen a villamos energia és a hőenergia terén [4] [6].

Mivel a különféle rendeltetésű épületeknél alkalmazott üvegszerkezeteknek alkalmazkodniuk kell a kihívásokhoz, ezért az üvegszerkezetek energetikai szempontú kutatásainak-fejlesztéseinek innovációinak naprakész ismerete megkerülhetetlen.

E rövid áttekintő írásnak a célja pedig éppen ennek a szemléletnek a megfogalmazása az üvegtechnikai lehetőségekkel kiegészítve egy kis szakmai meditáció keretében.

## Általánosságban az üvegről

Az üveg(ezés) olyan innováció, amelyben már a kezdetektől benne rejlik a további innovációs lehetőség, hiszen az üveghez jól kapcsolhatók gyártási és megmunkálási technológiák, úgymint a szabás, csiszolás (esztétikai, biztonsági), vésés, gravírozás, laminálás, homokfúvás, savval maratás, bevonatozás, zománcozás, szitanyomás, digitális nyomtatás stb. [1] [2] [7]. Itt fontos megjegyezni, hogy a gyártás és megmunkálás közvetlen energiaigénnyel bír, ezért az értéket nem teremtő (rész)folyamatok lehetőség szerinti kiküszöbölése alapfeladat, példának okáért az elérhető legjobb technika alkalmazásával [8], gyártásoptimalizálással, folyamatoptimalizálással. Az egyes gyártási és megmunkálási technológiák kombinálásával pedig a felhasználás módjától függő speciális követelmények is kielégíthetők, ami pedig az erős energialehatóságot garantálja. Közleményünkben az üveg energialehatósága alatt az üveg megfelelését értjük egy adott feladat elvégzésére vagy egy adott probléma megoldására. Vagyis rendelkezik azokkal a paraméterekkel, amelyek szükségesek az energetikai követelmények teljesítéséhez. Az optimális energialehatóság pedig az üveg jellemzőinek (fontosabb fizikai tulajdonságainak) és az energetikai követelményeknek, feltételeknek a harmonizálása.

Az épületeknél alkalmazott üvegekkel szemben támasztott főbb elvárások/tulajdonságok:

- természetes fény biztosítása (mélán kerülhet az első helyre, hiszen az üvegfelület nem más, mint átlátszó fal, vagyis az üvegipar legfőbb árucikke a fény)
- komfort biztosítása (jelentősége nem elvitatható, hiszen csakis az a termék/technológia/szolgáltatás terjed hatékonyan, amely a kényelmünket is szolgálja – épületenergetikai szempontból a fűtés/hűtés és a megvilágítás elsődleges)
- biztonságosság
- (könnyen) tisztíthatóság (pl. ShowerGuard – fürdőszobai alkalmazásra olyan bevonattal, melyen nem rakódik le a vízkő)
- fenntarthatóság (pl. BirdGuard – környezetvédelmi, madárvédelmi szempontok figyelembe vétele, vagyis olyan bevonattal, ami az emberi szem számára nem, a madarak számára viszont látható)
- gondosan tervezett, esztétikus legyen
- (innovatív legyen, vagyis ötvözze az ötletet, a megvalósítást és a hasznosulást is)

Az építészeti üveg legfőbb alapanyaga a kvarchomok ( $\text{SiO}_2$ ), szoda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), mészkő ( $\text{CaCO}_3$ ), nefelin ( $\text{AlSiO}_4$ ), nátrium-hidroxid ( $\text{NaOH}$ ), nátrium-szulfát ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), üvegcserep. Az 1. táblázat tartalmazza az az EN 572-1:2012+A1:2016 (E) szabvány [9] szerinti egyes összetevők részarányát, míg a 2. táblázat az (úsztatott sík)üveg főbb jellemző fizikai tulajdonságait.

1. táblázat. Az (üsztatott sík)üveg összetétele

Összetevők megnevezése	Összetevők részaránya tömeg%
Szilícium (Si)	32-35
Kalcium (Ca)	3,5-10,1
Nátrium (Na)	7,4–11,9
Magnézium (Mg)	0-3,7
Alumínium (Al)	0-1,6
egyéb*	<5%
*ezek az összetevők a fotometrikus tulajdonságokon kívül más tulajdonságot jelentősen nem befolyásolhatnak	

2. táblázat. Az (üsztatott sík)üveg fizikai jellemzői

Fizikai jellemzők	Érték
Sűrűség (18 °C-on), kg/m <sup>3</sup>	2500
Keménység (Knoop, ISO 9385 szerint), GPa	6
Young modulus, Pa	7 · 10 <sup>10</sup>
Poisson tényező	0,2
Fajhő, J/(kg·K)	0,72 · 10 <sup>3</sup>
Közéltett lineáris hőtágulási együttható (20 - 300 °C), 1/K	9 · 10 <sup>-6</sup>
Hővezetés, W/(m·K)	1
Átlagos törésmutató (látható fény ~589,3 nm)	1,5
Emisszivitás	0,837

### Az üveg energialehetősége

Az üveg azonban önmagában nem jó hőszigetelő, de ez a képesség javítható különféle egyéb anyagok és technológiák kombinálásával. Időben kicsit visszatekintve, a 19. században született meg először

az a felismerés, hogy a kétrétegű üveg csökkenti a hővesztésüket: az első bejegyzett szabadalom Thomas D. Stetson amerikai feltaláló nevéhez fűződik 1865-ből. Ma már számos bevonattípus létezik, amelyek megoldást kínálnak a legkülönbözőbb problémákra és partnerek az igények (akár luxuselvárások) kielégítésében is. Azonban bármennyire kedvező is az adott megoldás, az statikus. A jelenlegi üvegszerkezetek az energetikai elvárásokat oly módon teljesítik, hogy az egyes szerkezetek beépítési vastagsága és tömege is elfogadható marad.

Végül játsszunk el a gondolattal, hogy milyenek is kell lennie az üvegezésnek, hogy az erős energialehetőség követelményeit teljesítse. Ezt könnyedén megtehetjük, hiszen az agynál jobb modellező/szimuláló szoftver nem létezik. Már Örkény István Tótk c. művében is felillantja, hogy „... az átmeneti téltelenség veszélyesebb, mint a teljes semmittevés; aki ugyanis abszolúte nem csinál semmit, az legalább szervezni tudja a gondolatait, ha azonban valaki hol csinál valamit, hol nem, az a szünetek ideje alatt a saját gondolatainak játékszere lesz. Ez történt Tóttal meg a pettyes lepkevel.” [10]

Az 1990-es szinthez képest előirányzott üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentésének legalább 55% mértékűnek kell lennie. A 2030-ig megvalósuló klímacélokig vezető út egyik szegmense pedig az energialehetőség. A legfontosabb érintettek az energialehetőségi iparágak (és ide tartozik az üvegyártás is). Ilyen módon az épületek közvetetten is [11].

Az üveg és az energetika közösen elvégzett/elvégzendő feladatai:

- az épületekkel szemben támasztott követelmények/igények és az üveg fizikai teljesítőképességének fokozatos összehangolása
- részvétel a folyamatos épületenergetikai innovációban

Az üveg és az energetika megoldott/megoldandó problémái:

3. táblázat. Különböző üveg(szerkezetek) fontosabb fizikai tulajdonságai [12] és [13] nyomán

Fizikai jellemzők	egyrétegű hagyományos üveg	kétrétegű hagyományos üvegszerkezet	kétrétegű, hőszigetelő bevonattal ellátott üvegszerkezet	háromrétegű hagyományos üvegszerkezet	háromrétegű, hőszigetelő bevonattal ellátott üvegszerkezet	háromrétegű, hőszigetelő és naphővédelmet is biztosító bevonattal ellátott üvegszerkezet
Hőátbocsátási tényező (ISO 10292) U, W/(m <sup>2</sup> ·K)	5,8	2,6	1,1	1,9	0,5	0,5
Látható fény áteresztés τ <sub>v</sub> , %	90,6	82,7	81,8	75,9	74	60,07
Naptényező g, %	87,9	79,4	64	72,2	52,7	30,8
Szelektivitási tényező S	1,03	1,04	1,28	1,5	1,4	1,97
Összesített névleges vastagság d, mm	4	24	24	36	48	48
Üvegszerkezet becsült fajlagos tömege m, kg/m <sup>2</sup>	9,58	19,17	19,17	28,75	28,75	28,75

Megjegyzés: a kétrétegű hagyományos üveg esetén a feltöltő gáz levegő, a többi szerkezetben 90% Ar és 10% levegő

- energiahatékonyság fenntarthatósággal kombináltn (a keverék olvadáspontjának csökkentése üvegcserep adagolással)
- komplex és egyre szigorodó energetikai elvárások kielégítése
- gyártási energiaszükséglet csökkentése (az olvasztás energiaigénye a keverék 1200-1600 °C-ra történő hevítése földgáz/propán-bután gázkeverék működtetésű kemencék helyett hidrogénműködtetésű kemencékkel)

Az üveg és az energetika még feloldásra váró konfliktusai:

- a fizikai törvények alapján értelmezhető oximoron-szemlélet (lényege a valóságos ellentmondás és összeegyeztethetlenség – pl. műanyag pohár, megújuló energia, alapértelmezett választási lehetőségek)
- ellentétes érdekek mentén megtalálni a megegyezés lehetőségét

A teljesség igénye nélkül álljon itt néhány példa az épületek homlokzataiként és nyílászáróiként használt üvegszerkezetek közül (3. táblázat).

Az épületek energetikai teljesítőképességének javításához a fentiek szerint járul hozzá az üvegezés [14] [15] [16]. Viszont korunk legnagyobb innovációs kihívása olyan üvegszerkezetek előállítása, melyek szelektíven képesek (igény szerint akár évszaktól, napszaktól függően) a beérkező látható fény és napenergia mennyiségét szabályozni.

## Összefoglalás, kitekintés

Rövid tanulmányunk összeállításánál elsősorban azokat a publikációkat dolgoztuk fel, amelyek híven ismertetik az üveg, mint anyag energiagazdálkodási, energiatervezési vonatkozásait, kiegészítve némi történeti visszatekintéssel és jövőbeli kitekintéssel. Noha a világ napjainkban egyre inkább a gazdasági érdekek szövetében létezik, de a „nettó nulla” elérésére való készségnek alapvetően a jóléthez kell kapcsolódni.

És mivel az üvegfelületek szerves részei az épületeknek – mint élettereinknek –, így az épületek tervezésénél alkalmazott elveknek, mérnöki megfontolásoknak kell megfeleltetni az üvegfelületeket, üvegszerkezeteket és az épületek más elemeit is. Számos szempont alapján lehet mérlegelni a lehetőségeket: fényáteresztés, tükröződés, hőszabályozás, zajszűrés, biztonság, tűzvédelem, fenntarthatóság, esztétika, ár [12] [13]. És szem előtt kell tartanunk azt is, hogy az innovációnak ötvöznie kell a hagyományt és a haladást, vagyis nem annyira a fejlődés, hanem sokkal inkább az átalakulás, a változás, a sokszínűvé válás képességének hordozása a legfontosabb ismér. Tehát az üveg/üvegezés technikai jelentősége és társadalmi jelentősége arra enged következtetni, hogy a plusz energiás és környezetpozitív épületek építészeti és gépészeti megtervezése lehet garancia arra, hogy ne legyen nyomasztó a jelen és ne legyen aggasztó a jövő se környezeti, se pedig energetikai szempontból. Minden üvegtechnikai újdonság bevezetésénél nagy körültekintéssel kell eljárni, figyelembe véve a társadalommérnöki megfontolásokat (aggályokat és meggyőződéseket) is. Kölcsey Ferenc intelmei vezessenek bennünket mind az energetikai tervezés, mind a működtetés, mind pedig a használat útján, vagyis „Ismerni a jót könnyebb, mint követni; sőt még az sem nehéz, hogy némelykor jó vagy éppen nemes tettet vigyünk véghez: de egész életdet meghatározott elv szerént intézve, sohasem tenni mást, mint amit az erkölcsiség kíván; s még akkor sem, midőn haszon, bátorlét, indulat heve vagy szenvedelem ereje másfelé ragad; ezt hívják erénynek.” [17].

## Források

- [1] Drescher K.: Üvegipari anyag-és gyártásismeret. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 2000., 111 p.
- [2] Knapp O. – Korányi Gy.: Üvegipari kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1964., 667 p.
- [3] Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia 2020-2050, Innovációs és Technológiai Minisztérium, Budapest 2020., 127 p. (<https://cdn.kormany.hu/uploads/document/5/54/54e/54e01bf45e08607b21906196f75d836de9d6cc47.pdf>) (2022. 07. 01.)
- [4] Net Zero Readiness Index 2021 (<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2021/10/net-zero-readiness-index.pdf>) (2022. 07. 01.)
- [5] Weöres S.: Testamentum. 1952. június (<https://cultura.hu/kultura/weores-sandor-a-szabadsagrol/>) (2022. 06. 05)
- [6] Palkovics L.: Energetikai kihívások és megoldások. GREENTECH III. Zöld Energia és Fenntarthatóság Szakkiállítás és Konferencia, Zalaegerszeg 2022. 05. 26. ([https://greentechzalaegerszeg.hu/wp-content/uploads/2022/06/TIM\\_Miniszteri\\_prezent%C3%A1ci%C3%B3\\_III\\_Greentech-Konferencia\\_Final.pdf](https://greentechzalaegerszeg.hu/wp-content/uploads/2022/06/TIM_Miniszteri_prezent%C3%A1ci%C3%B3_III_Greentech-Konferencia_Final.pdf)) (2022. 07. 12.)
- [7] Üvegipari alapismeretek, síküvegfeldolgozás, megmunkálások. CE Glass Industries, Szatymaz 2020., 11 p. + mellékletek
- [8] Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához az üveggyártás engedélyeztetése során; Vidékfejlesztési Minisztérium, Budapest 2012., 334 p.
- [9] EN 572-1:2012+A1:2016 (E) szabvány: Glass in building – Basic soda-lime silicate glass products (Part1: Definitions and general physical and mechanical properties)
- [10] Örkény I.: Tóték. 1966. augusztus, p. 84 (<http://mek.niif.hu/01000/01000/01000.htm>) (2022. 08. 01.)
- [11] Irány az 55%! (<https://www.consilium.europa.eu/hu/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>) (2022. 06. 05.)
- [12] Guardian Configure (<https://glassanalytics.guardian.com/app/configure>) (2022. 07. 27.)
- [13] <https://www.pilkington.com/en/global/products/product-categories/thermal-insulation/pilkington-spacia#overview> (2022. 06. 12.)
- [14] The energy performance of buildings directive – Maximising energy savings from glazing ([https://glassforeurope.com/wp-content/uploads/2019/04/EPBD\\_guidance\\_webversion.pdf](https://glassforeurope.com/wp-content/uploads/2019/04/EPBD_guidance_webversion.pdf)) (2022. 06. 17.)
- [15] <https://glassforeurope.com/publications/> (2022. 06. 12.)
- [16] Flat glass in climate-neutral Europe (<https://glassforeurope.com/wp-content/uploads/2020/01/flat-glass-climate-neutral-europe.pdf>) (2022. 06. 17.)
- [17] Kölcsey F.: Parainesis Kölcsey Kálmánhoz. 1834. (<https://quotepark.com/hu/idezetek/1968569-kolcsey-ferenc-ismerni-a-jot-konnyebb-mint-kovetni-sot-meg-az-s/>) (2022. 08. 01.)

Köszönjük, hogy gondol ránk!

**1%**

Az Energiagazdálkodási  
Tudományos Egyesület adószáma:

**19815637-2-43**

# Az energia árak jövője

Szilágyi Zsombor

mérnök; drszilagyzsombor@freemail.hu

**A cikk szerzője a 2022-ben bekövetkezett energia ár változásokat és az ezeket befolyásoló jelenségeket tekinti át. A különböző földgáz és áram tőzsdék trendjeinek bemutatásán keresztül, kitekintést ad a jövőben várható energiaárakról.**

\*

**In this article, the author reviews the changes in energy prices that occurred in 2022 and the phenomena affecting them. By presenting the trends of the various natural gas and electricity exchanges, it gives an outlook on future energy prices.**

\*\*\*

Naponta olvashatjuk a hírekben az energia piacok lényegesebb változásait: új energiaforrások bevetését, a források változását és az új stratégiák elhatározását.

2022-re úgy emlékezhetünk majd, hogy rendkívüli események voltak az energia piacokon, a kereslet rendre meghaladta a kínálatot, az árak pedig az egekbe szöktek. Talán a kőolaj piac volt ez alól kivétel, ahol tavasszal az árak ugyan csúcson jártak, de az év további részében normalizálódtott.

## Magyarország energia felhasználásának jellemzői 2021-ben

- 2021-ben a primer energiafelhasználás 1157,5 PJ volt [3]. Ebből a földgáz 388,8 PJ (33,6%), a nukleáris energia 174,8 PJ (15,1%), a megújuló energiahordozók 119,5 PJ (10,3%). A hazai primer energiatermelés 448,8 PJ (38,8%) volt, vagyis jelentős importra szorulunk. A kőolaj és a földgáz import a legjelentősebb.
- Az ország villamos energia felhasználása 48 560 GWh volt, ebből a hazai termelés 35 805 GWh (73,7%). A villamos energiatermelésben a legjelentősebb energiahordozó a nukleáris volt: 15 990 GWh (44,6%). Jelentős mennyiségben villamos energiát is importálunk, 11 755 GWh (26,3%).

## Trendek és események a világban és Európában 2022-ben

- Februárban kitört az orosz-ukrán háború. Az áldozatok száma, a károk óriásiak. A világ józanabb fele Ukrajna mögé állt, és érdemben segíti az ukránokat. Az ukrán menekültek fogadása első sorban Európa feladata. A háború végét még nem lehet látni.
- Átlaghőmérséklet emelkedése. Világszerte, így Európában is észlelhetjük az átlag hőmérséklet emelkedését. Magyarországon nyáron a hőség napok száma csúcstot döntött.
  - Klíma katasztrófák. Hazánkban még súlyos klíma katasztrófák nem történtek, de nálunk is vannak házak, erdőket, villamos hálózatot pusztító orkánszerű viharok, helyi árvíz okozó felhőszakadások.
- Klímavédelmi intézkedések halasztása. A megújuló energiahordozókra átállás extra magas költségekkel, beruházásokkal valósíthatók meg. Az orosz energia importtól szabadulás miatt Németország leállítja az atomerőművei bezárását, széntüzelésű erőművek indulnak újra.

- Népszerűség vándorlás tovább tar. A klímaváltozás érthető lejárója az élehetetlen területekről a népesség elvándorlása. Az arab országok belső háborúi is a népesség vándorlását erősítik. Európa kiemelt célpontja a vándorlóknak.
- Kína gazdasági előretörése. Kína a világ legnépesebb országa, a gazdasága rohamtempóban fejlődik. Az ország importban is és exportban is a világ tíz legfejlettebb országai között van. Kína a külkereskedelmének sikeréért az élet minden frontján erőteljesen küzd, beleértve ebbe a saját energia igényei kielégítését is.
- Oroszország érdekei. A világ legnagyobb területű országa, szinte felmérhetetlen nyersanyag készlettel. A kőolaj, a földgáz és a villamos energia adta a háború előtt az orosz export több, mint 40 %-át. Az európai országok legtöbbje tart az orosz energiahordozóktól függőségtől. Éles vita alakult ki az Északi Áramlat 2. földgáz vezeték körül. Az EU nem vette jó néven az újabb orosz földgáz szállítástól függőséget, ezért a vezeték építésénél aprólékosan megkövetelte az európai előírások betartását. A vezeték megépítése időben csúszott, amit az oroszok rossz néven vettek, más földgáz szállító vezetékeknel csökkentették a szállítást. A háború miatt leállt az Északi Áramlat 1. vezetéken is a szállítás. A két vezetéken robbanás is történt, és az újra indítás kétséges.

## A kőolaj árának szerepe

A világ minden országában használnak kőolaj termékeket. A kőolaj a világ legjelentősebb energiahordozója volt 2022-ben is. A kőolaj piac eseményei hatással vannak a többi energiahordozó forgalmára és árára is, de a fémek, mezőgazdasági termékek ára is elég szorosan követik a kőolaj ármozgását.

Az orosz-ukrán háború következményeként az orosz kőolaj vezetékes exportja lényegesen csökkent, de az oroszok a tengereken – más országok közreműködésével – ma is jelentős exportőrök. Az Európai Unió 2022. március 8-án döntött az orosz energiahordozók importjának lényeges csökkentéséről, majd decemberben újabb korlátozó intézkedések születtek. A kőolaj vásárlásra bevezetett ársapka is az orosz kőolaj export visszaszorítását szolgálja.

2022-ben alapvetően egyensúly volt a kőolaj piacon (1. táblázat). Két tényező segítette ezt a helyzetet:

- az Egyesült Államokban 2019-ben megszűnt a kőolaj és földgáz import, köszönhetően a nem hagyományos szénhidrogén kutatás és termelés eredményeinek, a világpiacon jelentős kőolaj felesleg keletkezett;
- a koronavírus járvány hatására a világ kőolaj felhasználása mintegy 20%-kal csökkent, a piacon olaj felesleg jelentkezett.

Hazánk kőolaj importjának döntő többsége csővezetéken érkezik Oroszországból. Az érkező kőolaj a Brent minőségtől eltér, és Ural típust fizetünk az importért. Ez az ár kb. 20%-kal kevesebb, mint a Brent ár.



1. táblázat. A kőolaj árak alakulása napjainkig [1]

Dátum	Brent típus (USD/barrel)	WTI típus (USD/barrel)
01. 03.	78,29	75,48
02. 11.	91,65	90,26
03. 09.	130,00	125,22
04. 11.	100,88	96,16
05. 26.	111,54	111,12
06. 09.	123,49	121,98
07. 13.	100,19	96,61
08. 18.	95,92	90,06
09. 29.	88,21	82,34
10. 17.	92,67	85,62
11. 20.	87,74	80,11
12. 01.	87,04	81,19

Brent: északi tengeri könnyű kőolaj  
WTI: amerikai szárazföldi könnyű kőolaj

### Az árak a szén-dioxid, a földgáz, villamos energia tőzsdéken

Az Európai Unióban 2013-ban vezették be a szén-dioxid kibocsátási kvóta szabályozást. A legjelentősebb szén-dioxid kibocsátó cégek éves kibocsátási kontingenst kapnak. Ha ennél kevesebbet bocsátanak ki, akkor a megtakarítás a piacon vagy tőzsdén eladható, akinek pedig nagyobb a kibocsátása a megengedettnél, vásárolhat kvótát. Néhány szén-dioxid ár a lipcsei tőzsdéről a 2. táblázatban olvasható.

2. táblázat. Szén-dioxid árak a lipcsei tőzsdén

Dátum	Euro/tonna
2021. 01. 04.	33,69
2021. 12. 01.	76,81
2022. 02. 04.	95,95
2022. 07. 06.	82,99
2022. 09. 05.	74,04
2022. 11. 24.	78,27

A háború miatt meglódult az infláció, sok kvóta kötelezett cég csökkentette a termelését vagy bezárt. A felszabaduló szén-dioxid kvóta iránti kereslet visszaesett.

### Energia tőzsdék

Az energiahordozó tőzsdék talán a legjobb mérési lehetőségei az energia piacok jellemzőinek, és az árak várható alakulásának. A tőzsdéken lehet a távolabbi jövőben teljesítendő ügyleteket is kötni. Ha a jövőbeli ügyletek nagy volumenűek, akkor a megkötött árak lényegesen befolyásolhatják a jövőbeli piaci árakat. A háború hatására a földgáz, villamos energia tőzsdéken az árak ugrásszerű emelkedését láthatjuk.

Európában minden országban működik legalább egy energia tőzsde. Budapesten a CEEGEX tőzsdén földgáz azonnali ügyleteket lehet kötni, a HUDEX tőzsde a határidős földgáz és villamos energia ügyletek kötésének helye, a HUPX tőzsdén az azonnali villamos energia kereskedés folyik.

A tőzsdéken élénk kereskedés folyik, különösen erős az azonnali kötések (aznapi, másnapi teljesítés) állománya. A budapesti tőzsdék árai szorosan követik a nagy európai tőzsdék árait. A tőzs-

déken kötik az energia export és import üzletek döntő többségét. Mivel az EU-ban működő tőzsdék függetlenek az egyes országok kormányának vagy az EU döntéshozó szerveinek rendelkezéseitől, alkalmasak a tőzsdei árak a jövő energiapiaci eseményeinek előjelzésére. Néhány jellemző tőzsdei ár 2021-ben, a kiegyensúlyozott piacok időszakában:

- a földgáz ára a holland TTF tőzsdén: június 4.-én 25,785 Euro/MWh
- a budapesti HUDEX tőzsdén a földgáz ára: július 20.-án 37,17 Euro/MWh
- a budapesti HUDEX áram tőzsdén a BoM ár június 21.-én 30,2 Euro/MWh

2022-ben csúcs árak voltak a földgáz tőzsdéken, a következő havi teljesítésre, amit a 3. táblázat mutat.

3. táblázat. Energia tőzsdei árcsúcsok

Dátum	TTF tőzsde (Euro/MWh)	CEGH VTP tőzsde (Euro/MWh)	HUDEX tőzsde (Euro/MWh)
2022. 03. 08.	213,7	215,63	210,54
2022. 08. 26.	336,64	337,09	310,4
2022. 10. 04.	161,78	159,78	176,91

TTF: holland földgáz tőzsde  
CEGH VTP: osztrák földgáz tőzsde, több magyar cég itt szerzi be a földgáz szükségletét  
HUDEX: budapesti határidős földgáz tőzsde

Hasonló volt a helyzet 2022-ben a HUDEX áram tőzsdén is (4. táblázat).

4. táblázat. HUDEX tőzsdei árak a következő hónapra

Dátum	Euro/tonna
2022. 01. 25.	242,29
2022. 02. 21.	182,17
2022. 03. 08.	458,99
2022. 05. 11.	220,89
2022. 07. 08.	442,36
2022. 08. 19.	566,26
2022. 10. 12.	386,50
2022. 11. 25.	299,40

### Az ausztrál – kínai szén szállítás

A széntermelés a világon 2021-ben 167 EJ volt [2]. A kínai szén felhasználás 85 EJ, az ország nettó szén importőr. 2021. évben a hihetetlen méretű tájfunok és az özönvízszzerű esőzések miatt az ausztrál és kínai bányák termelése visszaesett, az ausztrál szén exportja Kínába szinte eltűnt. Kína kénytelen volt a szén hiányt földgázzal helyettesíteni, ezért a világ minden részéből az LNG szállítmányok leg többjét lefoglalták 2021-ben és 2022-ben.

### A kiürült föld alatti földgáz tárolók, a töltés későn kezdődött

a 2020-21 tele viszonylag zord volt, a föld alatti földgáz tárolók Európában és Oroszországban is szinte kiürültek. Az európai államok 2022-re elhatározták a tárolók intenzívebb töltését, ami a 2022. nyári földgáz keresletet lényegesen növelte.

### LNG kínálat Európában

A földgáz külkereskedelemben a cseppfolyós földgáz (LNG) szerepe folyamatosan nő, a kereskedelemben újabb országok lépnek

be. Az LNG exportban 2020-ig Katar volt a vezető ország, mára Ausztrália és az USA vette át ezt a szerepet. Mindhárom ország évi 100 milliárd m<sup>3</sup> felett exportál. Az európai földgáz felhasználásban az LNG szerepe 108 milliárd m<sup>3</sup> volt 2021-ben. Az ázsiai LNG igény elszívta a gáz szállítmányok jelentős részét az európai országok elől, Európában az LNG hiány az árak rohamos emelkedését okozta.

2022. év végén az LNG szállító hajók már sorban állnak az európai LNG termináloknál. A fogadó kapacitás szűkös. Roham tempóban létesítenek új LNG fogadó és tároló kapacitásokat.

### A földgáz piaca

Magyarország földgáz hálózata kapcsolódik a szomszéd országokéval, kivéve Szlovéniát. A földgáz adás-vétel elég intenzív a határokon át. A jelenleg érvényes magyar-országi földgáz vásárlási szerződést az oroszok Szerbia és Ausztria irányú beszállítással teljesítik. Ez az import a hazai felhasználás mintegy felét fedezi. A hazai földgáz termelés a felhasználás kb. 20%-t fedezi.

Magyarországon 2013-ban vezették be a rögzített tarifákat az egyetemes szolgáltatás területén, a 20 m<sup>3</sup>/óra alatti földgáz felhasználóknak. A lakossági földgáz árak a fenti hatósági szabályozás alatt vannak 2013 óta. A földgáz ár összetevőit a kormány gyakran felülvizsgálja. Ezt a tarifa elkülönítést az EU csak határozott időre tekinti elfogadhatónak. A budapesti HUDEX földgáz tőzsdén a jövőbeli árakat az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat. HUDEX tőzsdei árak 2022. november 24-én

Dátum	Euro/MWh
2022. december	122,24
2022. január	128,81
2023. évre	130,47
2024. évre	100,09

Az árakat nézve, 2024-re van esély a jól kezelhető földgáz árak visszatérésére.

### A villamos energia piaca

Mindegyik szomszédos országgal van villamos vezeték kapcsolatunk, intenzív az energia export és import is. A háború kezdetétől lecsökkent az ukrán áram import. A hazai áram termelés legfontosabb bázisa a paksi atomerőmű. 2022-re a hazai napelemes áram termelés megugrott, a kormány kénytelen volt az új napelem telepítéseket több intézkedéssel korlátozni.

A budapesti áram tőzsdén a forgalom dinamikus nő. Erősödik a villamos áram külkereskedeleme is, valamennyi szomszéd országgal kereskednek a tőzsdei szereplők. Az áram tőzsdén az árak az európai tendenciákat ismétlik meg: napjainkban hihetetlen magasságba szöktek az árak.

A rezsicsökkentett árak alkalmazását a háztartási villamos áram felhasználóknál is bevezették 2013-ban, amit azóta többször módosítottak.

A földgáz és a villamos energia szabadpiacon a felhasználók általában az egyik tőzsde áraival meghatározott árat fizetik a kereskedőnek. A tőzsdei árak rohamos emelkedése szinte azonnal eléri a szabadpiaci fogyasztókat, és a piacon szaporodnak a rossz jelenségek:

- az energia fogyasztó kénytelen az energia áremelkedést érvényesíteni a termékében, szolgáltatásában;

- nő az infláció, gyengül a forint az egyéb devizákkal szemben;
- az energia takarékosági beruházások lépnek előtérbe;
- csökken az energia fogyasztás;
- az energiák szabadpiacon visszatér a szerződésekbe a „Vidd vagy fizess” (take-or-pay) kötelezettség;
- rövidül a szerződések érvényessége, éven túli szerződés már szinte nem lehet kötni;
- a szerződésekben szinte kizárólag tőzsdei áras képletekkel határozzák meg az árat;
- a felhasználók között egyre gyakoribb az energia számlák késedelmes fizetése;
- az energia számlák nem fizetése hamar a felhasználó kikapcsolását eredményezi;
- a felhasználók megszűnése saját elhatározásukból gyakoribb.

### Áram árak az európai tőzsdéken

A villamos energia határidős árakat a német/osztrák áram tőzsdén, és a magyar HUDEX áram tőzsdén 2022. november 24-én mutatja a 6. táblázat.

6. táblázat. Villamos energia határidős árak 2022. november 24-én

Dátum	Német/osztrák tőzsde	HUDEX
	Euro/MWh	
22 nov	174,72	
22 dec	270,89	299,4
23 jan	348,55	
Q1 23	353,87	389,66
Q2 23	305,48	
Q3 23	309,82	
Q4 23	406,21	
YR 23	343,9	362,48

Q1...Q4: első...negyedik negyedév

YR: egész év

### Mit hoz a jövő?

A határidős tőzsdei energia árak adnak ma jövőképet elfogadható hitelességgel. Mind a földgáz, mind a villamos tőzsdei árak 2022. év utolsó két hónapjára még magas árszintet mutatnak, 2023. évre is. A földgáz ára 2024-ben kezdhet visszatérni a 2021. évi szintre, köszönhetően az európai földgáz igények LNG-vel kielégítésének. A villamos energia piacon az egyensúly teremtés törekvései nagyobb volumenű megvalósításához idő szükséges, a 2023. év még ennek az egyensúlynak a helyreállításával – és magas áram árakkal – fog eltelni.

Az áram árak azt mutatják, hogy az európai villamos energia piacon 2023. év végéig nem térnek vissza a „békés” időszakok áraihoz.

A 2022-23. évi tél nehéz időszak lesz az extrém magas árak miatt a földgáz és a villamos energia szabadpiacon.

[1] <https://www.nrgreport.com>

[2] BP: Statistical Review of World Energy 2022 | 71th edition

[3] <https://www.mekh.hu>

# A magyarországi naperőművek létesítését szabályozó jogszabályok

**Zsiborács Henrik**

tudományos munkatárs, [zsiboracs.henrik@pen.uni-pannon.hu](mailto:zsiboracs.henrik@pen.uni-pannon.hu)

**Vincze András**

tudományos munkatárs, [vincze.andras@pen.uni-pannon.hu](mailto:vincze.andras@pen.uni-pannon.hu)

**Pintér Gábor**

egyetemi docens, [pinter.gabor@pen.uni-pannon.hu](mailto:pinter.gabor@pen.uni-pannon.hu)

**Hegedűsné Baranyai Nóra**

egyetemi docens, [baranyai.nora@pen.uni-pannon.hu](mailto:baranyai.nora@pen.uni-pannon.hu)

Napjainkban az országok energiamixében világszerte egyre nagyobb jelentőséggel bírnak az időjárásfüggő megújuló energiaforrások, köztük a napenergia. A naperőművek egyre szélesebb körű elterjedése fontos szerepet játszik az energiaátállítás és az éghajlatváltozás mérséklésének sikerében. A világ nagy részéhez hasonlóan, az Európai Unió energiastratégiájának is részét képezi a károsanyag-kibocsátás csökkentése, a fenntarthatóság és a napelemes rendszerek részarányának növelése. Ennek érdekében szükséges tisztában lenni a vonatkozó jogszabályokkal, és érdemes ezeket az adott ország információforrásai alapján vizsgálni, mivel a naperőművek kialakíthatóságára vonatkozó, nemzetközi szinten elérhető országspecifikus információk gyakran nem aktuálisak. A kutatás Magyarország vonatkozásában a 2022-es év harmadik negyedévévé véve alapul aktualizálja és összegzi a naperőmű-létesítésekkel kapcsolatos releváns jogszabályokat.

\*

Today, weather-dependent renewable energy sources, including solar energy, are increasingly important in countries' energy mixes around the world. The increasing penetration of solar power plants plays an important role in the success of energy transition and climate change mitigation. Like in most of the world, sustainability, reducing emissions and increasing the share of solar energy systems are also part of the European Union's energy strategy. To effectively increase the share of solar power plants, it is necessary to be aware of the legislation affecting them. It is indispensable to study the regulations based on sources from the respective nations, since the country-specific information on establishing solar power plants available at international level is often not up to date. Concerning Hungary, this study provides a summary of the updated information on the legislation affecting solar power plants, considering the third quarter of 2022.

\*\*\*

Az Európai Unióban (EU) a megújuló energia támogatására vonatkozó szabályozás nem egységes, gyakran módosítják, és így kihívást okoz annak nyomon követése. Ezen belül, a naperőművek kialakítására vonatkozó országspecifikus jogszabályok is sűrűn változnak, hatályukat veszítik, illetve újak jelennek meg [1,2]. A naperőmű-beruházásokra mind az EU-s, mind a tagállami jogi és szabályozási keretrendszerek hatással vannak [3,4]. Emiatt elengedhetetlenek a magyarországi naperőművek telepítési sajátosságaival kapcsolatos kutatások is [5]. Jelen tanulmány bemutatja a naperőművek létesítésére vonatkozó, illetve ahhoz szorosan kapcsolódó magyarországi, illetve az Európai Unió által alkotott jogszabályokat. Ezek ismerete rendkívül fontos a naperőművek tervezése

és azok létesítése tekintetében. Az alábbiakban 13 jogszabály kerül bemutatásra a keletkezésük sorrendjében, lényegre törő módon.

## A hazai naperőműlétesítésekre vonatkozó jogszabályok

Időrendben az első jogszabály, mely alapjaiban befolyásolja a naperőművek építését nem más, mint az OTÉK 253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről [6]. A településrendezési és az építési követelményekről szóló jogszabályként, alapvetően általánosságban szabályozza a települések területhasználatát, az építmények elhelyezését és az ezekkel kapcsolatos elvárásokat. Az általános szabályokon kívül, melyek, mint minden építményre, így a naperőművekre is érvényesek, néhány esetben explicit módon is kitér a rendelet a megújuló energiaforrások hasznosításának kérdésére, különös tekintettel a szélenergiára. Ez utóbbi esetében leginkább tiltásokat és korlátozásokat fogalmaz meg, például azt, hogy ezek elhelyezését (kivéve a háztartási méretű kiserőműveket [HMKE]) csak az úgynevezett különleges beépítésre szánt területekre szűkíti, illetve kizárja őket a többi megújuló energiaforrásra vonatkozó lehetőségekből. Ezzel szemben, a többi megújuló energiaforrással kapcsolatos műtárgy esetében – ezek közé tartozik a napenergia is – meglehetősen megengedő a jogszabály, mindössze az az elvárás, hogy ezek létesítése, illetve léte nem sértheti az adott terület rendeltetészerű használatát, illetve a helyi építési előírásokat. Az energiaellátás általános témáján belül szintén kitér a megújuló energiaforrások kérdésére, mint a közüzemi ellátást helyettesítő megoldásra. Ebben az esetben is az egyéb hatósági engedélyek megléte és az egyéb építési követelmények betartása a legfőbb szabály.

A 2001. évi CX. törvény a villamos energiáról [7] természetesen szintén foglalkozik a megújuló energiaforrásból származó energia-termelés kérdésével, de annak teljesen más aspektusaival. Miután a villamos energiával kapcsolatos alapfogalmakat meghatározza, illetve kijelöli a főbb hatásköröket, leírja a Magyar Energia Hivatal feladatát és működését, a villamosenergia-ellátás rendszerét, szabályait, szereplőit és az engedélyeztetés szabályait, továbbá szabályozza az idegen ingatlanok használatát, a közüzemi szolgáltatással kapcsolatos kérdéseket és számos további, a villamos energiával kapcsolatos területet. A törvény amellet, hogy általában foglalkozik a villamos energiával és ezen belül a villamosenergia-termeléssel, több helyen konkrétan is kitér a hulladékból és megújuló forrásokból történő energiatermelésre, sőt egy egész fejezetet szentel ennek a kérdéskörnek. Ezen belül lefekteti például a támogatások általános irányelveit, és szabályozza az erőművek teljesítőképessége igazolásának kérdéskörét, a zöld bizonyítványok kiállítását és értékesítését és az ezekkel kapcsolatos kimutatások, jóváhagyások kérdését, illetve a szabályok be nem tartásának szankcióinak és jogkövetkezményeinek az ügyét.

A *Gazdasági és Közlekedési Minisztérium 56/2002. számú rendelete az átvételi kötelezettség alá eső villamos energia átvételének szabályairól és árának megállapításáról* [8] a villamosenergia-előállításának egy sokkal specifikusabb területéről szól, és az előzőekhez képest csak közvetettebb módon érinti a naperőművek létesítésének kérdését. Mivel azonban ez a jogszabály a megújuló energiaforrásból előállított és értékesítésre szánt villamosenergia árának megállapításával foglalkozik, mégis meghatározó hatással van a befektetésekre, a befektetői döntésekre és így a naperőműberuházásokra is. A rendeletet a gazdasági és közlekedési miniszter 9/2007. (I.26.) GKM rendelete módosította [9]. Ezen túlmenően további változtatásokat tartalmazott az erőműveknek az átvételi kötelezettség alá eső villamos energia átvételének szabályaival és áraival kapcsolatosan az 53/2014. (III. 3.) Korm. rendelet 17. §, valamint a 457/2017. (XII. 28.) Korm. rendelet 215. § a) is [10].

Habár a következő, 314/2005 (XII. 25.) *Korm. rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról* [11] direkt módon befolyásolja a naperőművek létesítését, hiszen az engedélyeztetési folyamat egy fontos lépéséről szól, nem foglalkozik specifikusan a naperőművek kérdéskörével. Mindazonáltal, összefoglalóan taglalja a különféle tevékenységekre és létesítményekre vonatkozó, a környezetvédelemmel összefüggő kötelezettségeket, a környezetvédelmi terv előírásait, és részletezi a hatósági eljárást.

A 2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról (VET) [12] legfontosabb aspektusai a versenyképes villamosenergia-piac törvényi feltételeinek kialakítása, az energiahatékonyság és a fenntartható fejlődés körülményeinek megteremtése, valamint a hazai villamosenergia-piac integrációja az Európai Unió egységesülő villamosenergia-piacába. A törvény kiterjed továbbá a megújuló energiaforrásokból történő villamosenergia-termelés elősegítésére. Ennek kapcsán foglalkozik a kötelező átvételi rendszerrel, valamint a prémium típusú támogatási rendszerrel, és ezek alkalmazhatóságával. A jogszabály tartalmazza az új termelő kapacitásokra vonatkozó szabályozásokat, a megújuló energiaforrásból és a hulladékból történő villamosenergia-termelés elősegítésének szabályait, csakúgy, mint a hálózati engedélyesekre vonatkozó közös szabályokat, az engedélyeztetés és az építkezés általános szabályait, kiterjed a különböző erőműnagyságokra, és az építésügyi hatósági engedélyezési eljárások fajtáira.

A 273/2007. (X. 19.) *Korm. rendelet a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról* (VET Vhr) [13] című rendelet az előző törvény egyes elemeinek konkrét végrehajtásáról szól. A törvény a megújuló energiaforrásokra főként csak a megújulóenergia-közösségek szempontjából tér ki, valamint a mellékletben.

A 382/2007. (XII. 23.) *Korm. rendelet a villamosenergia-ipari építésügyi hatósági engedélyezési eljárásokról* [14] a villamosenergia-rendszerhez kapcsolódó elemekkel (például vezeték, erőmű) kapcsolatos építési, üzemeltetési, használatbavételi, fennmaradási és megszüntetési eljárásokat és jogokat tartalmazza. E kormányrendelet a megújuló energiaforrásokra külön nem tér ki.

Az 54/2014 (XII. 5.) *BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról* [15] egy komplex tűzvédelmi szabályzat, melynek rendelkezései kiterjednek különböző épületekre, berendezésekre, tevékenységekre. A jogszabály külön említi a napelemeket, ahol többek között kiterjed a napelemek biztonságos elhelyezésére, valamint a biztonsági kapcsolók megfelelő alkalmazására.

A 61/2016 (XII. 29) NGM rendelet a műszaki biztonsági hatóság eljárásáért, valamint a hatáskörébe utalt építésügyi hatósági eljárásért fizetendő igazgatási szolgáltatási díjakról [16] rögzíti a külön-

böző eljárásokért fizetendő díjakat és a hozzájuk tartozó műszaki feltételeket. Az erőművek építési engedélyezéséről szóló részben szerepelnek a kiserőművek, erőművek, kombinált ciklusú erőművek, valamint a geotermikus erőművek építési engedélyeinek díjai, melyek a beépített teljesítmény alapján változnak. A jogszabály továbbá kiterjed egyéb engedélyek díjára is.

A 13/2017. MEKH rendelet a megújuló energiaforrásból termelt villamos energia működési támogatásának mértékéről [17] című rendelet alapja a kötelező átvételi és prémium típusú támogatásról szóló kormányrendelet (Metár). A jogalkotó ebben lefekteti a támogatások mértékét, részletezi a zöld és barna prémiumokat, a kötelező típusú átvétel, illetve a támogatás megállapításának általános szabályait.

Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/943 rendelete (2019. június 5.) a villamos energia belső piacáról [18] olyan szabályokat fektet le, amelyek a villamos energia belső piacának működését hivatottak biztosítani, és magába foglalja a megújuló energiaforrások és a környezetvédelmi politika fejlesztésével kapcsolatos követelményeket. Rendelkezéseket tartalmaz a megújulóenergia-termelő létesítmények egyes típusaira, a kiegyenlítő szabályozási felelősségre, a teherelosztásra és újraelosztásra, valamint az új termelőkapacitásra vonatkozó CO<sub>2</sub>-kibocsátás küszöbértékére vonatkozóan, amennyiben az adott kapacitás az erőforrás-megfelelőség szükséges szintjét biztosítja és kapacitásmechanizmusok tárgyát képezi.

A 419/2021. (VII.15.) Korm. rendelet a településtervek tartalmáról, elkészítésének és elfogadásának rendjéről, valamint egyes településrendezési sajátos jogintézményekről című jogszabály [19] közvetlenül érinti az építendő létesítmények elhelyezését, mivel településfejlesztési, településrendezési és az épített környezettel kapcsolatos követelményeket, szabályokat fogalmaz meg. A mellékletben szerepelnek bizonyos területek biológiai aktivitásérték mutatói, melyek kiterjednek olyan helyekre is, ahol megújuló energiaforrásokat hasznosítanak.

Szintén direkt hatással van a beruházások helyszínválasztására a 2021. évi LX. törvény által módosított 2007. évi CXXIX. törvény a termőföld védelméről [20], mely a termőföldek felhasználásának törvényes lehetőségeit ismerteti. A jogszabály kiterjed a kis teljesítményű erőművekre, valamint a napelemek termőföldeken történő létesítésének feltételeire. Ezenkívül szabályozza a kérelmek elbírálásának az ügyét, a mentességek kérdését, külön foglalkozva az agro-fotovillamos rendszerek kérdésével is.

## Konklúzió

Napjainkban az európai uniós energiaipar jelentős változáson megy keresztül és fontos célként jelentkezik a klímasemlegesség elérése 2050-ig. Ebben az időjárásfüggő megújuló energiaforrások közül a napenergia hasznosításának is jelentős szerepe van. Magyarországon a jövőben a naperőművek elterjedésének fokozódó növekedése várható, mivel a beépített kapacitás 2040-re elérheti a 12 GW-ot a jelenlegi kb. 2,3 GW-ról (2022.10.01 állapot, HMKE nélkül). A naperőmű beruházások megvalósításának alapvető feltétele a releváns jogszabályok és rendeletek ismerete és betartása. A naperőművek kialakíthatóságára vonatkozó, nemzetközi szinten elérhető országspecifikus információk azonban gyakran nem aktuálisak, vagy nehezen hozzáférhetőek. Jelen kutatás ezeket az ismereteket gyűjtötte össze és aktualizálta Magyarország vonatkozásában a 2022-es év harmadik negyedévéig. A naperőmű-beruházásokat érintő releváns jogszabályoknak fontos tudatában lenni, mivel ismeretük hiánya negatívan befolyásolhatja a beruházás megvalósításának időtartamát vagy a szükséges műszaki eszközök jellegét

(pl. 2022. március 4., Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) által kiírt METÁR-tender [21]).

## Köszönetnyilvánítás

A munka a 2021-2.1.1.-EK-2021-00001 és 2021-2.1.1.-EK-2021-00002 számú projektek keretein belül a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2021-2.1.1.-EK pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## Források

- [1] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. Photovoltaics Report; 2021;
- [2] European Commission. LEGAL SOURCES ON RENEWABLE ENERGY. Available online: <http://www.res-legal.eu/> (Elérve: 2022.10.07.).
- [3] Aragonés-Beltrán, P.; Chaparro-González, F.; Pastor-Ferrando, J.P.; Rodríguez-Pozo, F. An ANP-Based Approach for the Selection of Photovoltaic Solar Power Plant Investment Projects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2010, 14, 249–264, doi:10.1016/J.RSER.2009.07.012.
- [4] Wolniak, R.; Skotnicka-Zasadzień, B. Development of Photovoltaic Energy in EU Countries as an Alternative to Fossil Fuels. *Energies* 2022, Vol. 15, Page 662 2022, 15, 662, doi:10.3390/EN15020662.
- [5] Steiner, A. The Role of Energy Storage in Hungary. In *Proceedings of the III. Hungarian Power-to-Gas Conference*; Budapest University of Technology and Economics: Budapest, Hungary, 2021; pp. 1–10.
- [6] OTÉK - 253/1997. (XII. 20.) Korm. Rendelet Az Országos Településrendezési És Építési Követelményekről. Available online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700253.kor> (Elérve: 2022.10.07.).
- [7] 2001. Évi CX. Törvény a Villamos Energiáról. Online elérhetőség: <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0100110.TV> (Elérve: 2022.10.07.).
- [8] Magyar Közlöny Lap- és Könyvkiadó Kft. Gazdasági Közlöny A Gazdasági És Közlekedési Minisztérium Hivatalos Lapja - Gazdasági És Közlekedési Minisztérium 56/2002. Számú Rendelete. Az Átvételi Kötelezettség Alá Eső Villamos Energia Átvételének Szabályairól És Árának Megállapításáról. 2002;
- [9] Magyar Közlöny Online 2007. (I. 26.) GKM r. Online elérhetőség: <http://www.kozlonyok.hu/nkonline/index.php?menuindex=200&pageindex=kozltart&ev=2007&szam=9> (Elérve: 2022.10.07.).
- [10] 389/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet a Megújuló Energiaforrásból Vagy Hulladékból Nyert Energiával Termelt Villamos Energia, Valamint a Kapcsoltan Termelt Villamos Energia Kötelező Átvételéről És Átvételi Áráról. Online elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700389.kor> (Elérve: 2022.10.07.).
- [11] 314/2005. (XII. 25.) Korm. Rendelet a Környezeti Hatásvizsgálati És Az Egységes Környezethasználati Engedélyezési Eljárásról. Online elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0500314.kor> (Elérve: 2022.10.07.).
- [12] VET - 2007. Évi LXXXVI. Törvény a Villamos Energiáról. - Online elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700086.tv> (Elérve: 2022.10.07.).
- [13] 273/2007. (X. 19.) Korm. Rendelet a Villamos Energiáról Szóló 2007. Évi LXXXVI. Törvény Egyes Rendelkezéseinek Végrehajtásáról. Online elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700273.kor> (Elérve: 2022.10.07.).
- [14] 382/2007. (XII. 23.) Korm. Rendelet a Villamosenergia-ipari Építési Hatósági Engedélyezési Eljárásokról. Online elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700382.kor> (Elérve: 2022.10.07.).
- [15] OTSZ - 54/2014. (XII. 5.) BM Rendelet Az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról. Online elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400054.bm> (Elérve: 2022.10.07.).

- [16] 61/2016. (XII. 29.) NGM Rendelet a Műszaki Biztonsági Hatóság Eljárásáért, Valamint a Hatáskörébe Utalt Építésügyi Hatósági Eljárásért Fizetendő Igazgatási Szolgáltatási Díjakról. Online elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600061.ngm> (Elérve: 2022.10.07.).
- [17] 13/2017. (XI. 8.) MEKH Rendelet a Megújuló Energiaforrásból Termelt Villamos Energia Működési Támogatásának Mértékéről. Online elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1700013.mekh> (Elérve: 2022.10.07.).
- [18] EUR-Lex. Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the Internal Market for Electricity. Online elérhetőség: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019R0943> (Elérve: 2022.10.07.).
- [19] 419/2021. (VII. 15.) Korm. Rendelet a Településtervek Tartalmáról, Elkészítésének És Elfogadásának Rendjéről, Valamint Egyes Településrendezési Sajátos Jogintézményekről. Online elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A2100419.KOR&celpara=&dbnum=1> (Elérve: 2022.10.07.).
- [20] Ministry of Justice. Magyar Közlöny - A Termőföld Védelméről Szóló 2007. Évi CXXIX. Törvény 2021. Évi LX. Törvény Általi Módosítása. Online elérhető: <https://magyarkozlony.hu/dokumentumok/a395adf41cd04cf0dc91e366e84f18824d80f458/megtekintes> (Elérve: 2022.10.07.).
- [21] Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal. 2022. MÁRCIUSI METÁR PÁLYÁZATI KIÍRÁS KÖZZÉTÉTELE (FRISSÍTVE!); Budapest, Magyarország, 2022;

## 400 munkatárssal erősíti meg ügyfélszolgálatát az MVM

Harminc százalékkal növeli meg a személyes és a telefonos ügyfélszolgálaton dolgozó munkavállalói létszámát az MVM. A társaság folyamatosan fejleszti digitális ügyfélszolgálati rendszerét is a fogyasztók kényelme és hiteles tájékoztatása érdekében.

A kormány az átlagfogyasztás fenntartott rezsicsökkentéssel védi a magyar családokat a szankciós energiaáraktól. Az egyetemes szolgáltatásban fogyasztók így továbbra is a legolcsóbban jutnak földgázhoz, és a második legalacsonyabb áron áramhoz Európában. Az MVM az előző évek átlagos megkereséseihez optimalizálta ügyfélszolgálati csatornáinak kapacitását. A lakossági energiaszolgáltatásban bekövetkezett változások nyomán terhelésük az elmúlt hónapokban jelentősen megnőtt. A többletigények miatt, a kormányzati elvárásnak eleget téve döntöttek az átfogó bővítés mellett.

A cég jövő februárig három ütemben közel harmadával növeli meg ügyfélszolgálatos kollégái létszámát. Az új munkatársak az energiaszolgáltatás összetettsége és a rengeteg ügytípus miatt több hétig tartó oktatásban vesznek részt. A vállalat a várakozók kényelmét fokozó további intézkedéseket is bevezetett: már 14 állandó irodájában biztosít ingyenes wifi szolgáltatást. Egyes helyszíneken több szék, meleg tea, hősugárzó áll az ügyfelek rendelkezésére.

Az MVM számos elektronikus fejlesztést hajtott végre, szélesebb körben biztosít online ügyintézési lehetőségeket, és gyorsította a folyamatokat. Az energiaszolgáltatás újdonságait bemutató weboldalon (<https://www.mvmnext.hu/lakossagirezsi>) ár-kalkulátorok, számlamagyarázók, kisfilmek és folyamatosan frissített kérdések-válaszok segítik naprakész információkhoz jutni az érdeklődőket. Hasznos ismereteket tartalmaznak a számla mellett kiküldött tájékoztató levelek és számlamagyarázó anyagok is. Már egy hónapra előre lehet időpontot foglalni az ügyfélszolgálati irodákba. Az online felületen és a mobilalkalmazásban azonnal hozzáférhető az éves fogyasztás mértéke, vagy néhány kattintással módosítható a földgáz fogyasztási profil.

A fejlesztések folytatódnak, az MVM a jövőben is mindent megtesz annak érdekében, hogy maradéktalanul megfeleljen a felhasználói igényeknek, ügyfelei a lehető leggyorsabban elintézhessék a szolgáltatásokkal kapcsolatos teendőiket.

*Forrás: Energiaügyi Minisztérium*

# Hőszivattyú technológia: kulcs az európai épületállomány megújításához

Szalai Gabriella

szakmai munkatárs, szalai@hoszisz.hu

Európában felgyorsult az a szakpolitikai folyamat, melynek célja, hogy az EU karbonsemlegessé váljon 2050-re. Nemcsak a klímaváltozással kapcsolatos egyre riasztóbb jelenségek és jelentések, de az energiafüggetlenségre való törekvés is komoly lökést adott az Unió döntéshozóinak – beleértve az Európai Bizottság, Parlament és Tanács képviselőit is –, hogy számba véve a rendelkezésre álló eszközöket, fokozzák az ütemet. Ahogy az energiarendszer az átalakulás következő szakaszába lép, szigorodnak az éghajlati célok és nő az igény a gázfüggetlenség csökkentésére, a kibocsátás-csökkentés legnyilvánvalóbb módja az épületek – főként otthonaink – emissziójának viszafogása.

Ehhez pedig a hőszivattyúk jelentik azt a fenntartható, kiforrott, már rendelkezésre álló fűtési technológiát, amely jelenösen képes mérsékelni a primerenergia-igényt.

Ha a szakpolitikai előnyöket vesszük számba, a hőszivattyú egy olyan technológia, mely a fűtés, hűtés és melegvíz-előállítás elektrifikálása mellett hozzájárulhat a megújulóenergia-célok könnyebb eléréséhez, az épületek fűtési energiaigényének jelentős csökkentésén túl. Hiszen a hőszivattyúk által előállított hasznos hőenergia - származzon az a fűtésből vagy hűtésből - maga is megújuló energia.

\*

The policy making process for achieving a carbon neutral EU by 2050 has accelerated. Not only the alarmingly growing climate phenomena, and reports on climate change, but also the drive for energy independence has given a major boost to EU decision-makers, including the European Commission, Parliament, and Council, to step up the pace of available instruments. As the energy system enters the next stage of transition, climate targets are tightened, the requirement to reduce exposure to increasingly volatile gas imports grows, decarbonisation needs to enter homes and buildings.

Heat pumps are a sustainable, mature, already available heating technology that can significantly reduce primary energy demand thus reducing carbon emission.

Considering the policy benefits, heat pump technology also contributes, in addition to electrifying heating, cooling and hot water production, to an easier achieve of renewable energy objectives, beside to significantly reducing of the heating energy demand of buildings. The useful energy produced by heat pumps, whether from heating or cooling operation, is counted as renewable.

\*\*\*

## Környezeti energia, mint megújulóenergia-forrás

A hőszivattyú működési elve viszonylag egyszerű. Egy fordított körfolyamattal alacsonyabb hőmérsékletű közeget hűtve, egy magasabb hőmérsékletű közeget lehet melegíteni. Az alacsony széndioxid-kibocsátású forrásokból előállítható villamos energiát arra használhatjuk, hogy hatékonyan összegyűjtsük a környezet hőjét,

és olyan hőmérsékletre emeljük, amelyen az épületek fűtésére, hűtésére és meleg víz előállítására alkalmas. Napjainkban a hőszivattyúkkal leggyakrabban a levegőből és a talajból származó környezeti hőt hasznosítják, de a technológia alkalmas a hulladékhő, szennyvíz, geotermikus vagy természetes vizek hasznosítására is. A hőszivattyúval előállított, egy épület hőigényének kielégítéséhez szükséges energiamentiség és a folyamat beviteli energiaigénynek különbözetét is megújuló energiának kell tekinteni. Ezt az energiát figyelembe kell venni az európai energiastatisztikában is [1].

A hőszivattyú technológia elterjedésének központi ösztönzője az egyik leginkább költséghatékony és sokoldalú megoldást nyújtó szakpolitikai eszköz lehet, mivel a hőszivattyúk számának és kapacitásának növelése számos járulékos előnnyel is jár. Ilyen lehet az idővel egyre olcsóbb megújuló villamos energia fűtési célú felhasználásának és integrációjának elősegítése, vagy az épületekben rejlő hőtárolási flexibilitás hálózatszabályozásra való kihasználása.

Az Európai Bizottság egyértelmű utat jelölt az európai épületállomány dekarbonizációja érdekében: a REPower EU javaslatcsoportban azt a célt tűzte ki, hogy 2030-ra 30 millió új hőszivattyú működjön, ebből a következő öt évben már 10 millió.

Nem véletlenül. A hőszivattyú technológia széles körű alkalmazásában hatalmas széndioxid-csökkentési potenciál van. Egyes modellek szerint a hőszivattyúk alkalmazásának köszönhető elkerült széndioxid-kibocsátás meghaladhatja 570 millió tonna széndioxid egyenértéket (CO<sub>2</sub>e) 2050-re, uniós szinten [2]. Ha ezt a potenciált perspektívába szeretnénk helyezni, akkor összehasonlíthatjuk Magyarország teljes üvegházhatású-gáz kibocsátásával. 2020-ben ez 63,5 millió tonna szén-dioxid egyenérték volt [3].

Az Európai Unió jogalkotása jellemzően irányelvekkel dolgozik, a tagállamokra bízva az eszköztár kiválasztását az adaptáció során. Az „Irány az 55%” (Fit for 55) csomag részeként felülvizsgálat alatt álló irányelvekben megfogalmazott módosítási javaslatok azonban már túllépnek az egyszerű iránymutatáson az épületállomány fűtésére (és hűtésére) vonatkozó technológiaválasztás tekintetében. Az irányelvekben javasolt módosítások közül kiemelt néhány példán keresztül ez jól demonstrálható.

Az „Energiahatékonyság az első (Energy Efficiency First)” elv érvényesíthetősége 2021-ben egy komoly támogatást kapott egy konkrét bizottsági iránymutatás megjelenésével. Ez ernyőként fog át minden uniós irányelvet és rendeletet, megerősítve azt a közös célt, hogy milyen szempontokat kell és érdemes figyelembe venni annak érdekében, hogy előbb csökkentjük az energiafelhasználást, hatékonyabban használjuk fel a megtermelt energiát, mielőtt azt minél kevesebb emisszióval előállítanánk. Hiszen csökkenteni jellemzően olcsóbb és egyszerűbb, mint új energiatermelő kapacitásokat létrehozni.

Az energiahatékonysági irányelv [4] megemeli a közös európai kötelező energiamegtakarítási célt 39%-ra [5], ehhez az éves tagállami energiamegtakarítási elvárást ténylegesen elérendő 1,5%-ra növelné. Évről évre tehát az ország primerenergia-felhasználását

1,5%-kal kellene csökkenteni 2021-2030 között, és 2024-től a fosszilis tüzelőanyagokon alapuló technológiák – és az abból származó energiamegtakarítás – már nem tartoznának ebbe a számítási mechanizmusba.

A megújuló irányelvben [6] a megnövelt közös cél már 40%, kötelező nemzeti célokkal. Azaz az energiafelhasználáson belül a megújulókból származó energia aránya már 40%-ra kell nőjön európai szinten, melyhez minden tagállamnak hozzá kell járulnia. Ehhez - a javaslat szerint - az épületek fűtésében és hűtésében évi 1,1%-kal kellene emelni a megújuló arányt energetikai felújításuk mellett, és 2030-ra az épületekben a megújuló energiafelhasználás mértéke 49%-ot el kellene érnie.

### Megterhelő-e a megújuló cél Magyarország számára?

Ha a hazai 2020 évi 13%-os megújuló részarányból indulunk ki, és a Klímatörvényben [7], illetve Nemzeti Energia- és Klímatörvényben rögzített hazai megújulás célokból, akkor annak tűnhet.

Már ma, azonban számos fűtésre és hűtésre használt, környezeti energiát hasznosító hőszivattyú van beépítve a hazai épületállományba. Megszámolatlanul. A megújuló statisztikában [8] ugyanis jórészt a kedvezményes áramtarifát igénylők vannak beleszámítva, azaz a hőszivattyúk által termelt hasznos energia potenciálja túlmutat a ténylegesen elszámoltnál. Különösen, ha azt is figyelembe vesszük, hogy a fűtés mellett már a hűtési hőenergia is elszámolható válik a bizottsági iránymutatás alapján.

Az APPLIA Egyesülés által készített 2021. évi piackutatás szerint már a magyar háztartások 24%-a rendelkezik levegő-levegő hőszivattyúval, azaz légkondicionáló berendezéssel. Sőt, nincs olyan irodaépület, hotel, vagy alig találni olyan vendéglátó helyiséget hazánkban, ahol ne működne az épületek komfortját biztosító hűtő- és fűtőberendezés. A hőszivattyúk által előállított hőenergia rendelkezésre áll a hazai megújulás célok teljesítésének megkönnyítésére. Csak számba kell azt venni.

Talán a legjelentősebb módosítási javaslatok az épületek energetikai jellemzőit [9] meghatározó irányelvben fedezhetők fel. Meglevő épületállományban a tagállamoknak 2040-re fokozatosan ki kellene vezetni az új fosszilis fűtőberendezések engedélyezését. 2027 után pedig már – a tervek szerint – nem támogatható a fosszilis alapú fűtés!

Minimum energiahatékonysági követelményeket is meghatározni az éghajlati zónákra [10], és célként jelölik meg a leggyengébb hatékonyságú épületek felújítását is, záródátummal. A mélyfelújítást is definiálták és 2030 előtt közel nulla szintre, utána már ténylegesen nulla emissziós szintre kellene az épületeket felújítani.

Az új épületek esetén bevezetésre kerül a ténylegesen nulla emissziós épület fogalma, mely a definíció szerint olyan nagyon alacsony energiaigényű épület, ahol a primerenergia-szükségletet teljes egészében megújuló energiával fedezik, és nem okoznak helyszíni szén-dioxid-kibocsátást.

**Az irány egyértelmű: a fosszilis alapú fűtés nem kívánatos. Még, ha nem is kerül, de facto betiltásra a fosszilis energiahordozón alapuló fűtés egy adott tagállamban, a javaslatcsomag alapján 2024-től már nem lesz értelme azt uniós vagy állami forrásokból támogatni, hiszen az abból származó energiamegtakarítás – bizonyos kivételekkel – nem lesz elszámolható az energiahatékonysági irányelv 7. cikkely energiamegtakarítási kötelezettsége keretében. 2025-től pedig támogatását is megtiltanák [11].**

Az uniós jogalkotás az ETS-irányelv [12] felülvizsgálatára irányuló javaslattal még tovább lép a fosszilis alapú fűtés visszafogására. Egy második ETS-t („ETS 2”) hozna létre, amely az épületekben és a közúti közlekedésben használt fosszilis tüzelőanyagokból származó közvetlen kibocsátásokra vonatkozna, függetlenül a meglévő rendszertől („ETS 1”), amely már lefedi a villamosenergia-termelésből származó kibocsátásokat.

Az ETS 2 javaslat szerint már az épületekre is bevezetésre kerülne – a közlekedés mellett – a karbonadó: a helyiségfűtő-berendezésekben fűtésre használt fosszilis tüzelőanyagokra vetnék ezt ki, ugyanúgy, ahogy a már hatályos kibocsátás-kereskedelmi rendszer most is széndioxid-árat vet ki a nagy tüzelőberendezésekben (pl. erőművekben) előállított villamos energiára és hőre. Ez az ár hozzájárulna a magas és az alacsony széndioxid-kibocsátású tüzelőanyagok közötti költségkülönbséget csökkentéséhez, azaz a széndioxid-felárat beépítené a tüzelőanyag végfelhasználói árába.

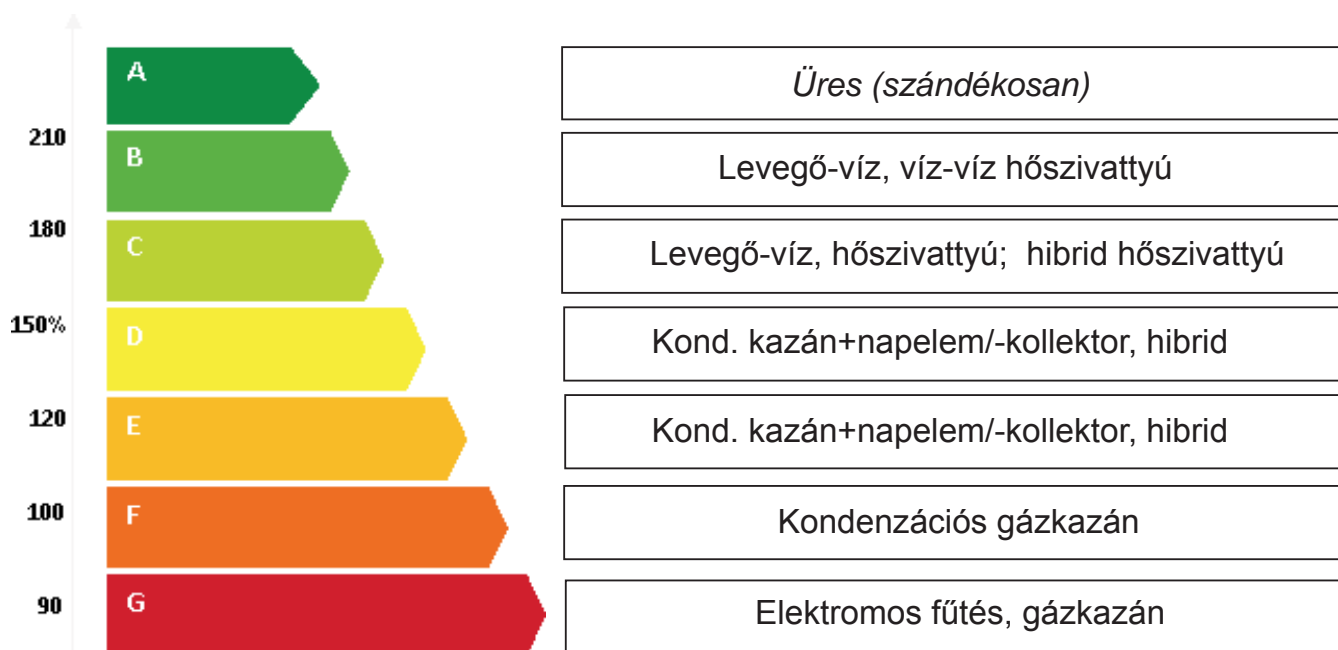
Az EU ETS a „cap (felső korlát) and trade (kereskedés)” elvén működik. Korlátozzák a rendszer által lefedett létesítmények által kibocsátható egyes üvegházhatású gázok teljes mennyiségét. A felső határidővel csökken, így a teljes kibocsátás is csökken.

Az ETS 2 javaslat

- Szabályozza az energia-beszállítókat (nem a végfelhasználókat), hogy kibocsátási egységeket szerezzenek az energia-értékesítésükhöz kapcsolódó szén-dioxid-kibocsátás fedezésére;
- 2025-ben indulna, 2026-tól érvényes kibocsátási felső határral;
- Olyan felső kibocsátási limitet határoz meg, amely 2030-ra a 2005-ös szint 43%-ára csökkenti az éves kibocsátást;
- Minden kibocsátási egység elárverezésre kerül (azaz nincs ingyenes kiosztás);
- A kibocsátási egységek egy részét előre kell finanszírozni, és piaci stabilitási tartalékot kellene létrehozni a túlzott áremelkedés kockázatának kezelésére;
- Az Európai Bizottság azt javasolja, hogy a teljes bevétel 25%-át uniós „saját forrásként” vonják be egy új szociális klímaalap létrehozására, és előírja a tagállamoknak, hogy a fennmaradó aukciós bevételeket az épületek és a közlekedés szén-dioxid-mentesítését támogató intézkedésekre fordítsák.

Még, ha a javaslat nem is kerülne bevezetésre Magyarországon [13], a koncepció jól mutatja az európai szándékot. Az EU ÁFA-irányelve pedig már lehetővé teszi azt is, hogy a nagy hatékonyságú fűtési rendszerek – ideértve a hőszivattyúkat – áfakulcsát egy tagállam akár nullára csökkentse.

A nagy hatékonyságú berendezések meghatározásában az Ecodesign környezetbarát tervezésre vonatkozó szabályozási csomag segít eligazodni. A készülékek és berendezések minimum energiahatékonysági követelménye kerül meghatározásra az Ecodesign segítségével, melyhez az energiacímkék átskálázása is társul. A helyiségfűtők (LOT1) vonatkozó jelenlegi környezetbarát tervezési és energiacímkézési előírások felülvizsgálata folyamatban van, az előttünk álló kb. két évben kerülnek az új előírások véglegesítésre. Ennek keretében a helyiségfűtési technológiák előírásait vizsgálják felül, 1 MW-ig. Csak a központi fűtést szolgáló berendezések tartoznak ide, a szilárd tüzelőanyagot használó fűtőberendezések más szabályozás vonatkozik. A környezetbarát tervezésre vonatkozó javaslat tartalmazza a szezonális helyiségfűtési energiahatékonyságra,



Energia címké-tervezet, LOT 1

a vízmelegítési energiahatékonyságra és a hangteljesítményszintre vonatkozó követelményeket, valamint a NO<sub>x</sub>-kibocsátással és az anyaghatékonysággal kapcsolatos követelményeket. A hatásfok követelményeit szezonális helyiségfűtési hatékonyságban fejezik ki. Ezt a hatékonysági mutatót a fűtési igény és ennek kielégítéséhez szükséges éves energiatartalom arányaként számítják ki, osztva az EU átlagos primerenergia-tényezőjével [14], amely a fűtési igény kielégítéséhez szükséges primerenergia-felhasználás hatékonyságát jelenti.

### Konklúzió

Ha körvonalazzuk Európa épületállományát az előttünk álló évtizedekre, a következő jövőkép olvasható ki a folyamatokból és irányokból. Az épületek a jövőben nem pusztán passzív energiatartó, hanem aktív részei, elemei lesznek a villamos hálózatoknak. A hálózati kiegyenlítésben, energiatárolásban maguk az épületek energiarendszerei is szerepet kapnak. A decentralizált energiarendszerek kombinálása az energiahálózatokkal és a tárolási opciókkal az elektromos hálózatok számára rugalmasságot és stabilitást biztosít. Természetesen ehhez olyan okos épületekre lesz szükség, melyek egyrészt az optimális működés biztosítására folyamatos távoli monitoring alatt állnak. Másrészt az épületautomatizálás a felhasználói komfortot erősíti. A fűtés mellett a hűtés is mindinkább elengedhetlenné válik.

Az okos épületek hőellátásában, és az épületek dekarbonizációjában kulcsszerep jut a hőszivattyús technológiának, amely nem csupán az egyik leghatékonyabb környezetbarát gépészeti megoldás az ingatlanok fűtésére, hűtésére, használati meleg víz előállítására, hanem a megújuló energiára vonatkozó közös európai célok teljesítéséhez is hozzájárul. Mindezt úgy, hogy a felhasználók komfortját is maximálisan kielégíti.

### Források

- [1] Az e hozzájárulás kiszámításának módszerét 2013/114/EU tartalmazza
- [2] EPEE HFC Outlook EU modell

- [3] European Environmental Agency, Approximated estimates for greenhouse gas emissions
- [4] 2012/27/EU EED recast
- [5] Primerenergia-fogyasztás esetén. Végsőenergia-felhasználási cél 36%
- [6] 2009/28/EC RED recast
- [7] 2020. évi XLIV. Törvény a klímavédelemről
- [8] MEKH Országos Eurostat típusú részletes energiamérleg, környezeti hő (hőszivattyúk)
- [9] 2010/31/EU EPBD recast
- [10] Ezt a javaslatot a tagállamok képviselőiből álló Tanács menet közben elvetette
- [11] Az Európai Tanács 2022. október 21-i javaslata
- [12] Emissions Trading System (EU ETS)
- [13] A hazai álláspont értelmében el kell kerülni a negatív társadalmi hatásokat és a pénzügyi terhek háztartásokra való hárítását az alacsony-jövedelmű tagállamokban, amely emelné az energiaszegénység kockázatát az egységes karbonárzás következtében.
- [14] Primerenergia-átváltási tényező: 2,1
- [15] The perfect fit: Shaping the Fit for 55 package to drive a climate-compatible heat pump market

### Először ült össze a szakminiszter vezetésével az Energia-veszélyhelyzeti Operatív Törzs

A testület első alkalommal egyeztetett az aktuális ágazati kérdésekről Lantos Csaba energiaügyi miniszter vezetésével 2022. december 16-án, Budapesten. A napirenden ezúttal is hangsúlyosan szerepelt az ellátási helyzet és kilátások áttekintése, a jövő évi beszerzési lehetőségek feltérképezése.

Az Energia-veszélyhelyzeti Operatív Törzset idén nyáron hozta létre a kormány, irányítását az önálló Energiaügyi Minisztérium megalakulása után vette át az új tárcát vezető Lantos Csaba. A testület küldetése változatlan: a magyar családok és a rezsi-csökkenett árak védelme, az energiaellátás biztonsága érdekében dolgozik a továbbiakban is.

Forrás: Energiaügyi Minisztérium



# A távhőellátás és -felhasználás alakulása a Balaton turisztikai régióban

**Hegedűsné Baranyai Nóra**

*egyetemi docens, baranyai.nora@pen.uni-pannon.hu*

**Szalai Gréta**

*vidékfejlesztési agrármérnök, szalai.greti2000@gmail.com*

**Pintér Gábor**

*egyetemi docens, pinter.gabor@pen.uni-pannon.hu*

**Szabó Zsófia**

*vidékfejlesztési agrármérnök, szabo.zsofia@pen.uni-pannon.hu*

**Vincze András**

*egyetemi docens, baranyai.nora@pen.uni-pannon.hu*

**Zsiborács Henrik**

*tudományos munkatárs, zsiboracs.henrik@pen.uni-pannon.hu*

Napjainkban egyre inkább előtérbe kerülnek a globális energiaválság nyomán jelentkező megoldandó problémák. Jelen-tős kihívás a primer energiaforrások szűkössége, a készletek kimerülése és az energiaárak ezzel együtt járó növekedése. Az energiaválság fokozódásával egyre nagyobb hangsúlyt kap az energiagazdálkodás és az energiapolitika. Napjainkban új eszközök, valamint technológiák váltják fel, illetve egészítik ki a régieket. Az Európai Unió (EU), így Magyarország energiastratégiájában és energiapolitikájában is fontos cél és egyben eszköz is a távfűtés korszerűsítése, mely nagymértékben hozzájárul az energia- és klímapolitika céljainak megvalósíthatóságához, a hozzá kapcsolódó energiafelhasználás csökkentése által. A célkitűzések elérésének feltétele a távfűtés versenyképességének magasabb szintre emelése, amit azonban ma még számos tényező akadályoz. Jelen tanulmány célja, annak bemutatása, hogy a Balaton turisztikai régió településein milyen változások következtek be a távhőellátásban és felhasználásban 2009 és 2020 között. Emellett a tanulmány ismerteti a vizsgált települések távhővezetékeinek főbb műszaki adatait. Továbbá bemutatásra kerül az elemzett városok infrastruktúrális helyzete, különös tekintettel a távhőszolgáltatásra.

\*

Today, the problems to be solved in the wake of the global energy crisis are becoming more and more prominent. A major challenge is the scarcity of primary energy sources, the depletion of stocks and the associated increase in energy prices. As the energy crisis intensifies, energy management and energy policy are becoming more and more important, and new instruments and technologies are replacing or complementing the old ones. The modernization of district heating is an important goal and tool in the energy strategy and energy policy of the European Union (EU), including Hungary, which can greatly contribute to the achievement of the goals of energy and climate policy by reducing the related energy consumption. The condition for achieving the objectives is to raise the competitiveness of district heating to a higher level, which, however, is still hindered by a number of factors. The aim of the present study is to show what changes occurred in the supply and use of district heating in the settlements of the Balaton tourist region between 2009 and 2020. In addition, the study presents the main technical data of the district heating pipelines of the studied municipalities. Furthermore, the infrastructural situation of the towns analyzed is presented, with special emphasis on district heating services.

\*\*\*

Közép- és Kelet Európa államaiban a távhőszolgáltatás mindenhol jelen van [1]. A hálózatos közművek nagy jelentőséggel bírnak a települések működésében. A távhőellátó rendszer a közműhálózatok legbonyolultabb technológiájának tekinthető, amely az energiatermelés egyik jelentős ágazata az EU-ban is. Annak ellenére, hogy beruházásuk és üzemeltetésük költséges és eszközigényes, energetikai szerepük nagy, ugyanis helyet és lehetőséget biztosítanak kapcsolt hő- és villamosenergia-termelésre. Emellett ezek a rendszerek ideálisak a megújuló energiaforrások felhasználására is [2]. Az EU-ban megfogalmazott energia- és klímapolitikai célkitűzések elérésében a távfűtés ígéretes eszközként jelenik meg. Az energiastratégiai célok megvalósításához kiemelt fontosságú a közösségi távfűtés korszerűsítése mind Magyarországon, mind az EU többi országában. A távfűtés során gyakorlatilag bármely energiaforrásból lehetőség van hőt előállítani, így kijelenthető, hogy ez a fűtési mód környezeti szempontból előnyös. A távfűtés alkalmas a különféle megújuló energiaforrások befogadására, illetve a primerenergia megtakarításban is szerepe van a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés adta lehetőségek következtében. Mindennek következtében a globális energiaválság okozta problémák megoldására és az energiapolitikai célkitűzések megvalósítására irányuló erőfeszítéseknek is egyik megfelelő eszköze lehet a távfűtés. A távfűtés előnye, hogy bármely forrásból származó hőt képes biztonságosan eljuttatni a felhasználók számára, viszont ez hazánkban csak korlátozottan érvényesül [3]. Magyarországon hőelőállításra elsősorban földgázt használnak, mint energiaforrást. Hazánkban azonban vannak már olyan fejlesztések is, melyekben napkollektorokkal kombinálják ezeket a rendszereket, és emellett a hőszigetelés is egyre nagyobb szerepet kap. Jelen tanulmány célja a távhőellátás és -felhasználás 2009 és 2020 közötti változásainak vizsgálata a Balaton turisztikai régió településeinek vonatkozásában (1. ábra). Továbbá bemutatásra kerül a vizsgált települések infrastruktúrális helyzete, valamint a távhővezetékek főbb műszaki adatai is.

## A Balaton turisztikai régió

A Balaton elsősorban turisztikai sajátosságairól ismert világszerte. Egy turisztikai régióban elengedhetetlen a fejlett infrastruktúra annak érdekében, hogy a célközönséget magához vonzza és megtartsa. Ennek következményeképpen évről-évre egyre nagyobb hangsúlyt kap az infrastruktúra fejlesztése. Ez a régió fejlett távközlési, telefon-, közüzemi víz- és csatornahálózattal rendelkezik. Mindezek mellett, itt kiemelt hangsúlyt kap a jó megközelíthetőség is, így a közúti és vasúti közlekedés is folyamatos fejlesztés alatt áll. Fontos tény, hogy több Balaton menti település is csatlakozott a földgáz-

hálózatra az évek során. A kutatás során a Balaton, mint turisztikai régió távhőellátása került a középpontba. Az elemzések idején négy balatoni településen volt távhőszolgáltatás, nevezetesen: Keszthelyen, Tapolcán, Siófokon és Balatonfüreden (1. ábra).



1. ábra. A Balaton turisztikai régió négy vizsgált települése [4]

Keszthely esetében 19 116 a lakosok nyilvántartott száma a 2020-ban történt felmérés alapján [5]. A lakásállomány nagysága 10 203 db. A térség fejlett gáz- és villamosenergia-, illetve vezetékes ivóvízhálózattal van ellátva. Közüzemi ivóvízvezeték-hálózata 81,6 km hosszúságú, mely által a lakosság közel 100%-a ellátott. A villamosenergia-fogyasztók száma 13 892 db, és ezek számára 54 255 MWh villamos energia került a vizsgált évben szolgáltatásra. A gázfogyasztás tekintetében 8 114 db háztartás és közüzem kerül ellátásra, ebből 7 261 háztartás fűtési eszközként is ezt alkalmazza, továbbá 1126 db lakás a távfűtésre van csatlakozva. Közlekedését tekintve Keszthely útviszonylata és autóbusz-közlekedése jó, vasúthálózata fejlesztést igényel [6].

Tapolca esetén a kutatási eredmények azt mutatják, hogy 2020-ban a lakosság 15 500 fő volt [7]. A 2015-ben kiadott integrált településfejlesztési stratégia alapján megállapítható, hogy a lakásállomány körülbelül 6 900 db. A vízhálózat tekintetében a lakásállomány 87%-a csatlakozott a hálózatra. Energiagazdálkodás szempontjából a villamosenergia-szolgáltatás a város egész területén megtalálható. A földgázellátás tekintetében 3 566 háztartás csatlakozik a hálózathoz. Távhőszolgáltatással 1 896 lakás és 98 intézmény fűtését és melegvíz-ellátását biztosítják Tapolcán [8].

Siófok lakossága 25 043 fő [9]. A lakásállomány 2010 és 2020 között 20%-os emelkedést mutatott, amely eredményeként 2020-ra a lakások száma 15 222 db lett. A vízközmű a település 100%-ban biztosít ivóvizet, amelyet 232,5 km hosszú hálózatrendszeren juttat el a háztartásokba. A lakásállományt meghaladó a villamosenergiát igénybe vevő ingatlanok aránya, amit a többletfogyasztói helyek és a nem lakás célú, de villamosenergiát igénylő ingatlanok generálnak. A 2020-as lakásállomány 83,6%-a rendelkezett vezetékes földgázellátással, továbbá a teljes lakásállomány 91,3%-a vagyis, 11 612 háztartás alkalmazta a földgázt fűtés céljából is. A város több körzetében távhőszolgáltatás is üzemel [10].

Balatonfüred népessége 2020-ban 13 562 fő [11], a lakásállomány nagysága 6 171 db volt. Vízellátását a várost teljesen lefedő, ösz-

szesen 112,2 km hosszú csőhálózat biztosítja. Vezetékes földgáz-hálózata kiépült és telekommunikációs hálózata is egyaránt fejlett. A településen távhőszolgáltatás is megtalálható [12].

## Eredmények

A kutatás a négy balatoni település vizsgálata során az egységes elektronikus közműnyilvántartás adatbázisát, azaz az E-közmű rendszert vette alapul [13]. Az E-közműben található közműterkép részletes elemzést tett lehetővé a települések távhővezetékeinek elhelyezkedése kapcsán, amelyet a rendszer automatikusan rózsaszín vonallal szemléltet. Az egyes települések távhőellátási-modelljének alapját – a minél naprakészebb információk megjelenítése érdekében – az E-közmű 2018-2020-as, úgynevezett ortofotó alaptérképe képezte. Ez az alaptérkép segítette a települések pontos meghatározását és szemléltetését. Az E-közmű térkép szolgáltatási rendszer a pontos területi határvonalakat nem jeleníti meg. Emiatt az E-közmű térképes adatszolgáltatása mellett, a Bing térkép is felhasználásra került a legfrissebb közigazgatási határok lehatárolása végett. A kutatásban a távhővezetékek rajzolata és a feltérképezett határvonalak alapján kerültek meghatározásra a vizsgált területek távhőellátási zónái, illetve a távhőközpontok is. Amennyiben a távhőtermelő létesítményeket nem lehetett határozottan leolvasni az E-közmű által nyújtott térképről, valamint nehézséget okozott egyéb dokumentumokból való meghatározásuk is, akkor a Google és a Bing térkép nyújtott segítséget. Ezt követően váltak kétséget kizáró módon felismerhetővé a távhőközpontok az E-közmű térképén, amelyen a csövek ki- és bemenete egyfajta támaszt nyújtott a feltételezések, illetve a meghatározások verifikálásában. Gyakran okozott a lekérdezési folyamat során problémát az, hogy a különböző információs felületeken elsősorban a központi irodák kerülnek megnevezésre, és a települési/szolgáltatási honlapon sem tüntetik fel jól látható módon a tényleges távhőtermelő központokat.

Az E-közműben található közműterkép emellett lehetővé tette a települések távhővezetékei főbb műszaki tulajdonságainak meghatározását is. A kutatás szempontjából elsősorban a távhővezetékek adatai (elhelyezkedés módja, jellege; szállított közeg; szállítási módja), valamint az üzemeltető neve volt releváns, ezekről összesítő táblázat került kialakításra. A vezetékek elhelyezése minden esetben a föld alatt történt, az alkalmazott szállított közeg pedig meleg víz volt, melynek továbbítása 6 bar nyomáson történt. A minél pontosabb adatok meghatározása megkövetelte, hogy az adott hálózat vezetékekrendszerén minimum tíz kijelölt ponton történjen az elemzés (1. táblázat).

A kutatás során megszületett egy olyan részletes adatbázis, amely tartalmazza a vizsgált települések vonatkozásában a lakosság által távhőellátásra felhasznált hőmennyiséget, gigajoule-ban kifejezve. Az adatbázis létrehozása során a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) szekunder adatai szolgáltak információként. A tájékoztató adatbázis oldalán belül megtalálható „Éves településsta-

1. táblázat. A vizsgált települések távhővezetékeinek főbb műszaki adatai

Település	Szolgáltató	Elhelyezkedés módja, jellege	Szállított közeg	Szállítási nyomás
Keszthely	VÜZ Keszthelyi Városüzemeltető Egyszemélyes Nonprofit Kft.	föld alatt	meleg víz	6 bar
Tapolca	Tapolcai Városgazdálkodási Kft.	föld alatt	meleg víz	6 bar
Siófok	Balaton-parti Kft.	föld alatt	meleg víz	6 bar
Balatonfüred	FÜREDHŐ Kft.	föld alatt	meleg víz	6 bar

tisztítási adatok 2020-as szerkezetben” közölte a feltárni kívánt mutatókat, illetve időszakokat. A kutatás eredményei TJ-ban kerültek kifejezésre. A KSH adatszolgáltató rendszere 2008 előtt nem szolgáltatott adatot a távhőellátásra felhasznált hőmennyiségről, emiatt a vizsgálat a 2009 és 2020 közötti időszakra korlátozódott.

### Keszthely

A város közigazgatási határán belül szemléltetésre kerültek a távhőellátási helyszínek, a zónák meghatározása rózsaszín jelöléssel történt (2-3 ábrák). A kutatás során megállapításra került, hogy a távhőtermelés három, egymástól eltérő központban történik. Az ellátást biztosító vezetékek között kapcsolat nem volt megfigyelhető. A távhőtermelés mutatóinak vizsgálata alapján elmondható, hogy a lakosság által távhőellátásra felhasznált hő mennyisége a 2009-2020-as időszak során 18,2%-kal csökkent (4. ábra). Ezzel kapcsolatban két meghatározó ténytet kell megemlíteni. A 2014/2015-ös tél a megszokottnál jóval melegebb volt, ami kevesebb energiafelhasználást eredményezett. Ez a jelenség nem csak ennél a városnál volt megfigyelhető. A 2014/2015-ös téli időszakot követően újra emelkedni kezdett a felhasználás. Emellett a távhőfelhasználás visszaesése arra volt visszavezethető, hogy Keszthelyen magas a teljesítményalapú alapdíj-szabályozás mértéke. Ez azt eredményezte, hogy több társasház is levált a távhőszolgáltatásról, melyet szükség szerint gázzal pótoltak és csak a 2. ábrán szemléltetésre került hálózatok maradtak működésben.

### Tapolca

Tapolca esetében a távhőhálózat egy, viszonylag nagy zónát fed le, ennek szemléltetése szintén rózsaszín jelöléssel történt (5. ábra). A zónán belül a távhőtermelést három termelőközpont teszi lehetővé (6. ábra). Az ellátási hálózatok között összefüggés nem volt megfigyelhető. A lakosság által felhasznált hőmennyiség a távhőellátás szempontjából a 2009 és 2014-es időszak között folyamatos csökkenést mutatott. 2014-ben nagymértékű visszaesés történt, ami a Keszthely esetében már említésre kerülő melegrekordnak volt betudható. Ezt követően, 2017-ig bezárólag a felhasználás mértékének növekedése volt megfigyelhető, azonban ezt követően újra monoton csökkenés történt. A város esetében 2009-hez képest 17,3%-kal csökkent a lakosság energiafelhasználása a távhő vonatkozásában (7. ábra).

### Siófok

Siófokon a távhőtermelés és fogyasztás két nagyobb zóna köré csoportosítható, melyet szintén rózsaszín keret jelöl (8. ábra). A távhőtermelési központok közül kettő pontosan beazonosítható, míg a harmadik helyszíne csupán feltételezhető információhiány miatt (9. ábra). A város tekintetében a távhőtermelés adatainak vizsgálata során az volt megállapítható, hogy a lakosság által felhasznált hőmennyiség nagysága a 2009 és 2020 közötti időszakban 67,3%-kal csökkent (10. ábra). A távhőellátás ilyen nagymértékű esése városi szinten annak tudható be, hogy a hőenergia-alapú fűtési díj itt volt a második legmagasabb az országban.

### Balatonfüred

Balatonfüred távhőellátása a fentebb vizsgált településekéhez képest fejletlenebb volt, távhőellátási zónája jóval kisebb területet fedett le, mint amazokéi (11-12. ábra). A távhőhálózat tekintetében egy távhőtermelési központ figyelhető meg, mely nem rendelkezett összetett hálózattal. A balatonfüredi légtérfogató-alapú díjazás orszá-

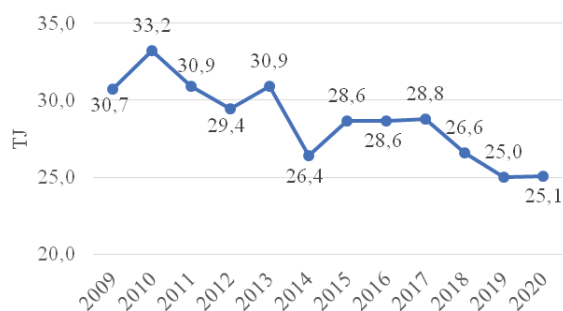
gos szinten a legdrágábbak közé sorolható. Ennek következtében a lakosság által 2020-ban távhőellátásra felhasznált hőmennyiség 34,4%-kal volt kevesebb, mint a 2009. évi (13. ábra).



2. ábra. Keszthely közigazgatási határa és a távhőszolgáltatási zónák, 2022



3. ábra. Keszthely távhővel ellátott területei és távhőtermelő egységei, 2022



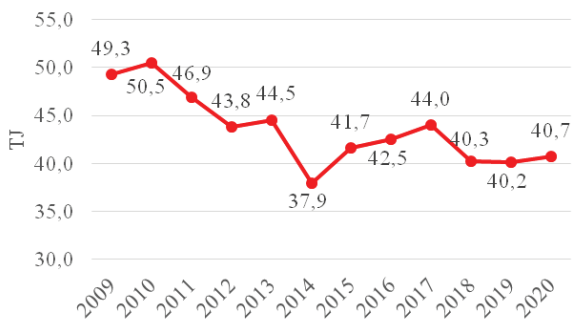
4. ábra. A lakosság által távhőellátásra felhasznált hőmennyiség alakulása 2009 és 2020 között Keszthelyen



5. ábra. Tapolca közigazgatási határa és a távhőszolgáltatási zóna, 2022



6. ábra. Tapolca távhővel ellátott területei és távhőtermelő egységei, 2022



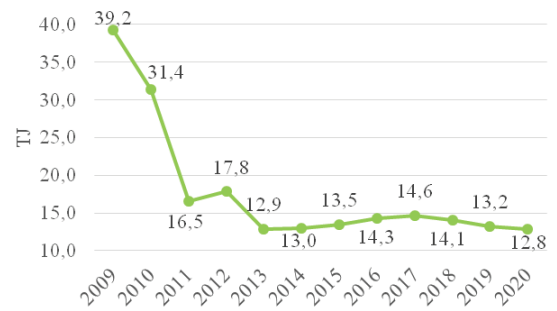
7. ábra. A lakosság által távhőellátásra felhasznált hőmennyiség alakulása 2009 és 2020 között Tapolcán



8. ábra. Siófok közigazgatási határa és a távhőszolgáltatási zónák, 2022



9. ábra. Siófok távhővel ellátott területei (rózsaszín vonalak) és távhőtermelő egységei, 2022



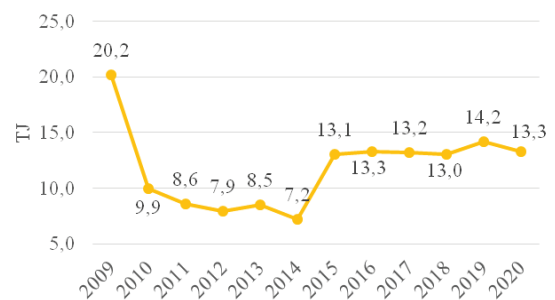
10. ábra. A lakosság által távhőellátásra felhasznált hőmennyiség alakulása 2009 és 2020 között Siófokon



11. ábra. Balatonfüred közigazgatási határa és a távhőszolgáltatási zóna, 2022



12. ábra. Balatonfüred távhővel ellátott területei (rózsaszín vonalak) és távhőtermelő egysége, 2022



13. ábra. A lakosság által távhőellátásra felhasznált hőmennyiség alakulása 2009 és 2020 között Balatonfüreden

## Konklúzió

Magyarországon a települések életében lényeges szerepet játszanak a hálózatos közművek, melyek egyike a távhőellátó rendszer. A távhőellátás, valamint a távhőszolgáltatás nemcsak hazánkban, hanem Európában is az energetika egyik jelentős ágazata. A Balaton turisztikai régiójában vizsgált városoknál megállapítható, hogy a lakosság által távhőellátásra felhasznált hőmennyiségeknél nagymértékű csökkenés volt megfigyelhető:

- Keszthely: 2009, 30,7 TJ; 2020, 25,1 TJ;
- Tapolca: 2009, 49,3 TJ; 2020, 40,7 TJ;
- Siófok: 2009, 39,2 TJ; 2020, 12,8 TJ;
- Balatonfüred: 2009, 20,2 TJ; 2020, 13,3 TJ.

A négy város átlagos távhőfelhasználása a 2020-as év tekintetében 23 TJ, azonban a városok közötti eltérés mértéke magas, szórásuk 50%-ot meghaladó értéket vett fel.

## Köszönetnyilvánítás

A munka a 2021-2.1.2-HŐ-2021-00004 számú projekt keretén belül a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2021-2.1.2-HŐ pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## Források

- [1] Beliczay, E. A Távhőellátás Bővítésének Lehetőségei a Közintézmények Korszerűsítése Kapcsán; 2012;

- [2] Jasper, A. TÁVHŐELLÁTÓ RENDSZEREK TERVEZÉSÉNEK ÉS ÜZEMELTETÉSÉNEK OPTIMALIZÁCIÓJA; 2016;
- [3] Kádárné Horváth, Á. A TÁVEÜTÉS SZEREPE AZ ENERGIA-POLITIKAI CÉLOK ELÉRÉSÉBEN. Vezetéstudomány 2012, XLIII, 74–82.
- [4] HÍRBALATON. Balaton Régió. Online forrás: <https://www.hirbalaton.hu/balaton-regio/> (Elérve 2022.10.07.).
- [5] Statisztikák. Keszthely Lakossága. Online forrás: <https://stat.dbhir.com/telepules/keszthely> (Elérve 2022.10.07.).
- [6] NKM Optimum Zrt. Keszthely Város Klímastratégiája; 2020;
- [7] Statisztikák. Tapolca Lakossága. Online forrás: <https://stat.dbhir.com/telepules/tapolca> (Elérve 2022.10.07.).
- [8] Közép-Pannon Regionális Fejlesztési Zrt. Tapolca Város Integrált Településfejlesztési Stratégiája I. MEGALAPOZÓ VIZSGÁLAT; 2015;
- [9] Statisztikák. Siófok Lakossága. Online forrás: <https://stat.dbhir.com/telepules/Si%C3%B3fok> (Elérve 2022.10.07.).
- [10] Terra Stúdió Kft. SIÓFOK TELEPÜLÉSFEJLESZTÉSI KONCEPCIÓ ÉS INTEGRÁLT TELEPÜLÉSFEJLESZTÉSI STRATÉGIA I. Kötet: Megalapozó Vizsgálat; 2021;
- [11] Statisztikák. Balatonfüred Lakossága. Elérhető: <https://stat.dbhir.com/telepules/Balatonfu%C3%BCred> (Elérve 2022.10.07.).
- [12] KD-ITS KONZORCIUM Balatonfüred Város Integrált Településfejlesztési Stratégiája I. MEGALAPOZÓ VIZSGÁLAT; 2015;
- [13] Lechner Nonprofit Kft. E-közmű | E-Építés Portál. Elérhető: <https://www.e-epites.hu/e-kozmu> (Elérve 2022.10.07.).

## Energiaügyi minisztérium

A kormány novemberben döntött önálló energiaügyi minisztérium létrehozásáról. Az új minisztérium Lantos Csaba vezetésével 2022. december 1-jétől működik és az energiapolitika egységes irányításáért felel. Az energiapolitikán kívül a minisztériumhoz tartozik a bányászat, a környezetvédelem, a hulladékgazdálkodás és a közműszolgáltatás is.

A miniszter munkáját dr. Czepek Gábor az MVM csoport korábbi elnök-vezérigazgatója, közigazgatási államtitkárként, a Technológiai és Ipari minisztériumi feladataikat folytatva Koncz Zsófia parlamenti államtitkárként, miniszterhelyettesként, Raisz Anikó környezetügyért és körforgásos gazdaságért felelős, Steiner Attila energetikáért felelős államtitkárként segítik.

Miniszter úr támogatja a Paksi Atomerőmű jelenlegi blokkjainak további működését és a létesítmény majdani bővítését is. Parlamenti meghallgatásán a megújuló energiák közül elsőként a biogázt, a biomasszát és a geotermikus forrásokat említette. A többivel kapcsolatban - napenergia és a szélenergia – emlékeztetett, hogy a technológia egyelőre nem alkalmas a megtermelés pillanatában felesleges áram ipari méretekben és gazdaságos tárolására, ráadásul az ország földrajzi adottságai miatt a szélerőművek csak kiegészítő energiaforrások lehetnek.

### Lantos Csaba, energiaügyi miniszter



*Születési hely, idő:* Hódmezővásárhely, 1962. január 28.

*Végzettség:* 1986-ban végzett közgazdász-szociológusként a Közgazdaságtudományi Egyetemen, a Rajk László Szakkollégium tagja volt.

*Pályafutás:*  
1987-1989 Budapest Bank, kötvénykereskedő  
1989-2000 Creditanstalt, CA-IB

A Creditanstalt csoportnál különböző vezető beosztásokban dolgozott, majd a csoportot irányító befektetési bank, a CA-IB vezérigazgatója lett.

2000-2007 OTP Bank Nyrt., az Igazgatóság tagja, a lakossági üzletágot vezető vezérigazgató-helyettes

2007-2022 Lantos Vagyonkezelő Zrt., tulajdonos, vezérigazgató

A vagyonkezelő cég több más befektetés mellett döntően az egészség-

ügyi szolgáltatások és élettudományok területére fókuszált.

2022- Energiaügyi Minisztérium, miniszter

*Társadalmi szerepvállalás:*

A Szegedi Tudományegyetemért Alapítvány kuratóriumának tagja

A 4iG Nyrt. Tanácsadó testületének tagja

A Széll Kálmán Alapítvány Kuratóriumának korábbi elnöke, jelenleg tagja

A legrangosabb hazai tudományos elismerés, a Bolyai-díj egyik alapítója

*Elismerések:*

2015 Budapesti Értéktőzsde André Kostolany-díj

2017 Magyar Tudományos Akadémia Wahrmann Mór-érem



dr. Czepek Gábor



Koncz Zsófia



Dr. Raisz Anikó



Steiner Attila

**Miniszter úrnak és a munkáját segítő államtitkár asszonyoknak és uraknak gratulálunk, felelősségteljes munkájukhoz sok sikert kívánunk!**

Forrás:

Magyar Közlöny 2022. 197. szám

<https://kormany.hu/energiaugyi-miniszterium>

<https://kormany.hu/tim/allamtitkarok-2022>

# A halogatásnak ára van

Dr. Zsebik Albin

okl. gépészmérnök, zsebik@energia.bme.hu

A fosszilis energiahordozókat én „fogyó” energiaforrásoknak nevezem. „Megújuló energiaforrásoknak” tekintem azokat, amelyek gazdaságilag értékelhető időn belül megújulnak. Gyakran hangoztatom, hogy „ne azért használjuk a megújuló energiaforrásokat, mert megéri, hanem azért, hogy takarékoskodjunk a fogyó energiaforrásainkkal, védjük a környezetünket” [1].

Kormányunk 259/2022. (VII. 21.) számú rendeletében a központi árszabályozás keretében új ösztönzőket határozott meg az energiatakarékosságra, [2]. A kormányrendelet szerint villamosenergia hasznosítás esetén 2 523 kWh/év/mérési pont, földgáz hasznosítás esetén 1 729 m<sup>3</sup>/év/mérési pont (59 132 MJ/év/mérési pont) az a határ, ameddig a lakossági fogyasztó az egyetemes szolgáltatótól kedvezményes áron vásárolhatja az energiahordozót.

A fenti számok ismeretében a nyomtatott és az elektronikus sajtóban sokasodtak az egyszerű, költség nélkül megvalósítható és az összetettebb, költségigényes javaslatok, a villamosenergiával és a földgázzal való takarékoskodásra.

Az alábbiakban, – hivatkozással a „Feladatunk a jó példát követni és jó példát mutatni” írásomra, [3], – 40%, 18% és 80% fűtési energiamegtakarítási lehetőségre rámutatva tapasztalataim alapján ismertetek energiamegtakarítási intézkedésekkel elért eredményeket. Szolgáljanak példaként és ösztönzőként hasonló energiahatékonyság növelő intézkedések megtételére

\*

I call fossil energy sources “depleting” energy resources. I consider “renewable energy sources” to be those that are recoverable within an economically viable time. I often say that our decision whether or not to use renewable energy sources should not be solely based on their economic evaluation but should also take into account the preservation of our dwindling energy resources and the protection of our environment [1].

The recently adopted government legislation 259/2022 (July 21) proposed new energy saving incentives within the framework of the central price regulation [2]. According to the new incentives, a household can purchase from the designated energy utility at a discounted price a maximum of 2,523 kWh/year/electricity meter and a maximum of 1,729 m<sup>3</sup>/year/gas meter (59,132 MJ/year/gas meter).

Following the publication of the above mentioned legislation, large amount of simple, cost-effective and more complex, more expensive solutions for energy saving methods were publicised both in the printed press and electronic media.

In my article, which refers to the publication ‘Our Task is to Follow a Good Example and Set a Good Example,’ [3] I present examples that demonstrate that energy demand for heating can be reduced by 40%, 18% and 80%.

Let these results serve as good examples and an incentive to take similar measures as soon as possible to increase energy efficiency.

\*\*\*

## Kiinduló helyzet

Annak idején Magyarországra +4°C hőmérsékletet szabványban határoztak meg a fűtési időszak vonatkoztatási külső átlaghőmérsékletként. Napjainkban is ezt használtuk a tényleges

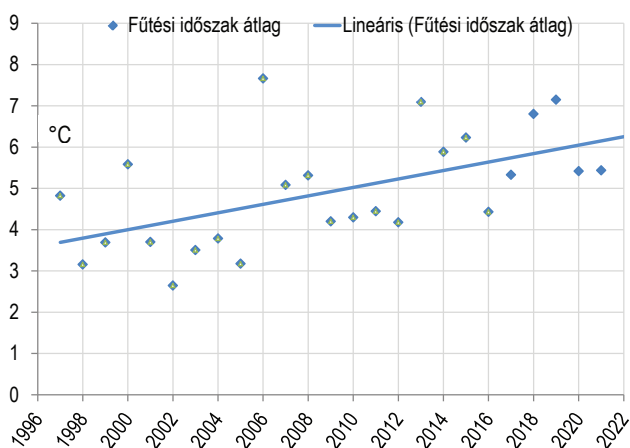
hőfelhasználás és külső átlaghőmérséklet ismeretében korrekciós hőmérsékletként a bázis, vagy alapértékek meghatározására. Ugyanakkor tapasztaljuk az időjárás és a külső hőmérséklet változását. Idén hazánkban is különösen hiányzott az eső, nagy károkat okozott az aszály.

Engem különösen megérintett annak a kiszáradt pataknak a látványa, (1. fénykép), amelyben gyerekkoromban a kis halacskákat kergettem.



1. fénykép. Kiszáradt patak medre 2022. június 24-én

A fűtési időben a külső hőmérséklet határozott növekedése is kimutatható (1. ábra).



1. ábra. A külső átlaghőmérséklet változása Budapesten a fűtési időben [4]

Mindezek ellenére arra nem számíthatunk, hogy az enyhe tél miatt ne kelljen fűteni. Bízunk abban is, hogy a Kárpát medencében megmarad a négy évszak. Ki-ki a maga helyén tegyen ennek érdekében. Mi, mérnökök a hatékony gépek és létesítmények tervezése, üzemeltetése által, beleértve a saját lakóházunk/lakásunk korszerűsítését, üzemeltetését.

Fontos feladata és felelőssége van ezen a területen az országos szinten döntéshozóknak a szakpolitikai intézkedések, a jogalkotóknak a körültekintően kidolgozott jogszabályok által. Erre figyelemztet és ösztönöz a bevezetőben ismertetett vilamosenergia és földgáz felhasználási határértékek mellett, a napjainkban (2022. július vége) közzétett további két adat, nevezetesen, „amíg tavaly 296 milliárd forintba került az államnak a rezscsökkentés fenntartása, addig idén már a 2051 milliárd forintot is elérheti ez az összeg”. Milyen jó lett volna, ha korszerűsítéssel korábban csökkentjük energiafelhasználásunkat.

Ehhez kapcsolódóan ismét magamat idézem. Tanítványaimnak, gyermekeinknek szoktam mondani: Döntéseink előtt mérlegeljünk, (az energiagazdálkodáshoz kapcsolódva végezzünk legalább egyszerű energetikai és gazdasági számításokat), jól gondoljuk meg, mi mellett tesszük le a voksot. Tartsuk szem előtt, hogy a „halogatásnak ára van”, de döntéseink után ne bánkódjunk, vonjuk le a tapasztalatokat, dolgozzunk ki új célértékeket, s hozzá a megvalósítási/cselekvési terveket.

### A jövő célértékei, elérhetési lehetőségei

Napjainkban sokan számolgatják, hogy a jövőben a földgázért csak a 102 Ft/m<sup>3</sup>, árat kell fizetniük, vagy átcúszni a 747 Ft/m<sup>3</sup> árba. Ha igen, milyen mértékben.

A földgázfelhasználás esetén a célérték tehát legyen a 1 729 m<sup>3</sup>/év/mérési pont (59 132 MJ/év/mérési pont). (A Magyar Közlönyben megjelent fenti két érték alapján a földgáz fűtőértékeként 34,2 MJ/m<sup>3</sup> lett figyelembe véve. A továbbiakban a földgáz hőegyenértékét én is ezzel számoltam.)

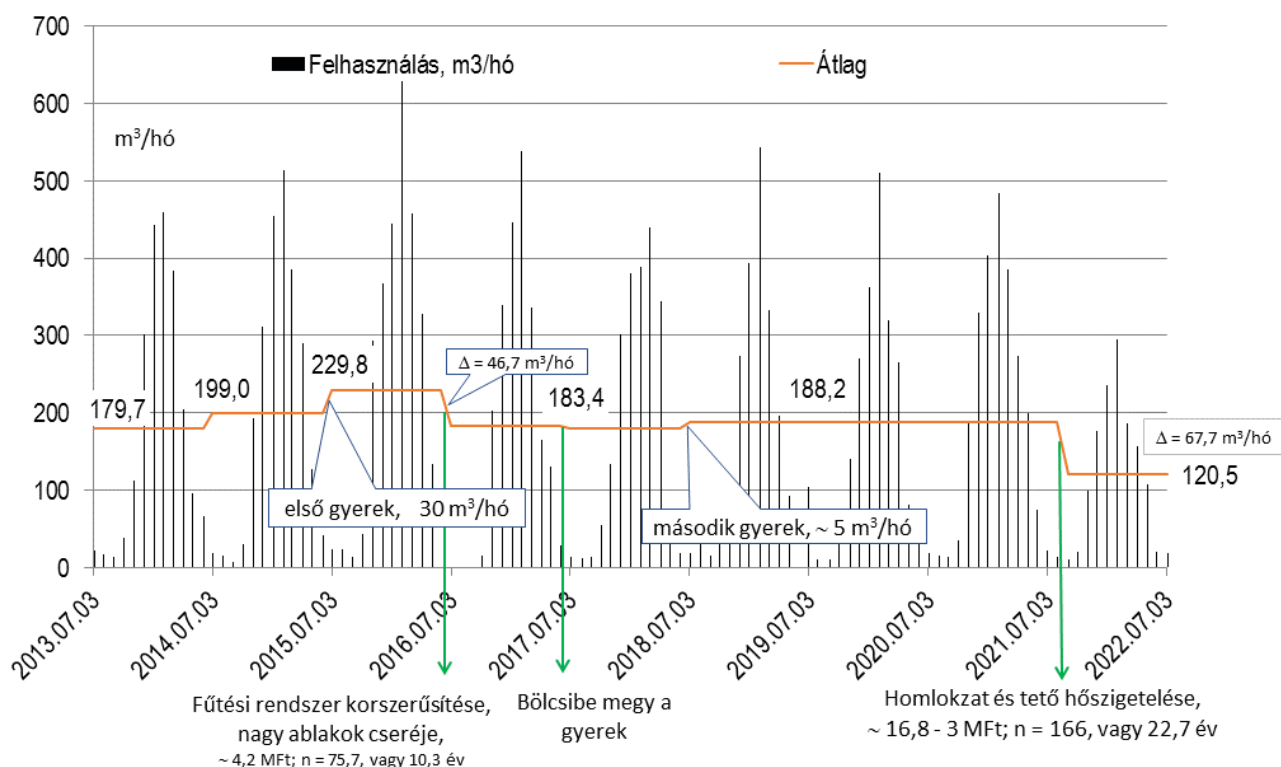
Szemléltetésre egy két gyerekes családfőtől kaptam az alábbiakban bemutatásra kerülő földgáz felhasználási adatokat, amelyeken látható, hogyan változott a földgáz felhasználásuk az elmúlt 9 év alatt. (Figyelemre és dicséretre méltó, hogy havonta rendszerezen leolvasta és bejelentette az elfogyasztott földgázt.)

A földgáz felhasználást befolyásolta a fogyasztói magatartásuk és a felújítási/korszerűsítési intézkedéseik. A fogyasztói magatartáshoz sorolható a gyerekek miatt a belső hőmérséklet emelése, a bölcsőbe adást követően a nappali fűtés csökkentése. A felújítási munkákhoz tartozik a fűtési rendszer korszerűsítése, a nagy ablakok cseréje, majd a 2021. év nyarán a homlokzat és a tető hőszigetelése, 2. ábra.

A fűtési rendszer korszerűsítése keretében lecserélték a falikazánt. A zárt égésterű kazánhoz az égési levegő bevezetéseként az olcsóbb megoldást, a külső falon keresztül történő levegőellátást és a füstgáz kéményen keresztül történő elvezetését választották, 2. és 3. fénykép. A kazán hatásfokát növelte volna, ha az égési levegőt a kéményen keresztül dupla csövű vezetéken vezetik be, be de az ára miatt lemondtak róla.



2. fénykép. Az égési levegő bevezetése



2. ábra. A földgáz felhasználás a hőszigetelés előtt és után



3. fénykép. Az égési levegő és a füstgáz csövei

Megnövelték viszont a radiátor felületeket és a szabályozás érdekében termosztatikus szelepekkel látták el, 4. és 5. fénykép. Ezzel párhuzamosan háromrétegűre cserélték a nagyfelületű ablakokat.



4. fénykép. A megnövelt radiátorfelületek

Az eredmény az előző évihez képest 46,7 m<sup>3</sup>/hó földgázfelhasználás csökkenés volt.

A felújítás következő lépése a külső falak és tetőszerkezet hőszigetelése, valamint a kisebb ablakok cseréje volt. A hőszigetelés előtti, közbeni és utáni állapotot szemléltetik az alábbi fényképek, az eredményét az 1. táblázatban található adatok. A táblázat „korrigált” oszlopaiban a tényleges földgázfelhasználás értékeinek a +4°C külső levegőhőmérsékletre korrigált értékei szerepelnek.

1. táblázat. A földgáz felhasználás a hőszigetelés előtt és után

	Tényleges		Korrigált	
	m <sup>3</sup> /év	m <sup>3</sup> /év	m <sup>3</sup> /év	GJ/év
2018.07-2019.07	2 132	2 584	2 584	88,38
2019.07-2020.07	2 072	2 570	2 570	87,89
2020.07-2021.07	2 424	2 656	2 656	90,85
2021.07-2022.07	1 339	1 467	1 467	50,18
Bázis:	2 209	2 604	2 604	89,04
Megtakarítás	870	1 136	1 136	38,86
	<b>39,4%</b>	<b>43,6%</b>	<b>43,6%</b>	<b>43,6%</b>



5. fénykép. A termosztatikus radiátorszelepek

Amint a táblázatban levő adatok mutatják, a homlokzat 12 cm, a tető 30 cm vastag utólagos hőszigetelés, valamint a kisméretű, dupla rétegű nyílászárók háromrétegűvé cseréje (a fényképen látható nagyméretű üvegfalat már 2018 előtt kicserélték) több mint 40% földgázfelhasználás megtakarítást eredményezett. Látható az is, hogy általa a földgázfelhasználás a „célérték” alá került.

A korszerűsítés tervezése során figyelembe vehető, hogy az eredménye (a várható, 38,86 GJ/év megtakarítás egy része) az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer keretében hitelesített energiamegtakarításként elszámolható.

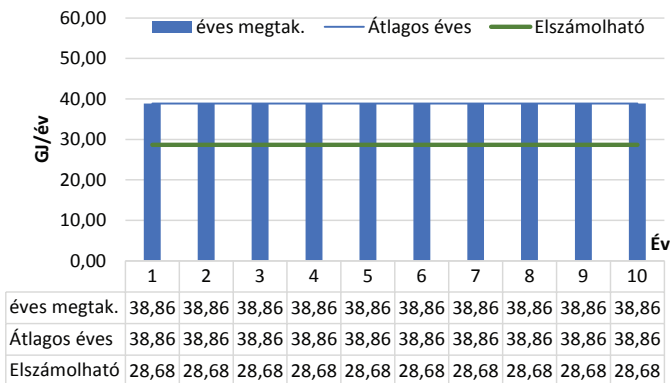
2. táblázat. A végsőenergia megtakarítás EKR elszámolásának energetikai adatai

EKR végsőenergia megtakarítás elszámolás éve:	2021 év
Az elszámolni kívánt energiamegtakarítás várható garantált időszaka	25 [év]
A beruházás vagy intézkedés kötelezettségi időszakra vetített éves avulása	0,0% [%/év, átl.]
Korai csere esetén a lecserelt berendezés hátralévő élettartama	0 [év]
A kiinduló állapothoz képest megállapított éves energiamegtakarítás mértéke	38,86 [GJ/év]
Az energiahatékonysági minimumkövetelményhez, ennek hiányában a kiinduló állapothoz képest megállapított energiamegtakarítás mértéke	38,86 [GJ/év]
Elszámolásra kerülő évek száma:	10 [év]
<b>RÉSZLETSZÁMÍTÁSOK AVULÁS FIGYELEMBEVÉTELE NÉLKÜL</b>	
Korai időszakra számított végsőenergia megtakarítás (avulás nélkül):	0,00 [GJ]
Fennmaradó időszakra számított végsőenergia megtakarítás (avulás nélkül):	388,60 [GJ]
Elszámolható időszak teljes végsőenergia megtakarítása (avulás nélkül):	388,60 [GJ]
Elszámolható időszak átlagos éves végsőenergia megtakarítása (avulás nélkül):	38,86 [GJ/év]
<b>RÉSZLETSZÁMÍTÁSOK AVULÁS FIGYELEMBEVÉTELÉVEL</b>	
Korai időszakra számított éves átlagos avulási veszteség növekmény mértéke:	0,00 [GJ/év]
Fennmaradó időszakra számított éves átlagos avulási veszteség növekmény mértéke:	0,00 [GJ/év]
Elszámolható időszak teljes végsőenergia megtakarítása (avulással csökkentve):	388,60 GJ
Elszámolható időszak átlagos éves végsőenergia megtakarítása (avulással csökkentve):	38,86 [GJ/év]
<b>ALTERNATÍV SZAKPOLITIKAIK TÁMOGATÁSI ADATAI</b>	
Igénybe vett vissza nem térítendő alternatív szakpolitikai intézkedés részaránya [%] (1)	18,0%
Igénybe vett vissza nem térítendő alternatív szakpolitikai intézkedés részaránya [%] (2)	16,8%
Igénybe vett vissza nem térítendő alternatív szakpolitikai intézkedés részaránya [%] (3)	
<b>Összes igénybe vett vissza nem térítendő alternatív szakpolitikai intézkedés részaránya:</b>	<b>18,0%</b>
Nyilatkozat arra vonatkozóan, hogy a beruházás vagy intézkedés lakóépület energiahatékonyságát javítja [IGEN/NEM]:	IGEN
Elszámolási hányad a vissza nem térítendő támogatási arányok figyelembevételével:	70,0%
Igénybe vett szakpolitikai tanácsadást nyújtó szerv megnevezése:	Magyar Mérnöki Kamara
EKR elszámoláskor figyelembevehető végsőenergia megtakarítás hányad [%]:	74%
<b>Kötelezett által elszámolható éves megtakarítás:</b>	<b>28,68 [GJ/év]</b>





Fényképek a hőszigetelés előtt, közben és után



3. ábra. Az éves végsőenergia megtakarítás az elszámolási időszakban

Az elszámolható megtakarítás meghatározásához célszerű használni a <https://www.enhat.mekh.hu/ekr> címről letölthető EKR számoló táblát. Eszerint az elszámolható energiamegtakarítás, – arra tekintettel, hogy a beruházási költség 18%-át vissza nem térítendő támogatásból fedezték és igénybe vették a Magyar Mérnöki Kamara tanácsadását, – 28,68 GJ/év, (2. táblázat 3. ábra). Mivel a hitelesített energiamegtakarítás korlátozottan forgalomképes, ellenértéke további energiamegtakarítást eredményező beruházásba, (pl. energiatakarékos háztartási gép vásárlására), visszaforgatható.

### A fűtési rendszer korszerűsítésének eredménye

Annak idején szakpolitikai intézkedésként az ÖKO program keretében nyújtottak vissza nem térítendő támogatást a lakások fűtési rendszerének korszerűsítésre. A FŐTÁV Zrt. a megvalósítás tervezésével és a kivitelezés szervezésével segítette, a programot és ÖKOPlusz-nak nevezte. Az ÖKOPlusz program eredményeit a következőképpen hirdette, majd értékelté, [5]: A „program célja volt a fővárosi távfűtési rendszerek egyedi szabályozásának megvalósítása, a költségosztás létrehozásának támogatása. Az ÖKOPlusz program pályázati kiírása két részletben zajlott le 2008. február 1-től 2009. június 30-ig és 2009. december 1-től 2010. szeptember 30-ig. Budapesten közel 56 000 lakásban nyílt lehetőség a fűtés szabályozására, az energiafelhasználás hatékonyabbá tételére és a fűtési költségek csökkentésére. A fűtőkorszerűsítési munkákat követően 408 épület esetében közel 18,4% megtakarítást értek el a Lakóközösségek.

Ezúton kívánjuk Önöket tájékoztatni, hogy újabb fűtőkorszerűsítést célzó pályázat kiírásáról nincs tudomásunk.” (Az eredményekről további információ [6]-ban olvasható.)

Milyen jó lett volna, ha a program folytatódik, s valamennyi budapesti és vidéki távfűtött, vagy központi fűtéssel rendelkező társasházban már akkor megvalósul a fűtési rendszerek korszerűsítése. Annak ellenére, hogy az azóta eltelt időben vissza nem térítendő támogatásokkal sok társasház fűtési rendszerét korszerűsítették, még mindig sok lakásban ezt nem tették meg.

A fentebb hivatkozott 18,4% megtakarítás ugyanakkor fontos információ és ösztönző lehet annak eléréséhez, hogy a központi fűtésű társasházakban a földgáz felhasználás lakásonként az 1729 m<sup>3</sup>/év alá kerüljön.

### A Solanova projekt

2001-ben egy Sopronban tartott Nemzetközi konferencián (a KLKENEN konferenciák elődjén) német kollégákkal beszélgetve született az ötlet. Az ötletet az a tanulságos megállapítás adta, hogy az egyesítés után a Kelet-Németország iparosított technológiával létesített épületállományának korszerűsítése során nem használták ki azt az energia-megtakarítási lehetőségeket, melyet a technikai színvonal lehetővé tett volna.

Ezzel mintegy harminc évre konzerváltak egy nem kellően hatékony közbeeső szintet. Ezen felújított épületek jó része már a felújításuk idején sem felelt volna meg nemcsak a jövő elvárásainak, de a tervezett Uniós épületenergetikai szabályozásnak sem.

Történt ez annak ellenére, hogy a felújításhoz a korszerű elemek és technológia Németországban már akkor elérhető volt, hiszen 1987 óta épülnek alacsony energiafelhasználású házak. Az első alacsony energiafelhasználású épületekre vonatkozó előírások már a nyolcvanas években érvénybe léptek Kanadában és a skandináv országokban, majd más országok is követték őket (Németországban 2002-ben). (Csak zárójelben kérdezem meg, tanultunk/tanulunk-e mi az eddigi különböző korszerűsítési programjainkból? Tapasztalatom alapján mondom, hogy nem vagyunk jeles tanulók.)

A pályázatban megfogalmazott célkitűzés az volt, hogy magyar, német és osztrák partnerekkel együttműködve egy panelépületet újítsunk fel energiatudatos, passzívház technikákkal. Ennek eredményeképpen csökkentjük az épület fűtési energiafelhasználását több mint 80%-kal, javítsuk a téli és a nyári komfortot, ezzel is növeljük a lakások értékét. A projekt célkitűzése volt továbbá, hogy tudományos előkészítettségével, műszaki megalapozottságával példával szolgáljon és adatokat szolgáltatson az itthon és külföldön, az iparosított technológiával létesített épületek felújításához.

A 42 lakásos ipai technológiával épített, távfűtött panellakás felújítására irányuló projekt részleteiről 2005. évi Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság konferencián, számoltunk be, majd eredményeit a zárójelentés mellett [7]-ben ismertettük.

Ami számunkra most a legfontosabb információ, hogy a fűtési energiafelhasználás több mint 80%-al, csökkent. A napkollektoros használati melegvíz termelés ellenére ezt az értéket lerontotta a használati melegvíz termelés, s emiatt tudtuk a projektet úgy értékelni, hogy a felújításával negyedére csökkentettük az épület fűtéséhez és használati melegvíz termeléséhez az energiafelhasználást.

A projekt eredményei és a szerzett tapasztalatok alapján ambiciózus tervek születtek a hazai épületállomány hasonló módon történő felújítására. A tervek megvalósítása azonban elmaradt.

Úgy vélem, hogy a fentebb említett, célértékek elérése érdekében a szerzett tapasztalatokat, – szem előtt tartva, hogy „a halogatásnak ára van”, – ha késve is, mielőbb hasznosítani kellene.

A SOLANOVA projekt eredményeinek a [7]-ben történt ismertetését kiegészítve, az Energiagazdálkodás 2022. decemberében megjelenő számában tájékoztatásként és figyelemfelkeltésként közzé teszünk a projekt zárásakor készített, az egyes részterületenkénti intézkedéseit ismertető és a megvalósításról készült fényképeket tartalmazó 7 db összefoglaló posztert. Úgy véljük, a téma még mindig aktuális.

### Források

- [1] Zsebik A.: Mennyinek kell lenni a megtakarításnak? Energiagazdálkodás, 52. évf. 2011. 2. szám 33 old., letöltve: <https://ete-net.hu/enga/korabbi-szamok/enga-2011/2022.12.12>
- [2] Magyar Közlöny 121. szám, 2022. július 21. A Kormány 259/2022. (VII. 21.) Korm. rendelete egyes egyetemes szolgáltatási árszabások meghatározásáról.
- [3] Zsebik A.: Feladatunk a jó példát követni és jó példát mutatni. Mérnök Újság, 2019. október 3. old.
- [4] BKM/FÖTÁV adatok az elmúlt 25 év október 15-április 15. közötti fűtési időszakainak átlaghőmérsékleteire.
- [5] <http://www.fotav.hu/lakossagi-ugyfelek/korszerusites/okopulusz-megtakaritasok/> letöltve 2013május 25.
- [6] Zsebik A.: Mit támogassunk? Energiagazdálkodás, 54. évf. 2013. 3. szám 28. old.
- [7] Zsebik A. - Csata Zs.: Negyedére csökkentettük az energiafelhasználást – a SOLANOVA projekt. Energiagazdálkodás, 51. évf. 2010. 1. szám 17 – 27. old.

Az Energiagazdálkodás hivatkozott számai letölthetők a <https://ete-net.hu/enga/korabbi-szamok/> címről.

### Mintegy negyedével kevesebb gázt fogyasztottunk decemberben

A háztartások több mint 23, a gazdasági szereplők pedig közel 25 százalékkal csökkentették földgázfelhasználásukat 2022 utolsó hónapjában 2021 azonos időszakához képest. A Központi Statisztikai Hivatal adatai szerint a tavalyi éves gázfogyasztás 17 százalékkal mérséklődött tavalyelőtthöz viszonyítva. A villamos energia igénybevételében is érdemi csökkenés mutatható ki, amelynek mértéke decemberben több mint 7, 2022-ben pedig összesen közel 3 százalékos volt 2021-hez képest. A jelentős visszaesés az enyhe időjárás mellett a szankciók okozta energiaáremelkedés miatti tudatos fogyasztói magatartásnak és a kormányzati takarékosági intézkedéseknek is köszönhető.

2022 decemberében összességében közel 24 százalékkal kevesebb földgáz fogyott Magyarországon, mint egy évvel korábban. Tavaly egész évben a lakossági felhasználók körében 16,6, a gazdaság esetében pedig 17,2 százalékkal volt alacsonyabb a gázfogyasztás, mint 2021-ben. Ehhez hozzájárult az egyes állami fenntartású intézményeknél elrendelt gáztakarékosság is. A hazai tárolókban még elérhető készlet a fűtési szezon feléhez közeledve, újabb mennyiségek nélkül is mintegy három hónapra lenne elegendő – a korábbi évek nagyobb téli igénybevételével számolva.

A magyarországi fogyasztás villamos energiából is mérséklődött a tavalyelőtti adatokhoz viszonyítva. Az áramfelhasználás decemberben 7,1, éves szinten pedig közel 3 százalékkal volt alacsonyabb, mint 2021-ben.

A kormány változatlanul elsődleges feladatai között tartja számon a rezsisökkentés védelmét, ennek érdekében megnégyszerezte – 670 milliárd forintra 2610 milliárd forintra emelte – a rezsi-védelmi alapot.

A magyar családok 2022 decemberében is a legolcsóbban jutottak földgázhoz, és a második legkedvezőbb áron kapták az áramot az európai fogyasztók közül. A lakossági felhasználók díjai átlagfogyasztás alatt és felett sem emelkedtek januártól. A háztartások a teljes fűtési szezonban azonos árakon férhetnek hozzá a legfontosabb energiaforrásokhoz. A takarékosabb felhasználással enyhíthetők a szankciós politika okozta ellátásbiztonsági kockázatok is.

*Forrás: Energiügyi Minisztérium*



## Solanova projekt

### Panelos lakóépület és a kapcsolódó hőszolgáltató rendszer napenergiával segített klímatudatos felújítása

„5. Kutatási és Demonstrációs Keretprogram”  
Contract NNE5-2001-923 DG TREN  
projekt felelős: Dr. Jean-Marie Bemtgen



#### Az iparosított építés évtizedei

Miután 1954-ben az első iparosított technológiájú lakóépületet Budapesten a Fogarasi úton építették négy évtizeden keresztül a technológia és a tervezéskor mintegy négy évtizeden keresztül meghatározta az építőipart.

Magyarországon összesen 726.000 lakást létesítettek iparosított technológiával, évente átlagosan 19.000 lakást. Ebből 508.000 lakás épült panelos technológiával. Jelenleg a lakosság 13,8 %-a él ilyen lakásokban.

Az iparosított technológia ugyanezen időszakban valamennyi volt szocialista országot jellemezte. A volt NDK területén több mint kétfélmillió ilyen lakás létesült, bár ezek nagy részét a rendszerváltás óta energetikailag korszerűsítették. A német panelfelújítási programból számos tapasztalat áll rendelkezésre, melyet a Solanova projektben is igyekeztünk felhasználni.

#### A panelépületek műszaki állapota

Iparosított technológiájú épületeink tartószerkezeteinek várható élettartama meghaladhatja a száz évet. Az ablakszerkezeteket, az épületgépészeti rendszereket, -szerelvényeket nagy részét azonban harminc évre méretezték, ezért mindennaposak a meghibásodások, illetve a karbantartási igény. Az épületek rossz hővédelme a szerkezetek károsodását, korrózióját is gyorsítja. Bár a szendvicsszerkezetek elvileg hőszigeteltek, a hőhidak csatlakozások és a rossz légzárás miatt magas a hőfelhasználás, a fenntartási költség. Az épületekben gyakoriak a hőérzeti problémák mind nyáron, mind télen.

#### Panel épületek felújítása

Az iparosított technológiával készült épületek felújítása komplex, műszaki, gazdasági és szociális feladat, amelyet megfelelő körültekintéssel kell megtervezni és végrehajtani. Szakmailag megalapozatlan, részleges felújítások komoly károkat okozhatnak. Gyakori jelenség például a hibásan felújított épületekben a penészképződés.

Mivel a panelprobléma számos európai országot érint, az Európai Unió kiemelten kezeli. A Solanova projekt az Unió prioritásait szem előtt tartva olyan komplex demonstrációs épület-felújítást valósít meg, mely műszaki megalapozottságra épül, környezettudatosságra nevel.

#### A projekt célkitűzései

A projekt fontos feladata az energetikailag, ökológiailag és gazdaságilag optimális műszaki megoldások megtalálása, a fenntartási költségek jelentős csökkentése, a téli és nyári komfortérzet javítása, és olyan ajánlások kidolgozása amelyek irányt mutathatnak a jövőbeni felújítások tervezőinek és kivitelezőinek egyaránt.

A demonstráció helyszíne a panelfelújításban élenjáró Dunaújváros.

A felújítás célja, hogy az átlagosan 220 kWh/m<sup>2</sup> fajlagos éves fűtési energiafelhasználás 15 - 45 kWh/m<sup>2</sup> közötti értékre csökkenjen (80%).

A kutatás részét képezik szociológiai vizsgálatok is, melyek a lakók megelégedettségét, elvárásait, preferenciáit hivatottak feltárni. Életciklus vizsgálatok tették lehetővé, hogy az optimális megoldás ökológiailag is megalapozott legyen.

#### A projekt konzorcium

- Universität Gesamthochschule Kassel (Németország)- koordinátor
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
  - Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék
  - Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
- Dunaújvárosi Víz-, Csatorna- és Hőszolgáltató Kft.
- Dunaújvárosi Önkormányzat Sziget Alapítványa
- Energiaközpont Kht.
- Passivhaus Institut (Németország)
- Intercisa Lakásszövetkezet
- Internorm Fenster AG (Ausztria) - nyílászárók
- Fiorentini Hungary Kft. - napenergia hasznosítás
- innovaTec Energiesysteme (Németország) - szellőzés

#### A projekt gazdasági háttere

A projekt egy kutatási és demonstrációs, illetve egy épületfelújítási fázisból áll. A kutatási és demonstrációs fázis költségeit 100%-ban az Unió állja.

A beruházási fázis finanszírozása következők szerint alakul:

Európai Unió	56,3 MFt
Környezetvédelmi Minisztérium	59,5 MFt
Dunaújvárosi Önkormányzata	30,0 MFt
Dunaújvárosi Víz-, Csatorna és Hőszolgáltató Kft.	40,0 MFt
Lakók	12,5 MFt
<b>Összesen</b>	<b>198,3 MFt</b>

#### Kivitelezők:

Egyes szállító és kivitelező partnereink jelentős kedvezménnyel segítettek a demonstrációs épület megvalósulását.

Generál kivitelező:	Windstrip Kft.
Tető kivitelezés:	Tető-Centrum Kft.
Zöldtető:	Fito-Tech Kft.
Szellőző rendszer:	Energotrade Kft.
Szolár rendszer:	Naplopó Kft.

#### Beszállítók:

Hőszigetelő rendszer:	STO Építőanyag Kft.
Hőszigetelő anyag:	Austrotherm Kft.
Nyílászárók:	Internorm Ablak Kft.
Hővisszanyerők:	Paul Wärmerückgewinnung Gmbh
Hangcsillapítók:	Westaflexwerk Gmbh
Bádogos szerkezetek:	Puskás Művek
Kompakt hőközpont:	Danfoss Hungária Kereskedelmi Kft.

További információkat kaphat a projekt munkatársaitól:

Jean-Marie.Bemtgen@cec.eu.int zsebib@solanova.org  
hermelink@solanova.org csoknyai@solanova.org





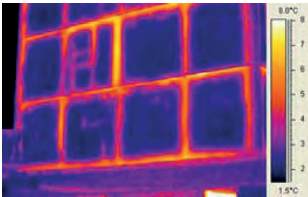
## A lakószintű homlokzati falak hőszigetelése, és az ablakok cseréje



Az északi és keleti homlokzat felújítás előtt



Az északi homlokzat részleges ablakcserével



Végfal termovíziós képe (részlet)

A homlokzati falak hőszigetelése a lakószinteken ragasztással és mechanikai rögzítéssel felerősített **AUSTROTHERM AT-H80** márkajelű expandált polisztirolhab lapokkal történt a panelhézagok PUR-hab kitöltését követően.



A panelhézagok kitöltés PUR habbal



Indul a lakószintű hőszigetelés

A panelhézagok kitöltése alpin technikával, míg a falak szigetelését az épület köré teljes magasságban állított állványzatról végezték a szakemberek.

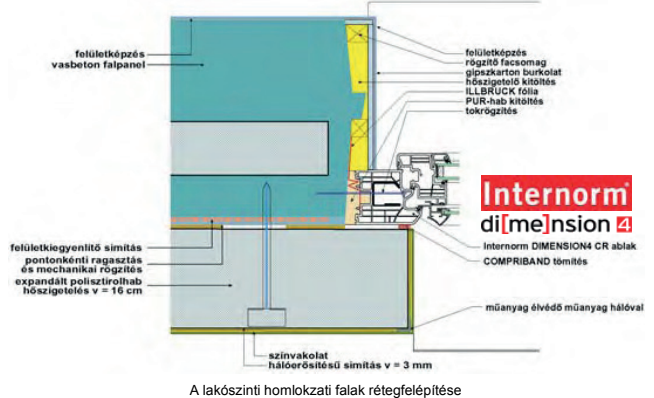


Az állványozás, és a szigetelés folyamata



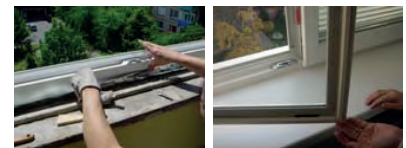
A homlokzati fal hőszigetelése

Renkívüli figyelmet és szakértelemet kívánt az eredeti homlokzatsíkok fogasságainak "eltüntetése" kiegyenlítő simítással, illetve kiegészítő hőszigetelő lapokkal. A kivitelezés során a hőszigetelő lapok csatlakozásainál esetenként keletkező hézagokat utólag kiinjektálták. A hőszigetelő réteg külső felületének csiszolása után hálóerősítésű alapvakolat és színvakolat került a felületre a STO rendszer anyagaiból és kiegészítő szerkezeteiből, a rendszergazda irányításával. A felújított falszerkezet névleges hőátbocsátási tényezője  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



A lakószintű homlokzati falak rétegfelépítése

Az északi homlokzaton kettős üvegezésű INTERNORM ablakokat építettek be (a teljes ablakra vonatkozó átlagos hőátbocsátási tényező:  $U_w = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). A déli oldalon a nyári hővédelem érdekében egy hármas üvegezésű ablak bizonyult optimálisnak, melynél a mozgatható lamellás árnyékoló a külső üvegréteg mögött van (a teljes ablakra vonatkozó hőátbocsátási tényező:  $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).



Az új ablakok beépítésekor a kivitelező nagy figyelmet fordított a pára és légzáró kialakításra.

A beépítés után nagyobb párkány felületek jöttek létre, ami használati tárgyak, vagy virágok elhelyezésére alkalmas.



A felújított északi homlokzat

Soklakásos panelépület és a kapcsolódó hőszolgáltató rendszer napenergiával segített klimatizált felújítása  
Szerződésszám: NNE5/2001/923, Sincom Ref: S07.17083  
További információkért kérjük látogassa meg a honlapunkat: [www.solanova.energia.bme.hu](http://www.solanova.energia.bme.hu)

Solar-supported integrated eco-efficient renovation of large residential buildings and heat supply systems  
Contract No. NNE5/2001/923, Sincom Ref: S07.17083  
For further information please visit our website: [www.solanova.energia.bme.hu](http://www.solanova.energia.bme.hu)



## A földszint homlokzati falainak hőszigetelése, és a nyílászárók cseréje



A földszinten az avult, károsodott ajtók, kapuk és portálok elbontása után a falnyílásokba zártszelvényekből hegesztett acél vázszerkezet került a vázelemek közeinek közetgyapot lemez kitöltésével. A vázszerkezet belső oldalára hatékony párazáró fóliát és gipszkarton burkolatot, külső oldalára pedig műfa lemezburkolatot szereltek a 12 cm vastag, különleges minőségű expandált polisztirolhab lemez hőszigetelés fogadására.



A földszinti nyílászárók bontása



Zártszelvény acél szerkezet a falnyílásban



Felkerültek az acél szerkezetre a rétegek

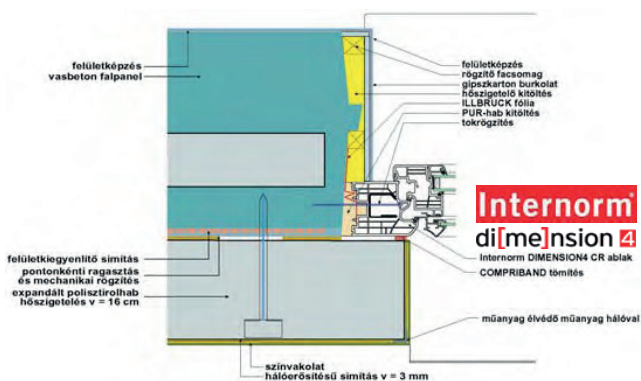


Az új földszinti fal a hőszigetelés előtt

Ugyancsak ilyen hőszigetelő lapokkal burkolták körül a földszinti vasbeton pillérek homlokzatsíkjából kinyúló részeit és a véghomlokzatok földszinti szakaszait is. A hőszigetelés fölé mindenhol hálóerősítésű alapvakolat és kerámialapka burkolat kerül. A hőszigetelt külső fal névleges hőátbocsátási tényezője  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

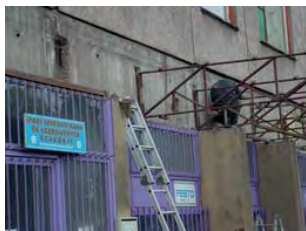


Hőszigetelő lemezek a déli földszinti homlokzaton, valamint a végfalon



A földszinti homlokzati falak rétegfelépítése

A földszinti előtetők el lettek bontva, és a déli oldalon a napkollektor mező úgy lett kialakítva, hogy a panelek közötti hézagok tömítésével az előtetőként is funkcionál.



Az előtető bontása



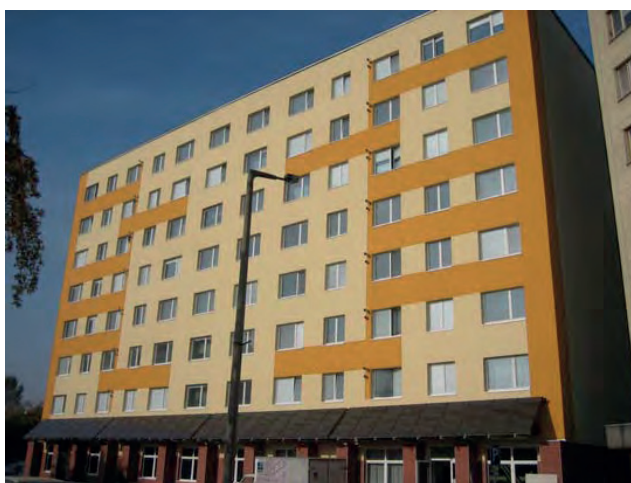
Előtetőként funkcionáló napkollektorok

Az építészeti terveknek megfelelően a földszinten téglaburkolattal azonos megjelenésű burkolólapok lettek elhelyezve.



A lapkák ragasztással kerültek rögzítésre, és ki lettek fugázva.

A földszinti nyílászárók a lakószintekhez hasonlóan szintén az INTERNORM termékeiből készültek: a kirakatablakok és az ajtók PVC, a kapuk pedig alumínium szerkezetekből.



A felújított déli homlokzat a napkollektor mezővel

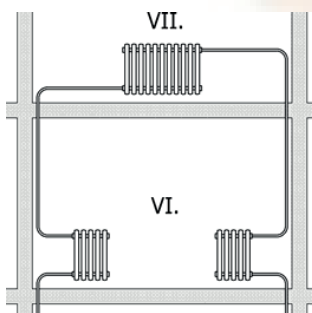
Soklakásos panelépület és a kapcsolódó hőszolgáltató rendszer napenergiával segített klímadatait felújítása  
Szerződésszám: NNE5/2001/923. Sincom Ref: S07.17083  
További információkért kérjük látogassa meg a honlapunkat: [www.solanova.energia.bme.hu](http://www.solanova.energia.bme.hu)

Solar-supported integrated eco-efficient renovation of large residential buildings and heat supply systems  
Contract No. NNE5/2001/923. Sincom Ref: S07.17083  
For further information please visit our website: [www.solanova.energia.bme.hu](http://www.solanova.energia.bme.hu)

## Az épület fűtési rendszerének átalakítása, egyedi kompakt hőközpont beépítése



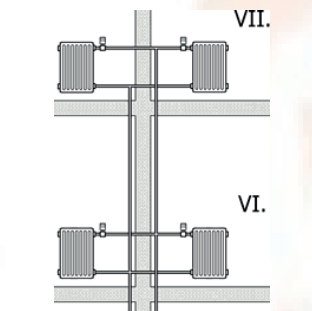
Az épületben az építés idejében korszerű egycsöves fordított „U” elrendezésű fűtési rendszer lett kialakítva. Felhasználás szempontjából a fűtendő helyiségek két csoportra oszthatók úgy, mint emeleti lakó és közös használatú helyiségek, valamint a földszinti bérlemények. Az átalakítás előtt mindkét csoportba tartozó helyiségek fűtésének ellátása a közös alapvezetésekről leágazó felszálló vezetéseken keresztül történt. Mind az alapvezetékek, mind a felszállók fekete acélcsövek voltak. A pince-szinten az alapvezetékek rögzítése a födémhez függesztéssel volt megoldva, a felszálló vezeték pedig az előre elkészített födémáttöréseken keresztül haladtak. A felszálló vezeték elzáró szerelvények segítségével egyenként kizárható és üríthető módon kerültek kialakításra.



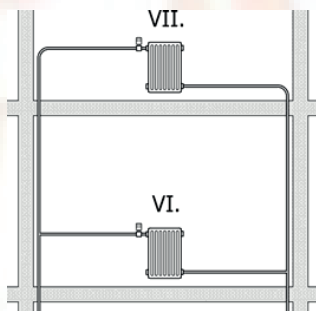
Fordított „U”-csöves rendszer

Az egycsöves megoldás helyét az alábbi kialakítás valósult meg, attól függően, hogy az adott helyiségekben hol helyezkedtek el a födémáttörések. Így néhány esetben a függőleges falakon át kellett vezetni a csöveket, mert statikai okokból ajánlatos volt az új födémáttörések elkerülése.

Az új felszálló vezeték a régiék helyén haladnak, védőcsőként használva a födémekben bennmaradt acélcső darabokat.



Szomszédos szobák hőleadói kersztököttesel



Felszállók vezetése sarkokban lévő födémáttörések esetén

A lakásokban „DV” típusjelű 600 mm magas tagos, valamint a fürdőszobákban lemezzradiátorok, a földszinti bérleményekben „Tisza” típusú öntött-vas tagos hőleadók szolgáltatták a hőt. A személedobó helyiségek fűtését hegesztett acélcső radiátorok látták el. Az eredeti terveken a hőigényszámítást még 95/65°C-os hőlépcsőre végezték el, de a gyakorlatban – a hőszolgáltató tapasztalatai szerint – 90/70°C-os értékekkel lehetett számolni



Tagos radiátor egy lakószobában



Fürdőszobai hőleadók

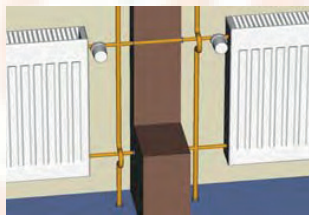
Az épület hőellátását – két másik épülettel együtt – a szomszédos épületben elhelyezett változó tömegáramú hőközpont biztosította, ahonnan a Közmű alagúton (KAF) keresztül jutott el az épületbe fűtési-, illetve a használati melegvíz.

A szekunder rendszerben csak a földszinti helyiségekben volt megoldható a mennyiségi szabályozás, mivel itt a hőleadók elé tolózárakat építettek be, azonban a lakásokban erre az egycsöves kialakítás miatt nem volt lehetőség.

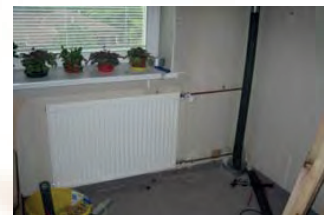
A lakók gyakran panaszkodtak túlfűtésre, illetve a szélső lakásokban előfordult alulfűtöttség is, és általános jelenség volt a belső hőmérséklet szabályozása az ablakok nyitásával. A jelentős túlfűtés és az egyedi szabályozhatóság hiánya energiapazarló működtetést eredményezett, ami már önmagában is indokoltá tette a rendszer átalakítását.

Több változat vizsgálata után olyan kétsöves fűtési rendszer tervei lettek kidolgozva, amiben szét lett választva a földszinti helyiségek és a lakószintek fűtése, és az épületben saját hőközpont lett kialakítva.

A tervezett fűtési rendszerben a lakások és a földszinti helyiségek névleges hőlépcsője eltérő értékűre lett választva – földszint 74/65°C, lakások 65/40°C – elkerülendő a túlzottan nagyra adódó radiátorok alkalmazását. Az új hőleadók Dunafer LUX-uNi típusú acéllemez radiátorok E, EK és DK jelöléssel.



Fűtési terv 3D-s szemléltetéssel



A felszálló vezeték csőhéj szigetelése

A belső hőmérsékleti zavarok kompenzálására, és az egyéni szabályozás biztosítására, minden hőleadó elé kettős beállítású termostatikus radiátorszelepek kerültek.

A vastag hőszigetelés miatt a belső falakon létrejövő hőáramok szerepe megnőtt, ezért a költségosztás módszere helyett a fűtési költségek továbbra is fűtött légköbméter alapon lesznek felosztva, elkerülve ezzel a lakók közti esetleges vitát.

A pinceszinten futó alapvezetékek és a felszálló vezeték egyaránt csőhéj szigetelést kaptak ( $\lambda=0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), ami teljességgel szokatlan a hazai tervezési gyakorlatban. Ez azonban nagyon fontos része az energiatakarékos üzemeltetésnek, mert a lakóhelyiségek hőigénye a vastag szigetelésnek és a légtömör ablakoknak köszönhetően néhány száz Watt körül alakult. Szigetelés nélkül ezeket az alacsony hőigényeket a felszálló vezeték hővesztésére is fedezni tudná ráadásul szabályozatlanul. Ennek elkerülésére elengedhetetlenné vált a legalább 15 mm vastagságú csőhéj alkalmazása.

A csőhéj szigetelés védelmére, és esztétikai okokból a lakásokban haladó felszálló vezeték gipszkarton dobozolás mögé kerültek.

A projekt kutatási jellegéből adódóan a olyan hőközponti kapcsolás került kidolgozásra, amely egyszerű módon lehetővé teszi a földszinti, illetve a lakószint fűtési rendszerek párhuzamos, vagy soros kapcsolását. Mindezt azzal a céllal, hogy mérésekkel lehessen megvizsgálni, hogy a különböző feltételek mellett, melyik megoldás, kedvezőbb a távhőellátás szempontjából.

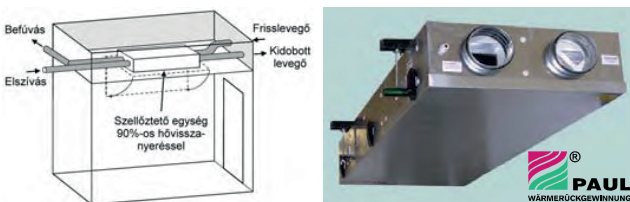
A hőközpont további feladata a használati melegvíz előállítás is a napenergia hasznosító rendszer segítségével.

## Gépi szellőző rendszer kialakítása



Az energiatakarékos épületüzemeltetés fontos eleme a kontrollált szellőztetés. A SOLANOVA épület nyílászáróinak cseréje megteremtette ennek lehetőségét és igényét, mivel az ablakok résein átáramló levegő az új jó minőségű légtömör zárású nyílászárók hatására minimálisra csökkent. A mesterséges szellőztetés alkalmazása többcélú, mert nem csak a lakók frisslevegő igényét elégíti ki, illetve az épületszerkezet állagmegóvásában játszik szerepet, hanem az elszívott levegő hőtartalmának visszanyerésével energia-megtakarítási lehetőséget kínál.

Az épületben a megfelelő mértékű légcseréje ellátását decentralizált szellőztető rendszer valósítja meg, lakásonkénti önálló, PAUL gyártmányú légkezelő egységgel.



A szellőző rendszer elvi sémája

A beépített PAUL Climos típusú berendezés

A szellőztető berendezés a friss levegőt a homlokzati falon átvezetett légbeszívó elemén át alacsony fordulatszámú centrifugál ventilátor segítségével szívja be. A külső poros levegő szűrését egy beépített filter végzi, ezt követően a hővisszanyerőn áthaladva kerül bevezetésre a szobákba a mennyezet alatt, álmennyezettel takart légszatórná hálózatát át. A légbevezető elemek, melyek alkalmasak arra, hogy a friss levegőt a helyiség távoli pontjaira is eljuttassák, az ablakokkal szemközt helyezkednek el. A friss levegő a helyiségekben keveredik, és a beltéri ajtók alatti réseken át a folyosó irányába halad az elszívási pontok felé. A levegő elszívása a fürdőszobában, a mellékhelyiségben és a konyhában valósul meg, szűrővel ellátott szabályozható légszelepek révén. Az áporodott, páradús elszívott levegő szállítása szintén a mennyezet alatt, álmennyezettel takart légszatórnákon történik. A szellőzőgépben az elszívott levegő, a második szűrést követően, hőtartalmát a beépített hővisszanyerő felületén a friss levegőnek adja át, előmelegítve azt. A lehűtött elhasznált levegőt ventilátor juttatja a szabadba a homlokzaton elhelyezett légkidobó idomok keresztül.



A homlokzati beszívó és kifúvó csanakok



A légtéchnikai csővezetékek ablakkereten való kivezetése (burkolat nélkül)



Az elszívó szerelvény felépítése



Befúvás kialakítása egy szobában

A szellőző berendezés az innovaTec GmbH tervei és az Energotrade Kft. javaslati alapján a konyha és a folyosó mennyezetén került elhelyezésre. A légbeszívó és légkifúvó idomok madárvédő hálósallal ellátott, rozsdamentes acélból készült csővezetékek tetejükön tuskézéssel. A frisslevegős és befúvó légszatórná hálózat spirálkorcolt horganyzott lemez csővezetékek, ahol a megfelelő akusztikai követelményeket káucsu alapú ásványi szál mentes hangcsillapítók biztosítják. Ennek a speciális típusú hangcsillapítónak köszönhetően elkerülhető, hogy egészségre káros ásványi szál kerülhessen a lakótérbe. A befúvási pontok minden esetben a lakószobák, melyek száma lakástípusonként változó. Az elszívó légszatórná hálózat flexibilis ásványgyapot töltetű hangcsillapító csővezetékek. Az elszívó légszelepek G4 osztályú szűrőszövetet tartalmaznak. Az elszívási pontok rendre a fürdő, a WC és a konyha. A kondenzátum elvezetés a meglévő szennyvízelvezető hálózatba került bekötésre búzélzáró közbeiktatásával.

A kivitelezés három ütemben valósult meg:

- Magfúrás
- Szellőzés szerelés
- Kiegészítő munkák (cseppvíz, hőszigetelés)

A szellőzőrendszer szereléséhez a lakások belső paneleszerkezetű falain faláttöréseket kellett készíteni, vizes technológiájú, gyémántkoronás magfúró berendezéssel. A fúrások helyzetét úgy kellett meghatározni, hogy statikailag fontos acélmerevítések ne sérüljenek. Az alkalmazott technológia révén a feladat lakott, bútorozott lakásban is elvégezhető volt.



A légkezelő helyzete az álmennyezet alatt



A konyhai elszívás kialakítása (burkolat nélkül)

A szellőző berendezés elhelyezése részben a konyha, részben a közlekedő mennyezetén történt. Ennek érdekében, hogy a ventilátor üzeme folytán keletkező nem kívánt rezgések ne terjedjenek át az épület szerkezetére, a berendezés rögzítése rezgécscillapított felfüggesztésekkel, a légszatórná tartozása gumibetétes légtechnikai csőbilincsekkel történt.

A szellőző berendezés szállítása összeszerelten történt, elektromos és vezérlő kábelezése még a gyárban megtörtént. Elektromos táplálása az egyes lakások biztosító szekrényeiből került megvalósításra. Az elektromos vezérlődoboz a mennyezet alatt a közlekedő oldalfalán, a kezelő egység a padlótól 1,5 méter magasságban került elhelyezésre.

A képződő kondenzvíz ragasztott KPE vezetéken át, száraz golyós búzázaron keresztül csatlakozik szennyvíz felszálló vezetékre.

A befúvó és elszívó légszatórná homlokzati fal és szellőzőgép közötti szakaszai 50 mm vastag alukasírozott ásványgyapot szigeteléssel lettek ellátva, jelentősen csökkentve a hőveszteségeket.



Ásványgyapot szigetelés a légszatórnákon



A szellőzőgép kezelő egysége



## Az épület fűtési rendszerének átalakítása, egyedi kompakt hőközpont beépítése



A napenergia hasznosító rendszer megvalósítását a Naplopó Kft végezte, amelynek tervei a megbízás elnyerése után a projekt szakembereivel egyeztetve kerültek végleges kialakításra.

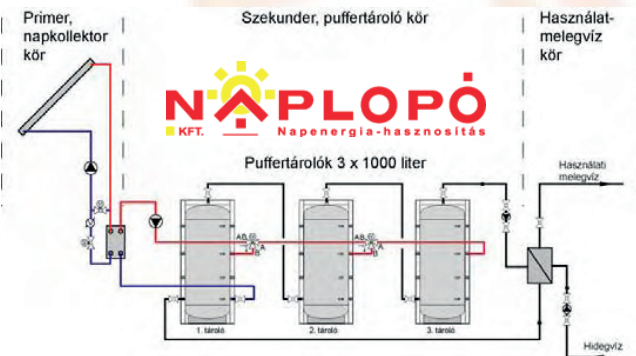
A napkollektorok felszerelésének érdekessége, hogy a kollektorok kettős feladatot látnak el, mivel a hőtermelés mellett egyben előtetőként is szolgálnak. A napkollektoros rendszer másik különleges-sége, hogy a napkollektorok a hálózati vizet puffertárolók közbeiktatá-sával fűtik. Így higiénikusabb, a legionella baktériumok által okozott fertőzés elkerülése szempontjából lényegesen kedvezőbb rendszer valósult meg.

A Naplopó Kft. előzetes számításai szerint a ~50 kW maximális teljesítményű napkollektoros rendszere megközelítőleg évi 43.500 kWh hőenergiát fog hasznosítani.

A napenergia-hasznosító rendszer 36 db - egyenként 2 m<sup>2</sup>-es – napkollektorból, 3 db 1000 literes, a napkollektorokkal külső hőcserélőn keresztül fűtött puffertárolóból, a szükséges egyéb működtető, mérő, ellenőrző, biztonsági szerelvényekből, valamint a csővezeték rendszerből áll. A teljes napkollektor felület 72 m<sup>2</sup>, az abszorber-felület 63,4 m<sup>2</sup>.

A rendszer automatikus, felügyelet nélküli üzemre alkalmas. A kollektorok a napsütés erősségétől és a külső hőmérséklettel függő intenzitással felfűtik a puffertárolókat, ezek megfelelő hőfoka esetén pedig elindul a használati-melegvíz felfűtése a puffertárolókból.

A rendszer három körös, a primer (kollektor) kör -25°C-ig fagyálló hőtáradó folyadékkal, a szekunder (puffertároló) kör lágyított vízzel került feltöltésre. A harmadik kör maga a használati-melegvíz rendszer.



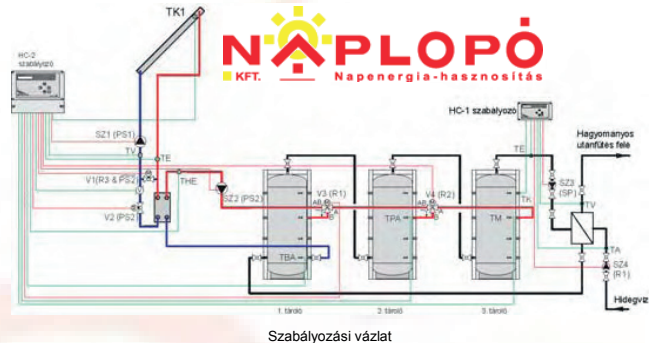
A kollektor kör, szekunder kör, és a használati-melegvíz kör rendszerhatárai

A napkollektorok az épület déli homlokzatán, a földszinti üzletsor fölött 45°-os dőlésszöggel, helyezkednek el. A kollektorok egyben előtetőként is szolgálnak. A puffertárolók és az egyéb gépészeti szerelvények az épület alagsorában kerültek elhelyezésre. A kollektorokat a tárolókkal 2 db hőszigetelt vörösréz csővezeték köti össze.

A napkollektorok külső hőcserélőn keresztül, elsősorban a napsütés erősségétől, valamint a hőmérsékletektől függően az 1-es, 2-es és 3-as puffertárolót fűtik.

A napkollektor kör és a puffer kör működését HC-2 típusú digitális, mikroprocesszoros szabályozó irányítja. A szabályozó egy-egy ellenállás érzékelővel méri a napkollektorok (TK1), a kollektorokkal fűtött puffertárolók (TBA, TPA, TM), a kollektor körü előremenő (TE) és visszatérő (TV) vezeték, valamint a puffer körü, hőcserélőből kilépő víz (THE) hőmérsékletét.

A napkollektor körü szivattyú (SZ1) akkor indul, ha a kollektorok hőmérséklete (TK1) a beállított bekapcsolási hőmérséklet különbséggel magasabb, mint az 1. tároló alsó részének hőmérséklete (TBA).



Szabályozási vázlat

A szivattyú mindaddig jár, amíg a hőmérséklet különbség magasabb, mint a beállított kikapcsolási hőmérséklet különbség érték, és a tárolók hőmérséklete nem éri el a szintén beállítható maximális hőmérséklet értékét. A HC-2 szabályozó a hőmérséklet különbség függvényében szabályozza a szivattyú fordulatszámát. Az SZ1 szivattyú indulásával párhuzamosan kinyit a V1 szelep is.

A puffer körü szivattyú (SZ2) akkor indul el, amikor a kollektor körü előremenő hőmérséklet (TE) magasabb, mint az 1. tároló alsó hőmérséklete (TBA). Az SZ2 szivattyú elindulásával párhuzamosan kinyit a V2 szelep és elzár a V1 szelep.

A puffer körü hőcserélőből kilépő, meleg ágába 2 db háromjártatú motoros szelep (V3, V4) is beépítésre került. Ezek alapesetben az 1. tároló felé vannak nyitva. Ekkor a puffer körü szivattyú (SZ2) az 1. tároló alsó részéből szív, és az 1. tároló felső-középső részébe nyom vissza. Ha a puffer körü, hőcserélőből kilépő víz (THE) hőmérséklete magasabb, mint a 2. tároló hőmérséklete (TPA), akkor a V3 motoros váltószelep átvált, és ekkor a tároló körü szivattyú a 2. tároló középső részébe nyom vissza. Ha a puffer körü, hőcserélőből kilépő víz (THE) hőmérséklete magasabb, mint a 3. tároló hőmérséklete (TM) akkor a V3 és V4 motoros váltószelep is átvált, és ekkor a tároló körü szivattyú a 3. tároló középső részébe nyom vissza.

A puffer körü kisütését (a használati-melegvíz felfűtését) HC-1 típusú digitális, mikroprocesszoros szabályozó irányítja. A szabályozó egy-egy ellenállás érzékelővel méri a 3. puffertároló felső részének hőmérsékletét (TK), a hőcserélőbe belépő hálózati hidegvíz hőmérsékletét (TA), a puffer körü előremenő vezeték hőmérsékletét (TE), valamint a hőcserélőből kilépő, felfűtött melegvíz hőmérsékletét (TV).

A puffer kört kisütő szivattyú (SZ3) akkor indul, ha a 3. puffertároló felső részének a hőmérséklete (TK) a szabályozón beállított bekapcsolási hőmérséklet különbséggel magasabb, mint a hőcserélőbe belépő hidegvíz hőmérséklete (TA). Az SZ3 szivattyú mindaddig jár, amíg a hőmérséklet különbség magasabb, mint a beállított kikapcsolási hőmérséklet különbség, és a belépő hőmérséklet értéke nem éri el a szintén beállítható maximális hőmérséklet értékét. A HC-1 szabályozó a TE-TV hőmérséklet különbség függvényében szabályozza az SZ3 szivattyú fordulatszámát. Az SZ3 szivattyú indulásával párhuzamosan elindul az SZ4 szivattyú is.



A kollektorok szerelése és a gépészeti berendezések

Soklakásos panelépület és a kapcsolódó hőszolgáltató rendszer napenergiával segített klimatizációs felújítása  
Szerződésszám: NNE5/2001/923, Sincom Ref: S07.17083  
További információkért kérjük látogassa meg a honlapunkat: [www.solanova.energia.bme.hu](http://www.solanova.energia.bme.hu)

Solar-supported integrated eco-efficient renovation of large residential buildings and heat supply systems  
Contract No. NNE5/2001/923, Sincom Ref: S07.17083  
For further information please visit our website: [www.solanova.energia.bme.hu](http://www.solanova.energia.bme.hu)





# Extenzív zöldtető kialakítása a régi lapos tető teljes felújításával

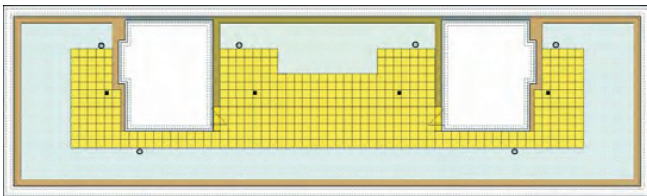


Az átalakítás során az eredetileg egyhéjú, egyenes rétegrendű nem járható, alulhőszigetelt lapos tető szigetelő rétegeit elbontották az előregyártott vasbeton födémpanelok felső síkjáig.

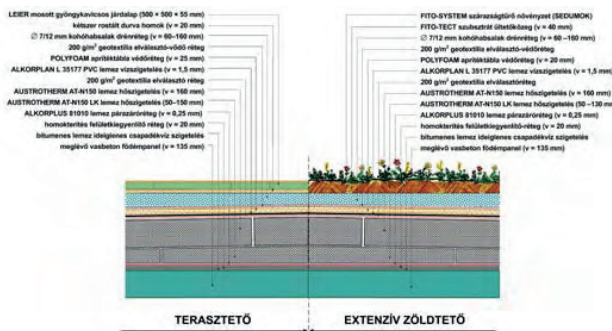


A lapos tető állapota a felújítás előtt

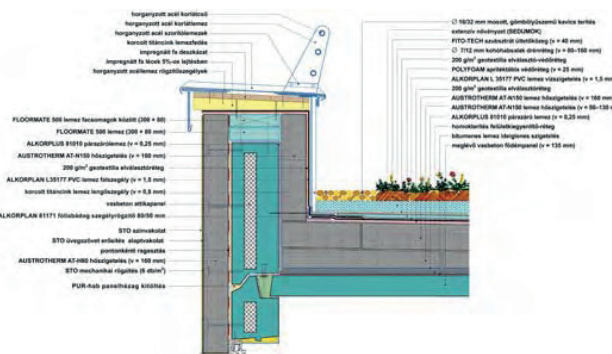
A tetőfelületen részben extenzív zöldtető (179 m<sup>2</sup>), részben terasztető (110 m<sup>2</sup>) került kialakításra. Az attikafalak mentén tűzvédelmi szempontból, illetve a tetőszerkezet szellőztetése céljából 40 cm szélességben kavicssterítés (46 m<sup>2</sup>) készült.



■ Extenzív zöldtető   
 ■ Járdalapot burkolat   
 ■ Kavicsáv   
 ■ Tetőösszeefyő   
 ○ Csatornaszellőző  
 A tervezett tetőalaprajz



A zöldtető és terasztető rétegfelépítése



A homlokzati fal és a lapos tető csatlakozása az extenzív zöldtető szakaszán

A tetőszigetelés elbontása után új párazáró réteg, hő-, és csapadékvíz szigetelés készült.

Az épület felújításakor a lakók folyamatosan figyelemmel követték az egyes munkafázisokat, sőt akadt, aki némelyiket ki is próbálta.



A régi tetőszigetelő rétegek bontása



Az AUSTROTHERM hőszigetelő táblák fektetése



A liftgépház csapadékvíz-szigetelésének készítése



A mellvédfalak titáncink lemez burkolata

A rétegtervnek megfelelően a hőszigetelő réteg felett készült el a lágy PVC lemez csapadékvíz-szigetelés, amelyet a tető teljes elárasztásával ellenőriztek.

Ezután kerülhetett kialakításra a legfelső réteget képező pihenő terület, és a palánták elhelyezése.



A csapadékvíz szigetelés próbája elárasztással



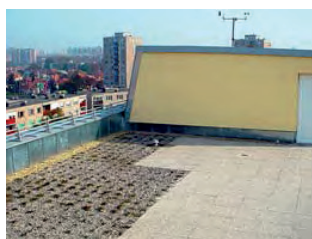
A SEDUM palánták ültetése



A felújított tető képe a liftgépházak között



A felújított tető részlete



A felújított tető részlete



A felújított tető madártávlatból

# Lokális fogyasztói profilok fejlesztése<sup>1</sup>

Nagy Ákos

villamosmérnök hallgató, nagy.akos@eszk.org

**A fogyasztói profilozás Magyarország lakossági fogyasztóinak elszámolásának alapját képezi. E cikknek fő célja ezen módszer továbbfejlesztése volt földrajzilag egy helyen található fogyasztói csoportok számára készített lokális profilokkal. Az elkészített profilokat pedig más területre is sikerült átültetni az országos profilnál pontosabb eredményekkel.**

\*

**Load profiling is the basis for the settlement of retail consumers in Hungary. The main purpose of this article is to further develop this method by creating local profiles instead of national curves. The profiles were transferred to other areas with more accurate results than the national profile.**

\*\*\*

Ha a villamos energetika felmerül bárhol, szint teljesen biztos, hogy az okosítás fogalma is előjön. Egyre több okos megoldás kerül integrálásra a villamosenergia-rendszerben. Ezek a megoldások elengedhetetlenek a jövő fenntarthatóságához, hiszen a megújuló energiaforrások széleskörű használata minden eddigénél nagyobb szerephez jutnak, amelyekhez pedig új módszerek, eljárások szükségeltetnek. Ennek részeként olyan korábban legfeljebb háttérterületnek mondható tudományág kapcsolódik már a klasszikus erőáramú villamosenergia ellátáshoz, amelyet néhány évtizede nehezen lehetett volna elképzelni.

A megannyi okos megoldás között a mérési eljárások is sokat fejlődtek. Lehetőség van okos mérőeszközök (smart meter) elhelyezésére akár kifesztésre csatlakozó lakossági fogyasztóknál is. Ezeknél a berendezéseknél a fogyasztás mérése a korábbi éves leolvasáshoz képest sokkal kisebb időközökkel történik. Az ilyen mérések által pedig olyan adathalmazok jönnek létre, amelyeket megfelelően feldolgozva sokkal jobban megismerhetjük az egyes fogyasztók viselkedését akár napi szinten.

Az okos mérőeszközökkel van viszont egy probléma: kifejezetten drágák. Hazánkban egyelőre a penetrációjuk kicsi. Éppen ezért egy olyan módszerre van szükség, amely a meglévő adatok segítségével lehetővé teszi, hogy a smart mérővel nem rendelkező fogyasztók fogyasztási szokásairól is képesek legyünk valamit állítani: pontosan ilyen eljárás a fogyasztói profilozás.

A fogyasztói profil nem más, mint negyedórás mérések alapján készített olyan görbe, amely szerint a fogyasztókat csoportosítani lehet. Az adatsorból először úgynevezett elemi görbéket hoznak létre. Ezen elemi görbékre kell minden fogyasztónak kiválasztani a leginkább hozzá illőt. Fontos hozzátenni, hogy ezek a csoportok már nem a tényleges fogyasztást tartalmazzák, hanem az úgynevezett fogyasztási tényezőt. Ebből úgy lehet megkapni a valós fogyasztást, hogy a Mértékadó Éves Fogyasztással (MÉF) kell megszorozni. Az éves terhelési görbe szummázva mindig egy előre meghatározott fogyasztásnak felel meg, ez Magyarországon 1000 kWh. Így olyan fogyasztók is illeszthetők a profilokra, amelyek nem rendelkeznek okos mérőeszközzel.

$$E(\text{kWh}) = \frac{\text{fogyasztási tényező} \cdot \text{MÉF (kWh)}}{1000 \text{ kWh}} \quad (1)$$

A profilozásnak több előnye is van, a legfontosabb talán a fogyasztás előrejelzésének segítése. Az előre legyártott profilokkal gyakorlatilag előre egész évre meg lehet mondani a fogyasztás alakulását negyedórás felbontással nagy mintaszámra vonatkozóan. Felmerülhet a kérdés, hogy az országos szinten létrehozott profilok mennyire használhatók „univerzálisan”? Hasonlíthat-e annyira egymáshoz hazánk fogyasztói, hogy egyetlen görbével kellő pontossággal leírhatók legyenek? Növelhető-e a pontosság, ha kizárólag egy földrajzilag egy helyen található, kisebb fogyasztói csoportot figyelembe véve hozunk létre kifejezetten az adott csoportra lokális fogyasztói profilt? A fő cél ennek a kérdésnek a megválaszolása volt. Létező transzformátor valós adatait felhasználva egy olyan eljárás került kidolgozásra, amely segítségével olyan profil készíthető, ami az adott körzetet jobban leírja. Végül a lokális profilok meg lettek vizsgálva, hogy valóban megéri-e őket alkalmazni.

## A rendelkezésre álló adathalmaz bemutatása

A BME FASTER kutatócsoport segítségével sikerült két Szlovéniában található kifesztésű transzformátorkörzet (továbbiakban szlovén1 és szlovén2 körzet) negyedórás fogyasztási és feszültségméréseire szert tenni. Az adatsor a mérési értékeken kívül több hálózati paramétert is tartalmazott

A rendelkezésre álló adathalmaz 413 napot fedett le. Ez az intervallum hetekre bontva írja le a két körzet különböző adatait úgy, hogy minden mérési adattípusnak saját jegyzetomb fájlja van az héten belül, amelyben mind szlovén1 mind szlovén2 körzetek szerepelnek ömlesztve. A mérési adattípusok szerint két nagyobb csoport különíthető el: az adott körzet transzformátorának mérési adatai, illetve a terület minden okos mérőeszközeinek mérései külön-külön. A csoporton belül a következő mérési adatok találhatóak: fázisfeszültség mindhárom fázisra, hatásos teljesítmény fogyasztás és termelés, végül meddő teljesítmény fogyasztás és termelés. Tekintve, hogy a fogyasztói profilok az elfogyasztott hatásos energiát veszik alapul, ezért munkám további részében ezen adatok kerültek felhasználásra.

A hálózati paraméterek egy Microsoft Excel fájlban vannak összefoglalva szlovén1 és szlovén2 körzet esetében együtt. Itt többek között megtalálhatók a fogyasztók okos fogyasztásmérőinek azonosítója és földrajzi adatai. A feszültségmérés külön berendezésben történik, ezekhez is tartozik külön azonosító. Ezen kívül a fogyasztók névleges adatai is megtalálhatók, ezen fülek rendelkeztek számomra a legfontosabb paraméterekkel: a smart meter azonosítója, a körzeten belüli csomópont száma, vezeték szakasz megjelölése, vezeték elejétől mért távolság, csatlakoztatott fázisok száma, szerződéses teljesítmény kW-ban, végül pedig a fogyasztó típusa. A szlovén1 körzet 48, szlovén2 körzet pedig 153 fogyasztóval rendelkezik. A szerződéses teljesítményből és fogyasztói típusokból az következtethető le, hogy túlnyomó részt lakossági passzív fogyasztóról van szó (szlovén1 körzetben kizárólag átlagos fogyasztók találhatók meg, szlovén2 körzetben 2 darab prosumer kivételével

<sup>1</sup> A cikk a KLENEN '22 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

úgyszintén). Ezért kiindulás profilnak a továbbiakban kizárólag profilok kerültek felhasználásra.

Fogyasztói profiloknál rendkívül fontos a használt mértékadó fogyasztás is, amivel a valós energia kiszámolható az adott negyedóra. Alapvetően két lehetőség merült fel. A Szlovéniai Statisztikai Hivatal (Statistical Office of the Republic of Slovenia, SURS) [1] oldala szerint az átlagos mértékadó évi fogyasztás 3419 kWh (ez jelentősen nagyobb a magyar megfelelőjénél, ami az utóbbi években 2000-2500 kWh volt [2]). A másik lehetőség egy az adott körzetre számolt átlagos fogyasztás számolása. Ezt a számolást szlovén1 és szlovén2 körzetre is meg lett határozva mind a téli, mind a nyári mintaidőszakra. A számítás során az adott hétre összegeztem minden fogyasztásmérő adatát külön-külön, majd ezen összegek átlagolásra kerültek. Végül ahhoz, hogy éves mértékadó fogyasztást kapjunk, a kapott értéket még fel kell szorozni 52-vel, az egy évben található hetek számával (1. táblázat).

1. táblázat. Mértékadó Éves Fogyasztás két egyhetes mintaidőszakra

Időszak	szlovén1	szlovén2
tél	9132 kWh	10296 kWh
nyár	4664 kWh	4750 kWh

Látható, hogy a körzetek átlagosan többet fogyasztanak az országos átlagnál. Ez nem olyan meglepő, mert mindkét körzet a szlovén főváros, Ljubljana közelében, az Elektro Ljubljana elosztóhálózati tulajdonos területén helyezkedik el [3]. Továbbá az is kivehető, hogy télen drasztikus fogyasztásnövekedés látható (szlovén2 körzet esetén meghaladja a 100%-ot a nyári adathoz képest).

### Célprofilok készítése és tesztelése

Ahhoz, hogy a továbbfejlesztett profil pontossága validálható legyen, szükség van egy görbére, amihez lehet azt hasonlítani, illetve ami alapján a profilkészítő algoritmus tud működni. Ez az a célprofil, amit végeredményben a fejlesztett profillal kell megközelíteni. A lehetséges célprofilok összesen 3 módszerrel készültek el mindkét körzet okos mérőeszköz adatait felhasználva. Ezután a kész görbéket a korrelációs vizsgálat futtatásával összehasonlításra került az országos profilokkal, amely során kiderült, melyik célprofil a leginkább megfelelő. A célprofil kiválasztásánál a hétre vett összefogyasztást is figyelembe vettük. A vizsgálat PyCharm környezetben történt, Python 3.9 interpreter felhasználásával.

A célprofilok megalkotására a 3 tesztelt módszer: a mozgóátlag (moving average), az exponenciális simítás (exponential smoothing) [4] és a medián. Mindhárom módszer több paraméterrel is ki lett próbálva. Fontos azt is megjegyezni, a mozgóátlag és az exponenciális simítás esetében a szummázott fogyasztási adatokat vettem alapul, ami miatt a kész eredményeket le kell skálázni egy fogyasztóra. A medián esetében ez a helyzet kissé módosul, hiszen a célprofil már egy fogyasztóra vonatkoztatva készült el, ezért nincs szükség skálázásra.

Miután elkészült a 3-féle célprofil, a következő lépésben ezek összehasonlításra kerültek az országos szlovén profilokkal. Két vizsgálat történt: az első vizsgálat során a szlovén profilok lettek implementálva, majd korrelációs vizsgálat került lefuttatásra közte és a célprofil között. Az összehasonlítás részét képezte még a transzformátor összerhelésének és az okos fogyasztásmérők összegzett fogyasztásának összehasonlítása az adott hétre, amelyek

össze lettek vetve a célprofilok szummázott értékeivel is. A második vizsgálat az adott célprofil és a transzformátor terhelés közötti hasonlóság vizsgálatára irányult.

A korrelációs vizsgálathoz a Pearson korrelációs algoritmus került felhasználásra. A Pearson korrelációs vizsgálat egy viszonylag egyszerű módszer arra, hogy megmérjük, két folytonos jel mennyire korrelál egymással, amit egy -1 és 1 között számmal is jellemez, ahol -1 jelenti a negatív korrelációt, 1 pedig tökéletes korrelációt [5]. Ezt lefuttatva minden időegységben meg lehet határozni a korrelációt, amelyet az algoritmus végén átlagoltunk is. Két ilyen vizsgálat történt: az elsőben a magyar országos profillal, a másodikban a transzformátor mérési adatokkal kerültek összehasonlításra a célprofilok.

Miután megtörténtek az összehasonlítások és a belőlük készült ábrák elkészültek, az alábbi táblázat foglalja össze az eredményeket az összefogyasztások összevetésével együtt, amelyben a két körzet eredménye átlagolva található meg (2. táblázat).

2. táblázat. A vizsgált célprofilok összehasonlítása

Célprofil	Transzformátorterhelés különbségek átlaga	Összesített smart mérő fogyasztások különbségeinek átlaga	Pearson együtthatók átlaga (szlovén profil)	Pearson együtthatók átlaga (transzformátor)
Mozgóátlag	-6,75%	0,5%	0,75	0,8
Exponenciális simítás	-7,14	-0,07%	0,70	0,88
Medián	-102,6%	-88,94%	0,58	0,67

Az első vizsgálat eredményeiből az vehető ki, hogy a medián messze a legrosszabb a 3 célprofil közül, mind a korrelációs együtthatók (0,58-as átlag), mind az összefogyasztás tekintetében (akár több, mint 100 %-os különbség). Ennél már jelentősen pontosabb képet ad az exponenciális simítás, amely már 0,70-es korrelációval bír, valamint mind a transzformátortól, mind a fogyasztásmérőtől vett különbség jóval kisebb (előbbi 10%, utóbbi 1% alatt van). Ennél kicsit jobb a mozgóátlaggal létrehozott célprofil 0,75-ös korrelációval és valamint az exponenciális simításhoz hasonló összefogyasztás különbségekkel.

A második vizsgálatnál a medián továbbra is a legrosszabb 0,67-es korrelációval a transzformátorhoz képest. A legjobb célprofil itt azonban az exponenciális simítás lett 0,88-as átlagos korrelációval, a mozgóátlag kissé elmarad tőle. A célprofil kiválasztásánál minden fentebbi szempont figyelembe lett véve, és a jövőbeli alkalmazhatóságot szem előtt tartva a transzformátor volatilis értékeinek túlzott lekövetése félrevezető lehet profilozási szempontból, továbbá feltehetőleg csökkentheti a profil más transzformátor körzeteken való alkalmazhatóságát. Ez történt az exponenciális simítás esetén. A mozgóátlagnál pedig olyan görbe jön ki, amely inkább profil jellegű és kevésbé érzékeny a kiugró értékek túlzott lekövetésére, miközben megfelelő pontosságú eredményeket ad profilozás szempontjából. Ezen megfontolásokat figyelembe véve végül a mozgóátlag lett kiválasztva célprofilnak.

### Modellalkotás regressziós modellekkel

A megfelelő célprofil kiválasztása után a tényleges profilalkotás következett a teljes adatsort felhasználva. Erre úgynevezett regressziós algoritmusok kerültek implementálásra, amelyek különböző bemeneti adatok alapján képesek megbecsülni előre a relatív fogyasztási tényezőt is fogyasztói profilokhoz. Ezek implementálásánál egy idősoros előrejelzéssel foglalkozó tananyag [6] szolgáltatta

az alapot, ezt továbbfejlesztve sikerült a szlovén adatsorból tényleges profilokat létrehozni.

Összesen 3 scenáriót lett tesztelve aszerint, hogy mennyi adat került be a bemeneti adatok közé a transzformátor terhelésen kívül. Az első scenárió, azt tételezi fel, hogy csak a körzet kifeszültségű transzformátorának terhelési adata ismert. A második scenárió ezen felül 10%-os smart mérő penetrációt feltételez (szlovén1 körzetnél ez 5, szlovén2 esetében 15 mérőeszközt jelent véletlenszerűen kiválasztva). Végül pedig az is vizsgálatra került, hogy mi történik, ha transzformátorok méréseit egyáltalán nem ismerjük, csak a 10% okos mérőt.

A profilkészítéshez használt algoritmus az úgynevezett regressziós algoritmusok közé sorolható. Ezek olyan eljárások, amelyek ismert és ismeretlen, folytonos értékű változók közötti kapcsolatot ismerik fel előzetes megfigyelések alapján. Nem a pontos adatokra illeszkednek, hanem egy olyan modell felállítására törekcsenek, amelyek a legjobb a megfigyeléseket figyelembe véve [7].

Több algoritmus tesztelése után végül a gradiens boosting eljárás kerül felhasználásra. Az algoritmus döntési fák sorozataként áll elő, ezeket hívjuk ensemble modelleknek is. Minden lépésben egy új fa készül, amelyre készül egy újabb modell. Az új modell veszteségfüggvényét (hibáját) pedig úgy súlyozza, hogy a kisebb hiba kisebb súlyt, a nagyobb hiba nagyobb súlyt kap. Az új fa létrehozása addig ismétlődik, amíg a veszteség függvény minimalizálódik. [7]

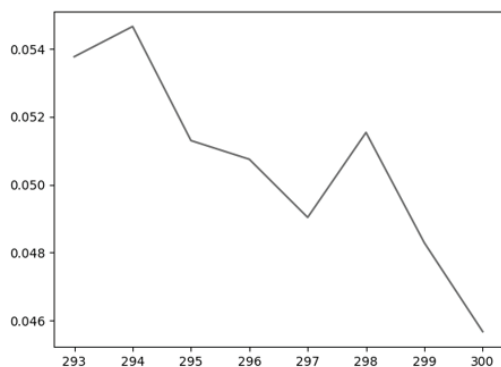
### Az eredmények értékelése

A profilalkotás során összesen 4 heti profil készült el az év 4 évszaka szerint. Azért lett így kiválasztva a 4 hét, mert a fogyasztás alakulását nagyban befolyásolja, hogy az év mely időszakáról van szó. A 4 profil pedig mindhárom scenárióra elkészült mindkét körzetre. Az előrejelzés lefutása után a program meghatározza a mérési időpontok közötti és az Átlagos Abszolút Százalékos Hibát (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) [8]. Ennek számítási módját a következő egyenlet írja le:

$$MAPE = \sum \left| \frac{E_{tipp} - E_{célprofil}}{E_{tipp}} \right| \quad (2)$$

Az algoritmus utolsó lépésében végül meghatározásra kerül az előrejelzés és az országos profil közötti korrelációt. Mindezt úgy, hogy a relatív profilozás tényezőt átalakítja tényleges fogyasztássá a teljes időszor MÉF-ét felhasználva.

Miután az algoritmus lefutott, a következő eredmények voltak láthatóak:



1. ábra. A MAPE alakulása

Ahogy a grafikonon is jól látszik, a hiba maximuma 5,5% körül van, az átlagolt hiba 4,57%. Az is észrevehető, hogy a hiba időtartománybeli alakulása leginkább csökkenő jelleget mutat, minél inkább tartunk az előrejelzett hét végéhez, annál kisebb. Ez annak köszönhető, hogy az algoritmus figyelembe veszi a hét előző eredményeit, így idővel egyre pontosabb eredményt ad.

A következő ábrákon a predikció és a célprofil közötti korreláció látható abban az esetben, amikor csak a transzformátort tekintettük ismertnek. Az átlagolt korrelációs együttható 0,95. A tipp+ változó jelöli a predikciót, a target+ a célprofil tényleges fogyasztássá alakított értékeit skálázva az összes fogyasztóra (a + jel arra utal, hogy ezek már nem relatív értékek). A predikció az idő nagy részében jól követi a célprofil, ez a korreláció alakulásában is megmutatkozik. Kivételt képez ez alól a pénteki nap, ahol a target és a tipp között jelentős különbség alakult ki. Ennek lehet több oka is, az viszont biztos, hogy már maga a célprofil is jelentősen eltér a többi naptól, emiatt arra lehet következtetni, hogy ezen a napon egyedi fogyasztási igény lehetett.

Végül pedig következzen az előrejelzés és az országos profil közötti vizsgálat. Itt már kevésbé hasonlít a két időszor, az átlagos együttható 0,81. A predikció (folytonos) jóval nagyobb eltérést mutat az országos profiltól számolt fogyasztáshoz (szaggatott) képest. Ez igazából nekünk jó, mert így az mondható, hogy a készített profil jobban leírja a helyi fogyasztást, mint az országos profil.

Összesen 24 esetre lefutatta ezt az algoritmust és vizsgálatot, nem mindig kapunk hasonló eredményeket. Egyértelműen a nyári időszak predikciója volt a legpontosabb, ezt követi az őszi, a téli majd a tavaszi profil eredménye. Ezt mind az átlagolt hiba, mind a korrelációs vizsgálatok igazolják, az átlagolt hibák növekvő sorrendben (abban az esetben, amikor csak a transzformátor terhelés tekintett ismertnek): 5,16%, 10,31%, 10,78%, 12,33%. Ennek oka a felhasznált adatsor pontosságára vezethető vissza. A többi időszaknál vélhetően adathiány miatti pótlás pontatlansága terhelte jobban a végeredményt. Az is lehetséges, hogy valamely hosszabb ideig fennálló behatás (például időjárás) miatt a fogyasztási viselkedés jelentősen eltérő volt az adott időszakra jellemzőhöz képest, ami olyan tanulási adatsort eredményezett, amely nagyobb hibával tudta csak az előrejelzést elvégezni.

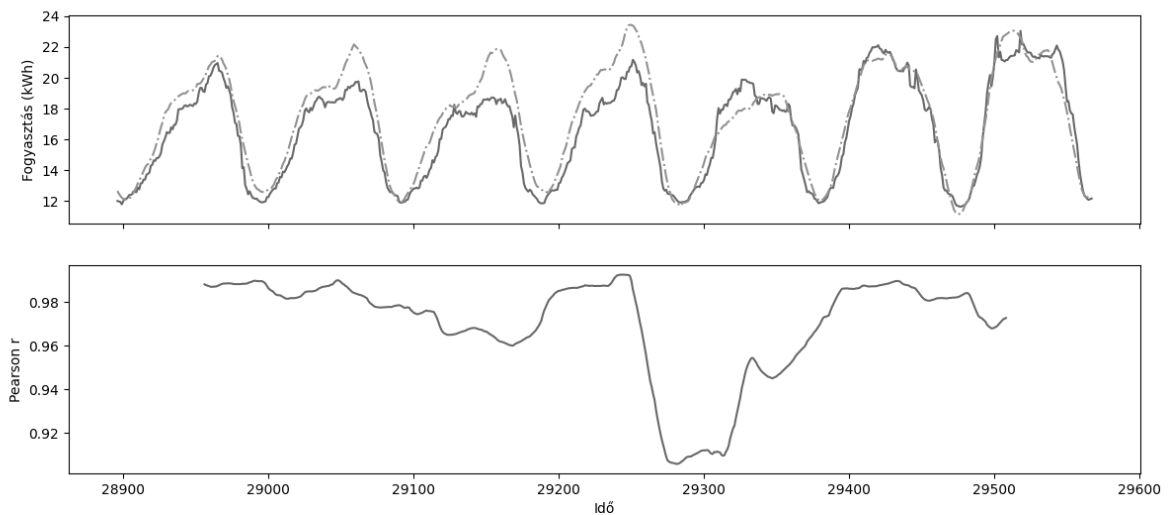
Az is megállapítható, hogy a három scenárió nem mutat nagymértékű eltéréseket. Általánosságban elmondható, hogy akkor lett a profil a legpontosabb, amikor a transzformátor terhelésén kívül 10% smart mérő adatot is ismertnek tekintettünk, azonban a csak transzformátor adattal rendelkező esetek is viszonylag megfelelőnek bizonyultak, az esetek többségében minimális az eltérés. A kizárólag 10% smart mérő adatot használó scenárió pedig a legrosszabbul szerepelt, amely várható is volt, ekkora adatmennyiség nem elegendő megfelelő pontosságú profilok létrehozására.

### Átültethetőség vizsgálata egy magyar körzet esetében

Miután sikerült a profilalkotás, a kész profilok tesztelésre kerültek más területek fogyasztásainak meghatározására. Ehhez mind a prediktált, mind a magyar országos profiltól számított fogyasztás össze lett vetve egy magyar körzettel, amely Nyékládházán, Miskolc környékén található. E körzetről szintén rendelkezésre állt egy viszonylag rövid időszak terhelési adata 2012.09.22. és 2012.09.30. között. A körzetben 217 fogyasztó található.

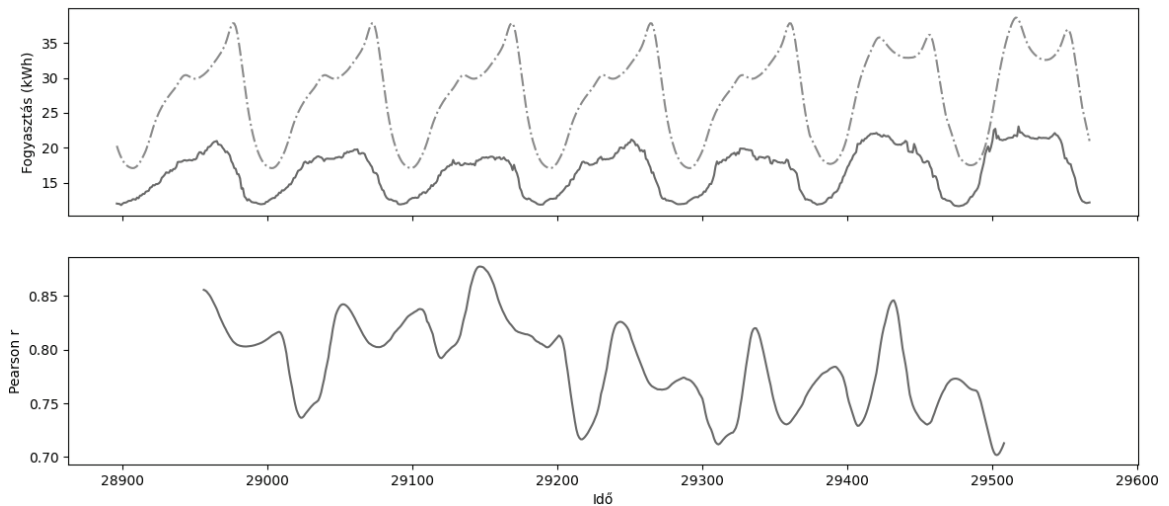
A vizsgálati struktúra viszonylag egyszerű. A vizsgált időszaknak megfelelően a profilozási tényezők mind a készített őszi heti profiltól, mind az ÉMÁSZ által készített 2021-es éves profiltól

A tipp és a target közötti korreláció



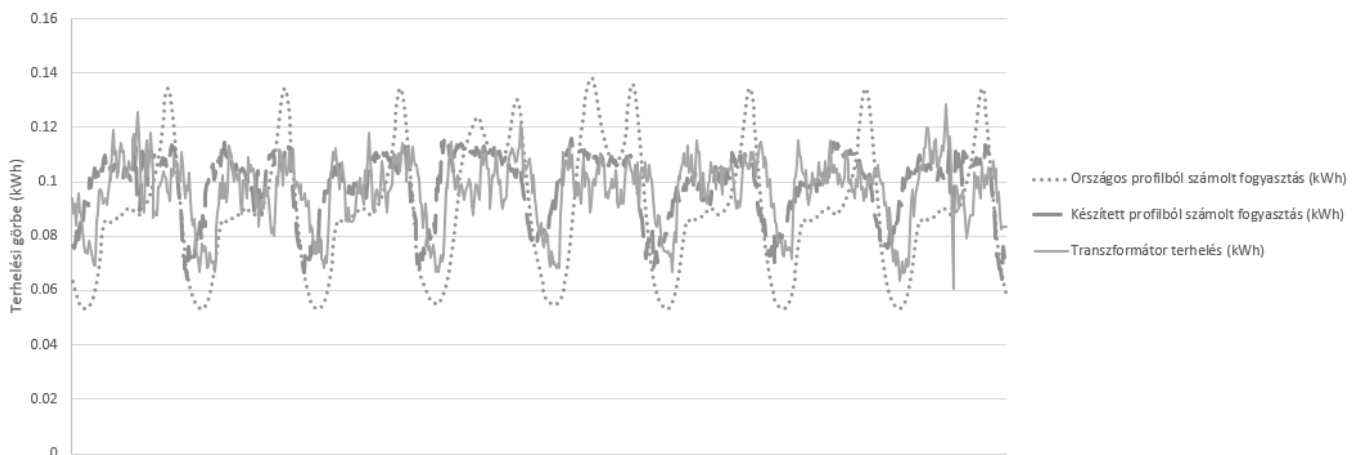
2. ábra. A tippből és a célprofilból számolt fogyasztás korrelációs vizsgálata

A tipp és a target közötti korreláció



3. ábra. A tippből és a magyar országos profilból számolt fogyasztás korrelációs vizsgálata

Profilok összehasonlítása a transzformtorral - számolt MÉF



4. ábra. Nyékládháza transzformátor terhelésének összevetése a saját és az országos profilból számolt fogyasztással

ból beállításra kerültek. A scenáriók közül a legpontosabb lett kiválasztva, amely a szlovén2 körzet esete volt, ahol egyszerre volt ismertnek tekintve a transzformátor terhelés és 10% okos mérőeszköz adata. A számolt fogyasztások a következőképpen alakultak:

Észrevehető, hogy a szlovén adatokból készült terhelési profil sokkal jobban illeszkedik a transzformátor görbéjére. Ez arra is visszavezethető, hogy a szlovén körzetben vizsgált fogyasztók viselkedése nagyban hasonlít a nyékládházi fogyasztókéra, ami elsősorban azt jelenti, hogy a családi háztartások aránya mindkét helyen nagyon magas. Azonban például társasházra az átültetés már nem lenne jó. Mindebből arra lehet következtetni, hogy egy földrajzilag teljesen máshol elhelyezkedő transzformátorkörzetből készített profil igenis alkalmas lehet más körzetek fogyasztásának megbecsülésére. Mindezt alátámasztandó, korrelációs vizsgálat is le lett futtatva, hogy az állítást számszerűsíten is lehessen. Az országos profilozás esetén az átlagos korrelációs együttható 0,58, a saját profilozásnál pedig 0,68 lett. A pontosabb eredmény egyrészt a profilozási számoknak, másrészt a lokális számolt MÉF-nek is köszönhető. Tehát valóban pontosabb a saját profil, mint az országos, viszont azokat az értékeket nem éri el, ahol konkrétan rendelkezésre állnak a transzformátor adatok a tanításhoz.

## Konklúzió

A fogyasztói profilozás működésének megismerése, majd a lehetséges továbbfejlesztési lehetőségek vizsgálása után sikerült egy olyan előrejelzési modellt implementálni, amely segítségével egy adott transzformátor körzet adatainak felhasználásával lehetséges egy, az adott terület fogyasztási szokásaihoz igazodó heti profilokat létrehozni, amelyekből éves profiltáblát készíthető.

Bemutatásra került a tesztelt szlovén adatsorokon keresztül, hogy egy adott körzet milyen mérési paraméterekkel rendelkezhet, és ezek közül mik azok, amelyek szóba jöhetnek profil készítésekor. Tudniillik, ezen paraméterek korántsem állnak minden esetben rendelkezésre: az okos mérőeszköz penetráció különösen hazai viszonylatokban nagyon ritkán éri el a 100%-ot, valamint a meglévő adatok hibásak vagy hiányosak lehetnek, ezek megfelelő kezelése a jó pontosság eléréséhez kulcsfontosságú.

Az profilkészítési folyamat kidolgozásának első lépésében szükség volt egy célprofil létrehozására, amely a profilt létrehozó tanuló modell tanítását végzik, erre több módszer is tesztelésre került. A célprofil felhasználva pedig regressziós modellt implementálva sikerült kész profilokat létrehozni a különböző időszakokra. Az eredményből főként azt sikerült megállítani, hogy a felhasznált adatsor minősége kritikus tényező, illetve, hogy a kizárólag az adott körzet transzformátorterhelésének pontos ismerete is megfelelő pontosságot ad. Az algoritmus lefutása során a MAPE 10% és 15% között alakult. Végül pedig a szlovén adatokból készített profilok alkalmazhatóságát egy Miskolc közelében lévő település körzetére is, amely alapján kiderült, hogy használható a saját profil más területekre lokális MÉF felhasználásával.

Fontos azt is kiemelni, hogy az ezen profilokat létrehozó eljárásnak bőven vannak még fejlesztési lehetőségei. Ilyen például több bemeneti paraméter (például hőmérséklet, gazdasági adatok) integrációja, amely alapján az algoritmus pontosítható. Szintén javíthatja az eredményeket a nem csak lakossági fogyasztói profilok bevonása: vezérelt fogyasztók, kisüzleti fogyasztók stb. Mindezek olyan irányok, amelyekkel a jövőben mindenképpen megéri foglalkozni, hogy valóban a lehető legpontosabb profilt lehessen létrehozni.

## Források

- [1] Statistical Office of the Republic of Slovenia - <https://www.stat.si/statweb/en> - 2021. október
- [2] Központi Statisztikai Hivatal: Közösségi fogyasztás (1995-2019)
- [3] Elektro Ljubljana Jevno - <https://www.elektro-ljubljana.com> – 2021. 10. 12.
- [4] Marco Peixeiro: The Complete Guide to Time Series Analysis and Forecasting - <https://towardsdatascience.com/the-complete-guide-to-time-series-analysis-and-forecasting-70d476bfe775> - 2019. – 2021 november 16.
- [5] Jin Hyung Cheong: Four Ways to Quantify Synchrony Between Time Series Data - <https://towardsdatascience.com/four-ways-to-quantify-synchrony-between-time-series-data-b99136c4a9c9> – 2021 11. 16.
- [6] Alkalmazott adatelemzés tantárgy - Idősoros előrejelzés anyagok – Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem - 2020.
- [7] Dr. Vokony István, Kertész Dávid, Kovács Levente: Csalásfelderítés villamosenergia-fogyasztók körében adatbányászati módszerekkel – 2021.
- [8] IBM Cognos Analytics dokumentáció 11.1.0: Előrejelzés statisztikai adatai – 2021.

## Földgáz helyett földhő: törvénymódosítás élénkítheti a geotermia hazai térnyerését

Kiszámítható és ösztönző szabályozási keretet teremt a geotermikus energia hasznosítására a bányászati törvény Országgyűlés által elfogadott módosítása. Az új előírások környezetkímélő módon járulnak hozzá önellátási képességeink erősítéséhez. Magyarország kedvező adottságainak kiaknázásával 2030-ra éves szinten akár 1-1,5 milliárd köbméter földgáz felhasználását válthatja ki a korszerű, biztonságos és tiszta technológia.

A szankciós energiaválság még sürgetőbbé teszi a külső kitétségek mérséklését, az energiaszuverenitás megteremtését. A fosszilis energiaforrások részleges felváltására alkalmas technológiák egyike a geotermia. Általa a természeti környezet védelmével biztosítható a folyamatos hő- és energiaellátás. Magyarország rendkívül kedvező geológiai adottságai miatt különösen jó terep ehhez, a földkéreg vastagsága az európai átlagos kéregvastagság harmadát sem éri el. Térségünk jelentős mennyiségű hévízvel rendelkezik, egyebek mellett ennek köszönhetően büszkélkedhetünk a termálvizekre alapozó világhírű fürdő kultúrával is.

A bányászatról szóló törvény módosításával a geotermikus energia kutatásának, kinyerésének és hasznosításának engedélyezése a Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságánál működő bányafelügyelet hatáskörébe kerül. A szabályozás kivételként kezeli az elsődlegesen gyógyászati vagy mezőgazdasági célú termálvíz kinyerést, ilyen esetekben változatlanul a vízügyi hatóság jár el. A kutatási engedély pénzügyi biztosíték ellenében szerezhető meg, kizárva az indokolatlan területfoglalásokat. A Hatóság elnöke a kitermelés és felhasználás minél szélesebb körű ösztönzése érdekében rendeletben korlátozhatja az egy bányavállalkozó jogosultságában álló kutatási területek számát. A törvényi rendelkezések a kutatási tevékenység nem teljesítésének szigorú jogkövetkezményei tekintetében átveszik a szilárd ásványi nyersanyag esetében bevált szabályozást.

A bányafelügyelet közhiteles nyilvántartást vezet majd a geotermikus kutatási területekről. A geotermikus energia főszabály szerint csak a bányafelügyelettel kötendő, határozott idejű szerződés alapján nyerhető ki és hasznosítható. A szerződéskötéshez az energiaügyi miniszter egyetértése szükséges. A maximum harmincöt éves időtartam egy alkalommal, legfeljebb az eredeti időtartam felével meghosszabbítható. A szerződés létrejöttének további feltétele a kinyert geotermikus energia felhasználására vonatkozó megállapodás megléte, felesleges projektek tehát nem valósulhatnak meg. A bányavállalkozónak vállalnia kell, hogy a felhasználni tervezett geotermikus energia éves mennyiségét kinyeri. Lényeges elvárás az is, hogy a kitermelt vizet a technikai és földtani lehetőségekhez képest teljes mértékben visszajuttatja. Komoly könnyítés viszont, hogy a geotermikus energia kinyerését és hasznosítását a természetes felszíntől mért 150 méter feletti földkéreg részéig a bányafelügyelet szerződéskötés nélkül, egyszerűbb eljárásban, saját hatáskörben engedélyezheti.

*Forrás: Energiaügyi Minisztérium*

# Power-to-Methane alapú pszeudo-akkumulátorok

Kummer Kristóf<sup>1,2</sup>

MSc hallgató, EK2 ösztöndíjas

Prof. Dr. Imre Attila<sup>1,2</sup>

egyetemi tanár, tudományos tanácsadó, imreattila@energia.bme.hu

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

<sup>2</sup> Energetikai Kutatóközpont, H-1121 Budapest, Konkoly-Thege Miklós út 29-33.

A tanulmányban ismertetünk egy kisméretű, moduláris, zárt rendszerű Power-to-Methane energiatároló rendszert. Bár a technológia a kémiai energiatárolók közé tartozik, a zárt anyagáramok miatt megoldható, hogy ideális esetben csak villamosenergia lépjen be és ki, így a tároló – amennyiben fekete dobozként kezeljük – az akkumulátorokhoz hasonló „pszeudo-akkumulátor” lenne. Két, különböző teljesítményű és kapacitású rendszer műszaki adataira adtunk becsléseket; az egyik le- és felszabályozásban vehetne részt (ekkor rövid tárolási idők lennének), míg a második egy szezonális tározó, amely a nyári PV-alapú túltermelést eltárolva télen hosszabb ideig képes lenne ellátni egy kisebb települést vagy intézményt. Bár jelenleg gazdaságilag még nem érné meg ilyen tárolókat építeni, a növekvő szükségletek hamarosan megtérülővé tehetik őket.

\*

In this paper, a small-scale, modular, closed-system Power-to-Methane energy storage system has been described. Although the technology belongs to the class of chemical energy storage, due to the closedness of the system, in an ideal case, only electricity can enter and leave the system. Therefore, if treated as a black box, the storage would be a „pseudo-battery”, similar to real batteries. Technical specifications for two systems of different power and capacity have been estimated. The first could be used for positive and negative regulation (in which case there would be short storage times), while the second would be a seasonal storage facility that could provide electricity for a small community for a more extended period in Winter by storing the PV-based excess generation in Summer. Although presently it would not be economically viable to build such storage facilities, growing demand could soon make them profitable.

\*\*\*

A Power-to-Methane (P2M vagy PtM) technológia a Power-to-Fuel, azaz a villamos energiát kémiai úton, valamilyen szintetikus üzemanyagban eltároló technológiák közé tartozik [1]. A P2M esetében az eltárolandó villamos energia segítségével metánt állítunk elő, ami később visszaalakítható villamos energiává, vagy üzemanyagként is felhasználható. Más technológiákkal – főként a Power-to-Hydrogen technológiával – összehasonlítva az egyszerű tárolás, szállítás és villamos energiává visszaalakítás szerepel a módszer fő előnyei között; az energiát „tároló” anyag, a metán a földgázzal együtt használható, ami a hazai adottságok mellett vitathatatlan előny. Mivel a metán nagyon csekély veszteséggel és nagyon nagy mennyiségben tárolható, így a P2M technológia különösen alkalmas lehet hosszú távú (pl. szezonális) és/vagy nagy tárolási kapacitást igénylő feladatok megoldására [2,3].

A szén-dioxid metáná alakítása történhet kémiai vagy biokémiai úton [1]; ez utóbbi esetben a technológia nemcsak tiszta szén-dioxid, hanem szén-dioxid/metán (pl. biogáz, depóniagáz) keverékek metántartalmának nagyfokú (100 %-hoz közeli) növelésére is alkalmas [4,5]. Ez a tulajdonsága minden Magyarországhoz hasonlóan fejlett mezőgazdasággal, illetve az ahhoz kapcsolódó, kiemelkedő biogáz-termelési potenciállal rendelkező országnál előnyt jelenthet más energiatárolási módszerekkel szemben [6].

A metán villamos energiává való visszaalakításánál keletkezik ugyan szén-dioxid, de a P2M technológiánál – amennyiben tiszta szén-dioxidból indulunk ki – ennek mennyisége megegyezik a betároláskor felhasznált szén-dioxid mennyiségével, azaz a technológia elvileg (pár százaléknyi, a tárolási veszteségekhez köthető kibocsájtástól eltekintve) karbon-mentes. A biogáz esetén szintén karbon-mentesnek számít a technológia, hisz a bemenőoldali metán biológiai eredetű, megújuló forrásokból származik. Viszont bármennyire is karbonmentes – jogilag – a technológia, a társadalmi elfogadottságát csökkentheti az, hogy visszaalakításakor szén-dioxid lép ki a rendszerből.

Ennek a problémának a megoldására megvizsgáltuk, hogy hogyan lehetne a technológiát zárttá tenni, azaz olyanná, hogy a tárolásra használt „fekete dobozba” csak villamos energia lép be és belőle csak villamos energia lép ki. Az ilyen rendszer arra is megoldást adna, hogy egyelőre – legalábbis amíg a szén-dioxid levegőből kivonása nem lesz ipari méretekben is elterjedt – nehéz nagyobb kapacitású metanizálókhoz megfelelő mennyiségű tiszta, megújulókból származó szén-dioxidot találni. A továbbiakban két ilyen berendezés – pszeudo-akkumulátor – tervét mutatjuk be; egy rövid tárolási idejű, kisebb kapacitású, és egy szezonális, nagyobb kapacitású megoldást [7].

## A P2M-alapú pszeudo-akkumulátor részei

Jelenleg a Power-to-Methane technológia SNG (Synthetic Natural Gas vagy Substitute Natural Gas) gyártásra (majd annak tüzelőanyagként/üzemanyagként elégetésére), illetve rövidtávú energiatárolásra gazdaságilag nem alkalmas [7], bár egyes tanulmányok és előrejelzések a jövőben gazdaságilag is versenyképesnek predesztinálják a technológiát. Emellett a technológiának van olyan aspektusa, amellyel manapság is egyedi és mindenek előtt gazdaságilag is jövedelmező rendszerré válhat [8-13].

A tanulmányban két alkalmazási módszert mutatunk be. Az egyik fejlesztési irány egy olyan moduláris P2M üzem lenne, melynek fő feladata a hálózat szabályozása. A konténer méretű üzem (feketedoboz-szerű pszeudo-akkumulátor) le-és felszabályozásra is alkalmas, hiszen a villamos energia fogyasztására és termelésére is képes (ugyanúgy mint egy akkumulátor). Ebben az esetben a P2M bemenő és kimenő teljesítménye is magas lenne, a gyors „feltöltés” (leszabályozás) és áramtermelés (felszabályozás) végett.

A másik elképzelés szerint a moduláris P2M üzem szezonális energiatárolóként funkcionálna. Feladata az lenne, hogy egy egész éves adott teljesítményű PV park túlermelését eltárolja, majd egy kisebb település vagy ipartelep energiaszükségletét télen fedezze. Ebben a példában sokkal kisebb a bemenő és kimenő teljesítmény, hiszen egy töltési-kisütési ciklus jó közelítéssel egy évig is eltarthat. Mindkét elképzelés szerint a kezdeti szén-dioxid tartalmú gázt egy kisméretű biogáztelepről vételezi a rendszerünk, a villamos energiát pedig megújuló energiaforrásból (PV) kapja. Mivel a biogáztelepekről érkező biogáz nem vagy csak nehezen szállítható, így a P2M üzemek telepítése a biogáz forrásoknál lenne indokolt. Ezek a források gyakran elapadnak (nincs biogáztermelés), így semmiképpen sem lenne megtérülő egy komplett, nagy teljesítményű erőművet létesíteni. Erre nyújthat megoldást egy mobilis rendszer, egy 20 vagy 40 lábas áruszállító konténer méretű Power-to-Methane üzem. Amennyiben egy adott biogázüzem bezár (sok magyar példa) vagy más okból nem üzemeltethető, esetleg éppen nincs termelés, akkor akár közúti szállítással a rendszer gond nélkül mozgatható lenne egy olyan helyre, ahol rendelkezésre áll biogáz, illetve villamos energia.

A következő alfejezetben bemutatjuk a P2M rendszer egyes technológiai elemeit, kitérve azok előnyös, illetve hátrányos tulajdonságaira. Mindegyik berendezésnek létezik alternatívája, fontos döntési paraméter viszont a technológiában lévő potenciál. Hiába az egyik opció jelenleg 3%-kal jobb hatásfokot nyújt, ha a másik 10-15 éven belül már 5-10%-kal magasabb hatásfokot ér el. Mindkét koncepcióra teszünk technológiai javaslatokat, berendezés teljesítményekkel és anyagáramokkal egyaránt.

### Elektrolizátor

A moduláris P2M rendszer egyik legfontosabb technológiai lépése maga az elektrolízis, amelynek inputja víz és villamos energia, termékei pedig a hidrogén- és az oxigéngáz. Az elektrolizáló cella fontos sok szempontból is; egyfelől befolyásolja a technológia összh hatásfokát; másfelől a P2M rendszer valószínűleg legdrágább egységét képezi, így a moduláris P2M piaci ára, illetve megtérülési ideje is javarészt az elektrolizátortól függ. A technológia nagyvolumenű elterjedését pedig a magas beruházási és üzemelési költség gátolhatja. Ebből adódóan ennek a tárolási módszernek a népszerűsége a technológia fejlettségével (esetleges növekvő elektrolizátor hatásfokkal) és az alapanyagárrakkal együtt fog változni.

Alapvetően manapság három különböző elektrolizátor típus használatos: az alkáli (továbbiakban AEL), a polimer elektrolit membrán (továbbiakban PEM) és a magashőmérsékletű elektrolizátor mind-mind más technológiai alapon nyugszanak [14]. Különböznek beruházási költségben, hatásfokban, technológiai fejlettségben, illetve üzemi paraméterekben. A moduláris Power-to-Methane esetében csak két elektrolizátort vizsgáltunk; az AEL és a PEM elektrolizátor típusokat [7, 14]. A típusok összehasonlítása az 1. táblázatban található.

### Metanizáló

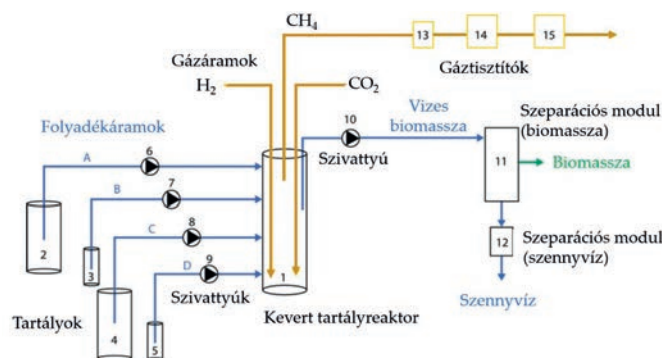
A metanizációnak létezik kémiai és biokémiai változata is; mivel az előbbihez gyakorlatilag egy komplett vegyi üzem kell, így az utóbbi alkalmasabb a kisméretű moduláris P2M berendezéshez [7], így csak ezt a technológiát mutatjuk be.

A biológiai metanizáció alapja – akár csak a kémiai metanizációé – a hidrogén és szén-dioxid metánná történő konverziója, de ez esetben a „katalizátor” az Archaea mikroorganizmus, amely az egyik legidősebb formáció a Földünkön. Ezek a törzsek képesek

1. táblázat. Az AEL és a PEM elektrolizátorok összehasonlítása [7, 14]

	AEL	PEM
Elektrolit	KOH <sub>(l)</sub>	membrán (szilárd)
Működési hőmérséklet [°C]	40-90	20-100
Működési nyomás [bar]	1-30	30-50
Töltéshordozó	OH-	H+
Hatásfok [%]	62-82	67-82
Hidrogén termelés [m <sup>3</sup> /h]	1-760	0,01-30
Bemenő teljesítmény [kW]	5-3400	0,5-160
1 m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> előállításához szükséges energia [kWh]	4,5-7,0	4,5-7,5
Beruházási költség [€/kW]	800-1500	2000-6000
Előnyök	<ul style="list-style-type: none"> <li>gazdaságos üzemelés</li> <li>nagy üzemi tapasztalat</li> <li>bizonyított technológia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>egyszerű kialakítás és működés mivel nincs elektrolit a cellákban</li> <li>a rozsdamentes acél katalizátor miatt nem jellemző túlfeszültség kialakulása</li> </ul>
Hátrányok	<ul style="list-style-type: none"> <li>komplex gáztisztítás termékoldalon</li> <li>dinamikus üzemvitelre nem igazán alkalmas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>jelenleg drágább technológia: költséges anyaghasználat</li> </ul>

magukban a szén-dioxidot és hidrogént metánná alakítani, úgy, hogy közben a szén-dioxid széntartalmának csak elenyésző részét használják saját sejteik építésére. A biológiai reakció egy bonyolult, enzimek által katalizált láncreakció [15], ezt itt nem részletezzük.



1. ábra. Egy biometanizáló elvi kapcsolási rajza [14]

A biológiai metanizáló általában egy kevert tartályreaktorból áll, amelyhez számos segédrendszer csatlakozik (1. ábra). A reaktor inputjai között szerepel természetesen a szén-dioxid és a hidrogén, amelyeket a vizes közegű, az Archaea törzseket tartalmazó oldaton keresztül buborékoltatnak át. A reakció folyadékfázisban játszódik le homogén reakcióként, ám a keletkező metán újra kipezseg az oldatból és a reaktor felső részében gyűlik össze, ahonnan folyamatosan elvezetik [16]. A reaktor többi bemeneti csomópontja az Archaea



törzsek és az egyéb tápanyagok (nitrogén, foszfor, kén) folyamatos pótlását biztosítja. Fontos megjegyezni, hogy a reakció lejátszódása során víz is képződik. Ennek elvezetése kulcsfontosságú, hiszen higítja a reakcióelegyet, amely hatásfokcsökkenést (konverziócsökkenést) okoz. Amennyiben a betáplálás és a reakcióhoz nem szükséges anyagok elvétele megfelelően működik, egy egyensúly alakul ki, ahol a termékösszetétel és a konverzió is változatlan marad. A termofil mikroorganizmus törzsek 45-70°C között igazán aktívak. Az optimális pH 7-nél, de kutatások bizonyították, hogy 5-8 között sem változik érdemben a törzsek általi metánkonverzió [17]. A biológiai metanizáció nagy előnye, hogy a kémiaival ellentétben nem érzékeny a bemeneti gázkeverék szennyezőire, ezért például tisztítatlan biogáz is alapanyaga lehet a technológiának [18, 19]. Laboratóriumi kísérletek bizonyítják, hogy az alternáló betáplálások és a betáplálási üresjáratok egyáltalán nem befolyásolják a törzsek működését, ezért egy ingadozó termelőhöz (megújuló) könnyen kapcsolható.

A reaktor fontos eleme a metánelvezető csont, ahol a produktum gáz távozik. Opcionálisan a technológiai sorba kapcsolható gáztisztító berendezés, ahol az esetleges szennyezők (víz és kén) eltávolíthatók, ezzel a metán közvetlenül a gázhálózatba vezethető. A reaktorban kevert folyadékot szivattyúkkal távolítják el, ennek magas a szárazanyagtartalma. Szeparációs modulokkal (1. ábra 11-12 jelzései) a szilárd anyag elválasztható a víztől, amely további tisztítások után felhasználható. A szilárd anyag biomassza formájában hasznosítható. A biológiai metanizáció számos előnnyel rendelkezik a kémiai metanizációval szemben, de természetesen ez fordítva is igaz. A 2. táblázat szemlélteti összefoglalva ezeket az előnyöket és hátrányokat.

2. táblázat. A biometanizáció előnyei és hátrányai a kémiai módszerrel összehasonlítva [7]

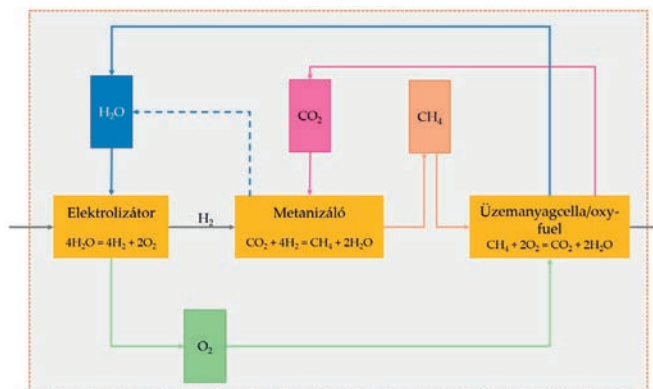
Előnyök	Hátrányok
<ul style="list-style-type: none"> <li>Metántartalom a termékben akár 98%-os is lehet (egy lépésben)</li> <li>Közönséges reakció körülmények: 40-60 °C és 1-3 bar</li> <li>Nem érzékeny a betáplálási gázkeverék szennyezőire</li> <li>Gyors és flexibilis működés – ingadozó betáplálás mellett is kiválóan működik</li> <li>Kisebb telepek (kW-os tartományban) esetén praktikus és kivitelezhető</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Az oldószer víz újrahasznosítása, kezelése szükséges</li> <li>CO<sub>2</sub> és H<sub>2</sub> gázok nehezen oldódnak a vizes közegű oldószerben</li> <li>A technológia felskálázása még nem teljesen megoldott</li> </ul>

### Gáztárolók

A folyamat zárttá tételéhez szükséges, hogy az anyagokat – nemcsak a metánt, de a folyamatban szereplő többi anyagot is – tároljuk. Ezek az anyagok a metán (mint végtermék), a szén-dioxid (mint kiinduló anyag), az oxigén (a későbbiekben ismertetjük, hogy a metán visszaalakításához az elektrolízisből nyert oxigént használnánk, nem a levegő oxigénjét), valamint a víz és a hidrogén. A két utóbbi tárolásával nem foglalkozunk; a hidrogén szinte azonnal metánná fog alakulni, így tárolása nem lesz szükséges, a víz esetén pedig kivonása és újra tisztítása valószínűleg nem érné meg, mivel kívülről gond nélkül pótolható; emellett a hosszú távú tárolása olyan technológiai és pénzügyi kihívásokat jelentene, ami a teljes berendezés árát jelentősen megnövelné, de elvi szinten ezek tárolása/tárolhatósága is szóba kerül.

A metán oxigénben való visszaalakítására azért lesz szükség, mert így „füstgázként” vízgőzt és tiszta szén-dioxidot kapunk; ez utóbbi pedig felhasználható a folyamat elejére visszavivé, így a pszeudo-akkumulátor zárttá tehető, nincs szükség a szén-dioxid pótlására. Az oxigénes visszaalakítási technológiák másik előnye, hogy nem keletkeznek nitrogén-oxidok, azaz környezetvédelmi szempontból is jobbak.

A 2. ábra egy moduláris P2M üzem egységeit és a közöttük lévő anyagáramokat mutatja be.



2. ábra. Egy moduláris P2M üzem egységei és a közöttük lévő anyagáramok

### Oxigén tárolás

A P2M rendszer oxigénigénye alapvetően a technológia sor végén található, ahol a metán átalakítása történik villamos energiává. Ez történhet metános üzemanyagcella, gázmotor vagy gázturbina segítségével. Mivel nem akarjuk, hogy a rendszerbe nagy mennyiségű nitrogén kerüljön, így a visszaalakításkor nem használhatunk levegőt, hisz annak nitrogén-tartalma közelíti a 80%-ot. Így a visszaalakításnak oxigénnel kell történnie; gázturbina vagy gázmotor esetében az ilyen technológiákat oxy-fuel néven ismerik. Mivel a tiszta oxigénben az égés túl intenzív lenne, ezért szén-dioxidot szoktak hozzá keverni; szerencsére ez rendelkezésre fog állni.

Ez alapján az oxigéngáz tárolása abban az esetben fontos, amikor az elektrolízátorban keletkező O<sub>2</sub>-t fel szeretnénk használni a metán visszaalakításánál. Ekkor a tároló előtt egy vízmentesítő kell a rendszerbe iktatni, hogy az elektrolízátorból jövő gáz cseppmentes legyen. Ezután kerülhet az oxigén a megfelelő tartályba. Az oxigéntartályok üzemi nyomása 140-200 bar, a palack vagy tartály mérete teljesen igényre szabható.

Amennyiben az elektrolízis során keletkezett oxigént nem szeretnénk eltárolni és felhasználni, akkor az oxigént más forrásból kell beszerezni. Erre a legkényelmesebb lehetőség az, hogy az oxigént palackban vásároljuk és implementáljuk a P2M üzembe. Ennek hátránya a folytonos utánpótlás, amely csökkenti a rendszer önállóságát, függetlenségét.

Az oxigén üzemben belüli felhasználása a kompresszió és a cseppmentesítés villamosenergia-igénye miatt csökkenti a technológia összehatófokát. Ennek a tárolórendszernek a beilleszthetősége így további vizsgálatokat igényel.

### Szén-dioxid

A szén-dioxid tárolás szerepe kritikus a P2M üzem szempontjából. A technológiai sorban a metanizálónál szükséges a szén-dioxid, másfelől a metán visszaalakításánál képződik CO<sub>2</sub>, így annak elrak-

tározása is megoldott lenne egy esetleges szén-dioxid puffer-tároló-tartállyal. Egy ilyen tároló akkor is hasznos lenne, ha külső, ingadozó tömegáramú szén-dioxid-forrásról működne a metanizáló; ekkor pufferként lehetne felhasználni. A nagyvolumenű tárolás költséges, hiszen a cseppfolyós szén-dioxid tárolása általában 16-20 baron és -24 °C-on történik [20].

A STORE&GO projekt részeként három különböző Power-to-Methane rendszer üzemel különböző méretekben, egyik sem tartalmaz szén-dioxid tartályokat. A falkenhageni 1 MW-os egység egy biogáz/bioetanol üzemből nyeri a szén-dioxidot, a svájci solothurni telephely egy szennyvíztisztítóból. Az olasz 200 kW-os üzem pedig közvetlenül a levegőből választja le a szükséges szén-dioxidot [21].

A moduláris P2M üzem esetében a jelen árak mellett gazdaságilag nem lenne kivetelezhető egy cseppfolyós CO<sub>2</sub> tárolót kivitelezni, kizárólag csak abban az esetben, ha szén-dioxid kvótát lehetne igényelni a ki nem bocsátott gáz mennyisége után, esetleg kedvezménytel lehetne élni hasonlóan a kvótához.

### Metán

A biometán tárolása nem különbözik a fosszilis eredetű metán tárolásától. Alapvetően két technikát alkalmaznak; a gáz tárolásá történhet nagy nyomáson, nyomástartó tartályokban, akár szobahőmérsékleten, de tárolható cseppfolyós állapotban is (kriogenikus folyadékként), nagyon alacsony hőmérsékleten (-163 °C), atmoszférikus nyomáson.

A szobahőmérsékletű, gáz állapotú, atmoszférikus nyomású metán térfogatra vetített energiatartalma nagyon kevés. Mindkét tárolási módszer ezt az energiasűrűséget igyekszik növelni. A megnövelt nyomás (~200 bar) következtében a térfogat drasztikusan lecsökken, így a tároláshoz szükséges helyigény is nagyban csökkenhet, amely a mobil P2M üzem esetében óriási előnyt jelenthet. Ebben az esetben a környezet hőmérséklettel nem igazán kell törődni, a technológia -40 és 30 °C között működőképes, a nyomás állandó értéken tartható gyakorlatilag veszteségmentesen. Fontos kritériuma a tárolt gáznak a megfelelő tisztaság, hiszen nagy nyomáson a kén-hidrogén szennyezők és víznyomok erőteljesen korrozívak, így ezek megkötése feltétlenül szükséges a betárolás előtt. A nyomásálló tartályok legtöbbször valamilyen acél kompozitból készülnek, az ötvözőanyag legtöbbször mangán, gyakran azonban műanyag kompozitokat használnak erre a célra, amelyek szélerősítéssel állnak ellen a bennük uralkodó nyomásnak. Energetikai szempontból a technológia egyetlen nagy erőforrást igénylő lépése a gáz nyomás alá helyezése. 1 m<sup>3</sup> metán 138 bar-ra történő kompresszáálásához hozzávetőlegesen 0,5 kWh energia szükséges [22]. Ennek fedezése két forrásból is lehetséges. Az egyik esetben a technológián kívüli villamoshálózatról vételezzük energiát, a másik esetben a technológián belüli hulladékhőből nyert villamosenergiával fedezzük a szükségletet.

Habár a kriogenikus tárolás is egy bevett módszer a metán tárolására (LNG), ennek költségei jelentősen magasabbak a CNG tárolásánál, így a moduláris, kisméretű Power-to-Methane üzemben nem tartjuk alternatív opciónak a gazdasági korlátok miatt.

### Energia visszatérő berendezések (Methane-to-Power)

Az általunk vázolt moduláris P2M berendezés energiatároló funkcióját csak akkor láthatja el, amennyiben rendelkezik egy energia visszatérő résszel is. Jelen munkában két lehetőséget vizsgálunk. Az egyik megvalósítás szerint a konténer egy oxy-fuel gázturbinát tartalmazna, amelyben a biometán égéséből származó hő haszno-

sulna. Alternatív megoldásként üzemanyagcella is alkalmazható lenne, mely számos előnnyel – természetesen hátránnyal is – rendelkezik egy gázturbinával szemben. A gázmotoros megoldást – alacsonyabb hatásfoka miatt – egyelőre nem vizsgáltuk.

A következőkben többféle megközelítés szerint is összehasonlítjuk a két energiaátalakítási technológiát, ügyelve a megvalósíthatósági határookra.

### Oxy-fuel gázturbina

Az oxy-fuel energiaátalakítási technológia nagyban hasonlít a közönséges kazános égetéshez, a nagy különbség abban rejlik, hogy ennél a módszerrel az oxidálószer nem levegő, hanem tiszta oxigén. Ezáltal a technológia számos előnnyel rendelkezik: egyfelől – mivel az oxidáló ágens nem tartalmaz nitrogént – a termék gázkeverékben nem lesznek nitrogén-oxidok, amelyek erőteljes üvegházhatással rendelkeznek. A füstgáz javarészt csak vízből és szén-dioxidból áll. Ennek jelentős hozadéka, hogy a szén-dioxid egy egyszerű kondenzátorral elválasztható a víztől, kompresszáható, majd a későbbiekben tárolható, ezzel elérhetővé válik a fosszilis alapú energiatermelés zéró kibocsátással [23].

A technológiai ötlet Abraham és munkatársai körében fogant meg, amikor azt javasolták, hogy a fokozott kőolajkinyerés számára szükséges szén-dioxidot oxy-fuel kazánokkal állítsák elő [24]. Az első kivétel egy 3 MW-os pilot projekt keretein belül valósult meg az Észak Dakotai Egyetemen [25]. Oxy-fuel kemencékre alapuló erőművek ma is szép számmal épülnek az üveg-, alumínium- és cementgyárak közelében [26]. Ennek fő oka, hogy a technológia magasabb hatásfokon, alacsonyabb üzemanyagszükséglettel, kisebb nitrogén-oxid kibocsátással működik [27].

A technológiát alapvetően a széntüzelésű erőművek versenytársaként alkották meg, és mind a mai napig az oxy-fuel üzemek általános alapanyaga a kőszén, mint energia hordozó. Energiaegységre vetítve messze a széntüzelésű erőművek üvegházhatású gázkibocsátása a legnagyobb. Annak ellenére, hogy alapvetően a széntüzelésre épült a technológia, természetesen más típusú energia hordozók is szóba jöhetnek. A Power-to-Methane üzem tárolt energiája metán formájában van jelen, így ezt egy oxy-fuel gázturbinával kívánjuk újra villamos energiává alakítani.

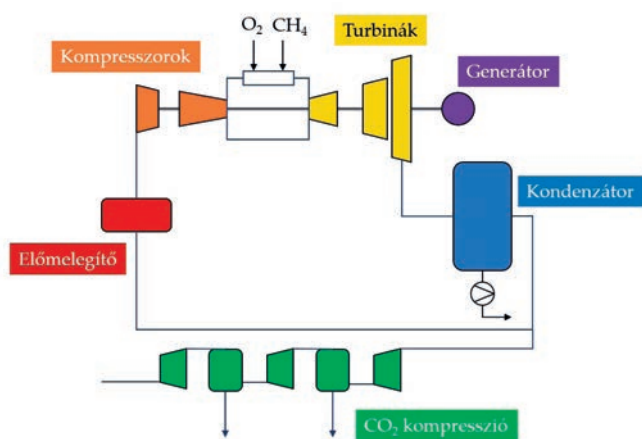
Koncepciót készült skandináv kutatók által egy oxy-fuel gázturbina és egy gőzturbina kombinálásával [28]. A gázturbina Brayton-ciklusában keletkezett forró füstgáz energiatartalmát egy Rankine-ciklusban hasznosították gőzturbina segítségével. A technológia összetettsége miatt, az esetünkben csak a gázturbina felépítésével, működésével foglalkozunk.

Egy konvencionális oxy-fuel ciklusban az oxigént levegőből nyerik ki cseppfolyósítás, membrán elválasztás vagy adszorpció útján [28]. Bármelyik opcióra eshet a választás, mindenképpen nagyon energiaintenzív maga a folyamat, ez a technológia összhatósfokát és gazdasági megtérülését ronthatja. Szerencsére a P2M üzem esetében már rendelkezésre áll tiszta oxigén, hiszen az elektrolízis során képződik, amelyt követően eltárolható. Mivel a P2M üzemen „belül” a kémiai reakciók sztöchiometriailag ekvivalensek (egy mól metán képződésekor 2 mól oxigén keletkezik; egy mól metán égetésekor 2 mól oxigénre van szükség), így külső oxigén pótlásra csak elvétve lehet szükség (minimális szivárgás, veszteség esetén).

A turbinák utáni kondenzátor arra szolgál, hogy a füstgázt (javarészt vízgőz, szén-dioxid) alkotóira bontsa. A hűtött kondenzátorban a víz cseppfolyós állapotba kerül, a szén-dioxid továbbra is

gázfázisban marad. A kondenzvíz visszavezethető a technológia sor elejére, az elektrolizátorba, a szén-dioxid pedig többlépcsős kompresszió után eltárolható. A keletkezett szén-dioxid egy része azonban egy előmelegítőn keresztül újra a gázturbinába kerülhet, ezzel fenntartva a ciklikusságot. Jelentős energiaigénnyel a gázturbinára előtti, illetve a kondenzátor utáni kompresszorok rendelkeznek, amelyek ezáltal ronthatják a kör hatásfokát. A 3. ábrán egy oxy-fuel gázturбина és követőberendezései sematikus felépítése látható.

Az oxy-fuel gázturбина használata a P2M üzemben óriási előnnyel bír, hiszen mindkét input anyag ( $O_2$ ,  $CH_4$ ) rendelkezésre áll, illetve mindkét output termék ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ) újrafelhasználható a technológián belül. Ez azt is jelenti, hogy megvalósítható egy olyan koncepció is, amelynek nemcsak bruttó, hanem nettó szén-dioxid kibocsátása is nulla.



3. ábra. Az oxy-fuel gázturбина és követőberendezései sematikus felépítése

### Üzemanyagcellák

A hidrogén-alapú üzemanyagcellák (fuel cells) működése nagy vonalakban fordítottja a P2M üzemben szintén megtalálható elektrolizátorénak. A vízbontás folyamatánál villamos energiát kell bekeletetni egy endoterm bruttó reakció lezajlásához, amikor is termékként oxigén- és hidrogéngáz keletkezik. Az üzemanyagcellák esetében pont a kiindulási anyagunk a hidrogén és az oxigén, termékként pedig vizet és villamos energiát nyerünk.

Az első üzemanyagcellák már közel 180 éve megjelentek, de ipari alkalmazásuk alig pár évtizede kezdődött. Ennek oka a folyamatosan csökkenő fajlagos költségük és az egyre növekvő igény a „tisztá” energiatermelésre [29]. Számos üzemanyagcella típust különböztetünk meg kialakítás, alapanyag, elektrolit és üzemi körülmények alapján. Közös tulajdonságuk az, hogy az anódtérben és katódtérben rendre ugyanazok a reakciók játszódnak le (hidrogén oxidáció, oxigén redukció). A P2M üzem esetében csak olyan üzemanyagcella jöhet szóba, amely inputként metánt tud befogadni. A metán közvetlenül nem tud részt venni az elektrokémiai reakcióban, a szerepe a hidrogén biztosítása lesz (azaz kémiai hidrogéntárolóként szerepel). Ehhez a metánt az elektród tér előtt szükséges átakítani, erre pedig jelenleg csak a magashőmérsékletű üzemanyagcellák képesek, ahol is olyan magas az üzemi hőmérséklet, hogy a metán reformálása megtörténik. Ebben a fejezetben két potenciális jelöltet mutatunk be: a karbonát-olvadék (MCFC = molten carbonate fuel cell) és a szilárd oxid (SOFC = solid oxide fuel cell) üzemanyagcellát.

Ahogy arról már szó esett, mindkét technológia képes metán befogadására, hiszen még az elektródterek előtt megtörténik a reformálás a magas hőmérsékletnek köszönhetően.

A két technológia alapvetően már az elektródokban és az elektrolit minőségében is különbözik. Lényegi eltérés, hogy ameddig az SOFC-nél a töltéshordozó maga az oxid-ion, addig az MCFC-nél a karbonát-ion az, ami átdiffundál az elektroliton. Emiatt a katódtérbe az oxigén mellett szén-dioxidot is táplálni kell, hiszen belőle alakul ki a negatív töltésű karbonát-ion. Az anódtérben keletkezett szén-dioxid rögtön visszavezethető a katódtérbe sőt, a reformálásnál képződött  $CO_2$  is alkalmas erre. Az SOFC-nél az oxid-ion a kerámia elektroliton átdiffundálva kerül az anódtérbe, ahol a hidrogénnel víz-zé egyesülnek, ebben az esetben nincs „melléktermék”.

Jelentős eltérés mutatkozik a működési hőmérsékletek között is. Az MCFC alacsonyabb hőmérsékleten kíván meg (600-700 °C), míg az SOFC 800-1100 °C-on üzemel [30]. Magas hőmérsékletüknek köszönhetően nincs szükség előzetes metán reformálásra, így a P2M által termelt metán gond nélkül visszaalakítható.

A magas hőmérséklet azonban hátránnyal is jár, a hulladékhő nagyon jelentős. Emiatt mindenképp érdemes valamilyen hulladékhőhasznosítási technológiát alkalmazni. Egy villamos energia termelésre alkalmas ORC beépíthető lenne, de az is megoldás lehet, ha nem villamos energiává alakítjuk a hőt, hanem valamelyik „melegenergia” igényes folyamatban hasznosítjuk (pl. metanizáló). Amennyiben a P2M üzem közelében kis melegvíz igényű fogyasztó található, annak kielégítésére is fordítható a hőforrás.

Az MCFC technológiát általában stacionárius áramtermelésre alkalmazzák. Az üzemanyagcellából kilépő magas hőmérsékletű füstgáz hasznosítható egy gázturbinában, így a rendszer összhatásfoka tovább növelhető. Ilyenkor a turbináról sok szén-dioxid származik, amely alapanyaga lehet az üzemanyagcellának, így a kapcsolt berendezés hatásfoka növelhető [31].

A szilárd-oxidos üzemanyagcella felhasználási területe szélesebb. 20 és 500W között katonai célokra, 100-250 kW között stacionárius áramtermelésre, megawattos tartományban pedig kombinált ciklusban alkalmazzák. Létezik olyan változat is, amely kW-os tartományban képes működni ezzel kisebb háztartások villamos energia igényét látva el, a hulladékhőt hasznosítva pedig melegvíz előállítására is alkalmas [32,33].

A fentebb említett két tüzelőanyagcella hatásfoka 50% körül van, ennek növelése a kogeneráció, vagyis a mechanikai és hő-

3. táblázat. A jelenleg kapható üzemanyagcellák összehasonlítása (\*MTG = mikro gázturбина \*\*DUHW = direkt forróvíz hasznosítás)[29]

Üzemanyagcella	Gyártó	Kogeneráció típusa	Hatásfok kogeneráció nélkül [%]	Hatásfok kogenerációval [%]
MCFC	FuelCell Energy	MTG*	40	60
MCFC	FuelCell Energy	DUHW**	42	80
MCFC	CFC Solutions	DUHW	50	70
MCFC	Ansaldo Fuel Cells	MTG	45-55	75
SOFC	Solidia	MTG	50-55	60-75
SOFC	Kyocera	DUHW	45	75
SOFC	Siemens Westinghouse	MTG	52	65

energia együttes hasznosítása révén érhető el. Ennek segítségével akár a 60-80% hatásfoktartomány is elérhető [34]. Nagyobb üzemanyagcella gyártók általában mikro gázturbinával hasznosítják a cellából kilépő forró gázelegyet. A 3. táblázatban Guaitolini és társai foglalták össze a nagyobb gyártók üzemanyagcella típusait, illetve az azokhoz tartozó kogenerációs megoldást.

Az üzemanyagcellák valós alternatívát jelentenek a villamosenergia-termelésben, a magas hatásfokuk, illetve az akár zéro károsanyag kibocsátásuk miatt. Hátrányuk, hogy rendkívül komplex a működésük, előállításuk, emiatt az árak is nagyon magasak. Azonban a jövő energiatermelése minden bizonnyal erre a technológiára fog épülni legyen az alapanyag metán, vagy akár hidrogén. A karbonsemleges klímacélok elérése végett mindenképpen számolnunk kell az üzemanyagcellák elterjedésével.

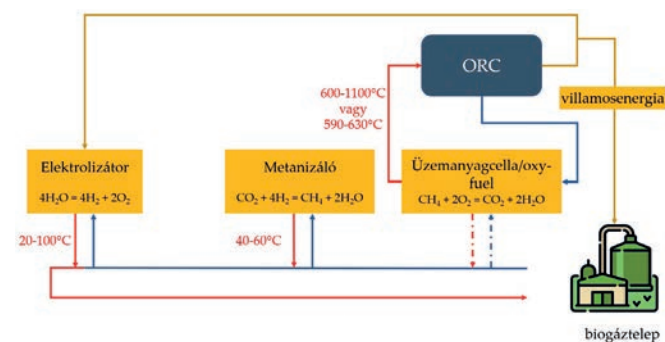
### Hulladékhő-hasznosító

A teljes P2M2P (Power-to-Methane-to-Power) ciklus bruttó hatásfoka a jelenleg elérhető technológiával 33%, amely a jövőben nagy eséllyel növelhető lesz akár 50%-ig [2,3,7]. Ennek egyik kulcsfontosságú lépése, hogy a technológiák által fejlődő hulladékhőt valamilyen formában hasznosítsuk. Ez nem csak a hatásfokot fogja nagymértékben emelni, hanem a beruházás megtérülésének sebességét is. Mivel a P2M üzemben gyakorlatilag mindegyik rész-folyamat magasabb hőmérséleten játszódik le a szobahőmérsékletnél, így praktikus mindegyik technológiai egységből elvonható lenne az általuk termelt, fel nem használt hulladékhő.

4. táblázat. A résztechnológiák hőmérsékleteit összefoglaló táblázat

Berendezés		Üzemi hőmérséklet [°C]
Elektrolizátor	AEL	40-90
	PEM	20-100
Metanizáló	kémiai	200-600
	biológiai	40-60
Oxy-fuel gázturbina		590-630
Üzemanyagcella	MCFC	600-700
	SOFC	800-1100

A 4. táblázat feltünteti az egyes technológiai részek üzemi hőmérsékleteit. Ez alapján megjegyezhető, hogy jelentős hőmennyiség szabadul fel a metán villamos energiává való visszaalakításakor (amennyiben biológiai metanizációt választunk). A metanizáló (biológiai) és az elektrolizátor esetében az alacsony üzemi hőmérséklet miatt csak lokális fűtési igény fedezésére van lehetőség. Amennyiben a moduláris P2M üzem közelében vannak megfele-



4. ábra. A P2M üzemben keletkezett hulladékhő felhasználási lehetőségei

ő létesítmények, akkor az üzem az épületek (öltözők, irodák stb.) melegvíz igényét vagy igényének egy részét is elláthatja. Alacsony hőmérsékletű ORC-vel akár villamos energia is előállítható lenne, amely a technológia energiaigényének egy kis részét fedezné. Azonban ennek, komplexitása miatt csak akkor lenne praktikus értelme, ha semmilyen formában nem állna rendelkezésre valamilyen melegvíz fogyasztó.

Az üzemanyagcella vagy éppen az oxy-fuel gázturbina esetében azonban a keletkező füstgáz hőmérséklete igen magas (4. táblázat). Ennek hőtartalma már villamosenergia-termelésre is igen alkalmas [35]. Az 4. ábra alapján látható, hogy egy szerves Rankine-ciklussal (ORC) működő turbina akár közvetlenül a biogáztelepet láthatja el villamos energiával, vagy éppen az energiaigényes elektrolizátort. Mindkét felhasználási terület nagyban javítja a telep hatásfokát.

### A P2M-alapú pszeudo-akkumulátor koncepciók

Az előző fejezetekben tárgyalt technológiák közül műszakilag mindegyik alkalmas lehet a moduláris P2M üzembe való integrációra. Az adott technológiai elem kiválasztásában számos döntési változó játszhat szerepet. Ilyen paraméter a gazdasági megvalósíthatóság (pontosabban a gazdasági megtérülés), az egyes technológiák fejlettségi szintje, illetve a lokális rendelkezésre állás. Ebben a munkában alapvetően biológiai metanizálással ellátott P2M üzemek koncepcióit vázoljuk, az elektrolizátor és a metánt visszaalakító berendezés típusát nem rögzítve. Magyarországon jelenleg a biometanizáció a támogatottabb metánfejlesztési eljárás, a magyar kutatások mindegyike erre a technológiára koncentrálnak, többek között a Power-to-Gas Hungary Kft. is. [36].

A következő két alfejezetben két eltérő koncepciót vázolunk fel, amelyek csak az egyes technológiák teljesítményében, illetve kapacitásában különböznek. Az első egy leszállító funkciót betöltő P2M üzem lesz, melynek fő feladata a megújulókkal által termelt többlet villamos energia „elfogyasztása”. Ez esetben a betárolt villamos energia rövid időn belül kinyerésre kerül. Az ilyen esetekben a Power-to-Hydrogen (P2H) módszer jobb lehet, mert a teljes tárolási hatásfoka jobb (nincs meg a metán oda-vissza alakításakor fellépő veszteség), de olyan esetekben, ahol a hidrogén villamos energiává való visszaállítása nem lehetséges (pl. nincs elég a nagyteljesítményű üzemanyagcella), a P2M-alapú megoldás is életképes lehet.

A második koncepció egy szezonális energiátároló funkciót tölt be, amely egy kisebb település vagy ipartelep energiaszükségletét tudja fedezni szigetüzemben. Mindkét esetben a teljes rendszer egy „20 lábás” kereskedelmi konténerben (6,058m×2,591m×2,438m) szeretnénk elhelyezni. Ennek nagyobb testvére a „40 lábás” kialakítás, amely hosszúságában pont kétszer akkora. A

5. táblázat. A felvázolandó koncepciók műszaki tartalma

Technológiai egység	Moduláris Power-to-Methane üzem	
Elektrolizátor	PEM vagy AEL	
Metanizáló	biológiai	
Metán visszaalakítás	Oxy-fuel gázturbina vagy MCFC/SOFC	
Tárolók	Metán	✓
	Hidrogén	✗
	Szén-dioxid	✓
	Víz	✓
	Oxigén	✓

nagyobb kivitel is releváns lehet a moduláris P2M üzem számára, amennyiben az általunk javasolt teljesítményeken és kapacitásokon túl felülméretezünk.

A vizsgált esetekben az előbb ismertetett gáztározók mellé még víztárolót is tervezünk; ennek költségvonzata kicsi. Előnye lehet, hogy a kívülről vételezett vizes módszerrel ellentétben nem kell állandóan sótalanítani-tisztítani.

A tervezett egységek műszaki tartalma az 5. táblázatban található.

### Le- és felszabályozást végző pszeudo-akkumulátor

A megújuló energiaforrások robbanásszerű növekedésével szimultán, a villamoshálózat terheltsége is fokozatosan nő. Ennek következménye az egyre gyakoribb áramszolgáltatási problémák [37]. Magyarországon jelentős mértékű leszabályozás szükséges, tehát a többlet fotovoltaikus áram elfogyasztása mindenképp egy megoldani kívánt probléma [38]. Ennek egy része elektrokémiai tárolással megoldható lenne, viszont egy ilyen kapacitású akkumulátortelepnek óriási költségvonzatai lennének. A bruttó szabályozási igény az országban pozitív, tehát többlet leszabályozásra van szükség. Ennek egy megoldási lehetősége lenne a P2M üzemek alkalmazása, amelyek metánt fejlesztenének a többlet villamos energiából, illetve a biogáztelepeken előállított biogázból. A megtermelt, nagy tisztaságú metán ezután a földgázhálózatba táplálható vagy akár a P2M üzemben belül tárolható és szükség esetén (felszabályozás) villamos energiává alakítható.

A leszabályozást végző P2M üzem feladata, hogy közepes sebességű metántermelés mellett, gyorsan tudjon villamosenergiát szolgáltatni, egy nagyteljesítményű oxy-fuel gázturbina vagy akár egy üzemanyagcella segítségével. Ez a nagyteljesítményű tüzelőberendezés rövid idő alatt nagy teljesítményre lenne képes (névleges teljesítmény 200-500 kW). A leszabályzó P2M üzem koncepciójának tervezett méreteit a 6. táblázat foglalja össze.

6. táblázat. Le- és felszabályozásra alkalmas moduláris P2M üzem adatai

Technológiai egység		Teljesítmény/térfogat
Elektrolizátor		80 kW (input); 15 Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> /h (output)
Metanizáló		3,75 Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /h (output)
Metán visszaalakítás		200 kW oxy-fuel gázturbina
Tárolók	Metán	1,3 m <sup>3</sup>
	Hidrogén	-
	Szén-dioxid	1 m <sup>3</sup>
	Víz	1 m <sup>3</sup>
	Oxigén	1 m <sup>3</sup>

Amint a táblázatban is látható, a technológiai sor elején egy 80 kW bementi teljesítményű elektrolizátor áll [39], a Hydrogenics vállalat HySTAT-15-10 típusú elektrolizátort alapul véve. A kilépő hidrogén térfogatárama 15 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>/h, amely közvetlenül a metanizálóba lép be. A metanizálóból negyed ekkora térfogatáramú metán lép ki (sztöchiometriai egyenlet), vagyis 3,75 Nm<sup>3</sup>/h. Amennyiben feltételezzük, hogy a P2M metán tárolóját 72 működési óra alatt szeretnénk feltölteni, akkor egy 1,3 m<sup>3</sup>-es CNG tárolóra van szükségünk [40], amely 200 bar nyomás alatt tartja a gázt. Ez összesen 2,7 MWh energiát jelent metán formájában. Feltételezzük 40%-os átalakítási hatásfokot az oxy-fuel gázturbina esetében, így a vissza-

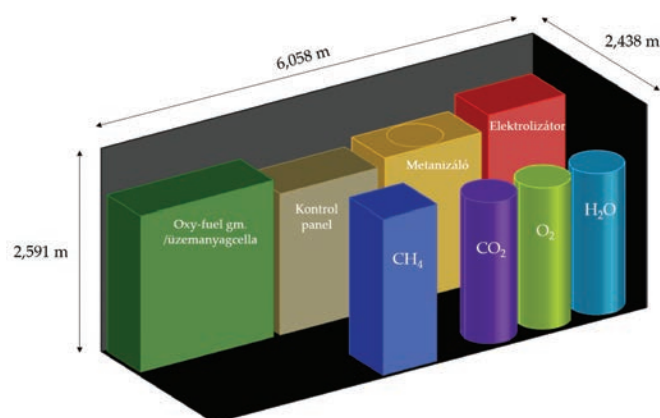
nyerhető energia nagyjából 1 MWh. Ehhez az energiaértékhez egy 200 kW-os gázturbinát választva, a rendszer 5 óra alatt képes leadni a teljes mennyiséget, így a felszabályozás könnyen megoldható. Amennyiben inkább a leszabályozásra való törekvés nagyobb, érdemesebb nagyobb elektrolizátort és metanizálót választani (akár 200-300 kW-ig), kisebb gázturbinával és nagyobb metán tárolóval.

Amennyiben szeretnénk növeni a technológiai egységek teljesítményét, megoldható, hogy az egyes tárolók (tartályok) a konténeren kívül kerüljenek elhelyezésre. A metán tárolására is létezik alternatíva. Ilyenkor a megtermelt metánt a földgázhálózatba táplálja a rendszer, amikor pedig villamos energiára van szükség onnan vételez. Ezzel helyet lehet megtakarítani az elektrolizátornak, a metanizálóknak és a gázturbinának/üzemanyagcellának.

A jövőben egyre több teljesítménykiegénylítő berendezés lesz szükséges velejárója a megújuló energiaforrásoknak [41], hiszen ezek nagyvolumenű termelése óriási ingadozásokat fog okozni a termelési oldalon. Így a decentralizált moduláris Power-to-Methane üzem a jövőben jelentős szerepet tölthet be a hálózatszabályozásban.

### Szezonális P2M pszeudo-akkumulátor

A második vázolt moduláris P2M üzem koncepció inkább a szezonális energiatárolást képviseli, mint sem a hálózatszabályozást. Ebben az esetben feltételezzük azt, hogy a környéken egy kis település vagy létesítmény éjszakai és/vagy téli fogyasztását látja el villamos energiával. A konténeren belül ez esetben egy sokkal kisebb teljesítményű elektrolizátorral, metanizálóval és gázturbinával számolhatunk. Mivel a koncepció szerint a nyári többlet villamosenergia-termelést kellene eltárolni (kizárólag PV), így a metán tartály jóval nagyobbra van szükségeltetik, mint a szabályozó P2M esetében. Az elektrolizátort 15 kW bemenő teljesítményűnek választva, évi 5 hónappal (május-szeptember), napi 5 óra működéssel számolva a megtermelt metán mennyisége 525 Nm<sup>3</sup>, amely 2,5 m<sup>3</sup> CNG-nek felel meg. Ez 5,25 MWh-nyi energiának felel meg, amelyből 2,1 MWh nyerhető vissza, amennyiben 40%-os átalakítási hatásfokkal számolunk. A metán tárolási kapacitása még tovább növelhető, akár 5-6 m<sup>3</sup>-ig is (5 m<sup>3</sup> CNG esetén a tárolt energia több mint 10 MWh). A szezonális tárolásra alkalmas P2M üzem teljesítményét, jellemző értékeit a 7. táblázatban találhatjuk. A 5. ábrán egy 20-lábás konténerre vonatkoztatva az egyes elemek méretarányos blokkjai láthatók; természetesen a valóságban nem így festenek, hiszen például a metanizáló berendezés egy hosszú „csőreaktor” lenne, amit a magasságkorlát miatt feldarabolva, kaszkád-rend-



5. ábra. A P2M üzemben keletkezett hulladékhő felhasználási lehetőségei

szerbe kellene elhelyezni. A segédberendezések (kompresszorok, esetlegesen hűtőberendezések) nem szerepelnek az ábrán.

A téli napokon, amikor az adott fogyasztó megújuló forrásból (PV) származó energiatermelése nem haladja meg a fogyasztását, akkor a moduláris P2M üzem láthatja el energiával. A tárolt metán mennyisége akár több száz óráig is elláthatja a 20 kW-os gázturbinát üzemanyaggal, így biztosítva a feltételezett település (vagy bármilyen más fogyasztó) energiaigényét.

7. táblázat. A szezonális energiátárolásra alkalmas P2M üzem teljesítmény- és kapacitásjellemzői

Technológiai egység		Teljesítmény/térfogat
Elektrolizátor		15 kW (input); 2,8 Nm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> /h (output)
Metanizáló		0,7 Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /h (output)
Metán visszaalakítás		20 kW oxy-fuel gázturbina
Tárolók	Metán (200 bar)	2,5-6 m <sup>3</sup>
	Hidrogén	–
	Szén-dioxid	1 m <sup>3</sup>
	Víz	1 m <sup>3</sup>
	Oxigén	1 m <sup>3</sup>

Pusztán szezonális energiátárolásra alkalmazni a P2M üzemet nem feltétlenül gazdaságos. A metán előállítás a jelenlegi EU-s energiamixből, vásárolt vagy levegőből kinyert szén-dioxidból nem gazdaságos és valószínűleg hosszú ideig nem is lesz az [7]. Abban az esetben, ha olyan szén-dioxidot használunk fel, amelyet egyéb célra nem alkalmaznának, illetve a villamosenergia-forrásunk, valamilyen többlet megújuló energia, akkor a P2M üzem igenis rentábilis alternatíva a szezonális energiátárolás területén.

## Konklúzió

A tanulmányban kétféle koncepciót vázoltunk a kisméretű, moduláris P2M üzemre. A két konstrukció alapvetően az egyes technológiai elemek teljesítményében, illetve kapacitásában különbözik.

A le- és felszabályozást végző tárolók szerepe már a közeljövőben felértékelődik, így ennek gyakorlati hasznossága megkérdőjelezhetetlen. Ameddig a konvencionális elektrokémiai energiátárolók alkalmasak a napon belüli szabályozásra, addig a leszabályozási többlet villamos energia – a jelen állás szerint – szinte csak a Power-to-Gas technológiákkal „fogyasztható el”. Ezen a területen a P2M előnye a PtH-el szemben, hogy a tárolt energia metán formájában közönséges berendezéseket igényel (gázturbina, gázmotor), míg a hidrogén visszaalakítása (üzemanyagcella) sokkal drágább technológiát kíván meg, emellett a hidrogén tárolása is sokkal nehezebb. Ennek ellenére a PtH rendszer sokkal jobb összehatásokkal dolgozik, hiszen a metanizáló ilyenkor nem tartozik a technológiai sorba.

A szezonális energiátároló koncepció esetében a üzemben belüli egységek teljesítménye eltérő lehet. Itt feltételeztük azt, hogy a tárolót egy nyár alatt töltjük fel a többlet villamosenergiával, amelyet például egy PV park termel. Ilyenkor a fő cél nem a hálózat szabályozása, hanem például egy kisebb település vagy ipari park ellátása villamosenergiával. Ekkor az output oldali gázturbina vagy gázmotor teljesítménye mérsékelte, hiszen a fogyasztó oldal nagyjából egyenletes teljesítménnyel vételez.

A feltöltő (vízbontó és metanizáló), tároló (tartályok) és kisütő (gázturbina vagy üzemanyagcella) egységek egymástól függetle-

nek. Közülük az első és a harmadik a tároló (töltési és kisütési) teljesítményét, míg a középső a tárolási kapacitást határozza meg. Mivel az ezekkel kapcsolatos igények függetlenek, így hasznos lehet, ha szétválasztjuk a feltöltő, tároló és kisütő részeket. Ezzel a kapacitás és teljesítmény szétválasztható lesz, adott feltöltő-teljesítmény mellé rakhatunk több, akár külső tárolót is (növelve a kapacitást) és esetleg kisebb kisütő-egységet (növelve az ellátási időt). Ezzel a továbbra is zárt ciklusú pszeudo-akkumulátor szélesebb körben lesz alkalmazható. Érdekeség, hogy az „energiatároló anyag” (jelen esetben metán) csatolt, de leválasztható tartályokban való tárolása a P2M pszeudo-akkumulátort hasonlóvá teszi egy valódi akkumulátor-típushoz, a vanádium-redox áramlási akkumulátorokhoz, ezzel még inkább kiemelve a módszer „pszeudo-akkumulátorságát”.

## Köszönetnyilvánítás

A munka a 2020-3.1.1-ZFR-KVG-2020-00006 számú projekt keretén belül a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2020-3.1.2-ZFR-KVG pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## Irodalom

- [1] Sterner, M.; Specht, M. Power-to-Gas and Power-to-X—The History and Results of Developing a New Storage Concept. *Energies* 2021, 14, 6594. <https://doi.org/10.3390/en14206594>
- [2] Imre Attila, Kummer Kristóf: Szezonális és hosszútávú energiátárolási lehetőségek, *Energiagazdálkodás* 62/6 (2021) 2-9
- [3] Kummer, K.; Imre, A.R. Seasonal and Multi-Seasonal Energy Storage by Power-to-Methane Technology. *Energies* 2021, 14, 3265. <https://doi.org/10.3390/en14113265>
- [4] Zavarkó, Máté ; Csedő, Zoltán: Körkörös gazdaságfejlesztési és dekarbonizációs lehetőségek a power-to-gas technológia magyar szennyvíztisztító telepeken való alkalmazásával, *Hidrológiai Közlöny*, 101/3 p. 60 (2021)
- [5] Zavarkó, M.; Imre, A.R.; Pörzse, G.; Csedő, Z. Past, Present and Near Future: An Overview of Closed, Running and Planned Biomethanation Facilities in Europe. *Energies* 2021, 14, 5591. <https://doi.org/10.3390/en14185591>
- [6] Pintér, G. The Potential Role of Power-to-Gas Technology Connected to Photovoltaic Power Plants in the Visegrad Countries—A Case Study. *Energies* 2020, 13, 6408. <https://doi.org/10.3390/en13236408>
- [7] Kummer Kristóf: A Power-to-Methane technológia alkalmazhatósága a hazai energiátárolásban, diplomatervezés (témavezető: Dr. Imre Attila Rikárd), BME, 2021
- [8] Leeuwen C., Zauner A. (2018): Report on the Costs Involved with P2G Technologies and Their Potentials Across the EU; STORE&GO Project: Karlsruhe, Germany.
- [9] Gábor Pörzse, Zoltán Csedő, Máté Zavarkó (2021): Disruption Potential Assessment of the Power-to-Methane Technology, *Energies* 2021, 14(8), 2297; <https://doi.org/10.3390/en14082297>
- [10] A földgáz árának változása, online: <https://tradingeconomics.com/commodity/eu-natural-gas>
- [11] Agora Verkehrswende und Agora Energiewende (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe: Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende, 129/04-S-2018/DE 07-2018-DE, Berlin
- [12] Jachin Gorre, Felix Orloff, Charlotte van Leeuwen (2019): Production costs for synthetic methane in 2030 and 2050 of an

- optimized Power-to-Gas plant with intermediate hydrogen storage, *Applied Energy* Volume 253, 1 November 2019, 113594, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113594>
- [13] STORE&GO (2019): Innovative large-scale energy storage technologies and Power-to-Gas concepts after optimisation, Technisch-wissenschaftlicher Verein Josef-Wirmer-Str. 1–3 53123 Bonn, ISBN 978-3-00-064736-9
- [14] Michael Sterner, Ingo Stadler (2019): *Handbook of Energy Storage - Demand, Technologies, Integration*, Springer, ISBN 978-3-662-55503-3, DOI 10.1007/978-3-662-55504-0.
- [15] Munk K. (2008): *Taschenbuch der Mikrobiologie*, pp.367-369, Thieme Verlag, Stuttgart, ULB Darmsatdt
- [16] Krajete A. (2012): *Archaea microorganisms for biological power storage*, Krajete GmbH, VDI-Fachkonferenz "Stationäre Energiespeicher für Erneuerbare Energien", Karlsruhe.
- [17] Krajete A. (2013): *Biological Methanation for Intermittent Power Storage*, 2. In OTTI Power-to-Gas Konferenz Regensburg, Regensburg (Vol. 480)
- [18] Hey B. (2012): *Power-to-Gas als Möglichkeit zur Speicherung eines Energieüberangebots und als Bestandteil eines flexiblen Demand Side Managements*. HAW Hamburg (Masterthesis)
- [19] Reuter M. (2013): *Power-to-Gas: Biological methanization; first at a municipal sewage plant*, 8th International Renewable Energy Storage Conference, Berlin
- [20] Mohammad Mohammadzadeh Bahar, Keyu Liu (2008): *Measurement Of The Diffusion Coefficient Of CO<sub>2</sub> In Formation Water Under Reservoir Conditions: Implications For CO<sub>2</sub> Storage* SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, Perth, Australia, October 2008. <https://doi.org/10.2118/116513-MS>
- [21] Schlautmann R., Böhm H., Zauner A., Mörs F., Tichler R., Graf F., Kolb, T. (2021): *Renewable Power-to-Gas: A Technical and Economic Evaluation of Three Demo Sites Within the STORE&GO Project*. *Chemie Ingenieur Technik*, 93: 568-579. <https://doi.org/10.1002/cite.202000187>
- [22] Krich, K., Augenstein, D., Batmale, JP, Benemann, J., Rutledge, B., Salour, D. (2005): *Biomethane from Dairy Waste, a Sourcebook for the Production and Use of Renewable Natural Gas*. UC Berkeley: California Institute for Energy and Environment (CIEE). Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/35k1861z>, Chapter 4, 73.o.
- [23] Zheng, L. (2011): *Overview of oxy-fuel combustion technology for carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) capture*. In *Oxy-Fuel Combustion for Power Generation and Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Capture* (pp. 1-13). Woodhead Publishing.
- [24] Abraham B. M., Asbury J. G., Lynch E. P., Teotia A. P. (1982): *Coal-oxygen process provides CO<sub>2</sub> for enhanced recovery*, *Oil Gas J.*; (United States), 80(11)
- [25] Wang C. S., Berry G. F., Chang K. C., Wolsky A. M. (1988): *Combustion of pulverized coal using waste carbon dioxide and oxygen*. *Combustion and Flame*, 72(3), 301-310.
- [26] Dugué J. (2000): *The Use of Oxygen for Industrial Combustion: Summary of the 17th IFRF Topic Oriented Technical Meetings*, International Flame Research Foundation Document No. D121/y/6, 26 September 2000
- [27] Charon O. (2000): *Recent Developments and Future trends in Oxy-Combustion Applications*, International Flame Research Foundation 17th Topic Oriented Technical Meeting, Les Vaux de Cernay, France.
- [28] v. G. Sundkvist, A. Dahlquist, J. Janczewski, M. Sjödin, M. Bysveen, M. Ditaranto, Ø. Langørgen, M. Seljeskog, M. Siljan (2014): *Concept for a combustion system in oxyfuel gas turbine combined cycles*, *J. Eng. Gas Turbines Power*. Oct 2014, 136(10): 101513 (10 pages), <https://doi.org/10.1115/1.4027296>
- [29] S. V. M. Guaitolini, I. Yahyaoui, J. F. Fardin, L. F. Encarnação, F. Tadeo (2018): *A review of fuel cell and energy cogeneration technologies*, 2018 9th International Renewable Energy Congress (IREC), 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/IREC.2018.8362573.
- [30] H. Kim (2011): *Modeling and Control System Design of an MCFC System*, 4th International Symposium on Advanced Control of Industrial Processes, pp. 84-89
- [31] S. Kim (2014): *Optimization of molten carbonate fuel cell (MCFC) and homogeneous charge compression ignition (HCCI) engine hybrid system for distributed power generation*, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 39, pp. 1826-1840.
- [32] N. Minh (2004): *Solid oxide fuel cell technology – features and applications*. *Solid State Ionics*, 2004. Vol. 174, pp. 271-277.
- [33] O. Yamamoto (2000): *Solid oxide fuel cells: fundamental aspects and prospects*. *Electrochimica Acta*, Vol. 45, pp. 2423-2435
- [34] J. A. Matelli (2001): *Sistemas de Cogeração Baseados em Células-Combustível Aplicados em Hospitais*. Universidade Federal de Santa Catarina, pp. 1-136
- [35] C. Souleymane, J. Zhao, W. Li (2021): *Efficient utilization of waste heat from molten carbonate fuel cell in parabolic trough power plant for electricity and hydrogen coproduction*, *International Journal of Hydrogen Energy*, ISSN 0360-3199, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.09.210>.
- [36] *Power-to-Gas Hungary Kft. About*. 2021., online: <https://p2g.hu> (accessed on 16 July 2021)
- [37] J. Bertsch, C. Growitsch, S. Lorenczik, S. Nagl (2016): *Flexibility in Europe's power sector – An additional requirement or an automatic complement?*, *Energy Economics*, vol. 53, issue C, 118-131
- [38] Pintér G. (2020): *The Potential Role of Power-to-Gas Technology Connected to Photovoltaic Power Plants in the Visegrad Countries – A Case Study*, *Energies* 2020, 13(23), 6408; <https://doi.org/10.3390/en13236408>
- [39] *Hydrogenics online*: [https://etipwind.eu/wp-content/uploads/A2-Hydrogenics\\_v2.pdf](https://etipwind.eu/wp-content/uploads/A2-Hydrogenics_v2.pdf).
- [40] <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=methane&Units=SI>
- [41] Kaderják Péter: *Magyar Tudomány Ünnepe 2021 - Fenntartható Energetika* (<https://www.ek-cer.hu/magyar-tudomany-unnepe/>)

# Power-to-Methane technológia: műszaki összegzés és esettanulmány

Groniewsky Axel<sup>1</sup>, Kustán Réka<sup>1</sup> és Imre Attila<sup>1,2</sup>

(1) Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, Gépészmérnöki Kar,  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem;

(2) ELKH - Energiatudományi Kutatóközpont

A paksi atomerőmű bővítésével, valamint az időjárás függő villamosenergia termelés nagyarányú növelésével középtávon a magyar energiaszektor jelentős átalakulása várható. Mivel ezek a változások megnehezítik a villamosenergia-hálózaton belüli frekvenciartartást, szükség lesz energiatárolók beépítésére a hazai rendszerbe. A Power-to-Methane technológia segítségével metán formájában válik tárolhatóvá a villamos energia. Jelen dolgozat célja a technológia műszaki lehetőségeinek ismertetése, valamint annak bemutatása, hogy hogyan növelhető a tárolási eljárás átalakítási határfoka a villamosenergia betáplálási oldalára illesztett szerves Rankine-ciklus segítségével.

\*

With the expansion of the Paks nuclear power plant and the significant increase in weather-dependent electricity generation, a major transformation of the Hungarian energy sector is expected in the medium term. As these changes will make it more challenging to maintain the frequency of the electricity grid, it will be essential to integrate energy storage facilities into the domestic system. Power-to-Methane technology allows electricity to be stored in the form of methane. This paper aims to describe the technical potential of the technology and show how the conversion efficiency of the storage process can be increased by using an organic Rankine cycle on the side of the electricity feed-in.

\*\*\*

A Nemzeti Energia- és Klímatervben [1] megfogalmazott, a széndioxid-mentes villamosenergia-termelés részarányának növelésére vonatkozó célkitűzések a magyarországi villamosenergia-szektor jelentős átalakulását vetítik előre a következő évtizedben. A szektor átalakításának központi elemét – klímavédelmi és levegőminőségi szempontok alapján – a 2030-ra tervezett paksi atomerőmű további két 1200 MW<sub>e</sub>-os blokkal történő bővítése, valamint a napelemes kapacitások ~6500 MWe-ra történő növelése jelenti. Figyelembe véve, hogy az éves bruttó rendszerterhelés napi negyedórás csúcserőértéke 2018-ban 6869 MW<sub>e</sub> volt (8878 MW<sub>e</sub> bruttó beépített és 7415,9 MW<sub>e</sub> rendelkezésre álló teljesítőképesség mellett), ezek a kapacitások a 2030-ban várható terhelési értékekhez mérten (2029-re 7526 és 8007 MW<sub>e</sub> közötti éves csúcsterhelés várható) is jelentősek lesznek [2].

Mivel a hosszabbított üzemidejű, négy darab 500 MW<sub>e</sub>-os paksi blokk 2032 és 37 között kerül leállításra, terv szerinti forgatókönyv esetén 2030-ban egyszerre lesz jelen a hazai kb. 8000 MW<sub>e</sub>-os csúcsgényű rendszerben 4274 MW<sub>e</sub> nukleáris alapú, valamint a széllel együtt 6230 MW<sub>e</sub> időjárásfüggő (megújuló) nettó beépített teljesítmény [3]. Ez egyrészt kedvező, hiszen ebben az időszak-

ban önellátóvá válhat az ország, másrészt komoly kihívásokat is jelent, mert a hazai VVER-440-es és tervezett VVER-1200-as blokkok csak korlátozott mértékben képesek menetrendtartó szerepet ellátni.

A hazai villamosenergia-rendszerben a VVER blokkok alaperőműként üzemelnek, kihasználási óraszámuk messze 5500 h/év felett van és döntően a névleges üzemállapotok környékén üzemelnek. Fontos azonban megjegyezni, hogy az alaperőművi üzemvitel – adott műszaki szempontok teljesülése mellett – elsősorban gazdasági kérdés. Ha a déli órákban megjelenik több ezer MWe magát korábban leírt, olcsó napenergia, az az atomerőművek működését is áttolhatja a menetrendtartó tartományba. Bár hivatalos adat erre vonatkozóan nincs, a VVER-440-es blokkok fel- és leterhelési sebessége 1-2 MWe/perc körül mozog, aminek a vastagfalú tartályok (reaktortartály, gőzfejlesztő-kollektor, köpeny, térfogat-kompenzátor) 20 °C/h körüli maximális hőmérsékletváltozási sebessége szab fizikai korlátot. A névleges üzemállapottól pedig ritkán térnek el jobban, mint 50-60 MW<sub>e</sub>/blokk (25-30 MW<sub>e</sub>/gőzturbina). Összehasonlításképpen elmondható, hogy egy menetrendtartó tartományban üzemelő blokk terhelési sebessége – technológiától függően – a 10-20 MW<sub>e</sub>/perc közötti tartományba esik, terhelése pedig 40-100% között szabályozható.

A VVER-1200-as blokknál a VVER-440-hez hasonló fizikai korlátokat, valamint 70-100% közötti szabályozhatóságot feltételezve, könnyen belátható, hogy a villamosenergia-rendszeren belüli frekvenciartartáshoz – amennyiben az exportált mennyiség a fogyasztáshoz képesti többletforrásnál kevesebb – energiatárolók beépítését teheti szükségessé [4]. A tárolt energia formáját tekintve – ebben a mérettartományban – megkülönböztethetünk mechanikai, elektrokémiai/elektromos, valamint a PtM technológiát is magába foglaló alternatív, alacsony szén-dioxid-kibocsátású tüzelőanyagokon alapuló villamosenergia-tárolókat [5].

Az alternatív tüzelőanyag alapú energiatárolók általában nagy energiasűrűséggel és nagy teljesítménysűrűséggel, de alacsony tárolási határfokkal rendelkeznek, amit elsősorban az energiaátalakítási lánc során jelentkező veszteségek befolyásolnak. Ennek az energiatárolási módszernek előnye, hogy az elektroszintetizált tüzelőanyagok az előállítás helyétől eltérő helyen is felhasználhatók, azaz oxidálhatók. Amennyiben a tárolt tüzelőanyag gáz halmazállapotú, Power-to-Gas (PtG) technológiáról beszélünk [6].

A PtG gyűjtőfogalom, amely magába foglalja az energia hidrogénné (PtH), vagy metánná (PtM) történő alakítását. Az így kapott vegyületek elsősorban energiahordozóként kerülnek felhasználásra, de lehetőség van a létrejött anyagok kémiai alapanyagként történő további hasznosítására is [7]. Mivel a PtM technológia közbelső terméke H<sub>2</sub>, ami már önmagában is felhasználható energiatárolásra, kételyek merülhetnek fel a technológia hasznosságáról (azaz a hidrogén továbbalakításának szükségességéről). Mint egyéb ese-



tekben, itt is elmondható, hogy minél hosszabb egy átalakítási lánc, az átalakítás során jelentkező veszteségek mértéke annál nagyobb, ugyanakkor a végeredmény is annál értékeesebb lehet.

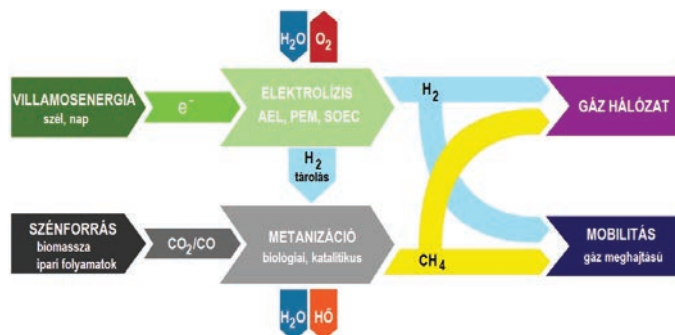
A PtM technológia számos előnnyel rendelkezik a PtH-el szemben. A PtM technológia a kiépített földgáz hálózatok infrastruktúráit használva rugalmasan tudja kezelni a hullámzó betáplálást, így elmenthető a PtH technológiával, ahol az energetikailag, pénzügyileg és technológiailag is kedvező  $H_2$  tárolási és szállítási megoldások még váratnak magukra, a PtM alkalmas hosszú távú (szezoni) és nagyméretű energiatárolásra [8], kisebb veszteség mellett, mint villamos energia esetében [7].  $CH_4$ -nak nagyobb az energiasűrűsége, mint a  $H_2$ -nek ( $LHV_{CH_4}=1359 \text{ kWh/m}^3$ ;  $LHV_{H_2}=272 \text{ kWh/m}^3$  [9]) ami további előny a tárolás és szállítás szempontjából. A  $H_2$ -nek magasabb az adiabatikus láng hőmérséklete, mint a  $CH_4$ -nak ( $T_{H_2}=2254 \text{ °C}$ ,  $T_{CH_4}=1963 \text{ °C}$ ), így közvetlen tüzelésére csak erre a célra kialakított égőkkel van lehetőség, esetleg más tüzelőanyagba való bekeverés mellett.

A PtM technológia hazai terjedését két tényező hátráltathatja: a biometán előállításához szükséges tiszta  $CO_2$  alacsony mennyisége, valamint a PtH-hez képesti alacsonyabb átalakítási hatások. Az átalakítási hatások (kibocsátott anyagáram energiatartalma (HHV) és a bevitt energia hányadosa)  $H_2$  esetében – kompresszió nélkül – 64-77% között (elektrolízis), míg  $CH_4$ -re történő átalakítás esetében 51-65% között változnak [10].

Szem előtt tartva a hazai villamosenergia-hálózat középtávú fejlődési irányát, alábbi tanulmány áttekintést ad a PtM eljárás résztechnológiáiról, valamint egy esettanulmányon keresztül bemutatja, hogyan növelhető a PtM technológia átalakítási hatása egy, a villamos energia betáplálási oldalára illesztett szerves Rankine-ciklus (ORC) illesztésén keresztül.

### PtM technológiai áttekintése

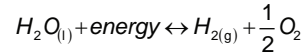
Azzal, hogy a villamosenergia-átviteli hálózatban időszakosan jelentkező többlet villamos energiát a PtM technológia – habár ez a PtG technológiáról általánosan is elmondható – képes a vezeték nélküli földgáz hálózatba táplálható gázzá alakítani, a technológia összekapcsolja a villamos és földgáz hálózatokat [11]. A folyamat két lépésben, vízbontással történő  $H_2$  előállításával, valamint az előállított  $H_2$  külső  $CO$  vagy  $CO_2$  forrás segítségével történő metanizációja révén játszódik le (lásd 1. ábra). Az így létrejött helyettesítő földgáz (Substitute Natural Gas, SNG) már alkalmas a hálózatba való betáplálásra. A termékgáz fűtőértéke azonban alacsonyabb lehet, mint a hagyományos földgázé, mivel a helyettesítő földgázban nem találhatóak hosszú szénláncú szénhidrogének. (Hagyományos földgázban a 80% feletti metántartalom mellett megtalálható még a fűtőértékét növelő etán, propán és bután, kisebb mennyiségben pedig az azt csökkentő inertek,  $N_2$  és  $CO_2$  [11]).



1. ábra. A Power-to-Gas technológia folyamata [11]

### Vízbontás elektrolízissel

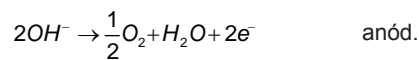
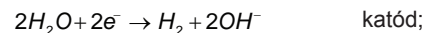
Az elektrolízis egy olyan elektrokémiai folyamat, amely során az elektromos energia (egyenáram) kémiai energiává alakul. A redoxreakciók az elektrolízáló cellában mennek végbe, amely során az elektrolit oldatba lógatott két elektróda közül a kationok a negatív töltésű katód felületén redukálódnak, míg az anionok a pozitív töltésű anód felületén oxidálódnak. A PtM technológiához szükséges  $H_2$  előállítására a  $H_2O$  disszociációja révén kerül sor, az endoterm reakció pedig az alábbi:



A reakció energiaigényét az alkalmazott technológia határozza meg, és függ a hőmérséklettől valamint nyomástól, amin a reakció végbemegy [12]. A Faraday-törvény értelmében az elektrolízis során termelt  $H_2$  arányos az elektromos áram nagyságával, így az alkalmazott technológiák célja, hogy egy adott felületű elektrolízáló cellán minél magasabb áramsűrűséget érjenek el. Az elektrolízis hatásfokát a termelt  $H_2$  fűtőértékének – amit a felhasználástól függetlenül számolhatunk  $HHV_{H_2}=3.54 \text{ kWh/Nm}^3$  vagy  $LHV_{H_2}=3 \text{ kWh/Nm}^3$  értéken – valamint az elektrolízis során felhasznált villamos energiának a hányadosa [13] adja. A vízbontásra használt három legjelentősebb eljárás az alkális, vagy lúgos elektrolízis, a protoncserélő-membrános (PEM) elektrolízis, valamint a magas hőmérsékletű (HTE), vagy szilárd-oxidos elektrolízis (SOEC).

### Alkális, vagy lúgos elektrolízis (AEL)

A lúgos elektrolízis tekinthető a legkiforrottabb technológiának, amelyet már MWe méretben is alkalmaznak nagyüzemi  $H_2$  termelésre. A két elektródát membrán (diafragma) választja el egymástól, az elektrolit pedig általában egy erősen korrózív, 25-30%-os vizes KOH-oldat. Az elektródák felszínén kiváló termékgázok és hő eltávolítása érdekében az elektrolitot vagy szivattyúval, vagy a magas hőmérsékletgradiens miatt kialakuló természetes áramlással keringetik. Az egyes termékgázokban ( $H_2$  és  $O_2$ ) dús elektrolitot külön szeparátorban tárolják, ami egyben a folyadék gáz szétválasztást is végzi. A  $H_2$  termékgáz minősége a szárítást követően 99.5-99.9% között, míg az  $O_2$  termékgáz esetén 99-99.8% között változik, ami katalitikus tisztítással (dezoxidálás) akár 99.999% fölé vihető. A nagy tisztaságú gáz fenntartása fontos a tárolás biztonsága, valamint üzemanyagcellában történő közvetlen felhasználás szempontjából. Az elektródokon lejátszó reakciók az alábbiak:



Ahogy a folyamatok is mutatják, víz az anód oldalon keletkezik és a katód oldalon kerül felhasználásra.

Viszonylag széles teljesítménytartományban mozgó technológia, a legkisebb egységeknek 55 kW<sub>e</sub> ( $H_2$  termelése 0.4 Nm<sup>3</sup>/h), a legnagyobbaknak pedig 3.5 MW<sub>e</sub> ( $H_2$  termelése 760 Nm<sup>3</sup>/h) villamosenergia-fogyasztásuk van [14]. A legkisebb teljesítményű egységek hatásfoka 47% körül, a legnagyobbaké pedig 82% körül mozog. A gáz tisztaságától függően hidegindításra perces (min. 10 perc) vagy órás intervallumban van lehetőség, a készenléti idő pedig másodperces vagy perces lehet. Üzemi nyomása 1 bar és 30 bar között, üzemi hőmérséklete pedig 65 °C és 100 °C között változhat. Fajlagos költsége 1000 €/kW körül mozog, élettartama pedig 15 – 30 év között változhat [11], [15].

Az alkálikus elektrolízis három legjelentősebb problémája az alacsony részterhelési tartomány (40% körüli részterhelési határ), alacsony áramsűrűség és alacsony nyomású működés. A diafragma nem akadályozza meg teljesen a termékgáz kereszt-diffúzióját. Az  $O_2$  katód oldalra való diffúziója csökkenti a cella hatásfokát, mivel az  $O_2$  ismét vízzé katalizálja a  $H_2$ -t. Egy  $O_2$  oldalon bekövetkező részleges  $H_2$  diffúzió is rontja a hatásfokot, valamint a biztonságot. Ennek a veszélye alacsony terhelésen (4 mol%  $H_2$ ) nagy. Az alacsony áramsűrűség a folyékony elektrolit és diafragma miatt fellépő magas ohmos veszteségek eredménye. A folyékony elektrolit másik hátránya, hogy nem teszi lehetővé a magas nyomáson történő működést, ami egy terjedelmes kialakításhoz vezet [16].

### Protoncserélő-membrános elektrolízis (PEM)

A vízbontásra alkalmazott PEM technológiát 1966-ban fejlesztette ki a General Electric, de csak 1978-ban tette kereskedelmi forgalomba elérhetővé. Protoncserélő-membrán választja el egymástól a két félcellát (és a termékgázokat), vezeti a protonokat, valamint felelős az elektródák elektromos szigeteléséért. A korrozív, erősen savas rendszer a katalízishez nemesfémek használatát teszi szükségessé, anódnál irídiumot, katódnál platinát használnak. Részben ezzel is magyarázható, hogy a technológia fajlagos költsége kétszerese (>2000 €/kW) az alkálikus eljárásnak. Működés során az anódot vízzel látják el, és az elektródokon az alábbi reakciók játszódnak le:



A szilárd polimer elektrolitmembrán csak nagyon kis keresztmetszeten áteresztő, ami alacsony gázátbocsátási sebességet eredményez, a hagyományos lúgos elektrolízishez képest pedig nagyobb tisztaságú, jellemzően 99.99%-t meghaladó  $H_2$  termelhető szárítás után. PEM-elektrolízis a szilárd elektrolitnak és a lúgos elektrolízishez képest nagyobb áramsűrűségű működésnek köszönhetően kompakt modul kialakítással rendelkezik. A nagy áramsűrűség kedvező dinamikai tulajdonságokat eredményez [16], amik hatékony működést tesznek lehetővé olyan körülmények között, ahol az áramfelvétel lökészerű (szél- és napenergia). A szilárd elektrolit szerkezeti tulajdonságai szintén lehetővé teszik nagy nyomáskülönbség kialakítását a  $H_2$  és az  $O_2$  oldala között (jelenleg 350 bar nyomáskülönbség is elérhető). Részterhelésre a teljes üzemi tartományban (0%-100%) képes.

A lúgos elektrolizátorhoz hasonlóan viszonylag széles teljesítménytartományban mozgó technológia, a legkisebb egységeknek 12 kW<sub>e</sub> ( $H_2$  termelése 0.53 Nm<sup>3</sup>/h), a legnagyobbaknak pedig 2 MW<sub>e</sub> ( $H_2$  termelése 400 Nm<sup>3</sup>/h) villamosenergia fogyasztásuk van. A legkisebb teljesítményű egységek hatásfoka 52% körül, a legnagyobbaké pedig meghaladja a 60%-ot. A hidegindításra perces intervallumban van lehetőség, a készenléti idő pedig másodperces. Üzemi nyomása 1 bar és 30 bar között, üzemi hőmérséklete pedig 20 °C és 100 °C között változhat. Fajlagos költsége 2000 €/kW körül mozog, élettartama rövidebb mint a lúgos technológiáé, 5 - 20 év között változik [14], [16].

### Szilárd-oxidos elektrolízis (SOEC)

A magas hőmérsékletű elektrolízissel kapcsolatos kutatások 1968-ban indultak a General Electric, két évvel később pedig a Brookhaven National Laboratory működésével. Németország-

ban a Dornier System GmbH végzett ilyen irányú kutatásokat 1975 és 1987 között a HOT ELLY (High Operating Temperature ElectroLYsis) projekt keretében [17].

Az eljárás az utóbbi években a szilárd-oxidos üzemanyagcellák területén elért eredmények miatt került az érdeklődés középpontjába. SOEL magas, 700-900 °C közötti hőmérsékleten üzemel, amivel mind az AEL, mind pedig a PEM eljárásoknál magasabb hatásfokot tudnak elérni, azonban a technológiát anyagstabilitási kihívások jellemzik. Az elektródokon az alábbi reakciók játszódnak le:



A SOEC egy érdekes jellemzője, hogy alkalmas a  $CO_2$  és vízgőz együttes elektrolízisére (ko-elektrolízis), amely során  $H_2$  és  $CO$  tartalmú szintézisgáz állítható elő. Tovább növeli a technológia jövőbeni alkalmazásának lehetőségét a SOEC elektrolizáló cellaként, valamint üzemanyagcellaként való rugalmas működtetésének lehetősége is [16], [18].

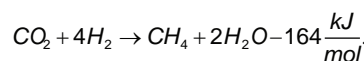
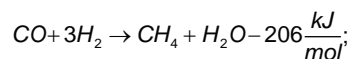
SOEC még mindig kísérleti állapotban van, a jelenleg futó, laboratóriumi léptékű kutatások elsősorban az elektrolízisnél alkalmazható új, alacsony költségű, de tartós anyagok irányába indult el, mivel nem megoldott a magas hőmérsékleten alkalmazott kerámiák tartós üzemvitel [11]. Ennek megfelelően a következő években még nem várható, hogy valós alternatívája legyen vízbontás tekintetében a korábban említett két technológiának, így ennek az eljárásnak a részletesebb bemutatására nem kerül sor.

### Metanizáció

A P2M technológiában megkülönböztethető biológiai és katalitikus metanizáció [19]. Míg a katalitikus folyamatokban többségében nikkel és ruténium alapú katalizátorokat használnak [20], és a folyamat magas, 250 °C feletti hőmérsékleten megy végbe, addig a biológiai metanizáció során a metanogén mikroorganizmusok funkcionálnak biokatalizátorként [11], a folyamatok pedig – a termofil baktériumtörzseknek köszönhetően – jóval alacsonyabb, általában 70 °C alatti hőmérsékleten játszódnak le. Ellentétben a katalitikus eljárással, ahol a metanizáció hatékonysága 70 és 85% között változik, addig a biológiai metanizációval 95% feletti hatékonyság is elérhető [21].

### Katalitikus metanizáció

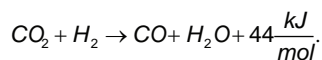
Katalitikus metanizáció az az eljárás, amely során metán ( $CH_4$ ) kerül előállításra szén-monoxid ( $CO$ ) vagy szén-dioxid ( $CO_x$ ) hidrogénezésével. A  $CO_x$  metanizációs reakcióit először Sabatier és Senderens fedezte fel 1902-ben [22]. A két exoterm reakciót az alábbi egyenletek írják le 298K hőmérsékleten:



A reakciót a reagáló gázok jelentős térfogatcsökkenése jellemzi, amely a  $CO$ -metanizáció esetében 50%, míg  $CO_2$ -metanizáció esetében 40% körüli. Mindkét reakció egyensúlyát befolyásolja a nyomás és a hőmérséklet. Termodinamikai egyensúlyban a magas nyomás kedvez, míg a magas hőmérséklet korlátozza a metánképződést.

$CO_2$ -metanizáció a  $CO$ -metanizáció és a fordított víz-gáz reakció lineáris kombinációja, amely minden esetben kíséri a

CO-metanizációt, ha nikkelt katalizátorok használata mellett mennek végbe a reakciók:



A CO<sub>2</sub> átalakulása azonban gátolt, ha a CO-koncentráció meghalad egy bizonyos küszöbértéket.

Mivel a metanizáció erősen exoterm folyamat – ahogy azt a reakcióegyenletek is mutatják –, a reaktorban keletkező reakcióhő elvonására számos megoldás született, így pedig a technológia csoportosítható a folyamathoz alkalmazott reaktorok típusa alapján. Ezek a reaktorok tipikusan 200 °C és 550 °C között üzemelnek, 1 és 100 bar közötti tartományban. A metanizáció katalizátoraként többféle fém (Ni, Ru, Rh, és Co) alkalmaznak, azonban a magas aktivitás, jó CH<sub>4</sub> szelektív és alacsony nyersanyagár miatt a nikkelt bázisú katalizátorok a legelterjedtebbek [11], [23].

A metanizációs technológiák közötti fő különbséget a reaktoron belüli hőmérsékletprofil jelenti. Háromféle hőmérsékleti profilt különböztetünk meg: az adiabatikus, az izotermikus, és a politropikus.

#### **Adiabatikus fixágyas reaktor**

A külső vagy integrált hűtés nélküli fixágyas reaktorok jellemzően közel adiabatikus hőmérsékleti profilt mutatnak, az ágyban egy határozott forró ponttal és magas reaktor-kilépési hőmérséklettel. Általában 2-5, tipikusan közbenső hűtővel ellátott adiabatikus reaktorból áll [24]. Mivel a metanizációs katalizátorok nem bírják az 550-700 °C feletti hőmérsékleteket, gázvisszavezetésre vagy gőz hozzáadására lehet szükség. A technológia előnye a nagy reakciósebesség és a magas hőmérsékleten történő gőztermelés lehetősége, hátránya a viszonylag összetett folyamat körülményes beállítása [22].

#### **Fluidágyas reaktor**

A szilárd anyag keveredése közel izoterm hőmérsékletprofil eredményez a reaktoron belül, megkönnyítve ezzel a szabályozást. Az így létrejött hatékony hőelvonás lehetővé teszi, hogy a metanizáció egy meglehetősen egyszerű kialakítású reaktorban menjen végbe [25]. Ugyanakkor a fluidizáció során jelentkező magas mechanikai terhelés növeli a katalizátor és a reaktor falának kopását, ami a katalizátor leállásához vezethet [26]. Szintén hátránya az eljárásnak, hogy a buborékképződés miatt nem teljes a CO<sub>2</sub> konverzió. Ezenkívül a fluidizált ágyas reaktort korlátozza a reaktoron belüli gázsebesség, ami egyrészt a minimális fluidizációs feltételek biztosítása érdekében nem lehet túl alacsony, ugyanakkor a katalizátor elutriálódásának elkerülése érdekében túl magas sem [11].

#### **Háromfázisú metanizációs reaktor**

Az iszapreaktorban lévő folyékony fázisban (általában termoolajok) finom katalizátor részecskék szuszpendálnak a gázáramlás eredményeként. A magas hőkapacitású folyékony fázis jelenlétében megvalósítható a hatékony és pontos hőmérsékletszabályozás. Így a reakcióhő teljes egészében elvonható és a reaktor szinte teljesen izoterm módon üzemeltethető, amivel egyszerű folyamattervezés válik megvalósíthatóvá. Az iszapreaktorok működtetésében jelentkező kihívás a gáz folyadék anyagátadási ellenállás, valamint az szuszpenziós folyadék bomlása és párolgása [11], [27].

#### **Strukturált reaktorok**

Az olyan strukturált reaktorokat, mint a monolit reaktorok, már az adiabatikus fixágyas reaktorok hátrányainak, nevezetesen a hő-

mérsékleti forró pont és nagy nyomású kezelésére fejlesztették ki. A belső fémszerkezetük hővezetésének köszönhetően a monolit reaktorok sugárirányú hőszállítása – az alkalmazott anyagtól függően – két-három nagyságrenddel nagyobb mértékű [80]. A mikrostrukturált reaktorok nagyon kompakt egységek, nagy felület-térfogat aránnyal és hőátadással, valamint kis nyomásúval rendelkeznek. A strukturált reaktorok hátrányai a katalizátor-lerakódás a fémszerkezeten, valamint a deaktivált katalizátor cseréje (ha a katalizátor egyszer már deaktiválódott, az egész reaktort új katalizátorbevonattal kell ellátni) [11], [28], [29], [30].

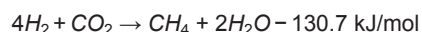
#### **Biológiai metanizáció**

A biológiai metanizáció alapját mindig egy CH<sub>4</sub>-ben szegény gáz képezi (pl.: biogáz, depónia-gáz, szintézis-gáz), amelyet első lépésben a toxikus és korrozív anyagoktól (H<sub>2</sub>S, Si, CO, NH<sub>3</sub>, sziloxánok és illékony szerves komponensek) kell megtisztítani, majd ezt követi a fűtőérték növelése. A mikrobák – H<sub>2</sub> jelenléte mellett – képesek anyagcseréjük révén a biogázban jelen levő CO<sub>2</sub>-ot CH<sub>4</sub>-ná alakítani. Amennyiben a keletkezett gáz CH<sub>4</sub> koncentrációja eléri a 95-98%-ot, a termékgáz biometán (bioCH<sub>4</sub>) [31].

Törzsek szempontjából megkülönböztethetők az energiáját kémiai úton, szerves forrásból nyerő kemoautotróf, valamint az energiát fényből nyerő fotoszintetikus baktériumtörzsek.

#### **Kemoautotróf módszerek**

A hidrogenotróf metanogén Archea törzsek katalizációja az alábbi módon játszódik le:



A katalizáció helye alapján megkülönböztethetünk in-situ, ex-situ és hibrid metanizációt. In-situ metanizáció esetén a biológiai metanizáció helye a biogáz termelő, szerves anyag lebontást végző reaktor. Ilyenkor a metanizáció, valamint az anaerob degradáció [32] egy reaktorban játszódik le, nincs szükség külön reakció edényre. A fermentációs paraméterek megfelelő értéken tartása mellett, valamint a H<sub>2</sub> megfelelő ütemű adagolásával megközelítőleg 99%-os CO<sub>2</sub> konverzió érhető el, azonban a mikrobiológiai rendszerek érzékenyek a H<sub>2</sub> adagolásra, aminek szabályozása a nagy, gyakran 2-3000 m<sup>3</sup>-es biogáz üzemi reaktorokban nehézkes lehet, így ez a megoldás nem hatékony.

Az ex-situ technológiák lényege, hogy a PtG reakció egy külön reaktorban zajlik. Az eljárás előnye, hogy a CO<sub>2</sub> származhat füstgázból, depónia gázból, biogázból vagy szintézis gázból is, valamint, hogy a H<sub>2</sub> bevitelnél nem kell figyelembe venni az anaerob degradációért felelős törzsek, csak a hidrogenotróf metanogéneket. Az eljárás hátránya az újabb reaktor edény miatti beruházási költségtöbblet. A legnagyobb kihívást az oldott H<sub>2</sub> koncentráció növelése jelenti, amit intenzív keveréssel, a gáz-folyadék felület növelésével és/vagy a H<sub>2</sub> nyomás fokozásával lehet elérni [31]. A technológiával jellemzően 70-98% közötti CH<sub>4</sub> koncentráció érhető el.

Hibrid technológia esetén a biológiai metanizáció az ex-situ technológiához hasonlóan külön reakció edényben játszódik le, de az in-situ technológiához hasonlóan biogáz termelő anaerob baktériumok jelenléte mellett. Előnye az in-situ eljáráshoz képest, hogy a tartály mérete kisebb, így a szabályozás jobban kézben tartható. A módszer tervezési stádiumban van, közvetlen kísérleti eredményeket még nem publikáltak.

### Fotoautotróf módszerek

A fotoszintetikus biogáz tisztítás során a biogázból kivonjuk a CO<sub>2</sub>-t, így CH<sub>4</sub>-ben gazdag gázelegyet kapunk. A módszer előnye, hogy a fotoszintetizáló szervezetek (algák, cianobaktériumok) a H<sub>2</sub>S-t is megkötik tovább tisztítva a biometánt. Alapvetően két típusa létezik a fotobioreaktor rendszereknek: a zárt (cső vagy téglatest formában) és nyitott (high rate algal ponds). A zárt rendszerek hatékonysága, kis hely igénye és vízszükséglete kedvezőbb a nyitott rendszerekkel szemben, de a felállításához és működtetéséhez szükséges befektetések mértéke és energiaszükséglete nagyban megdrágítja a technológiát. Ezzel szemben a nyitott rendszerek igen alacsony beruházási és fenntartási költséget igényelnek, azonban kevésbé hatékony CO<sub>2</sub> felvétellel rendelkeznek. Mindkét rendszer képes a biogázban a CO<sub>2</sub> koncentrációját az előírt 2-6%-ra csökkenteni [31], [32], [33].

### Hatásfok-növelés hulladék hő-hasznosítással

Egy villamosenergia-tároló berendezés hatásfoka a kinyert villamos energia és a betáplált villamos energia hányadosa. Ez sohasem 100%, mindig vannak veszteségek. Erre egy, talán mindenki által ismert példa az akkumulátorok (pl. mobiltelefon) töltésekor tapasztalt melegedés, amikor jól mérhető-érzekelhető a disszipációs hő formájában távozó veszteség. Veszteség felléphet a villamosenergia betárolásakor, a terheletlen állapotú tároláskor, illetve a kisütéskor. Gyakran eltekintenek a terheletlen állapotban fellépő, időfüggő veszteségtől, bár épp ennek alacsony volta az, ami a PtM technológiát szezonális tárolásnál versenyképessé teszi az akkumulátoros vagy hidrogén tárolási módokkal szemben [34], [35]. Ebben a könnyen tárgyalható „fél-ideális” esetben a teljes tárolási hatásfok az alábbi formában írható fel:

$$\eta = \frac{E_{ki}}{E_{be}} = \frac{E_{ki}}{E_t} \frac{E_t}{E_{be}} = \eta_{ki} \eta_{be}$$

azaz a tárolási hatásfok ( $\eta$ ) a kivehető ( $E_{ki}$ ) és betáplált ( $E_{be}$ ) villamos energia hányadosa. Amennyiben a betáplálás és a kinyerés térben és/vagy időben kellően távol van egymástól, akkor szemléletes a tárolás két „folyamatra” való felbontása, amelyeknek a hatásfoka  $\eta_{be}$  (betárolás) és  $\eta_{ki}$  (kinyerés). Ez esetben van egy közbülső mennyiségünk, a tárolóban „elvíleg” meglévő energia. Ez PtM esetben az előállított metánban levő energia, ami elvileg az égéshővel, gyakorlatilag inkább a fűtőértékkel jellemezhető; ekkor a  $\eta_{be}$  mennyiség a bio-metán előállítási hatásfokként kezelhető.

A tárolási hatásfok kétféleképp növelhető; a gyakoribb fajtája az, amikor a betárolt villamos energia kinyerését igyekeznek minél jobban megoldani, azaz adott mennyiségű tárolt energiából ( $E_t$ ) minél többet próbálnak kinyerni ( $E_{ki}$ ). Ez a PtM technológiánál a metán → villamosenergia-visszaalakítás minél jobbá tételét jelenti. Ennek egyik oka az átalakításkor veszteségként távozó energiarész egy részének visszanyerése. A talán leggyakoribb metán → villamos energia (vagy földgáz → villamos energia) átalakítási technológiában gázmotorokat alkalmaznak; ekkor a veszteség (akár 60-70%) magas hőmérsékletű, azaz „jó minőségű” hulladék hő formájában távozik. Magas hőmérsékletű hulladék hőből viszonylag könnyű villamos energiát visszanyerni; rengeteg kutatás foglalkozik az ilyen visszanyerő technológiák gázmotorokra telepítésével és már kaphatók is ilyen berendezések. Ilyenek például a később ismertetendő szerves Rankine-ciklusú (ORC) berendezések is [36].

A hatásfok-növelés másik útja, hogy valamiképp csökkentjük az adott mennyiségű tárolt energiához ( $E_t$ ) minél kevesebb villa-

mos energiát kelljen betáplálni ( $E_{be}$ ). A betápláláskor keletkező hulladék hő hasznosítása – főképp biometanizációnál, amikor ez a hő viszonylag alacsony hőmérsékletű – eddig nem volt vizsgálat tárgya. Viszont az utóbbi években az alacsony hőmérsékletű hőforrásokra alkalmazható energiatermelő berendezések sokat fejlődtek, így korábban nem hasznosíthatónak gondolt hőforrások is hasznosíthatóvá váltak, bár viszonylag kis határfokkal. Az alacsony hőmérsékletű elektrolízisre és az azt követő biológia metanizációra épülő PtM technológiánál az elektrolízisre és a metanizációnál is keletkező hulladék hő; ezekből villamosenergiát előállítva és ezt visszatáplálva az elektrolízisre, csökkenthető a bemenő villamosenergia mennyisége, így – azonos tárolt energia ( $E_t$ ) mellett – a betáplálási hatásfok ( $\eta_{be}$ ) és ezen keresztül a teljes tárolási hatásfok is növelhető.

A következőkben a szerves Rankine ciklus bemutatása után egy konkrét esetet vizsgálunk és megmutatjuk, mekkora növekmény érhető el ezzel a technológiával.

### Szerves Rankine-ciklus

A Rankine-ciklus egy olyan termodinamikai körfolyamat, amely a hő mechanikai munkává, generátor alkalmazása mellett pedig villamos energiává alakítja. A körfolyamat egykomponensű, kétfázisú munkaközeg a víz. Mivel a víz termofizikai tulajdonságai alacsony hőmérsékletszinteken csak nagyon kedvezőtlen hatásfok mellett teszik lehetővé az energiaátalakítást, 350 °C alatti hőmérsékletterományban elterjedtek a hasonló felépítésű, de szerves munkaközeg használó körfolyamatok, a szerves Rankine-ciklusok (ORC).

Az alkalmazott munkaközeg telített gőzös fázisgörbéjének T-s diagramon vett meredeksége alapján megkülönböztethető nedvesítő, izentróp és szárító munkaközeg. A munkaközeg ilyen típusú osztályozására azért van szükség, mert ez jelentősen befolyásolja az ORC felépítését és működését. Ha a körfolyamat a vízhez hasonlóan nedvesítő lenne (2. ábra a, b), akkor a szivattyú (1,2) után az előmelegítőbe belépő közeget (2,3) nem csak el kellene gőzöltetni (3,4), de túl is kellene hevíteni (4,5), mivel egy telített gőz halmazállapotból indított expenzió esetén (4,6\*) a nedvesség tartalom olyan mértékben megnőne az expanderben kilépő csomkján, amely – csepperoziót okozva – már jelentős élettartamcsökkenéshez vezethetne.

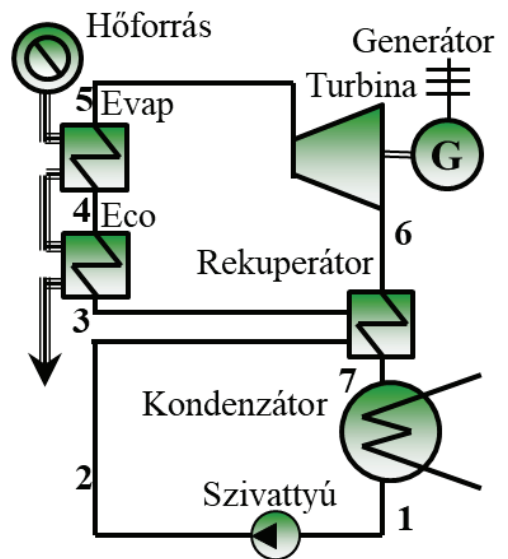
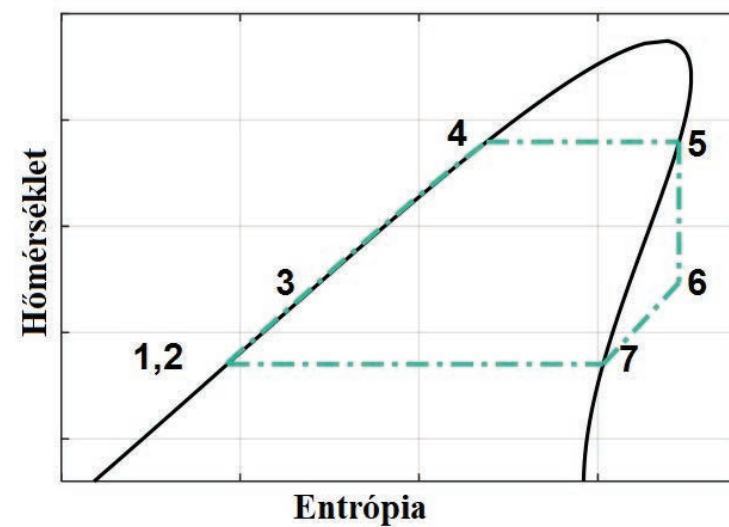
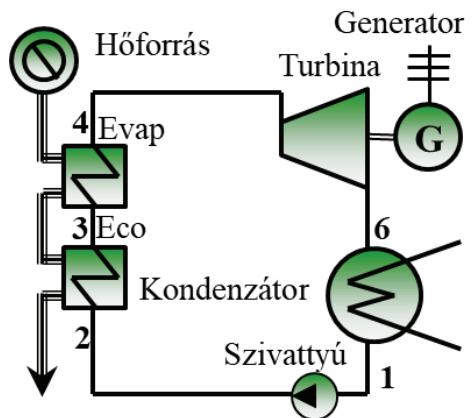
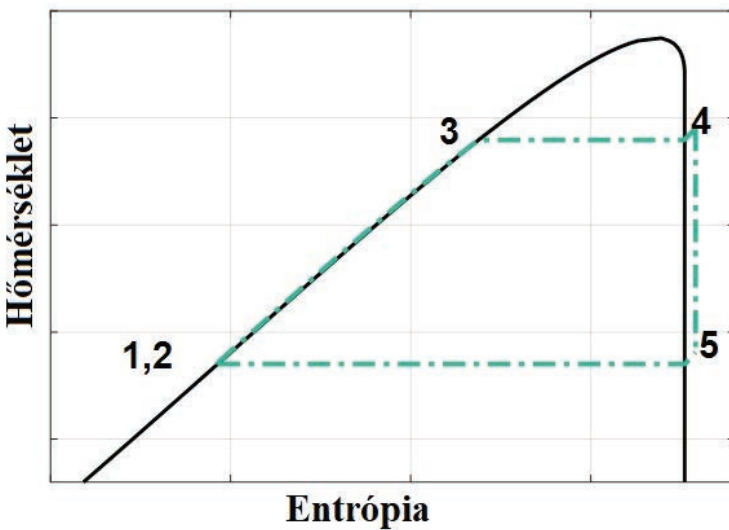
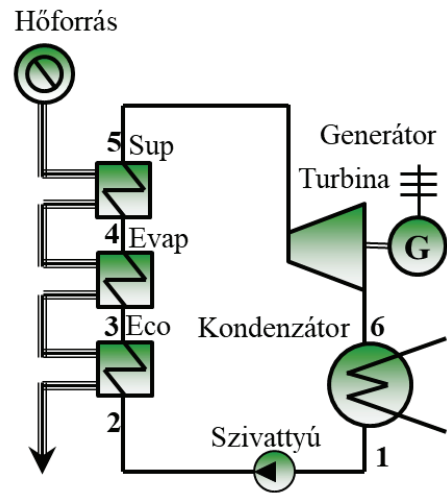
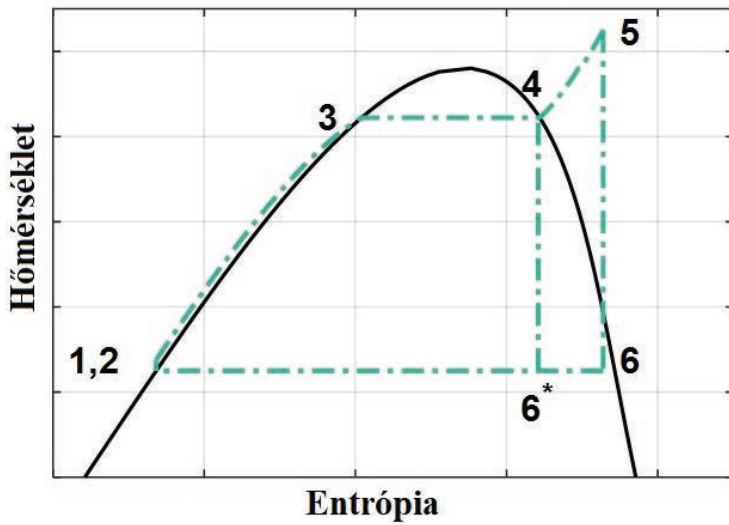
Ezzel ellentétben, egy szárító munkaközeg esetén (2. ábra. e és f) az előmelegítőből kilépő telített gőz (4, 5) egyből expandálható, és nincs szükség túlhevítőre, mivel a munkaközeg tulajdonságai miatt túlhevített gőzként fogja elhagyni az expandert (5, 6). Ennek a megoldásnak azonban hátránya, hogy ha a túlhevített gőz egyből a kondenzátorra jutna, az jelentősen növelné annak hőterhelését és rontaná a hatásfokát. Ezért gyakran alkalmaznak rekuperatív hőcserélőt (6,7), amellyel előmelegíthető a szivattyúból kilépő munkaközeg (2, 3), mielőtt az előmelegítőbe jutna.

Az ideális megoldás azonban az, ha a munkaközeg izentróp (2. ábra c és d), mivel ebben az esetben az expenzió telített gőz halmazállapotból indul és telített gőz halmazállapotba ér véget. Ilyen esetben a körfolyamat üzembiztos megvalósításához nem kellene se túlhevítő, se pedig rekuperatív hőcserélő.

Sajnos a valóságban tökéletesen izentróp munkaközeg nem létezik, ahogy ideális expenzió sem. Azonban ha figyelembe vesszük az expander hatásfokát, és olyan munkaközeg választunk, amellyel megvalósíthatóvá válik, hogy az expenzió telített gőz halmazállapotból induljon és közel telített gőz halmazállapotban érjen véget, feleslegessé válik mind a túlhevítő, mind pedig a rekuperatív hőcserélő, és egy termodinamikailag ideális megoldást

kapunk, maximális tengelyteljesítményt leadni képes konstrukcióval. A valós expanziót figyelembe vevő, termodinamikailag ideális munkaközegválasztással kapcsolatos kutatásokról bővebben a [37] közöl eredményeket.

A továbbiakban az kerül bemutatásra, hogy hogyan növelhető egy biológiai metanizáción alapuló, alkálikus elektrolízisű PtM technológia átalakítási hatásfoka szerves Rankine-ciklus illesztésén keresztül.



2. ábra. T-s diagramok és a hozzájuk tartozó ORC kapcsolások nedves (a, b), izentróp(c, d) és száraz (e, f) munkaközegűek esetén. [38]

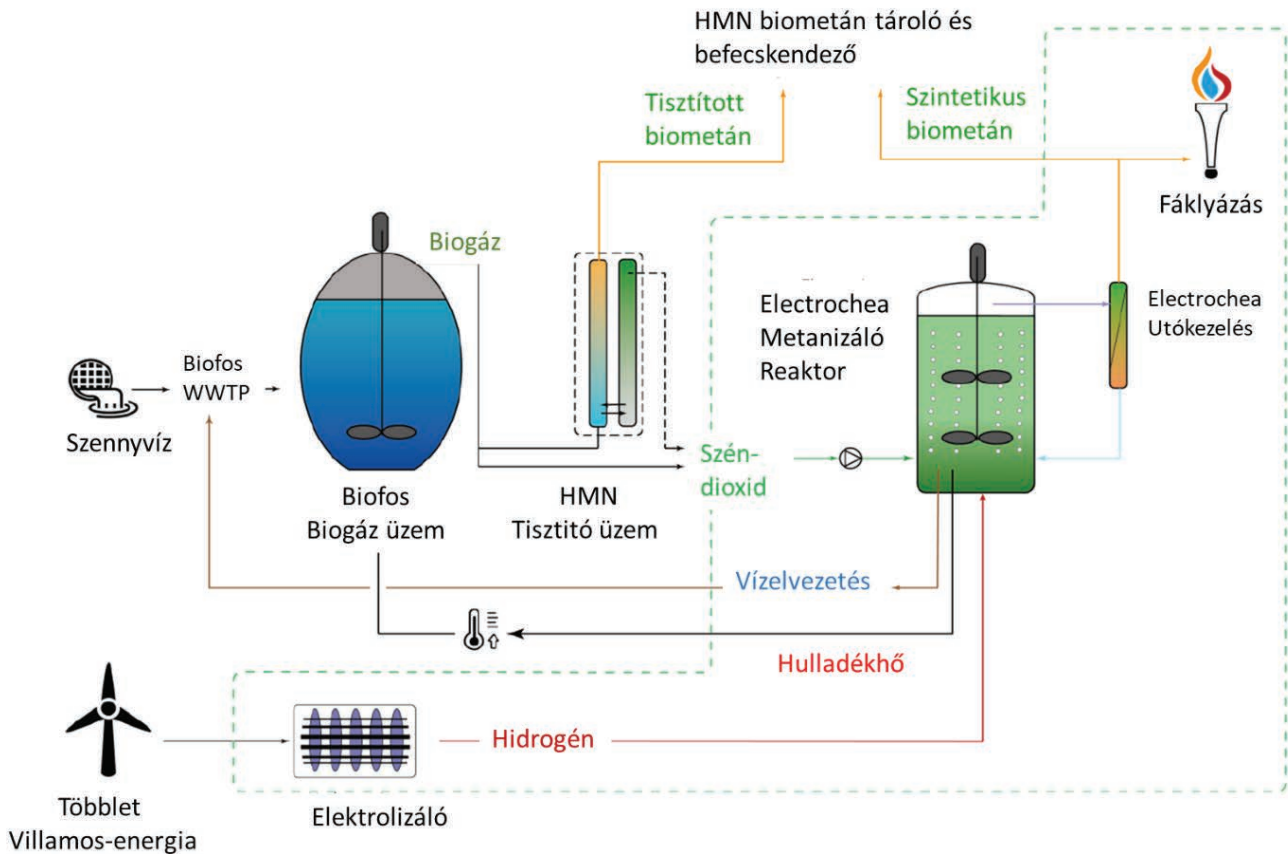
## Esettanulmány

### Referencia bio-metanizáló rendszer bemutatása

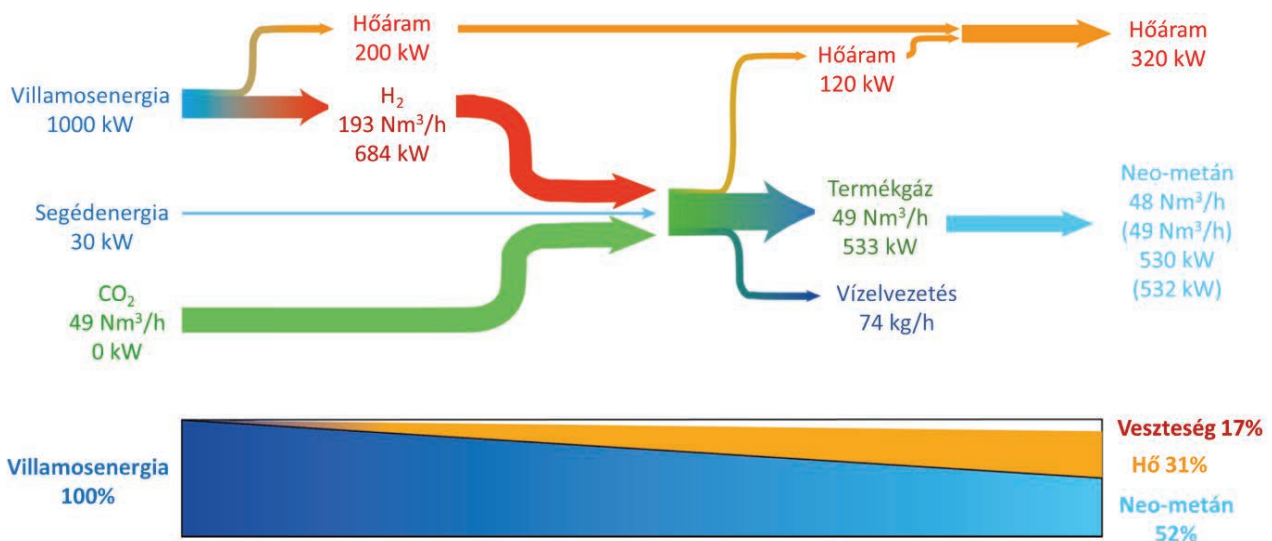
A bio-metanizáció folyamán keletkező hulladékhő ORC-ben való hasznosításának vizsgálata során referenciaként alkalmazott biometán előállító (BioCat) üzemet 2015 novembere és 2016 márciusa között állították fel Avedøre-ben (Dánia, Koppenhága vonzáskörzet), a BIOFOS szennyvíztisztító telephelyén. A rendszer, melynek kapcsolása a 3. ábrán látható, magába foglalja a 9 m magas BioCat reaktort egy 12 m magas vázban, egy 600 kW teljesítményű elektrolizátort, továbbá több konténert a közművek számára (vízlá-

gyítás, magas tisztaságú sűrített levegő, vezérlőterem és gázelemző).

Az üzemet 50 Nm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub>/h kezelésére tervezték. Szénforrásként vagy a városi szennyvíziszap anaerob lebontása során keletkező biogázt, vagy a befecskendezés előtt a nyers biogáz tisztítása során keletkező mellékgázt alkalmazzák. A biológiai metanizációhoz szükséges hidrogént a helyszínen egy elektrolizáló berendezés állítja elő, melynek maximális termelési kapacitása 110 Nm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>/h. A biológiai reaktort elhagyó gázt utókezelésnek vetik alá a víz, a por és a szennyeződések, valamint a felesleges H<sub>2</sub> és/vagy a nem reagált CO<sub>2</sub> eltávolítása érdekében. Az utókezelési fázisok során



3. ábra. Referencia bio-metanizáló üzem bemutatása [39]



4. ábra. A referencia bio-metanizáló rendszer energia mérlege [39]

keletkező maradékgázt visszavezetik a reaktorba, míg a főáram a földgázhálózatba kerül betáplálásra. A bemutatott referenciaüzemben a reaktor által termelt metabolikus hő egy vízhurkon került visszavezetésre a Biofos-hoz, hogy a biogáz előállítás hőigényét támogassák [39].

Az általunk vizsgált modellben a biológia-metán előállítás során keletkező hulladékhő teljes mennyisége szerves Rankine-ciklusban kerül felhasználásra. A rendszerben két ponton keletkezik elegendően magas hőmérsékletű hulladékhő, az egyik a már említett reaktorban képződő metabolikus hő, a másik pedig az elektrolízis során keletkező, levegővel elvezetett hő. A referencia bio-metanizáló rendszer energia mérlege a 4. ábrán látható.

A vizsgált modellben alkálikus elektrolizáló és ex-situ biológiai metanizáció van, melynek alapján szakirodalomban található adatok segítségével becsülhető, hogy az egyes pontokon milyen hőmérsékleten áll rendelkezésre a hulladékhő. Az ORC-ben hasznosítható hulladékhő paraméterei az 1. táblázatban láthatóak.

1. táblázat. Bio-metanizálóban keletkező hulladékhő

Keletkezési pont	Közeg	Hőáram [kW]	Hőmérséklet [°C]	Nyomás [bar]	Tömegáram [kg/s]
Elektrolizáló	levegő	200	70	30	39,498
Bio-rektor	víz	120	65	1	5,736

**ORC**

Az ORC-vel kialakított hulladékhő hasznosítás modellezése során négy különböző lehetőség került elemzésre. Vizsgáltuk, azt az esetet, melyben egy darab ORC hasznosítja az összes hulladékhőt sorosan kapcsolt hőcserélőkön keresztül. Ezen belül modelleztünk egy iparilag rendelkezésre álló rekuperatív hőcserélővel kialakított eljárást, továbbá egy, a turbina belső veszteségeit figyelembe vevő, maximális tengelyteljesítményt leadni képes konstrukciót (az expanzió telített gőz állapotból indul és telített gőz állapotig tart). A másik vizsgált lehetőség pedig az, ahol a hulladékhő keletkezési helyén

közvetlenül telepítünk ORC-eket. Ebben az esetben kétszer két gép működését modelleztük, az előző esetben bemutatott konstrukciós lehetőségekhez hasonlóan – ipari rekuperatív hőcserélős és telített gőz állapotból telített gőz állapotba tartó expanziós megvalósítás. Az összes esetben az ORC munkaközeg kondenzációjához szükséges hűtőközeget 20 °C-os levegőnek tekintettük. A modellezést követően a kapott eredmények összehasonlításra kerültek.

**Eset I**

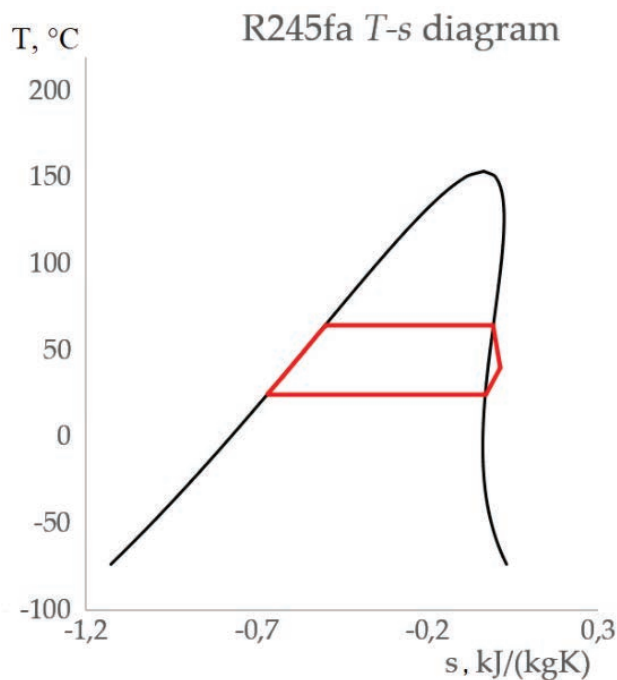
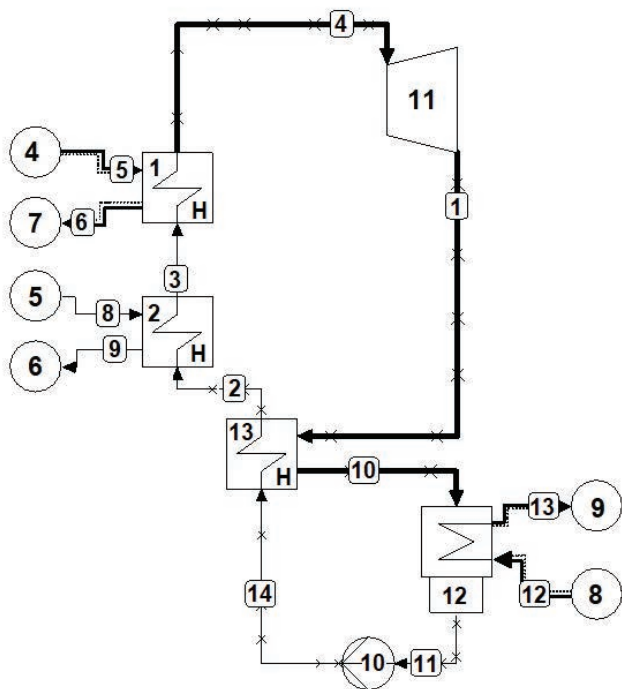
Az összes keletkező hulladékhő hasznosítása egy darab ORC-ben valósult meg két sorba kapcsolt hőcserélőn keresztül. A modellekben az első hőcserélőben hasznosult az elektrolizálóban keletkező hő, míg a második hőcserélőben a bio-rektorból származó hő felhasználása történt.

- *1/a eset:* Az ORC modellezése ipari konstrukció alapján valósult meg, melynek alapjául az Electratherm által forgalmazott, az adott hőmérsékleti határok között működő berendezés szolgált. A rendszerről található információk alapján az alkalmazott munkaközeg ebben az esetben R245fa (ElectraTherm Inc.), az expander pedig iker-csavar expander, melynek irodalmi adatok alapján [40] felvett belső hatásfok 72%. A vizsgált modell kapcsolása az 5. ábra bal, a folyamat T-s diagramja pedig a jobb oldalán található.

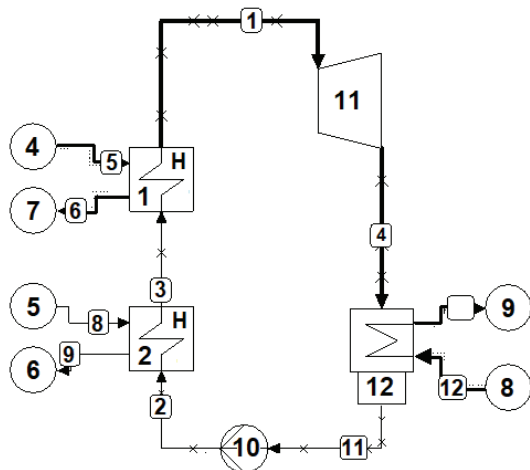
A hőcserélőkben hasznosult hőmennyiség, a hulladékhőhasznosítás mértéke, a körfolyamat hatásfoka, valamint a leadott teljesítmény a 2. táblázatban található.

2. táblázat. Ipari konstrukció mellett kialakított ORC energetikai mutatói

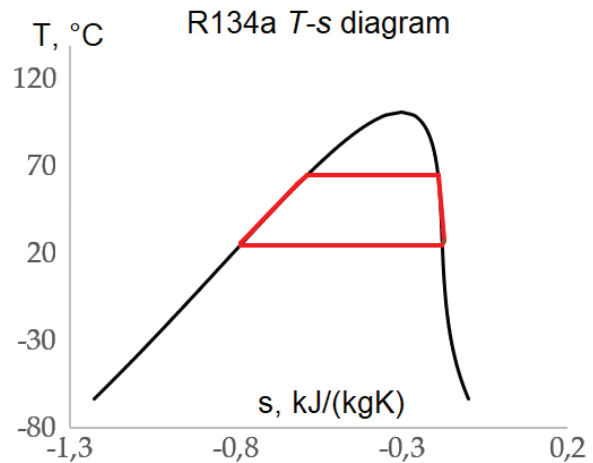
	Q, kW		P, kW
HTX1	199,15	T11	17,31
HTX2	38,63	P10	-0,33
Q	237,78	Q/Q <sub>hossz</sub>	74,30%
O <sub>hossz</sub>	320,00	η <sub>ORC</sub>	7,14%



5. ábra. Balra: hulladékhő hasznosítás modellezése egy ORC-ben ipari konstrukció mellett; Jobbra: R245fa T-s diagramjában felvett folyamat



6. ábra. Balra: hulladékhő hasznosítás modellezése egy ORC-ben optimális munkaközeg alkalmazásával; Jobbra: R134a T-s diagramjában felvett folyamat



A rendszer leadott teljesítménye 7,14%-os körfolyamati hatásfok mellett 16,98 kW, mellyel a bio-metán előállítási folyamat hatásfoka 1,65 százalékponttal növelhető.

- *I/b eset:* A rendszer modellezése során ebben az esetben is 72%-nak tekintettük az expander belső hatásfokát. Ezt figyelembe véve került kiválasztásra a munkaközeg, melynek alkalmazásával maximális tengelyteljesítmény adódik az adott hőmérsékletpáron – adott hőforrás (70 °C) és hőnyelő (20 °C) hőmérséklet mellett – és nincs szükség se túlhevítő, se rekuperatív hőcserélő alkalmazására. A munkaközeg, melyet a modellezés során alkalmaztunk és teljesíti a kívánt feltételeket az R134a. Az optimális munkaközeg választási módszerrel kapcsolatos részletes eredmények megtalálhatóak a [37] forrásban. A 6. ábra bal oldalán a vizsgált kapcsolás, jobb oldalán pedig a folyamat látható T-s diagramban.

Az optimális munkaközeggel kialakított rendszer körfolyamati hatásfoka 6,53%, leadott teljesítménye pedig 17,49 kW, mellyel a bio-metán előállítás hatásfoka (azaz az  $\eta_{be}$ ) 1,7 százalékponttal növelhető. A 3. táblázatban a modellhez kapcsolódó szimulációs eredmények találhatóak.

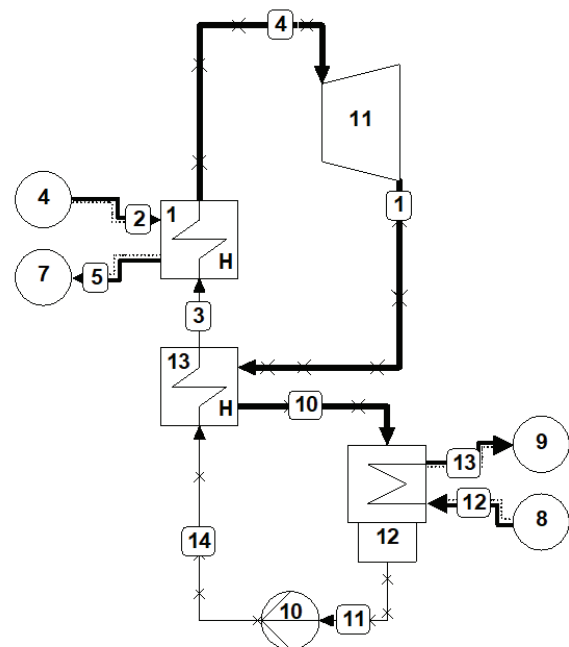
3. táblázat. Az R134a munkaközegű ORC szimulációs eredményei

	Q, kW		P, kW
HTX1	199,15	T11	19,00
HTX2	76,18	P10	-1,51
Q	275,33	Q/Q <sub>hossz</sub>	86,04%
O <sub>hossz</sub>	320,00	$\eta_{ORC}$	6,35%

### Eset II

A hulladékhő a keletkezés helyén került hasznosításra, így ebben az esetben egy elektrolizálóhoz és egy bio-reaktorhoz telepített ORC-t elemeztünk. A II/a. esetben az előzőekben bemutatott ipari konstrukció, a II/b esetben pedig a maximális tengelyteljesítményt adó kialakítás került vizsgálatra a különböző hőforrások esetén.

- A II/a kapcsolások esetén az I/a esethez hasonlóan a munkaközeg R245fa, az expander belső hatásfoka 72% és a rendszerek rekuperatív hőcserélőt is tartalmaznak. A modellezett kialakítás, mely mind a két forráshelyhez azonos felépítésű, a 7. ábrán látható.



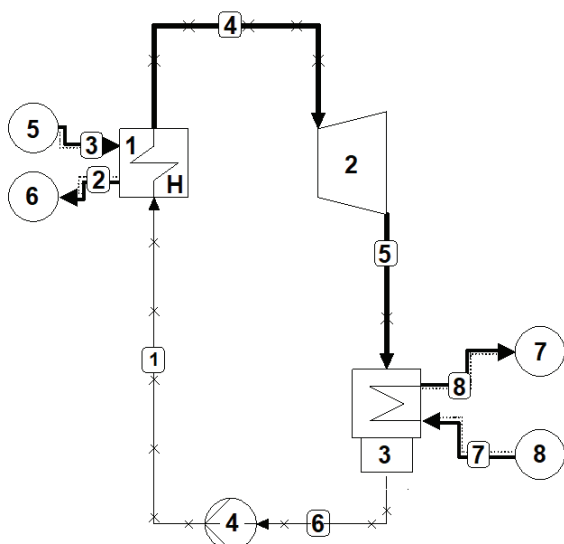
7. ábra. Hulladékhő hasznosító ipari ORC a forrás helyén

Az elektrolizálóhoz kapcsolt ORC hatásfoka 200 kW hulladékhő felhasználása mellett 7,11%, leadott teljesítménye pedig 14,22 kW. A bio-reaktornál keletkező 120 kW hulladékhőt hasznosító ORC hatásfoka 6,38% és leadott teljesítménye 7,66 kW.

- A II/b-ben vizsgált konstrukciók esetében, már nem volt lehetséges az I/b-ben látott munkaközeg alkalmazása, mivel a bio-reaktornál keletkező 65 °C-os hulladékhő esetén az R134a felhasználásával nem érhető el a kívánt maximális tengelyteljesítmény. A választott munkaközeg így a propán, mellyel mind 70 °C mind 65 °C-os hulladékhő esetén elérhető egy 72% belső hatásfokú expanderben a telített gőz állapotból közel telített gőz állapotba érkező expanzió. A vizsgált kapcsolást a 8. ábra mutatja.

Az elektrolizáló 200 kW hulladékhőjének felhasználására kialakított ORC hatásfoka 6,23%, leadott teljesítménye pedig 12,45 kW. A 65 °C-os 120 kW hulladékhőt hasznosító ORC hatásfoka 5,67%-ra, teljesítménye pedig 6,8 kW-ra adódott a szimulációk során.





8. ábra. Hulladék hő hasznosítás ORC-ben optimális munkaközeg alkalmazásával a forrás helyén

## Eredmények kiértékelése

A bemutatott esetek szimulációja során kapott eredmények a 4. táblázatban láthatóak.

4. táblázat. Szimulációs eredmények a PtM üzemben keletkező hulladék hő ORC-ben történő hasznosítása esetén

	ORC teljesítmény [kW]	PtM eredeti hatásfok	PtM hatásfok ORC-vel	Hatásfok növekedés [százalékpont]
Eset I/a.	16,98	51,46%	53,10%	1,65
Eset I/b.	17,49	51,46%	53,15%	1,70
Eset II/a.	21,88	51,46%	53,58%	2,12
Eset II/b.	19,25	51,46%	53,33%	1,87

Kizárólag műszaki szempontokat figyelembe véve kedvezőbb megoldás, ha a hulladék hő átalakítása a keletkezési helyén valósul meg, mivel két ORC egység alkalmazásával a megtermelt villamosenergia 40%-al növelhető. Ezen szempontok alapján a legkedvezőbb eset a II/a, melynél 21,88 kW villamosenergia termelhető, ami alkalmas a PtM technológia hatásfokának 2,12%-pontos növelésére.

Gazdasági szempontokat is figyelembe véve csak olyan megoldás képzelhető el, ahol egy darab ORC kerül beüzemelésre sorba kapcsolt hőforrásokkal. Így a legjobb esetnek az I/b adódik. Az itt alkalmazott, általunk preferált maximális tengelyteljesítményre optimalizált munkaközeg választás nem csak műszaki szempontból kedvezőbb, mint a gyárilag rendelkezésre álló társai, hanem a konstrukció is olcsóbb, hiszen kevesebb berendezésre van szükség benne.

Arra is lehetőség van, hogy az ORC-vel a keverő villamosenergia-felvételét váltsuk ki. Tengelykapcsolón keresztül közvetlenül is meghajtható a bio-reaktor keverője. Ebben az esetben nem villamosenergia átalakítás történik, hanem az ORC tengelyteljesítményének közvetlen hasznosítása. Ez a megoldás olcsóbb is (nincs szükség generátorra) és a hatásfoka is jobb (a generátor alkalmazása ugyan csak kis mértékben, de csökkentené a hatásfokot). A 4. táblázat és a 4. ábra adatait összehasonlítva látjuk, hogy a

keveréshez szükséges 30 kW jelentős része (kb. 17-22 kW) fedezhető lenne ebből a forrásból.

## Összefoglalás

A cikk elején röviden bemutatuk, hogy miért van a közeljövőben egyre nagyobb szükség nagy tárolási kapacitású energiatárolási megoldásokra. Ezután részletesen ismertettünk egy ilyen megoldást, az úgynevezett Power-to-Methane (PtM vagy P2M) technológiát, amelyben a tárolandó villamosenergia segítségével vízbontással hidrogént állítanak elő, majd ezt biokémiai úton, szén-dioxid hozzáadásával metanizálják. A technológia fő előnye, hogy a keletkező metán együtt tárolható és használható a földgázzal, hátránya viszont az alacsony tárolási hatásfok.

A cikk második felében egy konkrét tároló adatait felhasználva megmutattuk, hogy hogyan növelhető a betáplálási (és így a teljes tárolási) hatásfok is a vízbontó és metanizáló berendezések alacsony hőmérsékletű hulladék hőjének villamosenergiává való visszaalakításával, amihez négy különböző ORC-alapú konfigurációt használtunk. A villamosenergia bio-metánná való átalakításának (azaz a tárolás első részének) a hatásfoka a konfigurációktól függően 1,65-2,12 százalékpontot növekedett. Ez – amennyiben a villamosenergiává való visszaalakítás változatlan marad – a teljes hatásfok ugyanekkora arányú növekedését eredményezheti.

## Köszönetnyilvánítás

- A munka a 2020-3.1.1-ZFR-KVG-2020-00006 számú projekt keretén belül a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a 2020-3.1.2- ZFR-KVG pályázati program finanszírozásában valósult meg.
- Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3 kód-számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.
- Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-5 kód-számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.
- Ez a publikáció a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj támogatásával készült.

## Irodalom

- [1] Innovációs és Technológiai Minisztérium, „Nemzeti Energia- és Klímaterv,” 2020.
- [2] Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt., „A Magyar Villamosenergia -rendszer fogyasztói igényeinek előrejelzése 2019.,” 2019.
- [3] Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt., „A Magyar Villamosenergia- rendszer közép- és hosszú távú forrásoldali kapacitás fejlesztése 2019.,” 2019.
- [4] G. Pintér, „The potential role of power-to-gas technology connected to photovoltaic power plants in the visegrad countries-a case study,” *Energies*, vol. 13, no. 23, pp. 1–14, 2020, doi: 10.3390/en13236408.
- [5] C. K. Das et al., „Optimal sizing of a utility-scale energy storage system in transmission networks to improve frequency response,” *J. Energy Storage*, vol. 29, no. February, p. 101315, 2020, doi: 10.1016/j.est.2020.101315.
- [6] W. He, M. King, X. Luo, M. Dooner, D. Li, and J. Wang, „Technologies and economics of electric energy storages in power systems: Review and perspective,” *Adv. Appl. Energy*, vol. 4, no. July, p. 100060, 2021, doi: 10.1016/j.adapen.2021.100060.

- [7] H. Blanco, W. Nijs, J. Ruf, and A. Faaij, "Potential of Power-to-Methane in the EU energy transition to a low carbon system using cost optimization," *Appl. Energy*, vol. 232, no. April, pp. 323–340, 2018, doi: 10.1016/j.apenergy.2018.08.027.
- [8] Z. Csedo, B. Sinóros-Szabó, and M. Zavarkó, "Seasonal energy storage potential assessment of WWTPs with power-to-methane technology," *Energies*, vol. 13, no. 18, 2020, doi: 10.3390/en13184973.
- [9] F. Crotagino, H. Landinger, U. Bünger, T. Raksha, J. Simon, and L. Correias, "Update of Benchmarking of large scale hydrogen underground storage with competing options," 2014. [Online]. Available: [http://hyunder.eu/wp-content/uploads/2016/01/D2.1\\_Benchmarking-of-large-scale-seasonal-hydrogen-underground-storage-with-competing-options.pdf](http://hyunder.eu/wp-content/uploads/2016/01/D2.1_Benchmarking-of-large-scale-seasonal-hydrogen-underground-storage-with-competing-options.pdf).
- [10] M. Lehner, R. Tichler, H. Steinmüller, and M. Koppe, "The Power-to-Gas Concept," in *Power-to-Gas: Technology and Business Models.*, SpringerBr., Springer, 2014, pp. 7–17.
- [11] M. Götz et al., "Renewable Power-to-Gas: A technological and economic review," *Renew. Energy*, vol. 85, pp. 1371–1390, 2016, doi: 10.1016/j.renene.2015.07.066.
- [12] A. Ursúa, L. M. Gandía, and P. Sanchis, "Hydrogen production from water electrolysis: Current status and future trends," *Proc. IEEE*, vol. 100, no. 2, pp. 410–426, 2012, doi: 10.1109/JPROC.2011.2156750.
- [13] J. Mergel, M. Carmo, and D. Fritz, "Status on Technologies for Hydrogen Production by Water Electrolysis," *Transit. to Renew. Energy Syst.*, pp. 425–450, 2013, doi: 10.1002/9783527673872.ch22.
- [14] A. Mazza, E. Bompard, and G. Chicco, "Applications of power to gas technologies in emerging electrical systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 92, no. April, pp. 794–806, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.04.072.
- [15] A. Buttler and H. Spliethoff, "Current status of water electrolysis for energy storage, grid balancing and sector coupling via power-to-gas and power-to-liquids: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, no. September 2017, pp. 2440–2454, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.09.003.
- [16] M. Carmo, D. L. Fritz, J. Mergel, and D. Stolten, "A comprehensive review on PEM water electrolysis," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 38, no. 12, pp. 4901–4934, 2013, doi: 10.1016/j.ijhydene.2013.01.151.
- [17] W. Dönitz and E. Erdle, "High-temperature electrolysis of water vapor-status of development and perspectives for application," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 10, no. 5, pp. 291–295, 1985, doi: 10.1016/0360-3199(85)90181-8.
- [18] M. A. Laguna-Bercero, "Recent advances in high temperature electrolysis using solid oxide fuel cells: A review," *J. Power Sources*, vol. 203, pp. 4–16, 2012, doi: 10.1016/j.jpowsour.2011.12.019.
- [19] Zavarkó Máté (Corvinus University of Budapest), "Energetikai diszruptív technológiafejlesztés által indukált változásvezetési modellek," Corvinus University of Budapest, 2021.
- [20] S. Schiebahn, T. Grube, M. Robinus, V. Tietze, B. Kumar, and D. Stolten, "Power to gas: Technological overview, systems analysis and economic assessment for a case study in Germany," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 40, no. 12, pp. 4285–4294, 2015, doi: 10.1016/j.ijhydene.2015.01.123.
- [21] H. Blanco and A. Faaij, "A review at the role of storage in energy systems with a focus on Power to Gas and long-term storage," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, no. August 2017, pp. 1049–1086, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.07.062.
- [22] S. Rönsch et al., "Review on methanation - From fundamentals to current projects," *Fuel*, vol. 166, pp. 276–296, 2016, doi: 10.1016/j.fuel.2015.10.111.
- [23] M. A. Vannice, "The Catalytic Synthesis of Hydrocarbons from Carbon Monoxide and Hydrogen," *Catal. Rev.*, vol. 14, no. 1, pp. 153–191, 1976, doi: 10.1080/03602457608073410.
- [24] I. Kiendl, M. Klemm, A. Clemens, and A. Herrman, "Dilute gas methanation of synthesis gas from biomass gasification," *Fuel*, vol. 123, pp. 211–217, 2014, doi: 10.1016/j.fuel.2014.01.036.
- [25] J. Kopyscinski, T. J. Schildhauer, and S. M. A. Biollaz, "Methanation in a fluidized bed reactor with high initial CO partial pressure: Part I-Experimental investigation of hydrodynamics, mass transfer effects, and carbon deposition," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 66, no. 5, pp. 924–934, 2011, doi: 10.1016/j.ces.2010.11.042.
- [26] C. H. Bartholomew, "Mechanisms of catalyst deactivation," *Appl. Catal. A Gen.*, vol. 212, no. 1–2, pp. 17–60, 2001, doi: 10.1016/S0926-860X(00)00843-7.
- [27] J. Lefebvre, M. Götz, S. Bajohr, R. Reimert, and T. Kolb, "Improvement of three-phase methanation reactor performance for steady-state and transient operation," *Fuel Process. Technol.*, vol. 132, pp. 83–90, 2015, doi: 10.1016/j.fuproc.2014.10.040.
- [28] C. Janke, M. S. Duyar, M. Hoskins, and R. Farrauto, "Catalytic and adsorption studies for the hydrogenation of CO<sub>2</sub> to methane," *Appl. Catal. B Environ.*, vol. 152–153, no. 1, pp. 184–191, 2014, doi: 10.1016/j.apcatb.2014.01.016.
- [29] Z. Liu, B. Chu, X. Zhai, Y. Jin, and Y. Cheng, "Total methanation of syngas to synthetic natural gas over Ni catalyst in a micro-channel reactor," *Fuel*, vol. 95, pp. 599–605, 2012, doi: 10.1016/j.fuel.2011.12.045.
- [30] K. P. Brooks, J. Hu, H. Zhu, and R. J. Kee, "Methanation of carbon dioxide by hydrogen reduction using the Sabatier process in microchannel reactors," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 62, no. 4, pp. 1161–1170, 2007, doi: 10.1016/j.ces.2006.11.020.
- [31] M. Szuhaj, Z. Bagi, and K. Kovács L., "A „Power-to-Gas” és kapcsolódó biogáz tisztítási biotechnológiai eljárások," *ENERGIAGAZDÁLKODÁS*, vol. 60, no. special issue, pp. 13–16, 2019.
- [32] I. Angelidaki et al., "Biogas upgrading and utilization: Current status and perspectives," *Biotechnol. Adv.*, vol. 36, no. 2, pp. 452–466, 2018, doi: 10.1016/j.biotechadv.2018.01.011.
- [33] R. Muñoz, L. Meier, I. Diaz, and D. Jeison, "A review on the state-of-the-art of physical/chemical and biological technologies for biogas upgrading," *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, vol. 14, no. 4, pp. 727–759, 2015, doi: 10.1007/s11157-015-9379-1.
- [34] K. Kummer and A. R. Imre, "Seasonal and multi-seasonal energy storage by power-to-methane technology," *Energies*, vol. 14, no. 11, 2021, doi: 10.3390/en14113265.
- [35] A. R. Imre and K. Kummer, "Szezonális és hosszútávú energiatárolási lehetőségek," *ENERGIAGAZDÁLKODÁS*, vol. 62, no. 6, pp. 2–9, 2021.
- [36] S. Marami Milani, R. Khoshbakhti Saray, and M. Najafi, "Exergo-economic analysis of different power-cycle configurations driven by heat recovery of a gas engine," *Energy Convers. Manag.*, vol. 186, no. September 2018, pp. 103–119, 2019, doi: 10.1016/j.enconman.2019.02.030.
- [37] R. Kustán, A. R. Imre, and A. Groniewsky, "The effect of internal efficiency of expander on the working fluid selection," in *IIR International Rankine 2020 Conference -Heating, Cooling and Power Generation -Refrigeration Science and Technology, 2020*, vol. 2020-July, no. July, pp. 351–357, doi: 10.18462/iir.rankine.2020.1170.
- [38] A. R. Imre and A. Groniewsky, "Various Ways of Adiabatic Expansion in Organic Rankine Cycle (ORC) and in Trilateral Flash Cycle (TFC)," *Zeitschrift für Phys. Chemie*, vol. 233, no. 4, pp. 577–594, 2019, doi: 10.1515/zpch-2018-1292.
- [39] M. Kluge and D. Bach, "WP3 – Biogas valorization and efficient energy management (Technical and economic analysis of biological methanation)," 2018.
- [40] Y. Zhao, G. Liu, L. Li, Q. Yang, B. Tang, and Y. Liu, "Expansion devices for organic Rankine cycle (ORC) using in low temperature heat recovery: A review," *Energy Convers. Manag.*, vol. 199, no. August, p. 111944, 2019, doi: 10.1016/j.enconman.2019.111944.

# Húsz éves az Energetikai Szakkollégium

Az Energetikai Szakkollégium Jubileumi félvéneke kiemelkedő esemény volt a 2022. november 3-ai ESZK20 előadásorozat, amelynek keretében a Szakkollégium 20 éves fennállását ünnepeltük. Az esemény tematikája felölelte a kialakult energiaválság hatásait, a megújuló energiaforrások térnyerését, valamint ezen területek hatásait az energiapiacokra, mindennapjainkra. Rendezvényünkön a szakma meghatározó képviselői vitatták meg ezeket a kérdéseket, plenáris előadások, valamint egy panelbeszélgetés keretében.

A jubileumi rendezvényt a szervezők kérésére Nagy Máté, a Szakkollégium első elnöke nyitotta meg. Megnyitó beszédében visszaemlékezett az alapítás körülményeire, a kezdeti tevékenységre és felidézte a létrehozás céljait is. A hallgatóság továbbá betekintést nyerhetett az indulás kihívásaiba is, melyekkel 20 évvel ezelőtt az alapítóknak meg kellett birkóznuk. Legfontosabb tényezőként azonban azoknak a Kolléganőknak és Kollégáknak áldozatos munkáját emelte ki Nagy Máté, akik a programok és a Szakkollégium életének szervezésében részt vettek és részt vesznek, és akik nélkül a Szakkollégium nem tudott volna sem létrejönni, sem pedig fennmaradni.

A megnyitót követően Sörös Péter Márk, az MVM Zrt. üzletfejlesztési osztályvezetője Energia-veszélyhelyzet: a globális ársokk okai és első következményei címmel tartott előadást. Előadásában többek között szó volt a piaci árváltozásokról, a földgázkeresletről, a villamosenergia-keresletről, valamint az energiareziliencia megoldásairól is. Az előadó kitért a jelenleg zajló energiakrízis gyökérokaira is, amelyek már 2021-ben is tapasztalhatóak voltak. A rekordmagas energiaárak lassú mérséklődésével azonban hosszabb távon is magas árszinttel számolhatunk. Hangsúlyozta, hogy a nemzetgazdaság szintjén az energiaárrobbanást csak fundamentális, műszaki, hatékonysági és használati szokásokat befolyásoló megoldásokkal lehet kezelni. Továbbá kiemelte, hogy az orosz-ukrán konfliktus elhúzódása jelentős hatással van az európai és magyarországi földgázellátásra. A földgázellátás átalakulása kritikusan érinti a lakossági energiafelhasználást, mert az dominánsan földgáz bázisú. Az energiaszámlák mérséklését a földgázfelhasználás csökkentésével, vagyis a hatékonyabb felhasználásával, valamint kiváltásával, alternatívákkal érdemes megtenni.

Dr. Hartmann Bálint, az ELKH Energiatudományi Kutatóközpont, E-SEE kutatócsoport tudományos főmunkatársa, a Szakkollégium ko-

rábbi elnöke, jelenlegi pártoló tagja Ellátásbiztonság az átalakuló villamosenergia-rendszerekben címmel tartott előadást. Előadásában bemutatásra került a hálózattudomány alkalmazása a villamosenergia-rendszerben. Általánosságban elmondható, hogy egy hálózat minél összetettebb, annál hatékonyabban tud működni, de sérülékenysége így nagyobb lesz, ugyanakkor a gráfelmélet alkalmazásával mérsékelhető a sérülékenység. Az előadó kutatása a villamosenergia-hálózatra terjed ki, amely keretein belül a magyar villamosenergia-rendszer fejlődését vizsgálta, ezen belül is a rendszer átlagos úthosszát, kisvilág mutatóját, exponenciális és hatványfüggvény fokszámeloszlását tanulmányozta. Az eredmények azt mutatják, hogy a villamosenergia-rendszerek kisvilág-tulajdonságának kialakulását nem a hálózat méretének a növekedése okozza, hanem az eltérő technológiákkal kialakított rendszerek együttes vizsgálata, illetve az új feszültségszintek bevezetése. A vizsgálat szempontjából sérülésnek számít a csomópont eltávolítása, él eltávolítása, illetve kombinált sérülések is vannak.

Az előadások után Prof. Dr. Aszódi Attila egyetemi tanár, a BME TTK dékánjának vezetésével „Energiastratégia az orosz gázon túl” címmel zajlott panelbeszélgetés. A beszélgetés résztvevői Dr. Kaderják Péter, a Zéró Karbon Központ vezetője, Kovács Pál, a MEKH Energetikáért felelős elnökhelyettese és Gerse Pál, a MET Group Portfólió menedzser Igazgatója, a Szakkollégium pártoló tagja voltak.

A beszélgetés első felében az elmúlt fél év energetikai fejlődését vitatták meg a szakemberek. Mindezek mellett az orosz-ukrán háború okozta áremelkedés és az energiaszektor megváltozása is szóba került. A jelenlegi fő szempont az ellátásbiztonság, ami miatt olykor szembe kell menni a korábbi fenntarthatósági és klímavédelmi célkitűzésekkel, de hosszú távon ezeket a célokat nem szabad figyelmen kívül hagyni, vélekedtek a meghívottak. Azzal minden résztvevő egyetértett, hogy az energiahatékonyság fontossága már a közeljövőben is jelentősen növekedni fog, valamint úgy gondolják, hogy az atomenergia is kulcsfontosságú lesz a jövő villamosenergia ellátásában. A beszélgetés második témája az aktuális földgáz helyzet volt. A világ jelenleg megoldást keres a háború okozta helyzetre, kérdés azonban, hogy a háborút követően visszatérhet-e a világ ahhoz a konfigurációhoz, mint ami korábban volt. A panelbeszélgetés résztvevői egyetértettek abban, hogy ha nem is teljesen, de nagy arányban az orosz gáz helyettesítése be fog következ-



Dr. Sörös Péter Márk, MVM Zrt.



Dr. Hartmann Bálint, az ELKH Energiatudományi Kutatóközpont



**A kerekasztal beszélgetés résztvevői**

ni. Harmadik témaként a megújuló hazai térnyeréséről osztották meg gondolataikat a résztvevők. A panelbeszélgetés zárásaként pedig a fogyasztói tudatosságról és a háztartások energetikai helyzetéről is szót ejtettek a meghívott előadók.

A panelbeszélgetés után a résztvevő vendégek, jelenlegi és volt szakkollégisták állófogadás keretében elevenítették fel az elmúlt 20 év történéseit, szép emlékeit.

Az állófogadás megnyitójaként Dr. Zsebik Albin, a Szakkollégium alapító tanárelnöke, Dr. Berta István, az egyik alapító egyesület, a Magyar Elektrotechnikai Egyesület alapításkori elnöke, a Szakkollégium Felügyelő Bizottságának sok éven keresztül tagja és Dr. Németh Bálint, a Szakkollégium korábbi elnöke, a Felügyelő Bizottságának jelenlegi vezetője mondott köszöntőt.

Dr. Zsebik Albin köszöntőjét köszönettel kezdte. Elmondta, hogy a Szakkollégium kezdeményezője volt és azóta is segítője, de a sikeres 20 év a Szakkollégium tisztségviselőinek és tagjainak érdeme. Ezt Nekik a szakkollégiumi rendezvények résztvevői nevében is köszöni.

Beszédében hivatkozott a Mérnök Újságban „Feladatunk a jó példát követni és jó példát mutatni” címmel néhány évvel ezelőtt közzé tett

jegyzetere. Abban Zielinski Szilárdnak, az országos hatáskörű Budapesti Mérnöki Kamara első elnökének, a szegedi víztorny tervezőjének személyiségét és példamutató tevékenységét mutatta be. Zielinski példamutatónak tekinthető szorgalommal és alázattal rendelkezett. Folyamatosan törekedett szakmai ismereteinek bővítésére és azok gyakorlatba való átültetésére. Tudására alapozott bátorsága az új, „innovatív” ötletek fejlesztésében és hazai megvalósításában szintén kiemelendő.

A felsorolt példamutató tulajdonságok tapasztalhatók a szakkollégisták esetében is. Peldamutatónak tekinthető ugyanakkor a Szakkollégium tisztségviselőinek és tagjainak a programok szervezése mellett az utánpótlásról való gondoskodása is. A jó példát kell a jövőben is követni és mutatni annak érdekében, hogy a Szakkollégium tevékenysége folyamatos és sikeres legyen. Ehhez kívánt az alapító tanárelnök sok sikert.

Dr. Berta István köszöntőjét születésnap jókívánással kezdte, majd visszaemlékezett a Szakkollégium alapítására, ahol nem csupán egyetemi oktatóként, hanem a Magyar Elektrotechnikai Egyesület elnökéként volt jelen. Az évek során olykor közelről, a Felügyelő Bizottság tagjaként, olykor távolabbról követte végig a Szakkollégium fejlődését. Professor Úrnak sok élménye kapcsolódik az előadásokhoz, amelyek közül néhányat ő maga tartott, a szakmai kirándulásokhoz és az IYCE-k egész sorához. Már a tizedik születésnapon is jelen volt és köszöntőjében kifejezte örömét, hogy a huszadikon is jelen lehet. Gondolatait pedig egy idézettel zárta: „Az okos emberek megoldják a problémákat, a bölcsek pedig megelőzik őket.” Ezzel az idézettel kívánt Professor Úr a Szakkollégium valamennyi tagjának nagyon sok eredményt és bölcsességet a jövőre nézve.

Dr. Németh Bálint köszöntőjében visszaemlékezett az elmúlt évekre, a szép pillanatokra, ugyanakkor a nehézségeket is megemlítette, és hozzátette, hogy ezek formáltak a Szakkollégiumot azzá, ami. A jövőre nézve további sikereket kíván és reméli, hogy még számos jubileumon vehet részt.

*Gianone János, az ESZK titkára*



**Volt és jelenlegi szakkollégisták**



Tisztelt Kolléga!

Az Association of Energy Engineers ([www.aeecenter.org](http://www.aeecenter.org)) Magyar Tagozata, az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Energiahatékonysági Szakosztálya ([www.ete-net.hu](http://www.ete-net.hu)), és az Energetikai Szakkollégium ([www.eszk.org](http://www.eszk.org)), további szakmai szervezetek és a szervezőkhöz csatlakozó Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal ([www.mekh.hu](http://www.mekh.hu)), a Budapesti és Pest megyei Mérnöki ([www.bpmk.hu](http://www.bpmk.hu)), valamint a Budapesti Kereskedelmi és Ipar ([www.bkik.hu](http://www.bkik.hu)) Kamarák közreműködésével, az energiaveszteség-feltárás és az energetikai szakreferensi tevékenységben szerzett tapasztalatok megosztása érdekében, szervezi a

**„Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság”**

**KLENEN'23 konferenciát ([www.klenen.eu](http://www.klenen.eu)).**

A 2023. március 8-9-én a megújult Thermal Hotel Visegrádban tartandó rendezvényen a szakterületeken szerzett tapasztalatok cseréje mellett kiemelt figyelmet fordítunk

- az energiaár drasztikus emelkedésének hatására,
- a megnövekedett energetikai korszerűsítési igények ipari hátterére (agyártói/kivitelezői kapacitásokra),
- az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer működésével kapcsolatos tapasztalatok megosztására,
- az energetika területén felmerült új kockázatok kezelésének lehetséges megoldásaira, a kialakult jó gyakorlatokra, s nem utolsósorban,
- az energetikai auditálási kötelezettség 2023. évi évfordulója alkalmából az audit és az azt kiváltó ISO 50001 szabvány szerinti energiagazdálkodási rendszer előnyének/hátrányának megvitatására.

Az eddigi gyakorlattal összhangban plenáris és szekció előadások formájában osztjuk meg tapasztalatainkat, mondjuk el véleményünket, az energetikai veszteségfeltárás, auditálás, az alternatív járműhajtások, valamint az energiahatékonysági projektek finanszírozási megoldásaival kapcsolatban. Önálló szekcióban foglalkozunk az ISO 50001 alapú energiagazdálkodási rendszerek bevezetésének és fenntartásának tapasztalataival, majd workshop jellegű csoportos munka keretében végzünk a szabványalkalmazók számára hasznos helyzetgyakorlatokat.

Ha Ön, mint energetikai auditor, szakreferens, vagy auditálásra, szakreferens igénybevételére kötelezett szervezet képviselője, vagy energiaszolgáltató, illetve kereskedő cég képviselője, az energiahatékonyság növelését segítő berendezések gyártója, forgalmazója, az elmúlt évekhez hasonlóan bizonyára sok hasznos információra tehet szert a konferencián, ezért ajánljuk figyelmébe és hívjuk meg a részvételre, gyártott és forgalmazott termékeik bemutatására. A konferencia második napján, első alkalommal három párhuzamos szekcióban kínálunk programot egész napra, és szintén elsőként két szekcióban mutatkoznak be energetikai területen tanuló és kutató tehetséges fiataljaink.

A konferencia alkalmával rendezett table-top kiállításon lehetőséget biztosítunk az Ön, vagy cége által forgalmazott energiahatékonyságot növelő eszközök és/vagy szolgáltatások bemutatására. A bemutatkozásra egyrészt az előadásoknak helyt adó termek előterében, másrészt a szekciók keretében adunk lehetőséget. A kiállításra jelentkező cégek logóját és rövid bemutatkozójukat közzé tesszük a konferencia nyomtatványaiban, A5 formátumú hirdetését az Energiagazdálkodás szakfolyóiratban.

A konferencia előadásainak címét az alábbi előzetes program tartalmazza. Az előadások rövid összefoglalója már fenn van a konferencia honlapján [www.klenen.eu](http://www.klenen.eu), vagy hamarosan felkerül.

A honlapon talál a részvétellel kapcsolatosan is további információt. Ott, vagy a [klenen@congress.hu](mailto:klenen@congress.hu) e-mail címen jelentkezhet résztvevőként és/vagy kiállítóként.

**A konferenciára tisztelettel meghívjuk Önt és munkatársait és várjuk jelentkezésüket.**

**Dr. Zsebik Albin**  
ETE elnökhelyettes  
a szervezőbizottság elnöke

**Csizsige Zoltán**  
AEE Magyar Tagozat elnök  
a szervezőbizottság alelnöke

**Székely László**  
Energetikai Szakkollégium elnök  
a szervezőbizottság társelnöke



## A KONFERENCIA ELŐZETES PROGRAMJA

KLENEN'23 TERVEZETT PROGRAM						
2023. március 8, szerda			2022. március 9, csütörtök			
	Plenáris terem	Szekció terem I.	Plenáris terem	Szekció terem I.	Szekció terem II.	
08:00 – 09:20	REGISZTRÁCIÓ		REGISZTRÁCIÓ			08:00 – 08:30
	Érkezési kávészünet					
09:20 – 09:50	Megnyitó		5.1 SZEKCIÓ	5.2 SZEKCIÓ	5.3 SZEKCIÓ	08:30 – 10:30
09:50 – 11:20	1. Plenáris előadások		Energia-hatékonyság az épület-energetikában	E-mobilitás, energia-forradalom a közlekedésben	Mérési rendszerek az energia-hatékonyság szolgálatában	
			KÁVÉSZÜNET			10:30 – 11:00
11:20 – 13:00	2. SZEKCIÓ Az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer (EKR) aktuális kérdései		6.1 SZEKCIÓ Ipari energia-hatékonyság I.	6.2 SZEKCIÓ ISO 50001 bevezetés és fenntartás tapasztalatai	6.3 SZEKCIÓ Tehetséges fiatalok az energetikában I.	11:00 – 13:00
13:00 – 14:00	EBÉD		EBÉD			13:00 – 14:00
14:00 – 15:30	3. SZEKCIÓ Kerekasztal beszélgetés, kötetlen véleménycsere, az EKR működésének tapasztalatai		7.1 SZEKCIÓ Ipari energia-hatékonyság II.	7.2 SZEKCIÓ ISO 50001 Workshop, Játékos helyzet-gyakorlatok, valós feladat-megoldás	7.3 SZEKCIÓ Tehetséges fiatalok az energetikában II.	14:00 – 16:00
15:30 – 16:00	KÁVÉSZÜNET					
16:00 – 18:20	4.1 SZEKCIÓ Energiapolitika és energiasztratégia	4.2 SZEKCIÓ EKR jegyzék vagy egyedi audit? Példák és számítások	Konferencia zárás, szekciók értékelése			16:00 – 16:30
18:20 – 19:30	Kiállítás, kötetlen beszélgetések, szabadidő, wellness					
19:30 – 21:30	GÁLA VACSORA VEP díjazottak köszöntése, Tombola					

# THE FLOW MUST GO ON



Juhász Gyula

## Karácsony felé

Szép Tündérország támad föl szívemben  
Ilyenkor decemberben.

A szeretetnek csillagára nézek,  
Megszáll egy titkos, gyönyörű igézet,  
Ilyenkor decemberben.

...Bizalmas szívvel járom a világot,  
S amit az élet vágott,  
Beheggesztem a sebet a szívemben,  
És hiszek újra égi szeretetben,  
Ilyenkor decemberben.

...És valahol csak kétkedő beszédet  
Hallok, szomorún nézek,  
A kis Jézuska itt van a közelben,  
Legyünk hát jobbak, s higgyünk rendületlen,  
S ne csak így decemberben.

**Kellemes karácsonyi ünnepeket és boldog  
új esztendőt kíván minden kedves olvasójának az**

# **ENERGIAGAZDÁLKODÁS**