

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata

63. évfolyam 2022. 1-2. szám

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

Jegyezze elő: 2023. március 8-9.

KLENEN'23

KLÍMAVÁLTOZÁS ENERGIATUDATOSSÁG ENERGIAHATÉKONYSÁG
XVIII. KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

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

Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer működtetésének tapasztalatai – az elszámolható energiamegtakarítás meghatározása, hitelesítése és forgalmazása

HATÁRIDŐK:

Jelentkezés előadás tartására _____ 2022. október 15.

Jelentkezés kiállításra és termékbemutatóra _____ 2023. január 15.

Jelentkezés a konferenciára _____ 2023. január 31.

További információ és jelentkezés:

www.klenen.eu és klenen@congress.hu



aecenter.org



ete-net.hu



eszk.org



mi6.hu



bpmk.hu



bkik.hu



mee.hu



mekh.hu



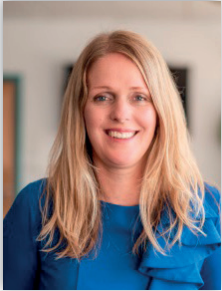
A KLENEN'22 konferencia bevezető plenáris előadói és előadásai:

Dr. Botos Barbara: Aktuális jogalkotói feladataink a klímavédelemben

Dr. Botos Barbara, klímapolitikáért felelős helyettes államtitkár felelősségi körébe tartozik a nemzetközi, európai és hazai klímapolitika, ideértve az energiahatékonyságot és a projektek megvalósítását is. Továbbá ő felügyeli a Nemzeti Klímavédelmi Hatóságot, amely a nemzeti F-gáz szabályozásért és a magyar emissziókereskedelmi rendszerért felel. Emellett felelős többek között számos megújuló energia, energiahatékonysági és e-mobilitási pályázat, valamint energetikai innovációs és alkalmazkodási projekt felügyeletéért.

Az elmúlt 11 évben aktívan részt vett az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény (UNFCCC) és az EU éghajlat-változással foglalkozó tárgyalásain, a magyar küldöttség, valamint az UNFCCC és az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) nemzeti kapcsolattartójaként. A minisztériumon belül ő koordinálja a nemzetközi és kétoldalú klímafinanszírozási programokat, valamint felügyeli a Nyugat-Balkáni Zöld Központ tevékenységét.

Hubert H. Humphrey ösztöndíjas volt a New York állambeli Ithacában található Cornell Egyetemen, ahol város- és regionális tervezésre szakosodott, PhD diplomát szerzett földtudományból, továbbá MSc diplomát környezettudományból és környezetpolitikából, valamint biológia tudományból. Barbara korábban a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium klímapolitikai főosztályát vezette, több egyetemen tanított, és helyi önkormányzatoknál a környezetvédelem és éghajlatpolitika területén dolgozott.



Dr. Nemes Csaba: A hazai energiahatékonysági célok és az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer

A Magyar Energetikai és Közműszabályozási Hivatal Fenntartható Fejlődés Főosztályának vezetőjeként energiahatékonysággal és megújuló energiával összefüggő szakpolitikai és hatósági ügyekkel foglalkozik. Pályafutása elején előbb az OMSz, később a környezetvédelemért felelős minisztériumokban dolgozott. A szakpolitikai feladatok mentén foglalkozott többek között megújuló energia és energiahatékonysági, levegőtisztasági, környezeti hatásvizsgálati, termékdíj, környezeti szemléletformálási, elektromobilitási szabályozási ügyekkel. Részt vett környezetvédelmi programok, stratégiák, és pl. környezetvédelmi és energia operatív programok tervezésében. Az ENSZ-ben éveken át fenntarthatósági és klímaváltozási témákban, az OECD-ben pedig környezetpolitikai ügyekben képviselte Magyarországot. Az ELTE Természettudományi Kar Meteorológiai szakán végzett, ott doktorált



Kádár Márton – Vedres Péter: Hitelesített energiamegtakarítások másodlagos piaca és jövőképe

Kádár Márton Gábor

A HUPX Zrt. Stratégiai és üzletfejlesztési menedzsere korábban az Energetikai Szakkollégium elnökeként a 2015-ös KLENEN konferencia szervező bizottságának társelnöke és a konferencia előadója volt. Tanulmányait követően az MVM Zrt.-ben és a MAVIR Zrt.-ben szerzett piacfejlesztési tapasztalatokat, majd a Deloitte hazai stratégiai tanácsadó csapatában dolgozott az energiaipar aktuális vállalati és iparági kihívásain. Jelenleg a HUPX Zrt. stratégiai menedzsereként kiemelt célja a hazai energiaátmenetet támogató piaci alapú megoldások kialakítása. Ennek egyik fontos elemeként tekint egy likvid, transzparens hitelesített energiamegtakarítási piac létrehozására az EKR-ben és az ahhoz szükséges piacfejlesztések szakmai előkészítésére a HUPX Csoport és a MEKH által létrehozott iparági egyeztetéseken keresztül.



Vedres Péter

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal Energiamegtakarítási, Monitoring és Verifikációs Osztály vezetőjeként irányítja az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer megvalósítását segítő segédletek, köztük, az egyes energiahatékonysági intézkedésekből vagy beruházásokból származó energiamegtakarítás mértékét meghatározó jegyzék, a bejelentés dokumentumainak készítését. Feladata az elszámolható megtakarítások másodlagos piacon történő forgalmazás szabályozói keretei előkészítésében való Hivatali közreműködés koordinálása. Közgazdasági elemző, energiagazdálkodási szakközgazdász, tanulmányait a Budapesti Corvinus Egyetemen végezte, szakmai és vezetői tapasztalatait a zöldgazdaság-fejlesztés területén a Nemzeti Fejlesztési Minisztériumban és a MEKH-ben szerezte.



Főszerkesztő:

Dr. Gróf Gyula

Olvasó szerkesztő:

Dr. Groniewsky Axel

Szerkesztőség vezető:

Kaposvári Regina

Szerkesztőbizottság:

Dr. Balikó Sándor, Dr. Bihari Péter, Czinege Zoltán, Dr. Csűrök Tibor, Dr. Farkas István, Juhász Sándor, Korcsog György, Kövesdi Zsolt, Dr. Laza Tamás, Mezei Károly, Molnár Ferenc, PhD, Móczár Botond Máté, Dr. Nagy Valéria, Németh Bálint, Péter Szabó István, Romsics László, Dr. Serédiné Dr. Wopera Ágnes, Dr. Steier József, Dr. Stróbl Alajos, Szabó Benjámin István, Dr. Szilágyi Zsombor, Vancsó 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:

Bakács István, 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:

Búki Bt.
bukiantdras@t-online.hu

Nyomdai munkák:

EFO Nyomda
www.efonyomda.hu

Lapunkat rendszeresen
szemléli a megújult



www.observer.hu

TARTALOM • CONTENTS • INHALT

Előszó * Foreword * Vorwort	2	<i>Climate conditions and technological issues of solar power generation in Hungary</i> <i>Klimabedingungen und damit verbundene technologische Fragen der Solarstromerzeugung in Ungarn</i>	
Energiapolitika * Energy policy * Energiepolitik <i>Kaderják Péter, Szolnoki Pálma</i> Lehetséges szakpolitikai eszközök a privát hosszútávú áramvásárlási szerződéses konstrukciók magyarországi elterjedésének támogatására <i>Possible policy instruments to support the uptake of corporate power purchase agreements in Hungary</i> <i>Mögliche politische Instrumente zur Förderung des Abschlusses von Stromabnahmeverträgen durch Unternehmen in Ungarn</i>	3	<i>Babocsán Dániel</i> Szigetelés technika helyzete a magyar iparban – Hatalmas EKR potenciál <i>State of the insulation technology in Hungarian industry - Huge ECR potential</i> <i>State der Dämmtechnik in der ungarischen Industrie - Riesiges EKR-Potenzial</i>	29
KLENEN Plenár * KLENEN Plenary * KLENEN Plenar <i>Nemes Csaba, Vedres Péter</i> Az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer első évének tapasztalatai <i>Experience of the first year of the Energy Efficiency Obligation Schemes</i> <i>Erfahrungen aus dem ersten Jahr des Energieeffizienz-Verpflichtung Systems</i>	8	<i>Molnár Szabolcs</i> A fenntartható távhőellátás <i>Sustainable district heating</i> <i>Nachhaltige Fernwärme</i>	32
KLENEN 2.1 <i>Kinde Gergely, Szalai Gabriella, Takarics László</i> Okosépület-mutató: elég-e, ha csak az épület 'okos'? <i>Smart Readiness Indicator: is it enough just for the building to be 'smart'?</i> <i>Smart-Building-Indikator: reicht es aus, wenn nur das Gebäude "smart" ist?</i>	11	KLENEN 5.2 <i>Fekete Balázs, Gnám Bence</i> Kamstrup fogyasztásmérők és távleolvasó rendszer – a jelen és a jövő kihívásai <i>Kamstrup consumption meters and data read out system – for the present and future challenges</i> <i>Kamstrup Zähler und Fernauslesesystem – die Herausforderungen der Gegenwart und Zukunft</i>	38
KLENEN 4.2 <i>Fejes Lillian, Molnár Szabolcs</i> A magyarországi napenergiatermelés éghajlati feltételei és kapcsolódó technológiai kérdései	24	Fenntarthatóság * Sustainability * Nachhaltigkeit <i>Wiegand Győző</i> A nyersanyag bőségből a nyersanyaghiányos világba <i>From the abundance of raw materials to the world of deficiency</i> <i>Vom Rohstoffreichtum in die Welt des Rohstoffmangels</i>	41
KLENEN 4.2 <i>Fejes Lillian, Molnár Szabolcs</i> A magyarországi napenergiatermelés éghajlati feltételei és kapcsolódó technológiai kérdései	24	Biomassza * Biomass * Biomasse <i>Szilágyi Zsombor</i> A biomassza felhasználása energiatermelésre <i>Use of biomass for energy production</i> <i>Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung</i>	44
		Hírek * News * Nachrichten Emhő László, Szigethy István nekrológ	50

KLENEN'22**2022. március 9-10.****KLENEN'23****2023. március 8-9.**

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

Tisztelt Olvasó!

Ez a bevezető az Energiagazdálkodás szakfolyóirat megjelenésének a konferenciát megelőző számába annak reményében készül, hogy a KLENEN '22 konferenciát az előre meghirdetett időpontban tudjuk megtartani. Bízunk benne, mert ismét nagy érdeklődésre számítható, aktuális témákat tűztünk napirendre, (amelyek megbeszélését kár lenne későbbi időpontra halasztani), szép számban jelentkeztek résztvevőként a konferenciára, s amint azt lapunk is tanúsítja sok előadó közzétételre cikk formában is elkészítette előadását.

A konferencia céljaként határoztuk meg, hogy általa segítsük az energetikai auditorokat és szakreferenseket, az auditálásra, szakreferens igénybevételére kötelezett vállalatok, az energiaszolgáltatók és az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer (EKR) kötelezettjeinek képviselőit. Ennek elérése érdekében, az eddigiekhez hasonlóan a szakterületeken szerzett tapasztalatok cseréje mellett kiemelt figyelmet fordítunk az EKR-hez kapcsolódó feladatok megbeszélésére, javaslataink megosztására a jogszabályok előkészítőivel.

A résztvevők plenáris előadás keretében kapnak tájékoztatást az aktuális jogalkotói feladatokról a klímavédelemben, az EKR első évének tapasztalatairól és a hitelesített energiamegtakarítás másodlagos piaci nyilvántartás kialakításának előkészítéséről.

Önálló szekcióban szervezünk előadásokat a kötelezettség teljesítésében szerzett tapasztalatokról és kerekasztal beszélgetés keretében osztjuk meg tapasztalatainkat a jogértelmezésben és a hozzá kapcsolódó kérdésekre adott válaszokban.

Az eddigi gyakorlattal összhangban a plenáris előadásokat követően párhuzamos szekciókban hallgathatunk előadásokat az energetikai veszteségfeltárás, auditálás, az alternatív járműhajtások, valamint az energiahatékonysági projektek finanszírozási megoldásaival, az almérők telepítésével 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.

A konferencia alkalmával rendezett table-top kiállításon lehetőséget biztosítunk az energiahatékonyságot növelő eszközök és/vagy szolgáltatások, a hatékony energiagazdálkodáshoz nélkülözhetetlen mérőrendszerek bemutatására. A bemutatkozásra egyrészt az előadásoknak helyt adó termek előterében, másrészt az szekciók keretében adunk lehetőséget.

Nagy örömünkre szolgál, hogy továbbra is önálló szekcióban kerül sor a tehetséges fiatal energetikusok bemutatkozására, elsősorban az Energetikai Szakkollégium és az AEE Magyar Diáktagozatának soraiból. Az eddigi tapasztalatok alapján a konferencia résztvevői az előadásaik alapján figyeltek fel több fiatal előadóra, s hívták meg munkatársuknak.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a konferencia előadásai, a tapasztalatcserék, valamint az energiagazdálkodás hatékonyságának növelését eredményező módszerek és technikák bemutatása hozzájárul a résztvevők ismereteinek bővítéséhez és segítik mindennapi munkájuk végzésében. Bízunk abban, hogy ez így lesz a KLENEN '22 esetében is.

Az Energiagazdálkodás szakfolyóirat médiapartnerként idén is támogatja a konferencia szervezését. Jelen szám tartalmazza azokat az előadásokat, amelyeket előadói cikk formában is elkészítettek.

Zárszóként, az évente megrendezésre kerülő KLENEN konferenciákra hívjuk és várjuk azokat a szakembereket, akik szívesen megosztják tapasztalataikat az érdeklődőkkel, vagy érdeklődnek mások tapasztalatai iránt.

Tisztelettel meghívjuk és várjuk olvasóinkat is a jövő évi konferenciára!

Kérjük, jegyezzék elő naptárunkba, hogy

2023. március 8 - 9. KLENEN '23.

és kövessék a konferenciához tartozó eseményeket a www.klenen.eu honlapon, vagy regisztráljanak a honlapon, hogy a konferenciáról, a hozzá kapcsolódó eseményekről rendszeresen tájékoztassuk Önöket.

Jelentkezzenek előadással is a konferenciára. **Az előadások címének és rövid összefoglalójának beküldési (a honlapra feltöltési) határideje 2022. október 15.**

KLENEN Szervező Bizottsága

A KLENEN'22

Fő támogatója:

<https://www.cpigroup.hu/hu/>**centrica**

Támogatója: Business Solutions

<https://www.centricabusinesssolutions.hu/>

Lehetséges szakpolitikai eszközök a privát hosszútávú áramvásárlási szerződéses konstrukciók magyarországi elterjedésének támogatására

Kaderják Péter

BME Zéró Karbon Központ vezető, kaderjak.peter@bme.hu

Szolnoki Pálma

BME Zéró Karbon Központ főmunkatárs, szolnoki.palma@bme.hu

A közel két évtizede sikeresen működő támogatási rendszerek (KÁT és METÁR) által generált fejlődés után meglehetősen, hogy új szakaszba léphet hazánkban is a megújuló energia alapú erőművi kapacitások bővülése, és elérkezünk a kívánatos állapotig, amikor már a kereskedelmi méretű naperőmű beruházások is piaci alapon, ár- vagy beruházási támogatás nélkül valósulnak meg. Cikkünkben azt járjuk körül, hogy mi szükséges ahhoz, hogy ez a folyamat lendületet kapjon, milyen akadályok vannak jelenleg a rendszerben, milyen módon lehet ezeket feloldani, és az akadályozó tényezők feloldásán túl milyen szakpolitikai eszközök nyújthatnak további segítséget a magyarországi megújuló erőművi kapacitások piaci alapú bővüléséhez.^{1,2}

*

After the development generated by the support schemes (KÁT and METÁR), which have been operating successfully for nearly two decades, it is likely that the expansion of renewable energy-based generation capacities in Hungary may enter a new phase, and we will reach the desirable state when commercial-scale solar power plant investments will be realized on a market basis, without price or investment subsidies. In this article, we explore what is needed to give this process momentum, what barriers currently exist in the system, how these can be overcome, and what policy instruments, beyond removing barriers, can further support the market-based expansion of renewable power capacity in Hungary.

A naperőművi áramtermelési költségek (LCOE³) csökkenése révén az új naperőmű projektek megvalósulásához egyre kevesebb támogatásra van szükség, illetve egyre gyakoribb a támogatás nélkül, piaci alapon megépülő projekt már Nyugat-Európában is. [1] Ez utóbbi esetben a megújuló energiatermelési projektek általában ún. privát hosszútávú áramvásárlási szerződéses (CPPA⁴) konst-

rúciók keretében jönnek létre. Azaz a kezdeti jelentős beruházási költség megtérülésének biztosítására az államilag garantált árú felvásárlást egy magánszereplővel (nagy energiafogyasztó) kötött hosszú távú áramvásárlási szerződés váltja fel.

Nyugat-Európában a 2010-es évek elején kerültek az első megújuló CPPA-k aláírásra. Ekkor a magas költségek miatt inkább csak pionír, marketing jelleggel néhány IT cég kötött ilyen szerződést. A CPPA szerződések igazi felfutása 2019 után következett be, elsősorban a szél- és napenergia bázisú villamosenergia-termelés fajlagos költségének drasztikus, a nagykereskedelmi áramárak szintjéhez egyre jobban közelítő csökkenésével. Míg addig főként az északi országokban (Svédország, Norvégia, Finnország, Hollandia, Nagy-Britannia) kötöttek CPPA-t az olcsóbb szeles kapacitásokra, 2019-től egyre fajsúlyosabbá váltak a napenergiás projektek, és Spanyolország vált az egyik fő CPPA központtá. [2] 2019-től egyre több országban, köztük a közép-kelet-európai régióban is beindultak a CPPA tranzakciók. Lengyelországban 2020-ban már 167 MW megújuló kapacitás került CPPA keretében lekötésre, 2021-ben pedig tovább bővült a portfólió pl. a Danone vásárlásaival. [3]⁵

Magyarországi CPPA lehetőségek

A magyar megújuló támogatási rendszer, a METÁR tenderek elmúlt kétévi eredményei is azt jelzik, hogy ma már egyre kisebb mértékben van szükség államilag garantált ártámogatásra a megújuló kapacitások bővüléséhez. A METÁR tenderek súlyozott átlagos nyertes árai tenderről tenderre csökkentek, és tavaly már 17 Ft/kWh alá kerültek,⁶ ami bőven az éves piaci referencia ár⁷ alatt volt.

Azonban a nyertes pályázók között egyelőre alacsony azon projektek aránya, melyek kivitelezése sikeres banki projektfinanszírozás bevonásával indulhatott el, ami jól szemlélteti a METÁR rendszerben jelentkező magasabb finanszírozói kockázatokat.⁸

¹ Szeretnénk köszönetet mondani az MNB Fenntartható Pénzügyek Főosztály munkatársainak, Szarvas Nórának és Jókuthy Laurának a jelen cikkhez nyújtott kiemelkedő szakmai támogatásukért.

² A Magyar Nemzeti Bank támogatásával a BME Zéró Karbon Központ elindította az MNB – ZKK Napenergia Fórumot. A Fórum együttműködési platformként szolgál az iparág fejlődésében érdekelt iparági szereplők, pénzügyi intézmények, kormányzati szervek és egyetemi kutatók számára a hazai napenergia hasznosítás főbb fejleményeinek nyomon követésére, az említett problémák azonosítására, a legfrissebb technológiai eredmények és az innovációt igénylő problémák megismerésére. A Fórum 2. alkalmának témája a privát hosszútávú áramvásárlási szerződéses (PPA) konstrukciókban rejlő lehetőségek a hazai naperőművi kapacitás bővítésére volt. A Fórumbeszélgetés nyújtotta a kiindulási alapot ezen cikk számára. A Fórumról bővebb tájékoztatás a ZKK honlapján található.

³ Az éleltartamra vonatkoztatott fajlagos villamosenergia-költség – levelized cost of electricity

⁴ Corporate Power Purchase Agreement – CPPA

⁵ A lengyel CPPA-k on shore szeles projektekre vonatkoznak.

⁶ A 2021 áprilisában harmadik alkalommal kiírt METÁR tender eredményeiről szóló összefoglalót lásd [4]. A nyertes, kizárólag naperőművi pályázatok átlagára a 2021. augusztus 1-i beadási nap árfolyamával számolva 47,6 EUR/MWh szinten alakult ki.

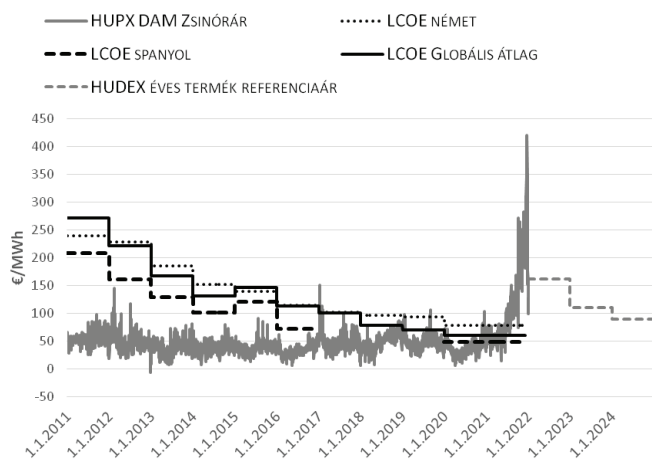
⁷ A METÁR egy prémium alapú támogatási rendszer, ahol a nyertesek adott hónapra vonatkozó fajlagos támogatását, a tender során ajánlott (nyertes) ár és az adott hónapra vonatkozó utólagos (ex post) referencia piaci ár különbsége adja meg. Az ex post referencia piaci árat a Mavir számítja és teszi közzé havonta a 299/2017. (X. 17.) Korm. rendelet 15. § (1) alapján, napenergia esetében például „a hazai szervezett villamosenergia-piac másnapi órás árainak napenergiát felhasználó - kötelező átvételben vagy prémium típusú támogatásban részesülő - erőműegységek tárgyhónap egyes óráira összesített termelésével súlyozott havi átlagára”. 2021 során az ex post havi referencia piaci árak mindvégig 17 Ft/kWh fölött voltak, 2021. január – november hónapok ex post referencia piaci árának átlaga 36,23 Ft/kWh volt.

⁸ Ebben a témában érdemes a jegybank [5] tanulmányát elolvasni.

Ahhoz, hogy a támogatási rendszert felválthassák a piaci alapú konstrukciók, szükséges, hogy az erőművi beruházó és a tipikusan öt finanszírozó bank piaci alapon is biztosítva láthassa a jelentős induló beruházási költség megtérülését. A pusztán spot piacra termelés egyelőre túlzottan kockázatos, a nagykereskedelmi áramár ingadozása nem teszi lehetővé a tíz év feletti megtérülésű projektek banki finanszírozhatóságát. Hosszú távú, biztos felvásárlási kilátásra van szükség, amely egy kiszámítható bevételi folyamat garantál, ehhez viszont kell egy felvásárló partner.

Szerencsére fogyasztói oldalról hazánkban is egyre racionálisabb opcióvá kezd válni egy CPPA konstrukcióba való beszállás. Ennek okai:

- A napenergiás áramtermelés fajlagos költségének abszolút és a nagykereskedelmi áramárhoz viszonyított relatív szintjében bekövetkező folyamatos csökkenése lehetővé teszi, hogy ma már Magyarországon is a piaci árral versenyképes árakon lehessen CPPA-kat kötni. (lásd 1. ábra) Ezt a helyzetet a közelmúltban elindult áramár-emelkedés még inkább megszilárdította, a jelenlegi 2024-ig jegyzett HUDEX futures árak is bőven a napenergiás LCOE értékek fölött vannak.
- A hosszú távú áramvásárlási szerződés egy nagyfogyasztó számára védelmet tud nyújtani a nagykereskedelmi villamosenergia-piacot jellemző jelentős áringadozástól, kiszámítható energiaköltség-folyamat biztosítva.
- Végül a megújuló CPPA-k megkötése mellett szól fogyasztói oldalon az is, hogy egyre fontosabb szemponttá kezd válni számukra energiabeszerzésük 'zöldítése'. A zöldítés önmagában kezd vállalati értéké/követelménnyé válni.



1. ábra. A HUPX spot villamosenergia-árak és a napenergiás áramtermelés LCOE értékeinek időbeni alakulása (az LCOE értékek forrása: [6]; magyar árak forrása [7]; a HUDEX éves termékhez tartozó időpont: 2021. december 7.)

Mindezek miatt a privát PPA-k térnyerése hazánkban is egyre inkább valószínűsíthető.⁹ És mivel a CPPA-k azt az ígéretet hordozzák magukban, hogy úgy teremtenek termékeny talajt a megújuló energia alapú erőművi kapacitások bővülésének, hogy közben nincs szükség közvetlen ártámogatásra, ez az irány a villamosenergia-piac fejlődése és az állam számára is kívánatos. Kevesebb piactorzítás és (fogyasztókra allokált) támogatási költség mellett haladhatunk előre a klímavédelmi célok teljesítésében.

⁹ Az egyik első ilyen jellegű tranzakcióról lásd [8].

Mindezért fontos megvizsgálni, hogy hogyan lehet segíteni a hazai CPPA piac beindulását, hogyan lehet szorgalmazni, hogy az állami támogatású METÁR rendszer helyett a piaci alapú megoldást válasszák az erőművi beruházók.

2021. december 9-én az MNB ZKK Napenergia Fórumon a CPPA-k magyarországi lehetőségeit jártuk körül a fő érintettekkel: az erőművi beruházói, fogyasztói és finanszírozói oldal képviselőivel, illetve jogi és szabályozási szakemberekkel. A Fórum számos pontra mutatott rá, amelyek jelenleg akadályozhatják a CPPA piac létrejöttét és fejlődését, és amelyek mentén ezért érdemes lehet szakpolitikai lépéseket tenni.

A konstrukciókról röviden

A Fórum előadói egyetértettek abban, hogy a lehetséges CPPA konstrukciók közül hazánkban leghamarabb az ún. **telephelyi** (on-site) változat megjelenése várható, azaz amikor magának a fogyasztónak a telephelyén kerül kialakításra a naperőmű, a felhasználó magánvezeték-hálózatára kapcsolódva. Ennek a konstrukciónak számos előnye van. Az egyik legfontosabb, hogy az elszámolási mérőberendezés mögötti ('behind the meter') kialakításából fakadóan a naperőmű által termelt és helyben elfogyasztott energiára nem rakódik hálózati tarifa költség. A telephelyi konstrukció másik kiemelt előnye, hogy azzal, hogy láthatóan jelen van, sokkal kézzelfoghatóbb, látványosabb a cég dolgozói és a cég ügyfelei számára is a vállalat zöld irányú elköteleződése.

A telephelyi konstrukció viszont egy korlátos lehetőség, egyrészt azért, mert csak azoknak a fogyasztóknak opció, akiknek olyan a telephelyük, hogy egy erőmű helyben is kialakítható rajta, másrészt azért is, mert ebben az esetben a CPPA termék nem finomítható tovább: egyszerűen a mindenkori naperőművi termelés kerül értékesítésre (pay as produced), ehhez kell a fogyasztónak a kereskedőjével igazodni.

A **hálózati** (grid) projektek ehhez képest több lehetőséget rejtenek, bármely fogyasztó számára elérhető, és akár kereskedő közbeiktatásával, akár több termelő vagy eszköz bevonásával kifinomultabb termék nyújtható a vevő számára. A hálózati projektek esetén két fő irány alakult ki, a **fizikai** és a **virtuális** CPPA. A fizikai esetben egy konkrét erőművi projekttel kerül sor szerződés kötésre fizikai szállításra, és általában egy kereskedő közbeiktatása révén (sleeved CPPA) jön létre. A virtuális esetben viszont már teljesen pénzügyi termékről beszélhetünk, pénzügyi elszámolással. Egy virtuális CPPA esetén a vevő fix árat garantál az erőművi beruházó/termelő számára a szerződött időre, de az áramot nem veszi át tőle, csak a megújuló eredetigazolást. A termelő a piacon értékesíti az áramot, és a CPPA vevő is az áramszükségletét továbbra is a piacról/kereskedője révén elégíti ki. A két fél között nincs fizikai árammozgás, elszámolás. A virtuális CPPA egy CFD-ként (contract for difference) működik, ha a termelő a CPPA ár alatt tudta csak értékesíteni a megtermelt villamos energiát a piacon, akkor a fix ár, kipótolja neki a CPPA vevő, míg ha a piaci ár a CPPA fix ár fölött volt, akkor a termelő a különbözetet megfizeti a CPPA vevő felé. [9] Mind a fizikai, mind a virtuális CPPA esetében a fix ár a kiindulási alap konstrukció, de egyre gyakrabban hallani olyan megoldásokról, ahol a portfólió egy részére változó árazást vezetnek be. Ez a konstrukció valójában a szerződéses időtartammal járó köttőség lazítását is jelenti.¹⁰

¹⁰ A CPPA-k árazási lehetőségeiről bővebben lásd [10].

Kihívások

Már a konstrukciókból is látható, hogy egy CPPA jóval bonyolultabb rendszer, mint például beruházói oldalon egy METÁR, vagy fogyasztói oldalon egy teljes ellátás alapú szerződés. A CPPA mind a négy féltől, azaz az erőművi beruházótól, a fogyasztótól, a finanszírozótól és a kapcsolódó kereskedőtől is működési modellváltást igényel, mindenkinek ki kell lépnie a komfortzónájából, és több felelősséget, több kockázatot kell vállalnia, szakértelmet kell kiépítenie. Viszont a nemzetközi tapasztalatok azt támasztják alá, hogy érdemes ebbe az irányba elindulni, a kockázatok megfelelő allokálásával működőképes, és kedvező lehet ez a struktúra, népszerűsége egyre nő.

Jól azonosíthatóak olyan pontok, amelyek a jelenlegi megújuló termelők számára is kihívást jelentenek, és a CPPA konstrukciók esetében is kiemelt szereppel bírnak majd. Ezek közül a Fórum résztvevői szerint várhatóan az egyik legfajszínűbb kérdés a kiegyenlítés költségének kockázatának kezelése/megosztása lesz majd a CPPA-k tárgyalása során, míg a másik akut és egyre mélyülő probléma a hálózati kapacitásokhoz való hozzáférés elégtelensége.

Az is látható, hogy vannak olyan pontok, amelyek viszont kifejezetten CPPA specifikusak és a CPPA-k létrejöttét nehezítik. Az alábbiakban a – Fórumon elhangzottak alapján azonosított – három legfontosabb ilyen jellegű akadályt emeljük ki és teszünk javaslatot az azonosított nehézség feloldására vonatkozó szakpolitikai intézkedésre. Végül negyedik témaként a hálózati kapacitáskiosztás problémakörét emeljük ki.

Partnerkockázat

A CPPA-k vevői oldala ideális esetben egy kiváló hitelminősítéssel bíró, hihetően tíz évvel később is biztos lábakon álló jelentős villamosenergia-felhasználó, amely hajlandó is ilyen hosszú elköteleződést vállalni. Ez a feltétel ugyan érthető az eladó és finanszírozó oldaláról, de rendkívül lekorlátozza a CPPA-k terjedésének körét. Közben az lenne a kívánatos, hogy minél szélesebb fogyasztói kör, akár kkv-k is tudjanak piaci alapon megújuló termelést hosszú távon lekötni, akár úgy, hogy többen összeállnak, addig ezek a feltételek csak a prémium minőségű multinacionális cégeket engedik be a piacra.

Ezért az olyan intézkedések, amelyek támogatják a felhasználók hitelképességét, csökkentik a bankok kockázatát, előmozdíthatják a CPPA piacot. Ilyen intézkedések lehetnek például:

- **Állami hitelgarancia struktúrák, amelyek a vevő nem fizetése vagy a CPPA felmondása esetén biztosítják a bankhitel megtérülését.** Ezek különböző struktúrákban valósulhatnak meg, fedezhetik például a CPPA megszűnésekor fennálló teljes hitelösszeget, de korlátozódhatnak a CPPA helyébe lépő kereskedői PPA alacsonyabb árazásából adódó bevétel és cash-flow kiesésre (cash deficiency garancia).
- **Alárendelt finanszírozás bevonása.** Ebben az esetben a bankhitel a szervezett piaci vagy kereskedői energiaárak alapján visszafizethető hitelösszegben korlátozódik, és egy kiegészítő állami finanszírozó nyújthatna alárendelt vagy mezzanine finanszírozási forrást, amely a CPPA megszűnése esetén elsőként viseli a piaci ár feletti CPPA ár elvesztéséből származó veszteségeket. Ez történhet például úgy, hogy a hitelfelvevő erőmű a cash-flow-ját mindaddig a bankhitel törlesztésére fordítja, amíg a bankhitel teljes mértékben

visszafizetésre kerül, és csak ezt követi az alárendelt forrás törlesztése, vagy történhet a bankhitel szenior rangsorolással az adott évi adósságszolgálaton belül, amit a szabad cash flow erejéig követhet az alárendelt/junior finanszírozó törlesztése is. Ezért amennyiben a finanszírozási futamidő alatt megszűnik a CPPA, a bankhitel törlesztése rendben megtörténhet az eredeti futamidőn belül, miközben az alárendelt finanszírozás törlesztésére futamidő hosszabbítás mellett kerülhet sor.

A telephelyi CPPA kialakítás esetében a partnerkockázatnak van egy további kezelendő pontja. Ekkor ugyanis a naperőmű a fogyasztóval fizikailag is jóval szorosabban össze van kötve, ezért, ha a fogyasztó bármilyen okból (akár csőd, akár kivonulás az országból) felhagyja a tevékenységével vagy elhagyja a telephelyet, akkor az erőművi termelés értékesítése sokkal nehezebb feladattá válik, mint egy hálózati CPPA projekt esetében.

- Az ilyen eseteknél mérsékelheti a kockázatot, ha az ingatlanjogi szabályozás biztosítja annak lehetőségét, hogy a naperőmű külön helyrajzi számon nyilvántartva, jogilag különálló ingatlanként létezhesen. Ebben az esetben az ingatlanra bejegyzett jelzálog- illetve opciós vásárlási jogok biztosíthatják a hitelezői hozzáférést és kontrollt az erőmű eszközei felett, valamint szükség esetén (például a telephelyet tulajdonló cég fizetéseképtelensége vagy felszámolása esetén) megvalósulhat az erőmű értékesítése és további üzemeltetése a közcélú hálózathoz történő csatlakozást követően.

Futamidő igények összehangolása

Az állami támogatási rendszerek maguk is tartalmaznak egy futamidőt, amely mind az erőművi beruházó, mind az őt finanszírozó fél számára egyfajta horgony volt a finanszírozás megtervezésénél. A maximum 25 éves KÁT támogatási periódus hozzávetőleg 10 évvel haladta meg a banki finanszírozás futamidejét, ezt az időszakot nevezzük 'revenue tail'-nek, ami a bankhitellel kapcsolatos fizetési nehézségek esetén is elegendő teret biztosított a bankhitel átstrukturálására és átütemezésére. A 15 éves METÁR támogatási periódus ezt a 'revenue tail'-t nullára csökkentette, azaz a támogatási periódus nem haladja meg a bankhitel futamidejét. A piaci projektek esetében viszont nem létezik ilyen horgony, a felhasználói, valamint a beruházói és banki feleknek meg kell egyezniük egy mindenki számára elfogadható időtávban. Ugyanakkor – ahogy az a Fórumon is kiderült – a két oldal elvárásai között eltérés mutatkozik: míg a fogyasztók legfeljebb 8-10 éves CPPA szerződéses futamidőig mennének el, addig a beruházói és banki oldalnak 15 éves CPPA szerződésekre lenne szüksége ahhoz, hogy megfeleljenek a nemzetközi anyabankok által kialakított hitelezési politikáknak.¹¹ A negatív revenue tail egyelőre nem komfortos a bankok számára.

Ezért a CPPA-k létrejöttét jelentősen támogathatják az olyan szakpolitikai intézkedések, amelyek a bankok kockázatát csökkentik és megkönnyítik a bankok számára a negatív revenue tail felé való elmozdulást.

A partnerkockázat mérséklése esetében említett állami hitelgarancia struktúrák és alárendelt finanszírozás bevonása a futamidő igények közötti eltérés áthidalásában is segíthetnek akár kombináltan is:

¹¹ Az európai CPPA-k átlagos hossza 11 év volt 2021-ben, lásd [11].

- **Állami hitelgarancia struktúrák, melyek a CPPA megszűnését követően biztosítják a bankhitelek megtérülését.** Ezek különböző struktúrákban valósulhatnak meg, például fedezhetik a PPA érvényességi idejének vége és a bankhitelek végső lejáratát között fennálló teljes hitelösszeget, de korlátozódhatnak a corporate PPA érvényességi idejét követően a bankhitelek futamidejének végéig a CPPA-t felváltó kereskedői PPA alacsonyabb árazásából adódó bevétel és cash-flow kiesésre (cash deficiency garancia).
- **Alárendelt finanszírozás bevonása.** Ez esetben a bankhitelek a CPPA futamidejére korlátozódhatnak, ami nulla revenue tailt biztosít a banki hitelező számára, és a CPPA lejáratát követő negatív revenue tail időszakára egy kiegészítő állami finanszírozó nyújthatna alárendelt/mezzanine finanszírozási forrást.

A fenti eszközökön túl további eszköz lehet majd a jövőben a **fedezett értékpapír-/kötvénystruktúrák kialakítása**. Ennek során több erőmű projekt portfólióba rendezésével, diverzifikált CPPA lejáratú struktúra mellett kibocsátott, hitelviszonyt megtestesítő értékpapírok segítségével a banki hitelezők mellett egyéb tőkepiaci forrás is bevonható lenne akár negatív revenue tail mellett is, amennyiben az intézményi befektetők részéről erre van étvágy. Fedezett kötvények kibocsátására ugyanakkor jelenleg nem léteznek kiforrott hazai tőkepiaci jogszabályok, viszont a benne rejlő lehetőségek miatt ezzel a megoldással és a megvalósításához szükséges lépésekkel fontos a jövőben foglalkozni.

Robin Hood adó

Miközben a jelenleg hatályos szabályozás¹² alapján a 31%-os, adózás előtti eredményre¹³ vonatkozó Robin Hood adó a KÁT és METÁR rendszerben értékesítő, 50 MW kapacitás alatti termelőkre nem vonatkozik, addig minden más termelőre kivetésre kerül, azaz a KÁT és METÁR rendszeren kívüli megújuló energia alapú erőmű beruházások esetében is meg kell fizetni. Ez alapján, ha egy megújuló erőmű beruházás tisztán piaci alapon, állami támogatás nélkül, CPPA keretében jön létre, kettős hátrányt szenved ahhoz képest, mintha METÁR támogatást igényelne, hiszen nem kap államilag garantált prémiumot, és még plusz adót is kell fizetnie. A megújuló energia alapú termelők aszimmetrikus mentesítése a Robin Hood adó fizetési kötelezettség alól kedvezőtlen módon a METÁR felé tolja az új beruházókat a piac és állam szempontjából is kívánatosabb piaci alapú megoldások, pl. a CPPA helyett. **Indokolt lenne a megújuló áramtermelők Robin Hood adófizetési alóli mentességét üzleti modell semlegessé tenni, azaz a mentességet a CPPA konstrukcióban megvalósuló projektekre is kiterjeszteni.**

A Robin Hood adó alóli mentesítésen túl a fogyasztók és erőművi beruházók oldaláról a CPPA-n alapuló projektek iránti étvágyat további, fundamentálisan megalapozott (adó)kedvezmények is javíthatják. Ilyen lehet például a **CPPA szerződéssel rendelkező nagyfogyasztók KÁT/METÁR pénzeszköz fizetési alóli mentesítése** a szerződéses mennyiség erejéig, hiszen a CPPA keretében eleve megújuló energiát fogyaszt a felhasználó.

¹² A távhőszolgáltatás versenyképesebbé tételéről szóló 2008. évi LXVII. törvény 4 - 10. cikkei.

¹³ A törvényben meghatározott tételekkel növelt és csökkentett, korrigált adózás előtti eredményre.

+ Hálózati csatlakozási kapacitáshiány

A naperőmű fejlesztési projektek az utóbbi időszakban egyre gyakrabban akadnak el az elosztói vagy átviteli hálózati csatlakozási igénylésekor. A projektek a hálózati társaságoktól gyakran kapnak visszautasítást, vagy sok évvel későbbi, például 2030-ra szóló csatlakozási dátumot.

A 2021. július 1-től életbe lépett VET módosítás¹⁴ erre a problémára kíván érdemi megoldást nyújtani azzal, hogy előírja a hálózati társaságok számára a szabad kapacitások féléves rendszerességgel történő meghirdetését,¹⁵ és a meghirdetett kapacitásokra beérkezett igényekre kapacitáskiosztási eljárás kidolgozását. A törvénymódosítás fontos további eleme, hogy az igénylők csak pénzügyi biztosíték ellenében vehetnek részt a kapacitáskiosztási eljárásban, így elkerülhető a korábbi években tapasztalt 'virtuális' kapacitásfoglalás.

A rendszer egyelőre még nem lépett életbe, a részletszabályok, amelyeket a MAVIR üzemi szabályzata és az elosztói szabályzat határoz majd meg, kidolgozás alatt vannak. Kapacitások meghirdetésére még nem került sor. A jelenlegi átmeneti időszakban a kapacitáskiosztás szünetel.

A szabad kapacitások elérhetetlensége és elégtelensége a naperőművi kapacitásbővülés legfőbb gátja lehet. (A CPPA-k esetében a hálózatos CPPA-k elindulását akadályozhatja, és ezzel a telephelyi CPPA-k felé tolhatja a piacot.)

Mindezért kiemelten fontos, hogy minél hamarabb átlátható, piackonform, VET szerinti kapacitáskiosztási rendszer lépjen életbe. Ennek hiánya és az átmeneti szakasz elhúzódása nagyfokú bizalmatlanságot okoz a szektorban.

A kapacitáskorlátos helyzet enyhítésére az elosztói rugalmassági piac mihamarabbi elindítása lehet egy további eszköz. Így a kapacitásigények kielégítése nemcsak időigényes infrastruktúra beruházásokkal lenne kezelhető. A rugalmassági piac bevezetése ráadásul az új naperőmű projekteket is arra ösztönözné, hogy eleve rugalmas termék kiépítésében legyenek érdekelték.

Összefoglalás

Mivel a privát hosszútávú áramváltási szerződéses (CPPA) konstrukcióban létrejövő naperőmű fejlesztések nem igényelnek ártámogatást, térnyerésük elősegítése szabályozási, költségvetési és klímavédelmi szempontból egyaránt kívánatos. A CPPA-k egyelőre nem terjedtek el a magyar árampiacon, aminek oka a megújuló támogatási rendszerekhez képest új kockázati faktorok megjelenése. Ezek kezelésében a CPPA-k elterjedésének kezdeti fázisában állami szerepvállalás segíthet, szakpolitikai ajánlásaink ennek lehetséges formáira tesznek javaslatot. Javaslataink összefoglalva:

- CPPA projektekre alkalmazható állami hitelgarancia struktúrák és állami szerepvállalás melletti alárendelt finanszírozás kialakítása kívánatos. Ezek révén mind a CPPA-k kapcsán jelentkező partnerkockázat, mind a banki finanszírozásban megjelenő negatív revenue tail kockázat sikeresen kezelhető lenne.
- A fenti eszközökön túl meg kell vizsgálni a fedezett értékpapír-/kötvénystruktúrák kialakításának jogi lehetőségét a

¹⁴ 2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról, 35 § (8) (9) szakasz

¹⁵ „a megújuló energiaforrásból villamos energiát termelő hálózatokhoz való hozzáféréseinek elősegítése érdekében...hathavi rendszerességgel a nagyfeszültségű és a nagy/középfeszültségű transzformátorállomásokhoz rendelt, az aktuális szabad kapacitásokról, és a csatlakozás műszaki és várható gazdasági feltételeiről szóló részletes tájékoztatót tesznek közzé.”

CPPA projektek tömegessé válásának elősegítése érdekében.

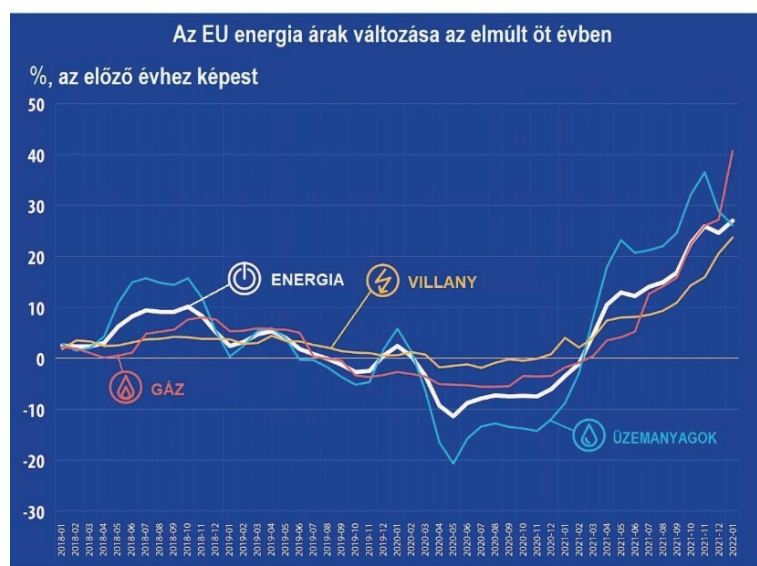
- A telephelyi CPPA projektek esetén az ingatlanjogi szabályok megfelelő módosításával garantálni kell, hogy a telephelyet tulajdonló céget, valamint annak eszközeit és a telephelyet érintő eljárások esetén a naperőmű további üzemelése és a hitelezői biztosítékok hozzáférhetősége és behajthatósága biztosított legyen.
- A hálózati CPPA projektek előmozdítása érdekében kiemelten fontos, hogy minél hamarabb átlátható, piacconform, hálózati kapacitáskiosztási rendszer lépjen életbe mind az elosztói, mind az átviteli kapacitások esetén.
- Indokolt a megújuló áramtermelők Robin Hood adófizetés alóli mentességét üzleti modell semlegessé tenni, azaz a mentességet a CPPA konstrukcióban megvalósuló projektekre is kiterjeszteni.

Források:

- [1] Coussi, M - Harada, L. N. (2020): Power Purchase Agreements: An Emerging Tool at the Centre of the European Energy transition A Focus on France. *European Energy and Environmental Law Review*, Issue 5, pp. 195-205. <https://kluwerlawonline.com/journalarticle/European+Energy+and+Environmental+Law+Review/29.5/EELR2020043>
- [2] RE-Source Platform (2021): A record-breaking year for corporate renewable energy sourcing in Europe <https://resource-platform.eu/news/a-record-breaking-year-for-corporate-renewable-energy-sourcing-in-europe/>
- [3] Green Investment Group (2021): The Polish corporate PPA trend <https://www.greeninvestmentgroup.com/en/projects-and-perspectives/the-polish-corporate-ppa-trend.html>
- [4] MEKH: Az Értékelő Bizottság összefoglaló értékelése a 2021. április 30-án kiírt METÁR pályázatról. http://www.mekh.hu/download/8/fa/01000/metar_2021_aprilis_osszefoglalo_ertekeles.pdf
- [5] Baji Gál Imréné Szarvas Nóra - Gyura Gábor - Jókuthy Laura - Papp Dávid (2021): A hazai megújulóenergia-termelés finanszírozása: kihívások és lehetőségek. Magyar Nemzeti Bank Fenntartható Pénzügyek Főosztály <https://mnb.hu/letoltes/20210121-hazai-megujulo-energiatermeles-finanszirozasa.pdf>
- [6] IRENA (2021): Renewable power generation costs in 2020
- [7] HUPX, HUDEX Villamos energia napi adatok
- [8] Napi.hu: Komoly naperőmű-építés kezdődhet Magyarországon. 2021. 12. 25. <https://www.napi.hu/magyar-vallalatok/edp-renewables-nyirseg-pv-napenergia-energia.742852.html>
- [9] De Jong, C. (2020): PPA contract structures and valuation. KYOS <https://www.kyos.com/wp-content/uploads/2020/04/PPA-Contract-structures-and-valuation-the-financials-of-renewable-power-and-PPA-contracts-2.pdf>
- [10] WBCSD: Pricing structures for corporate renewable PPAs <https://www.wbcd.org/content/wbcd/download/12227/182946/1>
- [11] ICIS: Length, size of European PPAs shrinking in 2021 <https://www.icis.com/explore/resources/news/2021/11/04/10701569/length-size-of-european-ppas-shrinking-in-2021/>

Csúcson az energiainfláció

Az energia éves inflációja az EU-ban 2022 januárjában elérte a 27%-ot, folytatva az emelkedő tendenciát, az Eurostat által a közelmúltban közzétett adatok szerint. A 2020 májusában öt éve legalacsonyabb (-11%) energiainflációt követően az energiainfláció növekedni kezdett, de 2021 februárjáig továbbra is negatív, -9% és -1% közötti volt. 2021 márciusától az energiainfláció pozitív volt, és szinte folyamatosan nőtt, 2021 novemberében elérte a 26%-ot, 2022 januárjában pedig a 27%-ot. Az energia inflációs rátája a legmagasabb a harmonizált fogyasztói árindex (HICP) 1997-es közzététele óta. 2021 októberében meghaladta az eddigi legmagasabb pontot: a 2008 júliusában mért 17%-ot.



ec.europa.eu/eurostat

Az energia részkomponenseinek árváltozását tekintve a gáz 2022. januárjában érte el legmagasabb pontját, közel 41%-ot, ami 13,5 százalékpontos növekedést jelent az előző hónaphoz képest, jelentősen meghaladva az egyéb energiaforrásokat - az üzemanyagot (beleértve a benzint, dízelt, folyékony üzemanyagokat és egyéb tüzelőanyagokat) +26% -kal és a villamos energia +24%-kal.

A Covid19-világjárvány idején az üzemanyagok inflációs rátái volatilisabbak voltak, mint a villamos energia és a gáz esetében. A gáz és a villamos energia inflációs rátája 2020 áprilisa és decembere között negatív értéket ért el, de stabilabb volt, átlagosan -5% a gáz és -1% a villamos energia esetében. Az üzemanyag azonban 2020 májusában mélypontra (-21%) esett, majd 2021 novemberében +37%-on tetőzött.

Az UNIÓS tagállamok közül Belgiumban (67%) és Hollandiában (58%) regisztrálták a legmagasabb energiainflációt 2022. januárjában, majd Litvánia (43%), Észtország (41%) és Görögország (40%). A legalacsonyabb energiainfláció mértéke Máltán 0% volt, ezt Horvátország és Portugália követte, mindkettő 12% -kal.

forrás: <https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220225-2>

Az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer első évének tapasztalatai¹

Nemes Csaba

főosztályvezető, nemescs@mekh.hu

Vedres Péter

osztályvezető, vedresp@mekh.hu

Számos uniós tagállam már alkalmazza és további országok tervezik az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer (EKR) bevezetését. Az EKR az energiaelosztókra és/vagy a kiskereskedelmi energiaértékesítő vállalatokra határoz meg energiamegtakarítási kötelezettséget. A kötelezetteknek a rendszer keretében olyan programokat kell bevezetniük és olyan intézkedéseket kell végrehajtaniuk, amelyek a végfelhasználó oldalán igazolt energiamegtakarítást eredményeznek. A kötelezett az energiamegtakarítási kötelezettségét akár saját tevékenységi körében, akár tevékenységi körén kívül eső más szektorban végrehajtott energiahatékonysági beruházással vagy hitelesített energiamegtakarítás vásárlásával, továbbá energiahatékonysági járulék megváltásával is teljesítheti. Az egy évvel ezelőtt történt hazai bevezetés tapasztalatait foglalja össze ez a cikk.

*

Many EU Member States have already implemented or are considering the introduction of an Energy Efficiency Obligation Scheme (EEOS). The EEOS imposes energy saving obligations on energy distributors and / or retail energy sales companies. Under the scheme, obligated parties must have implemented programs which are delivering certified energy savings on the end-user side. The obligated party could fulfill its energy saving obligation either by investing in energy efficiency in its own field of activity or in another sector outside its field of activity or by purchasing certified energy savings, as well as by paying the energy efficiency fee. The experiences of the domestic introduction that took place a year ago are summarized in this article.

Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer bevezetésének indoka

Az Európai Unió energiahatékonysági célkitűzéseinek és kötelezettségeinek komplex rendszerét az energiahatékonyságról szóló 2012/27/EU irányelv fekteti le. Az irányelv előírása alapján az Unió 2020. évi energiafogyasztása nem haladhatta meg az 1 483 Mtoe primerenergiát vagy az 1 086 Mtoe végső energiát. Az Európai Parlament és a Tanács 2019/504/EU határozata növelte az irányelv célkitűzéseit; az unió 2030. évi energiafogyasztása nem lépheti túl az 1128 Mtoe primer energiát és/vagy a 846 Mtoe végső energiát.

Az uniós célkitűzéseknek való megfelelés érdekében Magyarország vállalta, hogy a 2014-2020-ig terjedő időszakban 167,5 PJ halmozott végfelhasználási energiamegtakarítást ér el. Az irányelv lehetőséget ad arra, hogy a tagállamok a megtakarítást energiahatékonysági kötelezettségi rendszer (7a cikk) bevezetésével, alternatív szakpolitikai intézkedések (7b cikk) által, vagy ezek kombinációjával és a duplikációk kiszűrésével érik el. Magyarország úgy határozott, hogy a 2014-2020-as időszak energiamegtakarítási

kötelezettségét kizárólag alternatív szakpolitikai intézkedésekkel teljesíti.

Az irányelv 2019-es módosítását követően a tagállamoknak a 2018/1999/EU rendelet szerinti integrált nemzeti energia- és klímaterveikben szükséges meghatározniuk indikatív energiahatékonysági hozzájárulásukat oly módon, hogy az biztosítsa a 2030-as uniós célú energiafogyasztási célkitűzésnek való megfelelést. Magyarországnak a 2021-2030-ig terjedő időszakban 337,2 PJ halmozott végfelhasználási energiamegtakarítást szükséges elérnie, ezért a nemzeti energia- és klímaterveben egy új szakpolitikai eszköz alkalmazásáról, az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer bevezetéséről született döntés. Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer keretében 88 PJ energiamegtakarítás elérése tervezett, ami a teljes energiamegtakarítási kötelezettség negyedét adja, így kulcsfontosságú annak sikeres bevezetése és hatékony működése.

Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer hazai keretei

Az Európai Bizottság által jó gyakorlatként ajánlott, az EU tagállamainak jelentős részében már alkalmazott energiahatékonysági kötelezettségi rendszer keretében a kötelezetteknek olyan programokat kell bevezetniük és olyan intézkedéseket kell végrehajtaniuk, amelyek a végfelhasználó oldalán igazolt energiamegtakarítást eredményeznek. Az irányelv szerint – objektív és megkülönböztetésmentes kiválasztási kritériumok alapján – kötelezettek lehetnek az országon belül tevékenységet végző energiaelosztók, kiskereskedelmienergia-értékesítő vállalkozások, és közlekedési célú üzemanyag-elosztók vagy kiskereskedelmi közlekedési célú üzemanyag-értékesítők.

A magyar energiahatékonysági kötelezettségi rendszer kötelezetti köre a villamos energia és földgáz kereskedelmi és egyetemes szolgáltatókra, valamint a közlekedési célú üzemanyagot végső felhasználók részére értékesítő gazdálkodó szervezetekre terjed ki. A kötelezett fél a 2021. évben az általa 2019-ben végső felhasználók részére Magyarországon értékesített, kötelezettség alá vont energiamennyiség 0,05%-ának, megfelelő mértékű éves energiamegtakarítást köteles elérni a végső felhasználók körében. A kötelezettség mértéke kezdetben meredeken emelkedik, majd a 2024-2027 közötti években 0,5%-on tetőzik, a 2028-2030 közötti időszakban pedig csökken. Az energiamegtakarítási célértékeket, azok bázisévét, valamint a becsült energiamegtakarítási kötelezettséget az 1. táblázat mutatja be részletesen.

Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer első éve

A kötelezetteknek a végfelhasználási energiamegtakarítással kapcsolatos adatszolgáltatásról szóló 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendeletben meghatározott módon, adattartalommal és határidőben szükséges a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (a

¹ A cikk a KLENEN '22 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

1. táblázat. A magyar energiamegtakarítási célértékek 2021–2030

Év	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bázisév	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Célérték	0,05%	0,10%	0,30%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,35%	0,15%	0,05%
Energiamegtakarítási kötelezettség, TJ	294	548	1790	2999	3014	3029	3044	2141	922	309

továbbiakban: MEKH) számára az energiamegtakarítási kötelezettségük megállapításához szükséges adatokat megküldeniük. A közlekedési célú üzemanyagot végső felhasználók részére értékesítő gazdálkodó szervezetnek a MEKH által újonnan létrehozott EKR adatgyűjtő rendszere (ekr.mekh.hu) útján, a villamos energia és földgáz kereskedelmi engedélyeseknek a Hivatal Energiainformációs Adattári rendszerében elérhető V610b űrlapon, illetve G610b űrlapon szükséges végrehajtani az adatszolgáltatásokat.

Az EKR rendszer bevezető évében, a 2021. év során a MEKH két alkalommal állapította meg a kötelezettek energiamegtakarítási kötelezettségét. Egyrészt a 2019. évi értékesítésről szóló adatszolgáltatások alapján a MEKH határozatban állapította meg a 2021. évi energiamegtakarítási kötelezettségeket, valamint a 2020. évi értékesítések alapján a 2022. évi energiamegtakarítási kötelezettségeket. A MEKH alkalmanként több mint 900 egyedi adatszolgáltatást dolgozott fel, a feldolgozás során meghatározta, hogy az értékesített energia mennyiségéből mekkora a végfelhasználók részére értékesített energia mennyisége (levonásra kerültek a nem végső felhasználásnak minősülő értékesítések, például az energiaátalakítási ágazatnak értékesített energiamentisítések), amely az energiamegtakarítási kötelezettség alapját képezi. A 2021. évre vonatkozóan 821 db határozatban, a 2022. évre vonatkozóan 846 db határozatban állapította meg a MEKH energiamegtakarítási kötelezettséget. A kiadott határozatokban 2021-ben összegezve 293 670 GJ, míg 2022-ben az energiamegtakarítási kötelezettség emelkedésével összhangban 548 405 GJ energiamegtakarítás került előírásra. A 2023. évi kötelezettség megállapításához a kötelezetteknek 2022. május 31-ig kell benyújtaniuk az adatszolgáltatásaikat, amelyek feldolgozását követően a MEKH a vonatkozó új határozatokat legkésőbb november 30-ig meghozza.

Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer hatékony működésének biztosítása érdekében kulcsfontosságú volt a szten-derd energiamegtakarítási intézkedések jegyzékének kidolgozása és jogszabályban történő megjelenése. Meghatározó szempont volt, hogy egy széleskörű szakmai konszenzussal rendelkező jegyzék készüljön, ezért a MEKH a jegyzéket Magyar Mérnöki Kamara bevonásával és nyilvános egyeztetések lefolytatását követően véglegesítette. Az intézkedésjegyzék a végfelhasználási energiamegtakarítással kapcsolatos adatszolgáltatásról szóló 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendelet I. mellékleteként a Magyar Közlönyben 2021. szeptember 20-án jelent meg. A jegyzék olyan egyszerűsített módon elszámolható intézkedés-típusokat sorol fel, amelyekkel végsőenergia-megtakarítás érhető el. Az egyes intézkedéstípusok adatlapjai többek között tartalmazzák az intézkedés lehatárolt leírását; a kiindulási állapot és az intézkedést követő állapot rögzítésének módját, tartalmát; az elszámolható élettartamot és az avulás mértékét; a teljesítménytenyező leírását és azok kiszámításának elveit, az éves megtakarítás számítási képletét; a benyújtandó dokumentumokat, valamint egyéb fontos, az elszámolást támogató információkat. A jegyzék használatával egyszerűsödik az elszámolható energiamegtakarítások kiszámítása, valamint

gyorsabbá válhat a megvalósított beruházások, intézkedések bejelentése, az elszámolható megtakarítás kiszámításának és az elvárt dokumentálási igény meghatározásával csökkennek a kötelezettek és hitelesítő szervezetek költségei és kockázatai.

A kötelezettek az energiamegtakarítási kötelezettség teljesítéséért egy adott évre elszámolni kívánt hitelesített energiamegtakarításokat és az azt alátámasztó adatokat a 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendeletben megállapított módon és adattartalommal jelenthetik be a MEKH részére. Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer keretében elért energiamegtakarítási adatok felhasználóbarát jelentése érdekében a Hivatal egy informatikai rendszert, az EKR adatgyűjtő rendszert és egy hozzá tartozó komplex adatszolgáltatási űrlapot fejlesztett. Az adatszolgáltatási űrlap számos beépített ellenőrző és automatikus számító funkcióval rendelkezik, amelyek együttesen minimalizálják a hibás adatszolgáltatásokat.

Az EKR-rel kapcsolatos transzparenciát növelendő a MEKH munkatársai az év során számos szakmai rendezvényen ismertették az EKR-rel kapcsolatos aktuális fejleményeket, továbbá bilaterális úton is biztosították az egyeztetések lehetőségét. A legfontosabb EKR-t érintő információkról Gyakran Ismételt Kérdések (GYIK) formájában érhető el információk az energiahatékonysági honlap EKR menüpontjában. Ezen kívül a MEKH módszertani segédlet és az energiamegtakarítás mértékének megállapítását segítő számoló táblát is készített. A módszertani segédlet és a számoló tábla célja, hogy támogatást nyújtson az energetikai auditoroknak és az EKR-ben elszámolható végsőenergia-megtakarítás hitelesítését végző energetikai auditáló szervezeteknek az elszámolható végsőenergia-megtakarítások előkalkulációjában, valamint ellenőrzési lehetőséget biztosítson a számítások helyességére vonatkozóan. A módszertani segédlet és az EKR elszámoló tábla a végfelhasználási energiamegtakarítással kapcsolatos adatszolgáltatásról szóló 17/2020. (XII. 21.) MEKH rendelet szerinti EKR adatgyűjtő rendszer által alkalmazott háttérszámításokat tartalmazza.

Az első év tapasztalatai

Az EKR rendszer bevezetése megteremtette a megtakarítások iránti keresletet, ugyanakkor a rendszer hatékony működése érdekében szükségszerű, hogy elegendő megtakarítás is legyen az energiamegtakarítások piacán. A megfelelő mennyiségű kínálat elérését segíti az energiamegtakarítási intézkedési jegyzék létrehozása, amely egyaránt segíti az energiahatékonysági projekteket tervező vállalatokat, tanácsadást végző energetikai auditorokat, szakreferenseket és a hitelesítést végző energetikai auditáló szervezeteket. Tekintettel azonban a jegyzék fontosságára azt folyamatosan aktualizálni, bővíteni szükséges. Ennek érdekében a MEKH a tavalyi év végén a Magyar Mérnöki Kamara szakértőivel áttekintette a jegyzéket és módosításokat, továbbá új intézkedések jegyzékbe történő felvételét készítette elő. Ezek az új intézkedések tavaly decemberben már röviden bemutatásra is kerültek, de a transzparencia biztosítása érdekében a MEKH hamarosan nyil-

vános egyeztetésre bocsátja az elkészült intézkedések részletes leírását is.

Egy hatékonyan működő energiamegtakarítási piacoz az adás-vételi tranzakciók egyszerű, biztonságos végrehajthatóságát is biztosítani szükséges. A másodlagos piaci kereskedés lehetősége az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvényben (Ehat. tv.) biztosított; a hitelesített energiamegtakarítás korlátozottan forgalomképes vagyoni értékű jog, amely kizárólag a kötelezett fél részére kétoldalú megállapodás keretében vagy szervezett piacon ruházható át. Az Ehat. tv. rendelkezik arról, hogy az energiamegtakarítási kötelezettség teljesítését milyen keretek között szükséges végrehajtani, nem rendelkezik, azonban a hitelesített energiamegtakarítások nyilvántartásáról. Ezt a hiányosságot szüntette meg az egyes energetikai és közlekedési tárgyú, valamint kapcsolódó törvények módosításáról szóló 2021. évi CXXXVI. törvény, amely a MEKH feladatává tette, hogy 2022. július 1-jétől hozza létre a hitelesített energiamegtakarítások nyilvántartását. A hitelesített energiamegtakarítások nyilvántartásában a MEKH nyilvántartja az energiamegtakarításnak, valamint az energiamegtakarítás jogosultjának adatait. Ezen adatokat a hitelesítést ellátó energetikai auditáló szervezet az energiamegtakarítás hitelesítését követően haladéktalanul felvezeti a Hivatal online felületén. Továbbá a hitelesített energiamegtakarítás jogosultjának személyében bekövetkező változást az átruházó köteles haladéktalanul bejelenteni az erre rendszeresített online felületen. Az új nyilvántartási rendszer biztosítja, hogy az országban létrejött összes hitelesített energiamegtakarítás nyilván legyen tartva, továbbá naprakész és nyilvánosan elérhető információ álljon rendelkezésre az energiamegtakarítás jogosultjáról, ily módon pedig a visszaélések és csalások lehetősége minimalizálásra kerüljön. A nyilvántartási rendszer szolgáltathatja az alapot egy szervezett másodlagos piac kialakításához is.

Az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény veszélyhelyzet ideje alatt történő eltérő alkalmazásáról szóló 671/2021. (XII. 2.) Korm. rendelet az energiamegtakarítási kötelezettség teljesítése kapcsán könnyítő szabályokat határozott meg, a kötelezettek a 2021. évi energiamegtakarítási kötelezettségét 2022. december 31-ig teljesíthetik. A határidő kitolása nem csökkenti azonban a kötelezettségeket, ezért lehetőség szerint javasolt az EKR rendszer szabályainak, a megtakarítási piacok működésének minél előbb történő megismerése, valamint a MEKH informatikai rendszerek használatának elsajátítása.

Az EKR a magyarországi energiahatékonysági célok teljesítésének egyik kiemelt szakpolitikai eszköze, hatékony alkalmazásához a piaci szereplők, a jogszabályalkotó és a szabályozó hatóság együttműködése szükséges. Az EKR bár egyes szereplőknél valóban többlet terhet okoz, de emellett új piaci lehetőségeket is nyit és egy hatékonyan működő kötelezettségi rendszerrel Magyarország - EU-s átlaghoz viszonyítva kedvezőtlen - energiaintenzitása jelentősen csökkenthető. A hatékony energiafelhasználás a klímaváltozás elleni küzdelem egyik hatékony eszköze, amely emellett versenyképességet növelő hatással is jár.

Irodalom

- [1] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2012/27/EU IRÁNYELVE az energiahatékonyságról, a 2009/125/EK és a 2010/30/EU irányelv módosításáról, valamint a 2004/8/EK és a 2006/32/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről
- [2] Az energiahatékonyságról szóló törvény végrehajtásáról szóló 122/2015. (V. 26.) Korm. rendelet.
- [3] Nemzeti Energia- és Klímaterv. Innovációs és Technológiai Minisztérium, 2020.
- [4] Az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény
- [5] Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal

Fogyasztóvédelmi kampányt indít a MEKH

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) alapvető feladatai közé tartozik az energia- és közműszolgáltatásokat igénybe vevő fogyasztók jogainak és érdekeinek védelme. A felhasználók széles körű tájékoztatása érdekében a hivatal „A tudatos fogyasztó” címmel indít fogyasztóvédelmi kampányt honlapján és Facebook-oldalán – jelentette be Horváth Péter János a MEKH elnöke 2022. február 14-én.

A MEKH számára a tudatos fogyasztó nemcsak az, aki a környezeti fenntarthatóság szempontjából energiahatékony megoldásokat alkalmaz. A fogyasztói tudatosság fontos eleme az is, hogy a felhasználók tisztában legyenek az energia- és közműszolgáltatások igénybevétele során érvényesíthető jogaikkal, kötelezettségeikkel és a szolgáltatásokkal összefüggő egyéb lehetőségeikkel. Az elnök úr rámutatott: a MEKH fogyasztóvédelmi tevékenységének legfőbb célja, hogy a villamosenergia-, földgáz-, távhő-, ivóvíz-, szennyvíz- és hulladékszektorban felügyelt szolgáltatók a fogyasztók kiszolgálását magas színvonalon, elvárt minőségben, biztonságosan és a fogyasztói jogokat tiszteletben tartva végezzék. Mint mondta, a hivatal fogyasztóvédelmi tevékenysége három pilléren nyugszik: hatékony fogyasztóvédelmi jogérvényesítés, a fogyasztók érdekeit szem előtt tartó szabályozás, valamint érdemi támogatást nyújtó tájékoztatási tevékenység.

A hivatal elnöke kiemelte: a MEKH elkötelezett a fogyasztói panaszok pártatlan, gyors kivizsgálása mellett, és amennyiben jogsérelmet állapít meg, jogszabályi felhatalmazása keretei között orvosolja a problémát, a szolgáltatót pedig elmarasztalhatja. A hivatal évről évre

rendszeres és eseti jellegű ellenőrzéseket folytat a felügyelt szektorokban, ezzel is hozzájárulva a fogyasztók széles körét érintő problémák, vitás kérdések megelőzéséhez. A MEKH fogyasztóvédelmi ügyfélszolgálat 2021-ben csaknem 7000 megkeresés ügyében adott tájékoztatást a fogyasztóknak telefonon, levélben vagy személyes tanácsadás során. A 2020-as adatokhoz képest az írásbeli megkeresések száma 32%-kal, míg a telefonos megkeresések száma 30%-kal növekedett, vagyis a felhasználók – panaszügyeik elintézésében – továbbra is nagy számban igénylik a MEKH segítségét. 2021 folyamán a hivatalhoz 379 új panasz érkezett, illetve 404 ügy került lezárásra – tette hozzá a hivatal elnöke.

Horváth Péter János elmondta, hogy a felhasználók széles körű tájékoztatása érdekében a hivatal „A tudatos fogyasztó” címmel indít fogyasztóvédelmi kampányt honlapján és Facebook-oldalán, melynek során hetente több alkalommal is tájékoztatást nyújt az érdeklődőknek. A tájékoztató kampány keretében szó lesz az online ügyintézés előnyeiről, a különböző számlatípusokról és a számlabefizetés lehetséges módokról; a védendő fogyasztókat megillető jogokról, a felhasználóváltásról, a szabálytalan vételezésről, a szolgáltatások ki- és visszakapcsolásának szabályairól, a társasházakkal kapcsolatos legfontosabb tudnivalókról és az energiacímkekről.

A MEKH fogyasztóvédelmi oldala nyújt bővebb információt: <http://www.mekh.hu/hova-fordulhatok-lakossagi-felhasznalok-tarsashazak-mekh.hu>

Forrás: MEKH

Okosépület-mutató, avagy elég-e, ha csak az épület 'okos'?¹

Kinde Gergely

szervizmérnök, kinde.g@daikin.hu

Szalai Gabriella

environmental advocacy, szalai.g@daikin.hu

Takarics László

mérnök üzletkötő, takarics.l@daikin.hu

Zöld átállás van folyamatban az energetikában, ezzel együtt erősödik az elektrifikáció trendje, Európában is, hazánkban is. Kettős a cél: csökkenteni kell az energiafelhasználást, valamint az energia-előállításához és -felhasználáshoz köthető széndioxid-kibocsátást is mérsékelni szükséges. Az okos épületek megoldások segítik ezeknek a céloknak az elérését.

*

A green transition is underway in the energy sector, and at the same time the trend of electrification is intensifying, both in Europe and in Hungary. The twofold aim is to reduce energy consumption and to reduce CO₂ emissions linked to energy production and use. Smart building solutions help you achieve these goals.

Nemzetközi trendek, hazai irányok

Az uniós döntéshozók 2018-ban elfogadták az épületenergetikai direktíva (EPBD [1]) módosítását. A megújult szabályozás már körvonalazza Európa épületállományát az előttünk álló évtizedekre. Az épületek a jövőben nem pusztán passzív energiafogyasztók, hanem aktív részei, elemei lesznek a villamos hálózatoknak.

A hálózati kiegyenlítésben, energiátárolásban maguk az épületek is szerepet kapnak. Ezt a szerepet az energiaszolgáltatók, -kereskedők díjazni is hajlandók, hiszen a központi és 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.

A Nemzeti Energia Stratégia [2], illetve a Nemzeti Energia- és Klímaterv [3] célul tűzte a ki a fenti nemzeti trendek hazai megvalósítását, a fogyasztó oldali válaszciklusra, rugalmas fogyasztásra épülő szolgáltatások ösztönzésétől, független energiaközösségek kialakításától kezdve, okosmérők elterjesztésén és rugalmas díjazás ösztönzésén át a „háztáji” megújuló alapú termelés integrációjának elősegítésén keresztül, melyben független aggregátorok is szerepet tudnak kapni.

A karbonsemlegességi célok ugyanakkor nem teljesíthetők az épületállomány megújítása nélkül. Az épületek energiaigényének csökkentésével nem csupán takarékoskodni lehet, hanem az épületek tulajdonosai, üzemeltetői így maguk is hozzájárulnak a kisebb CO₂-kibocsátáshoz.

Az okos épületek hőellátásában, és az épületek dekarbonizációjában kulcsszerep juthat a hőszivattyús technológiának, amely nem csak az egyik leghatékonyabb környezetbarát

gépészeti megoldás az ingatlanok fűtésére, hűtésére, használati meleg víz előállítására, hanem az új épületek megújuló energia részarányára vonatkozó energetikai elvárást is teljesíti, valamint a megújuló energiára vonatkozó közös európai célok teljesítéséhez is hozzájárul. Mindezt úgy, hogy a felhasználók komfortját is maximálisan kielégíti.

Az okosépület fogalma

Az okos épület olyan épület, amely az épület felhasználóinak komfortját szem előtt tartva a felhasználók igényeihez illeszkedve működik, figyelembe veszi a közműhálózat jelzéseit, illetve a felhasználói és közműhálózati igényekhez történő alkalmazkodását információs és kommunikációs technológiák és elektronikus rendszerek segítik elő.

Okosépület-mutató

A jelenlegi statikus épületminősítés rendszert előbb-utóbb – az épületek változó szerepét jobban tükröző – dinamikus mutató váltja majd. A felülvizsgált EPBD ezért is követeli meg egy önkéntes európai rendszer kidolgozását az épületek intelligens készültiségének értékelésére: az „okosépület-mutatót” [4].

A mutató célja, hogy az építési intelligencia hozzáadott értékét kézzelfoghatóbbá tegye az épület felhasználói, tulajdonosai, bérlői és intelligens szolgáltatói számára. Az önkéntes minősítési rendszert az Európai Bizottság megbízásából a közelmúltban fejlesztette ki és tesztelte egy konzorcium [5]. Azt is szeretné egyben elérni, hogy tegye mérhetővé az épületek azon képességét, hogy működésüket milyen mértékben képesek a felhasználók igényeihez igazítani, ideértve a felhasználók komfortját és 'well being' érzését (jól létét), és mennyire képesek optimalizálni az energiahatékonyságot és az általános teljesítményt, ehhez központi felügyeleti rendszert felhasználni.

A javasolt SRI-módszer egy kvalitatív minősítési rendszer, mely az épületben található okos szolgáltatások és az általuk kínált funkciók értékelésén alapul. Mindegyik szolgáltatás megvalósítható különféle fokú „intelligenciával”, ezeket „funkcionális szinteknek” nevezzük.

Az értékelésnek alapját egy mátrix alkotja, ahol kilenc területet {{(1) fűtés; (2) hűtés; (3) használati meleg víz; (4) szabályozott szellőzés; (5) világítás; (6) dinamikus épületburok; (7) villamos energia; (8) elektromos jármű töltése; (9) monitoring és ellenőrzés}} az alábbi hét hatáskategóriában elemezzük:

- Az energiahatékonyság és az épület üzemeltetésének fenntartása az energiafogyasztás kiigazításával (1) energiamegtakarítás a helyszínen, (2) karbantartás és a hiba előrejelzése;
- Az a képesség, hogy működési módját a felhasználó igényeihez igazítsa, kellő figyelmet fordítva a felhasználóbarát lehetőségek elérhetőségére, az egészséges beltéri levegő

¹ A cikk a KLENNEN '22 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

és klímafeltételek fenntartása, illetve az energiafelhasználásról való beszámolás képessége (3) komfort, (4) kényelem, (5) felhasználói visszacsatolás, (6) egészség és well being;

- Az épület teljes villamosenergia-igényének rugalmassága, és azon képessége, hogy lehetővé tegye az aktív és passzív, valamint az implicit és explicit kereslet-oldali (demand side response) válaszadást, például a (7) rugalmasság és a terheléseltolás képességei révén.

Az SRI pontszám kiszámítása az okos szolgáltatások vizsgálatával kezdődik: megvizsgálják az épületben elérhető szolgáltatásokat és meghatározzák azok funkcionális szintjét. Az egyes szolgáltatások pontszámának meghatározása után az összesített hatást kiszámítják az okos szolgáltatásokkal érintett kilenc területre.

Magyarországon először teszteltük az okosépület-mutatót

A hőszivattyú technológia sok rejtett, jelenleg nem kihasznál, ad-dicionális előnyt rejt magában. Az okosépületek a jövőben támaszkodni fognak a technológia ma még rejtett tulajdonságaira, és ezek mikéntje az okosépület-mutatón keresztül jól bemutatható.

A Daikin azon túl, hogy hőszivattyú technológián keresztül kulcsrakész megoldást nyújt az alacsony energiafogyasztású épületek fűtésére és hűtésére, az intelligens épületfelügyelettel kapcsolatos követelmények teljesítését is támogatja. Az energiafelhasználás monitoringja, prediktív analízis és működtetés biztonsága, illetve a villamos hálózat fogadóképessége esetén az azokkal való kommunikáció is már a vállalat által kínált épületgépészeti megoldások részei.

Daikin referencia épületen demonstráltuk az okosépület-mutató működését

Egy háromoldalú megállapodás keretében a Comfort Consulting Kft. szakértői segítségével az Aereco Légtechnika Kft. 'BBs energetikájú', három szintes, 2019 év elején átadott multifunkciós iroda-épületének² működése került vizsgálatra, 2020 folyamán téli, nyári és átmeneti időszakban.

Gépészeti rendszer specifikációja

Daikin monovalens VRV 3 kültéri egységének teljesítménye 2×50 kW és 1×45 kW egység. A rendszer 26 beltéri egységgel működik, helyiségenkénti hőmérséklet szabályozóval, központi vezérléssel. Az épületben az Aereco HRG 3000 légkezelő berendezése működik.

Az okosépület-mutató hét hatáskategóriájának elemzése

1. Energiamegtakarítás a helyszínen

Kifejezetten az okos szolgáltatások hatására jelentkező energiamegtakarításra vonatkozik. Nem az épület teljes energiamegtakarítását veszik figyelembe, hanem csak az okos technológiák által biztosított részt, például a helyiség hőmérséklet jobb szabályozásának eredményét.

² Budapest egyik legtitisztább levegőjű irodája (https://www.daikin.hu/hu_hu/blog/budapest-legtisztabb-levegou-irodaja.html)

A referenciaépület esetében ennél a hatáskategóriánál az értékelésnél előnyt jelentettek az alábbi tulajdonságok:

- a VRV felügyeleti rendszerben helyiségenként beállíthatók a fűtés és hűtés szabályozásnál az alapjelek és időprogramok, illetve megadható a felhasználók jogosultsági szintje az egyes helyiségeken belüli kezelőegységeken történő beavatkozás mértékéhez kapcsolódóan.
- A VRV felügyeleti rendszerben beállítható és nyomon követhető referencia cél-energia felhasználás. Ennek segítségével folyamatosan ellenőrizni lehet a rendszer várt és valós fogyasztási értékeit, valamint szükség esetén módosítani a beállításokon (időzítés, hőmérséklet, üzem).
- Az I. emeleti irodaterületeket kiszolgáló hővisszanyerős légtechnikai rendszer gyári automatika rendszere biztosítja a kiszolgált helyiségek frisslevegő ellátásánál a légszállítás mértékének szabályozását a helyiségekben elhelyezett jelenlét és/vagy CO₂ koncentráció érzékelők alapján.
- Az II. emeleti tárgyalót és irodát kiszolgáló hővisszanyerős légtechnikai rendszer gyári automatika rendszere biztosítja a kiszolgált helyiségek frisslevegő ellátásánál a légszállítás mértékének szabályozását a tárgyalóban elhelyezett jelenlét, CO₂ koncentráció és páratartalom érzékelők alapján.

2. Rugalmasság a hálózat és a tárolás szempontjából

Ez a hatáskategória azt fejezi ki, hogy az épület energiaellátása mennyire rugalmas a hálózat és az energiatárolás szempontjából. Ez a villamosenergia hálózatra, valamint a távfűtési és hűtési hálózatokra is értendő.

Az Aereco-épület esetében a hőtárolás szempontjából jelenleg alacsony mértékű potenciál rejlik, mivel a VRV nem vizes rendszer, puffer tároló alkalmazására nincs lehetőség, illetve felülfűtés-hűtés által sem használható ki az épület hőtároló tömege.

Amennyiben az okos hálózat szolgáltatásai rendelkezésre állnának, abban az esetben az épület hőtároló képessége és a VRV rendszert kiegészítő épületfelügyeleti rendszer adottságai előnyösen kihasználhatóvá válnának, mivel rugalmas kapacitást portfólióba kapcsolva az okos hálózat szempontjából akár elegendő lehet a VRV rendszer 15-30 perces teljesítmény csökkentése is, amely nem okozna jelentős komfortszint visszaesést az épületben, illetve a teljesítmény csökkentéshez kapcsolódóan a helyiségek közötti prioritás meghatározásával egyes helyiségekben (pl. raktár) akár az 1-2 °C-nál nagyobb belső hőmérséklet lengés is megengedhető lenne.

3. Komfort

Ez a hatáskategória azt fejezi ki, hogy a szolgáltatások milyen hatással vannak az épülethasználók komfortjára. A komfort a fizikai környezet tudatos és tudattalan érzékelésére utal, ideértve a hőkomfortot, az akusztikai komfortot és a vizuális komfortot.

A VRV épületfelügyeleti rendszeren részletesen beállítható üzemi paraméterek, hozzáférési- és beavatkozási jogosultságok a felhasználói igények maximális kiszolgálása mellett automatikus – és ezzel észrevétlen működést tesznek lehetővé. Az üzemzavar- és hiba jelzések az üzemeltetők és szükség esetén a szervizcég gyors beavatkozását teszik lehetővé, ezzel segítve a komfortszint folyamatos szinten tartását.

4. Kényelem

Ez a hatáskategória arra utal, hogy a szolgáltatások milyen mértékben befolyásolják az épülethasználók kényelmét, azaz milyen

mértékben könnyítik meg az életet, beleértve például a fűtési- és hűtési ciklusok szabályozhatóságát.

5. Jólét és egészség

Ez a hatáskategória a szolgáltatásoknak az épületet használók jólétére és egészségére gyakorolt hatására vonatkozik. Az okosabb szabályozó rendszer javíthatja a beltéri levegő minőségét a hagyományos szabályozáshoz képest, ezáltal javítva az épületet használók jólétét, és pozitív hatással lehet az egészségükre.

6. Karbantartás és a hiba előrejelzése

Az automatikus hibakeresés és diagnosztizálás jelentősen javíthatja az épületet ellátó rendszerek karbantartását és üzemeltetését. A nem hatékony működés észlelése és diagnosztizálása pozitívan befolyásolja az épületet ellátó rendszerek energetikai hatékonyságát.

Előnyt jelent, hogy a VRV felügyeleti rendszer prediktív hibajelző logikával rendelkezik, ami alapvetően úgy működik, hogy a rendszer folyamatosan monitorozza az összes üzemi paramétert. Ezt változó, de 20 mp és 60 mp közötti intervallumokban teszi. Az üzemi paraméter alapján a folyamatosan frissülő prediktív logika különböző összefüggések alapján értékeli a működést, és amennyiben az üzemi paraméterek a megengedett tartományon kívül esnének, azonnal értesítést küld a rendszer. Ez lehet úgynevezett elő-hiba (pre-error), ami azt jelzi, hogy valamilyen nem üzemzerű működést észlelt a rendszer, azonban ez önmagában nem veszélyezteti a teljes rendszer üzembiztonságát. Erről ugyanúgy figyelmeztetést küld, mint a valós hibákról. A prediktív előjelzések alapján több hiba megelőzhető – pl. kezdődő hűtőközeghiány esetén is jelez a rendszer, ami pedig a későbbiekben jelentős komforthiányt, vagy esetleg kompresszor és egyéb hűtőkori meghibásodásokat okozhat.

7. Tájékoztatás az épületet használók részére

Az épület üzemeltetésére vonatkozó információkról történő tájékoztatás az épületet használók részére.

Az értékelésnél előnyt jelent a VRV felügyeleti rendszer előzőleg részletezett prediktív hibajelző funkciója. További előny, hogy a felügyeleti rendszer alkalmas adatgyűjtésre és a historikus üzemi paraméter adatok tetszőleges időszakra lekérdezhető. Például több bérlemény-területet tartalmazó nagyobb irodaépületek esetében a VRV felügyeleti rendszer által biztosítható az egyes bérlemény-területek között a költségmegosztás akár beltéri egység szintű bontásban.

Több épület üzemeltetése esetén akár az energia, akár az üzemi paraméterek épületek közötti összehasonlítása is további előnyt jelenthet. Kifejezetten előnyös lehet nagy üzemeltetési cégek, illetve Key Account partnerek esetén (például üzletláncok esetén, ahol a boltok szinte ugyanolyan műszaki tartalommal épülnek).

Konklúzió

Az Aereco-irodaház okosépület-mutatója az ismertetett módszerrel számolva 59% lett. Ez az érték ugyan nem tűnik magasnak, de ez nem az épület hiányossága. Ma még a legújabb, a hazai és nemzetközi épületenergetikai elvárásokat messze teljesítő, modern épület sem nevezhető okosnak.

Hiszen a villamos hálózat erre egyelőre nem fogadóképes.

Amennyiben a magyarországi villamos közműhálózat és az épület műszaki rendszerei közötti interakció biztosítható lenne, a napelemes rendszerrel, e-autó töltővel, hő- vagy villamos energia tárolással és az épületfelügyeleti rendszer kapcsolódó fejlesztésével 72% SRI-érték lenne elérhető. Ez az érték pedig már hűbben

tükrözi az Aereco-irodaház felhasználói számára nyújtott magas komfortját.

Köszönetnyilvánítás

A Daikin Hungary Kft. köszönetét fejezi ki az Aereco Légtechnika Kft. vezetésének és munkatársainak, hogy lehetővé tették az épület működésének több hónapos vizsgálatát.

A vizsgálathoz szükséges szakértői támogatást, az okosépület-mutató módszertanát, és a szükséges számításokat a Comfort Consulting Kft. munkatársai, Dr. Magyar Zoltán, Németh Gábor okleveles gépészmérnökök, valamint Héglő Mihály épületgépész mérnök nyújtották.

Felhasznált források

- [1] https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en
- [2] ITM Nemzeti Energia Stratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig
- [3] Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve
- [4] <https://smartreadinessindicator.eu/>
- [5] VITO, Waide Strategic Efficiency Europe, <https://smartreadinessindicator.eu/about-us>

Ausztria, Németország és a V4 energiaminiszterei találkozója

A hidrogénpiac technológiai éretlensége miatt Magyarországon alapvető fontosságú az e területen zajló kutatás-fejlesztés-innováció (K+F+I) elősegítését célzó ösztönzők nyújtása – mondta Palkovics László innovációs és technológiai miniszter kedden (2022. 02. 08.) Budapesten, a V4-országok energiaminisztereinek tanácskozásán, amelyen Ausztria és Németország is részt vett meghívottként. Hozzátette, hogy a sikeres európai hidrogén ökoszisztéma megteremtése szempontjából is nagyon fontos a nemzeti és európai együttműködés elősegítése az innováció területén zajló beruházási projekteken, és az új technológiák gyártása-fejlesztése területén. A kormányok közötti együttműködés a szabályozási kérdéseket, és a piaci szereplők közötti együttműködést támogató fórumok létrehozását helyezhetné előtérbe.

Kitért arra, hogy kiemelt programok támogatják a tavaly kihirdetett magyar Nemzeti Hidrogénstratégia végrehajtását. Ebben nagy hangsúlyt fektetnek a közlekedés zöldítésére és az ipari dekarbonizációra a következő 10 évben. Vizsgálják a hidrogén potenciális szerepét a hosszú távú villamosenergia-tárolásban, a termelésen és felhasználáson túl a kapcsolódó technológiák hazai fejlesztését és gyártását helyezik előtérbe. Az országok energiaigénye egyre nő, ezért létfenntartásuknak nevezte a hosszú távú hatások szem előtt tartását, és a kiegyensúlyozott megközelítést, úgy vélte, a jól működő energiapiacok fenntartása mellett biztosítani kell az energetikai vállalatok szigorú felügyeletét és a megfizethető szolgáltatásokat.

Richard Sulík szlovák energiaminiszter országa stratégiáját ismertette arról tájékoztatott, hogy a közeljövőben egy 30 ezres városban hidrogénmegajtású buszokat állítanak üzembe a tömegközlekedésben.

Josef Síkela cseh tárcavezető a geopolitikai kockázatokat emelte ki, amelyeket nem szabad figyelmen kívül hagyni. Arra is rámutatott, hogy kiemelt a támogatáspolitikai és az energiapiacok szabályozása. Felhívta a figyelmet arra, hogy minden V4-ország importra szorul, mert az iparhoz és a mobilitáshoz nem tud elegendő hidrogént előállítani saját forrásból.

Anna Moskwa lengyel miniszter közölte, hogy a stratégia elkészült, a jogi szabályozásra és a támogatásra vonatkozó terveket néhány hónapja fogadták el. Szintén utalt a geopolitikai kockázatokra, mint mondta, a gáz-, és energiafüggés miatt „mindenkinek vannak rossz tapasztalatai mostanság”. Jelezte: támogatják az európai standardok létrehozását.

Forrás: ITM

Az energiahatékonyság fejlesztés korlátozódása I.¹

Gróf Gyula

c. egyetemi tanár, grof.gyula@ek-cer.hu

Az elavult épületállomány energiafogyasztásának csökkentésére szolgáló energetikai hatékonyságnövelő beruházási programok sokszor a tervezettnél mérsékeltebb hatást érnek el, ami összetett folyamatok eredménye. A téves prognózist a felújítást követő többlet energiafelhasználás (rebound) és a felújítás előtti fogyasztás túlbecslése (prebound), illetve a két hatás együttes megjelenése okozhatja. A rebound és prebound a gazdaság egészére kiterjedhet, ugyanis a felhasználóknál az energiahatékonyság növekedése miatt keletkező átcsoportosítható forrás más területen helyettesítő vagy kiegészítő fogyasztás vásárlására fordítható. A gazdaság egészének új egyensúlya így megnövekedett energiafogyasztást eredményezhet. A magyarországi lakásszektor energiahatékonysági fejlesztési programoknál akár ~45-50%-os közvetlen, enyhén emelkedő tendenciájú, és 30%-os közvetett, enyhén csökkenő tendenciájú, rebound mértékekre is lehet számítani.

*

Resulting in complex processes, the energy efficiency investment programs to reduce the energy consumption of outdated building stock often have a more moderate impact than planned. The erroneous prognosis may be caused by an overestimation of pre-renovation consumption (prebound) and excess energy consumption after renovation (rebound), and the combined appearance of these two effects. Rebound and prebound can cover the economy, as users can use the transferable resources generated by the increase in energy efficiency to purchase replacement or additional consumption in other areas. A new balance of the economy could thus lead to increased energy consumption. In the case of energy efficiency development programs in the Hungarian housing sector, direct rebound rates of up to ~45-50% can be expected, with a slight upward trend and an indirect 30%, with a slightly decreasing trend.

Bevezetés²

A tudományos beszámolókon túl, az éghajlatváltozás számos következményével a médiában és részben tapasztalataink során találkozhatunk. Ennek következménye, hogy az egyes országok és a nemzetközi szervezetek egyre növekvő forrásokat összpontosítanak az éghajlatváltozás hatásainak mérséklésére. A programok egyik alap célkitűzése a fosszilis energiahordozók felhasználásának visszaszorítása és a szén-dioxid kibocsátás nagy mértékű csökkentése. Az intézkedések az önkéntes csatlakozástól a kötelező érvényű rendelkezésekig számosak. Az épületenergetikához kapcsolódóan az Európai Unió több direktívát és ajánlást fogadott el, amit az egyes tagállamok a saját rendeleteikbe és törvényeikbe építettek be. Az energetikai és klímapolitikai törekvések folyamatosan erősödnek és szigorodnak azok az előírások is, amelyek szabályozzák a lakásszektorra vonatkozó energetikai követelményeket.

Az Unió, illetve a tagországok által kitűzött cél, hogy jelentős mértékben csökkentsék a saját szén-dioxid kibocsátásukat és 2050-re elérjék a klímasemlegességet. Ezen cél elérésének egyik módja pedig a fogyasztás csökkentése. A fogyasztás csökkentésére két lehetséges utat figyelhetünk meg. Az egyik, hogy a fogyasztók viselkedését próbáljuk meg megváltoztatni, arra ösztönözni őket, hogy habár számukra nem feltétlenül kényelmes, mégis próbáljanak kevesebbet fogyasztani, takarékoskodni, jobban ügyelni a felhasznált energiára. A másik út pedig az energiahatékonyság fejlesztése korszerűbb, hatékonyabb eszközök, módszerek bevezetésével, amelyek azt segítik elő, hogy ugyanazt a szolgáltatást kevesebb erőforrás felhasználásával lehessen biztosítani. Belátható, hogy a második út egy technológizálható, „könnyebbnek” tekintett út, hiszen az emberek nem szívesen mondanak le a már kialakult kényelmi szintjükről, ha nincsenek elkötelezve.

A fejlett országok egyik fő politikai célja az energiaigény csökkentése a gazdaság minden ágazatában. Különösen kiemelt cél, hogy az épületek alacsonyabb energia fogyasztási szintje a megnövekedett energiahatékonyság révén csökkentse az energiainporttól való függést és javítsa az energiát importáló országok kereskedelmi mérlegét [1]. Az alacsonyabb energiaigény a leghatékonyabb módszer a környezeti hatások, az éghajlatváltozási kockázatok minimalizálása érdekében. Ezen okok miatt a fejlett gazdaságok döntéshozói fokozatosan fordítják figyelmüket az energiahatékonysági erőfeszítésekre [2].

Az európai nagyszámú épület alacsony hőszigetelési állapota és elavult fűtési rendszere aránytalan energiafogyasztást jelent [3]. A meglévő épületek energiahatékonyságának javítását gyakran az egyik legköltséghatékonyabb intézkedésnek tartják a szén-dioxid kibocsátás csökkentésére [4] [5] és jelentős energiamegtakarítási potenciált mutattak ki különböző országokban [6] [7] [8] [9].

Mind a fizikai és a gazdasági környezet megújítása elengedhetetlen ahhoz, hogy az energiahatékonyságba történő beruházások megtérüljenek, mivel egy épület értéke nem csak magának az épületnek a minőségétől függ, hanem a környező épületektől, az infrastruktúrától és a környéktől. Következésképpen az összehangolt város felújítás ösztönzést nyújthat arra, hogy többlet költsenek az épületek minőségének javítására az érintettek [10] [11].

A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) 2018-as adatai szerint a lakásszektor felelős a végső energiafelhasználás kb. 24%-ért, a földgázfelhasználás 40%-ért és a kibocsátott szén-dioxid mennyiségének 11%-ért. Ebből is látható, hogy az ezen a téren történő eredményes beavatkozásnak jelentős hatása lehet a klímapolitikai célok elérésében [12].

A politikai döntéshozóknak és az energiapolitikát befolyásoló szakembereknek fontos foglalkozniuk a meglévő épületállomány energiahatékonyságának javításával. Pontos kutatásokra van szükség, valamint valós adatokon alapuló statisztikákat vizsgálni annak érdekében, hogy az energiahatékonyságot növelő intézkedések valóban azt a célt érik el, amire a programok tervezői számítanak, hiszen nagyon sok befolyásoló tényező változtathat az eredményeken.

¹ A cikk a szerző KLENNEN 2022 konferencia előadásának bővített anyaga..

² A cikk két részletben jelenik meg, ebben a számban az I. rész, a II. rész pedig a következő számban.

A rebound hatás

Az a felhasználói viselkedés, ami az energiahatékonyság eredményeinek elmaradását okozhatja, a rebound és a következőképpen magyarázható: „Mivel az energiahatékonyság javítása csökkenti az energiaszolgáltatások határkölségeit, várhatóan növekedni fog ezen szolgáltatások fogyasztása. Az energiaszolgáltatások ezen megnövekedett fogyasztása várhatóan ellensúlyozza az energiafogyasztás előre jelzett csökkenésének egy részét vagy egészét.” [13]. Tehát a rebound – az energia fogyasztási aspektusból – az energiahatékonysági intézkedések hatásának mértékéenként is értelmezhető: minél nagyobb a nagysága, az előzetesen kalkulált energiamegtakarításnak annál nagyobb része elvész(het) a megnövekedett kereslet következtében [14]. A legkézzelfogható példa, amikor egy lakóépület esetében egy energiahatékonysági felújítás után azért nem a várt eredményt kapjuk, mert a lakók a felújítás okozta csökkent energiaköltségek hatására magasabb belső hőmérsékletet állítanak be, mint a felújítás előtt és ez az energiamegtakarítási tervben nem szerepel általában.

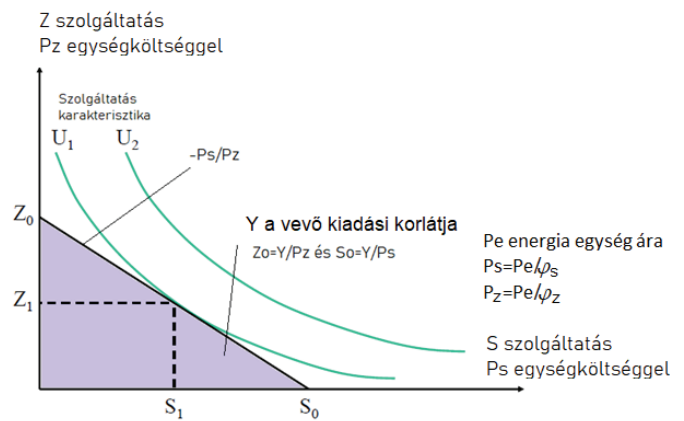
A rebound jelenség felismerését William Stanley Jevons (1865) „The Coal Question” munkájával azonosítják az irodalomban. A huszadik században ugyan számos munka született, a legutóbbi évtizedek szakirodalmában Brookes [15] és Khazzoom [16] cikkei tekinthetők újabb mérföldköveknek, ugyanis ezek alapján Saunders 1992-ben alkotja meg a Khazoom-Brookes posztulátumot [17]. A fogalmi rendszer és mennyiségi meghatározás tisztázásában játszott szerepe miatt érdemes megemlíteni a „Defining the rebound effect” cikket [18]. A rebound értékelése és szerepe körüli szakmai vita a kétezres évek elejére eléggé kiteljesedett, amire például Alcott „Jevons’ paradox” című [19] munkája is utal. A vita messzire vezet e cikk terjedelmétől és tartalmától. Lényegében a rebound neoklaszikus és az ökológikus közgazdaságtan képviselői általi felfogás és megközelítés különbségéből adódik [20]. A rebound jelenség léte és hatása körül a szakirodalomban folyó vitával párhuzamosan az 1980-as évtizedtől alakulnak, fejlődnek a rebound formális elemzési és empirikus becslési módszerei, pl. [21]. Célszerű külön megemlíteni a több melléklet kötettel is ellátott Sorell által 2007-ben írt tanulmányt [22].

Meg kell jegyezni, hogy nincs ugyan egységesen elfogadott módszertan és az adatbázisok elérhetősége és a felhasznált adatbázisok különbözősége is fennáll, mégis vannak közös vonások vagy megfigyelések.

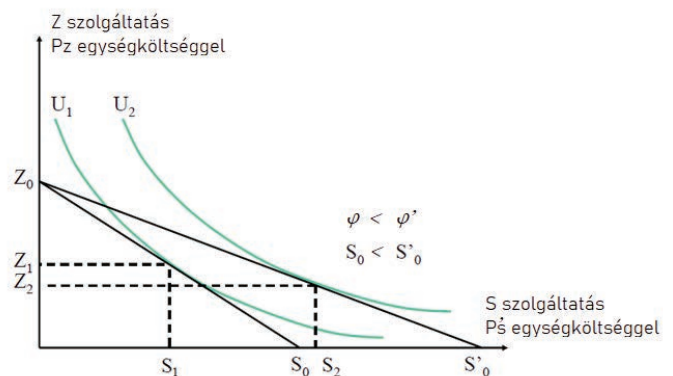
Közvetlen rebound

Az 1. ábra szerint egy fogyasztó egyensúlyi állapotú két energia tartalmú szolgáltatás között megosztott fogyasztását mutatja. A jövedelmének a kétféle fogyasztásra fordítható része Y , amit, ha teljesen az egyik (Z) vagy a másik (S) szolgáltatásra fordít, akkor Z_0 és S_0 határmennyiséget tud beszerezni. A határmennyiségeket a szolgáltatások egységkölsége határozza meg, amit pedig az adott szolgáltatás energetikai hatásfoka alapján kapunk a P_e energia egység árából. A Z és S szolgáltatás közötti megosztást a U_1 szolgáltatás karakterisztikára eső egyensúlyi pont szerint fogja a vevő megosztani, ami Z_1 és S_1 mennyiségű szolgáltatás „vásárlást” jelent.

A technológiai fejlesztés eredménye szerinti új helyzetet a 2. ábra mutatja. Az S szolgáltatás technológiai fejlesztés eredményeként megnövekedett hatásfoka miatt csökkenő P_s új egységkölség kisebb lesz, mint a technológiai fejlesztést megelőző P_s egységkölség. Ekkor változatlan Y vevői forrás mellett az S szolgáltatásból Y teljes ráfordításával $S'_0 > S_0$ mennyiségű szolgáltatás vásárolható.



1. ábra. Két, energiát tartalmazó szolgáltatás egyensúlyi fogyasztása



2. ábra. Az új fogyasztási egyensúlyi állapot az S szolgáltatás hatékonyság növekedése után

Ennek következménye, hogy az új egyensúly a $Z_0 - S'_0$ egyenes mentén, az U_2 szolgáltatás karakterisztika szerint jön létre, Z_1 helyett Z_2 és S_1 helyett S_2 vásárolt mennyiségekkel. A technológiai fejlesztéskor kalkulált energia megtakarítás abból indul ki, hogy az S szolgáltatás mennyisége változatlan marad, de energiataralma a hatásfok növekedés miatt csökken, ennek mértéke:

$$ENG = \frac{E(S_1) - E^*(S_1)}{E(S_1)} \cdot 100\% \quad (1)$$

A helyzet azonban, amint azt a 2. ábra mutatja, hogy S_2 mennyiségű szolgáltatás kerül megvásárlásra, így a megvalósult energiamegtakarítás az S mennyiségre nézve:

$$ACT = \frac{E(S_1) - E^*(S_2)}{E(S_1)} \cdot 100\% \quad (2)$$

A mérnöki tervezés (ENG) és a megvalósult aktuális (ACT) energiamegtakarítás különbsége lesz az ún. **direkt rebound**, százaléokban kifejezve:

$$REB_d = \frac{ENG - ACT}{ENG} \cdot 100\% \quad (3)$$

A direkt (közvetlen) rebound megnevezés azt a tényt rögzíti, hogy ez az eltérés közvetlenül a szolgáltatás hatékonyság növekedése miatti árcsökkenés által okozott többlet energia tartalmú szolgáltatás vásárlása miatt jöhet létre. (A példában ugyanazt a szolgáltatást/árut vesszük igénybe, de többet.)

Célszerű megjegyezni, hogy az ACT számításakor csak az S szolgáltatás által érintett energiafelhasználást írjuk fel, holott a Z szolgáltatás vásárlása is megváltozik:

$$ACT = \frac{E(S_1) + E(Z_1) - E(S_2) - E(Z_2)}{E(S_1) + E(Z_1)} \cdot 100\% \quad (4)$$

Általában kettőnél több szolgáltatás között oszlik meg a vásárlásra fordítható erőforrás, ez a magyarázat arra, hogy az aktuális energiafelhasználás meghatározása egyértelműen nem minden esetben sikerül, így a rebound meghatározása is nehezzé válik.

$$ACT = \frac{\sum_1^n E(S_i^1) - \sum_1^n E(S_i^2)}{\sum_1^n E(S_i^1)} \cdot 100\% \quad (5)$$

A valóságban egyszerre több szolgáltatás energiahatékonysága is változhat, így a kalkulált energiamegtakarítás képlete is összetett összefüggéssé válik:

$$ENG = \frac{\sum_1^m E(S_i^1) - \sum_1^m E(S_i^2)}{\sum_1^m E(S_i^1)} \cdot 100\% \quad (6)$$

Végül a közvetlen rebound számítása az (5) és (6) alapján a (3) összefüggéssel történhet.

Az előbbiek szerint valós társadalmi körülmények között a gazdasági szektorokban jelentkező technológiai fejlesztések következményeként meghatározni a közvetlen rebound összetevőit nem tűnik egyszerűnek. A rebound számítása az ún. **rugalmassági együtthatók** alapján is lehetséges. A rugalmassági együtthatók a fogyasztásváltozást írják le. A példánk szerinti S szolgáltatás kereslet rugalmassági együtthatója:

$$\eta_S(S) = \frac{\partial \ln(E(S))}{\partial \ln(p)} \quad (7)$$

A felhasznált energia ár-rugalmassága:

$$\eta_{P_S}(S) = \lim \frac{\frac{\Delta S}{S}}{\frac{\Delta P_S}{P_S}} = \frac{\partial S}{\partial P_S} \cdot \frac{P_S}{S} \quad (8)$$

A közvetlen rebound számítása mindkét rugalmassági együtthatóval lehetséges:

$$REB_d = [1 - \eta_S(S)] \cdot 100\% \quad (9)$$

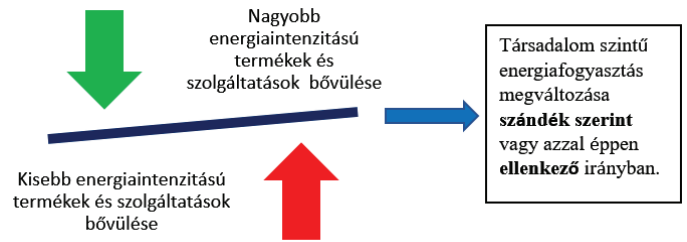
$$REB_d = -\eta_{P_S}(S) \cdot 100\% \quad (10)$$

A (7) – (10) összefüggések egyik hátránya, hogy csak csökkenő árváltozások mellett adnak helyes eredményt, mely problémát a historikus árváltozásokra bontás módszerrel lehet orvosolni. A rugalmassági együtthatók meghatározására számos egyéb javasolt módszert is kidolgoztak. A gazdasági adatok hozzáférhetősége is változó, így ez a tény is hozzájárul a rebound számítási módszerek sokszínűségéhez és az egységes módszertan hiányához. Megjegyezzük, hogy a bemutatott közvetlen (fogyasztói magatartás okozta) rebound szemléltetésének gondolatmenete eredetileg Khazzoom már említett munkájában jelent meg [16]. Ennek kiegészítéseként a termelői magatartás által teremtett rebound leírásának megismerésére a szerző Berkhout és munkatársai munkáját javasolja [18].

Közvetett rebound

A közvetlen rebound elméleti keletkezésénél azt feltételeztük, hogy a szolgáltatás vásárlásra fordítható Y forrás változatlan és azt teljes mértékben felhasználják. A gazdaság fejlődésével azonban a helyzet az, hogy az Y forrás a gazdasági fejlődés időszakában többnyire bővül, illetve az S szolgáltatás megvásárlása mégsem bővül olyan ütemben, mint azt a 2. ábra alapján várnánk, hanem pl. egy S_n értéken kerül egyensúlyba, ($S_1 < S_n < S_2$) a fogyasztás. Az egyensúly létrejöttéhez $Y_2 = Y - \Delta Y$ ráfordítás csökkenésre van szükség, ami azt jelenti, hogy ΔY (új)felhasználási keret keletkezik. Ezt az (új) felhasználási vagy átcsoportosítható keretet más, nem S, illetve Z szolgáltatás vásárlására lehet fordítani, ezáltal keletkezik az ún. **indirekt** (közvetett) rebound. Az (új)felhasználási keretet a fogyasztó fordíthatja olyan szolgáltatásra/árura melynek energiatartalma kevesebb vagy több energiafogyasztást eredményez. Az előbbi esetben helyettesítő, míg az utóbbi esetben kiegészítő fogyasztásról van szó.

Ebben az esetben a ΔY (új)felhasználási keret keletkezésének egy szolgáltatáshoz kapcsolódó technológiai fejlődést adtunk magyarázatul, de könnyen belátható, hogy hasonló változás, azaz felszabaduló keresleti forrás növekedés számos egyéb ok miatt is létrejöhet (pl. jövedelem emelkedés, piaci árcsökkenés, hatósági árkorlátozás stb.). **A végeredmény a megnövekedett energiafogyasztás.** Az elmondottakat a 3. ábra foglalja össze.



3. ábra. A közvetett rebound kialakulásának mechanizmusa

Amint a 3. ábra szemlélteti, nem feltétlenül az energiafogyasztás növekedésével jár az indirekt rebound. Az eredmény attól függ, hogy milyen a helyettesítő és a komplementer szolgáltatások/árak összetétele és ára. A helyettesítő szolgáltatás/áru igénybevételének növekedésével az energiafelhasználás csökken, a komplementer szolgáltatások/árak térnyerése pedig energiafogyasztás növekedést eredményez.

Az indirekt esetben nem tudjuk, hogy energiamegtakarítás vagy többlet felhasználás jön létre a változás nyomán. Egyszerű esetben az egy db Z új szolgáltatás mennyisége és energiatartalma határozza meg az eredményt:

$$IND = E(S_1) - E^*(S_n) + E(Z) \quad (11)$$

Az így létrejövő rebound értéke pedig:

$$REB_{id} = \left[\frac{IND}{E(S_1) - E^*(S_2)} - 1 \right] \cdot 100\% \quad (12)$$

A számítás az indirekt rebound esetében a szolgáltatások/árak számának növekedésével jelentősen bonyolulttá válik. Mint a direkt rebound esetében, a rugalmassági együtthatók bevezetésével a számítások formálisan egyszerűsödnek ugyan, de az indirekt esetben szükséges ún. *kereszt-árérzékenységi* együtthatók meghatá-

rozása is komplex feladat. Két különböző, az S és Z szolgáltatásra vonatkozó pl. így definálható:

$$\eta_{P_s}(Z) = \lim_{\frac{\Delta Z}{Z}} \frac{\frac{\Delta Z}{Z}}{\frac{\Delta P_s}{P_s}} = \frac{\partial Z}{\partial P_s} \cdot \frac{P_s}{Z} \quad (13)$$

A (13) szerinti kereszt-árérzékenységi együttható azt mutatja meg, hogy az S árváltozása milyen Z változást eredményez. Gyakorlatban olyan sok számú ilyen együttható igény merülhet fel, ami a tényleges számítások elvégzését kérdésessé teheti. Közvetett rebound meghatározására ezért inkább különféle modell számításokon alapuló módszer a jellemző az irodalomban, ezeket így csoportosíthatjuk:

1. A helyettesítés rugalmasságának meghatározására irányuló tanulmányok, amelyek az energia és a tőke közötti helyettesítés becslésével foglalkoznak.
2. Általános összehasonlító egyensúlyi modellek, melyek lehetővé teszik a hatások szimulációját, figyelembe véve a gazdaság egészére gyakorolt különböző hatásokat.
3. Makroökonómiai tanulmányok, az előzőekhez hasonlóak, de ökonometriai modellek alkalmazásával a makroökonómiai modell egyes paramétereinek becslésére szolgálnak.
4. Az energiával, a termelékenységgel és a gazdasági növekedéssel kapcsolatos tanulmányok, melyek megfelelnek egy empirikus tanulmánynak, beleértve a gazdaságtörténeti tanulmányokat, az ökológiai közgazdaságtant, a bomlásanalízist és az input-output elemzést. Nem feltétlenül elválasztva a direkt – indirekt hatást.

A prebound hatás

Az energiahatékonysági fejlesztés eredményeinek korlátozódását többféle folyamat okozhatja. Ezek egyike az úgynevezett **prebound**. A hatást a hazai szakirodalom alul fűtés jelenségként említi, de mennyiségi meghatározására példát nem talál. A magyar háztartásokra az MNB részére 2020-ban készült tanulmány [23], az energiahatékonysági felújítás hitelképességre gyakorolt hatásának elemzése kapcsán megvizsgálta.

Energiahatékonyságot célzó felújítások vizsgálatok a prebound jelenséggel [11] foglalkozott részletesebben. Azt találták, hogy Németországban vizsgált 3400 német otthon esetén a lakók átlagosan 30%-kal kevesebb fűtési energiát fogyasztanak, mint amennyi az energiahatékonysági besorolásuk (EPR) alapján várható lenne. Ez a jelenség tehát a rebound hatással ellentétben az energiahatékonysági fejlesztések előtt vizsgálendő és nem több, hanem kevesebb fogyasztást jelent. A jelenség egy adott gazdaság (ország) aggregált fűtési energia szükséglet vizsgálatánál szembevetendő, ugyanis az összesített energiafelhasználás elmarad az átlagos állapotból vagy az épületállományt reprezentáló épületmátrix alapú számításoknál egyaránt, amivel a témával foglalkozó hazai szakemberek is szembesültek.

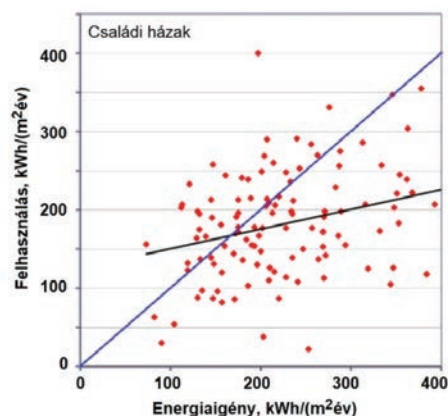
Az energiahatékonysági besorolást, azaz EPR-t (Németországban általában Energiekennwert néven használt) kWh/m²év-ban adják meg, tehát az éves, négyzetméterenként szükséges fűtési energiát adja meg, figyelembe véve olyan fizikai tényezőket, mint például az épület burkolatának minősége, a fűtési rendszer és a földrajzi elhelyezkedés stb. Tehát ez egy mérnöki számításokkal alátámasztott adat. Az EPR-t a potenciális energia-megtakarítások előrejelzésére is használják az energia hatékonysági felújításoknál.

A német lakások átlagos EPR-értéke 225 kWh/m²év körül mozog, 15-től 400 kWh/m²év-ig terjed. Ezzel szemben a német háztartások fűtésre fordított átlagos, mért energiafogyasztása 150 kWh/m²év körülire becsülhető. Ez általában 30%-kal elmarad az átlagos EPR-től (225 kWh/m²év) [11].

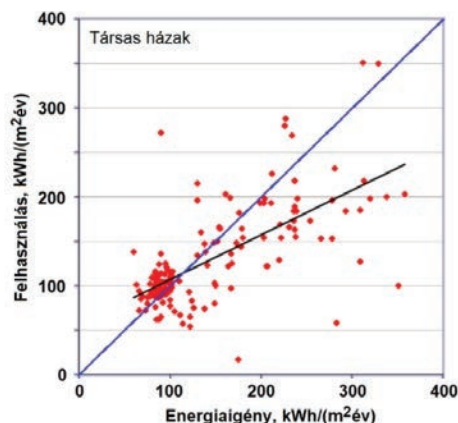
Megfigyelhető, hogy az azonos energiaminősítésű lakásoknál a fűtésre felhasznált energiamennyiség nagy mértékben eltér egymástól, azaz a statisztika felől szemlélve, az adatok szórása nagy. Előfordul, hogy egy lakás többször annyi energiát fogyaszt fűtésre, mint egy másik. Érdekes lehet megtudni az ezen fűtési szokások mögött álló motivációt, hiszen egyes háztartások, amelyek magasabb komfortot is megengedhetnek maguknak, mégis azt választják, hogy keveset költenek a fűtési energiára, míg mások nem így tesznek.

A németországi adatok alapján továbbá az is látható, hogy minél magasabb az EPR, annál alacsonyabbnak tűnik a mért energiafogyasztás az EPR-rel arányosan. Például egy olyan ház átlagos mért fogyasztása, amelynek EPR-értéke 300 kWh/m²év, körülbelül 40%-kal alacsonyabb a számított értéknél, míg a 150 kWh/m²év átlagos EPR-értékkel rendelkező lakások tényleges energiafogyasztása 17%-kal alacsonyabb a számított értéknél. Tehát a prebound hatása az EPR növekedésével együtt növekszik. Úgy is fogalmazhatunk, hogy általánosságban minél rosszabbak a hőfizikai tulajdonságai az otthonnak, annál gazdaságosabban viselkednek a lakók a helyiségfűtésükkel kapcsolatban [11]. Ezt számos más EU tagországban is megfigyelték, pl. Nagy-Britanniában [2].

A Német Energiaügynökség által összegyűjtött és elemzett adatok eredményét mutatja a 4. ábra és az 5. ábra. A mért energiafelhasználást (függőleges tengely) az EPR függvényében ábrázolva (vízszintes tengely) a családi házaknál (4. ábra) és a többlakásos épületeknél (5. ábra).



4. ábra. Az adaptációs görbe német családi házakra [11]



5. ábra. Az adaptációs görbe német társas házakra [11]

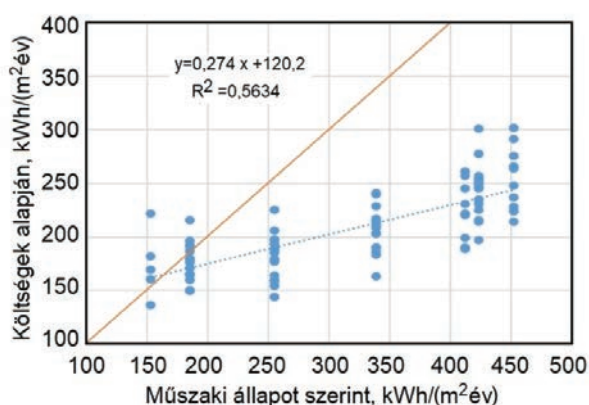
Mindegyik grafikonon a fekete folytonos egyenes vonal a regressziós vonal, míg a kék folytonos vonal $y = x$, amely az összes olyan pontot képviseli, ahol a tényleges fogyasztás megegyezne a kiszámított EPR értékkel, azaz nem lennének reboundot okozó viselkedési hatások. A pontok széles függőleges szórása bármely adott x értéknél az energiafelhasználás nagy eltéréseit tükrözi, függetlenül az épület fizikai jellemzőitől, míg a regressziós vonal általános alakja azt jelzi, hogy az átlagos energiafelhasználás hogyan változik az EPR-rel. (Egyébként célszerű megjegyezni, hogy átlagos viselkedés gyakorlatilag kevés van, mint az élet számos egyéb területén.)

A tapasztaltak azt sugallják, hogy sok háztartás lényegesen kevesebbet fogyaszt, mint amit az épületfizikai állapotuk indokolna. A 4. ábra azt mutatja, hogy egyesek csak 100–130 kWh/m²év-t fogyasztanak olyan családi házakban, amelyek EPR-besorolása akár 400 kWh/m²év. Ezek számossága az energiaszegénységgel lehet arányos.

A skála másik végén az alacsony energiájú lakások általában ellentétes tendenciát, a rebound hatását jelzik. Az 4. ábrán látható az alacsony energiájú végek azon pontjainak többsége, amelyek az $y = x$ vonal fölül esnek, jelezve, hogy sok alacsony energiafelhasználású lakásban a tényleges fogyasztás meghaladja a számított EPR-t, ezek az esetek az előző fejezetben tárgyalt rebound hatását demonstrálják.

A 2020-ban végzett saját vizsgálataink alapján a magyar háztartásokat jellemző adatokat hasonló konstrukcióban ábrázolja a 6. ábra [23].

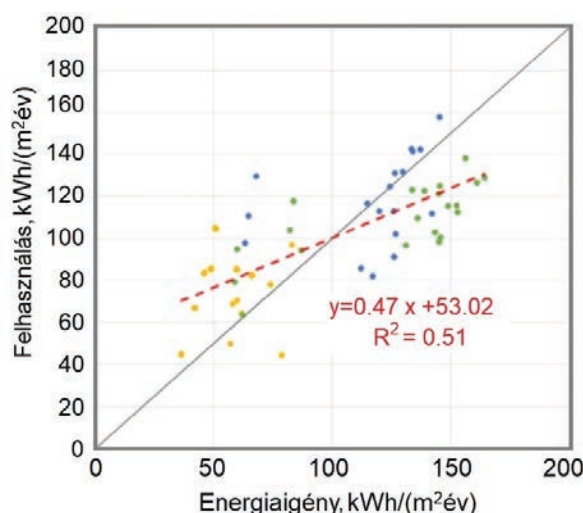
Összehasonlítva a német (4. ábra) és a norvég (7. ábra) adatokkal a hazai családiházakat, ma még, azokat kevésbé jellemzi a magas energiahatékonyság és az ezt jellemzően kísérő többlet fűtési energiafelhasználás, amire a jövőben feltétlenül számítani kell az energiapolitika lakhatással foglalkozó részleteinek megtervezésénél.



6. ábra. A magyar épületmátrix lakásainak adaptációs görbéje (A függőleges csoportosulás a lakások kategóriába rendezettsége miatt jelenik meg.)

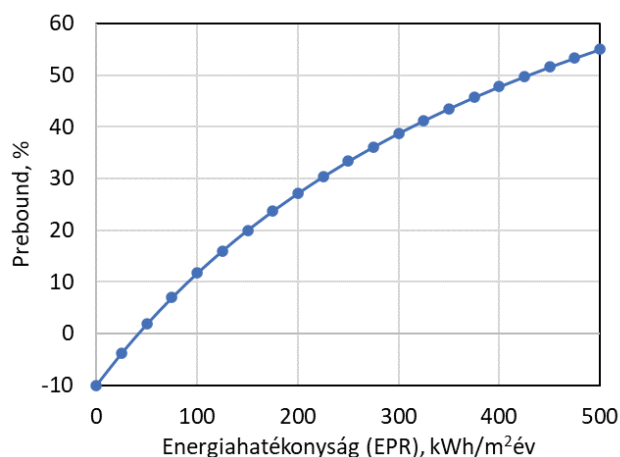
A prebound %-os mértéke a növekvő hatékonyság mellett csökken, amit a 8. ábra szemléltet. Az 8. ábra a (14) egyenlet szerint számolt [25] modell, és a pre-bound értékek becslésére szolgál.

$$P\% = 100 \left[1,2 - \frac{1,3}{1 + \frac{EPR}{500}} \right] \quad (14)$$



7. ábra. A norvég épületmátrix lakásainak adaptációs görbéje [24]

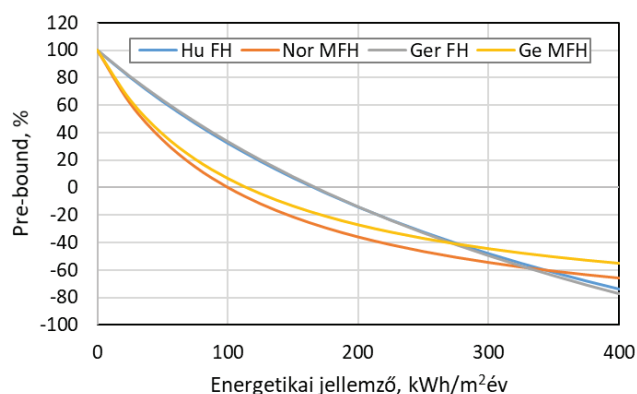
Mértéke nulla lesz, ahol az EPR ~50kWh/m²év, és ez alatt az EPR alatt pedig negatív a prebound, azaz a rebound dominál. Fontos megjegyezni, hogy a prebound hatása valószínűleg nagyobb lesz magas EPR-értékű lakások esetében és ezt a trendet a számítási modell jól adja meg, ugyanakkor az alacsony EPR értékeknél véleményem szerint alul teljesít.



8. ábra. A pre-bound mérték változása az EPR függvényében [25]

Bár az irodalomban a pre-bound mértékére a 8. ábra szerinti ábrázolása jellemző, meglátásom szerint a javasolt, 9. ábra szerinti változat jobban bemutatja a jelenséget. Egyrészt teljesül az az üzenet, hogy ahol negatív érték van, ott kevesebb, ahol pozitív, ott több a felhasznált energia, mint az energetikai jellemző szerinti energia. Nulla energia igénynél, a teljes felhasznált energia, azaz 100% a többlet. Ez mutatja, hogy a % számítás vetítési alapja a ténylegesen használt energia. A tényleges energiafelhasználás megállapítása némi számolást igényel. Pl., ha 200 kWh/m²év értéknél a pre-bound érték -14%, akkor a tényleges energiafelhasználás $200 / 1,14 = 175$ kWh/m²év értékű. Összefoglalva, 200 kWh/m²év a számított energiafelhasználás, a tényleges energiaigény 175 kWh/m²év és ennek 14%-a azaz 25 kWh/m²év az az energia, amit a lakók nem használnak fel.

A 9. ábra szerint a magyar és német családi házakban élők szinte azonos mértékben használnak fel kevesebb energiát, mint



9. ábra. A pre-bound bemutatására javasolt ábrázolási módszer szemléltetése

amennyit az épület állapota indokolna. Hasonló együtt futás figyelhető meg a norvég és német társasházi lakások vonatkozásában is.

A II. rész tartalma

A cikk második része a rebound hatás mértékét ismerteti az EU országokban és a Magyarországi reboundra vonatkozó számítások eredményeit is tárgyalja. Bemutatja továbbá a rebound és prebound következtében kialakuló energiahatékonysági rés kialakulását is.

Felhasznált források

- [1] F. Umbach, „Global energy security and the implications for the EU,” *Energy Policy*, 38(3), pp. 1229-1240, 2010.
- [2] H. Adan és F. Fuerst, „Do energy efficiency measures really reduce household energy consumption? A difference-in-difference analysis,” *Energy Efficiency*, 9(5), pp. 1207-1219, 2016.
- [3] D. Cali, T. Osterhage, R. Streblov és D. Müller, „Energy performance gap in refurbished German dwellings: Lesson learned from a field test,” *Energy and buildings*, 127, pp. 1146-1158, 2016.
- [4] P. Ashford, „The Cost Implications of Energy Efficiency Measures in the Reduction of Carbon Dioxide Emissions from European Building Stock,” Euro ACE, Brüsszel, 1999.
- [5] R. Lowe, „Defining and meeting the carbon constraints of the 21st century,” *Building Research & Information*, 28(3), pp. 159-175, 2000.
- [6] M. Hekkanen, T. Kauppinen és M. Santalo, „Warm Suburban Housing, Metamorphosis of Pre-fabricated Housing for the Future,” *Kiinteisto* alan kustannus, Helsinki, 1999.
- [7] V. Badescu és B. Sicre, „Renewable energy for passive house heating, Part I Building description,” *Energy and Buildings*, 35, pp. 1077-1084, 2003.
- [8] S. R. Hastings, „Breaking the 'heating barrier'. Learning from the first houses without conventional heating,” *Energy and Buildings*, 36, pp. 373-380, 2004.
- [9] E. Commission, „Green Paper on Energy Efficiency, Doing More With Less,” European Commission, Brüsszel, 2005.
- [10] H. Awano, „Towards Sustainable Use of Buildings Stock: Final Synthesis Report,” OECD, Párizs, 2005.
- [11] M. Sunikka-Blank és R. Galvin, „Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption,” *Building Research & Information*, 40(3), pp. 260-273, 2012.
- [12] IEA, „Europe data,” 2018. <https://www.iea.org/regions/europe>.
- [13] S. Sorrell, J. Dimitropoulos és M. Sommerville, „Empirical estimates of the direct rebound effect: a review,” *Energy Policy*, 37(4), pp. 1356-1371, 2009.
- [14] T. Szép, „Energiafelhasználás és energiahatékonyság,” *Energiagazdálkodás*, 54(4), pp. 2-5, 2013.
- [15] L. G. Brookes, „Energy policy, the energy price fallacy and the role of nuclear energy in the UK,” *Energy Policy*, 6(2), pp. 94-106, 1978.
- [16] D. J. Khazzoom, „Economic Implications of Mandated Efficiency in Standards for Household Appliances,” *The Energy Journal*, 1(4), pp. 21-40, 1980.

- [17] H. D. Saunders, „The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth,” *The Energy Journal*, 13(4), pp. 131-148, 1992.
- [18] P. H. Berkhout, J. C. Muskens és J. W. Velthuisen, „Defining the rebound effect,” *Energy Policy*, pp. 425-432, 2000.
- [19] B. Alcott, „Jevons' paradox,” *Ecological Economics*, 54, pp. 9-21, 2005.
- [20] N. B. Amado és I. L. Sauer, „An ecological economic interpretation of the Jevons effect,” *Ecological Complexity* 9, pp. 2-9, 2012.
- [21] J. Freire-González, „Evidence of direct and indirect rebound effect in households in EU-27 countries,” *Energy Policy*, 102, pp. 270-276, 2017.
- [22] S. Sorrell, „The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency,” UK Energy Research Centre, London, 2007.
- [23] G. Gróf, T. Csoknyai, A. Bethlendi, B. Janky, G. Györke és T. Laza, „Energiahatékonyság hitelkockázatsökkentő hatásának vizsgálata,” BME, Budapest, 2020.
- [24] N. H. Sandberga, I. Sartori, M. I. Vestrum és H. Brattebø, „Using a segmented dynamic dwelling stock model for scenario analysis of future energy demand: The dwelling stock of Norway 2016–2050,” *Energy and Buildings*, 146, pp. 220-232, 2017.
- [25] T. Loga, N. Diefenbach és R. Born, „Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden,” Institute Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2011.

Az európai szélenergiakapacitások bővülése 2021-ben

2021-ben 17,4 GW szélenergia-kapacitás kiépítése valósult meg Európában a WindEurope iparági testület adatai szerint, ami rekord-mértékű, 18% növekedés 2020-hoz képest. A brüsszeli székhelyű szervezet szerint azonban ez nem elég az energia- és klímacélok eléréséhez. A 27 országból álló Európai Unió 2021-ben 11 GW-ot telepített, ami messze elmarad attól, amit a WindEurope szükségesnek tart. „Ahhoz, hogy elérjük a 2030-ra kitűzött 40%-os megújulóenergia-célkitűzést, az EU-nak évente 30 GW új szélenergiát kell építenie. Az EU tavaly csak 11 GW-ot épített, és a következő öt évben évente csak 18 GW-ot fog építeni. Ezek a kis mennyiségek aláássák a zöld megállapodást és ártanak Európa szélenergia-ellátási láncának.” – mondta Giles Dickson, a WindEurope vezérigazgatója.

Az EU 2030-ra legalább 55%-kal kívánja csökkenteni az üvegházhatást okozó gázok nettó kibocsátását. Ami a megújuló energiaforrásokat illeti javaslatot tettek arra, hogy a jelenleg érvényes célkitűzést, mely 2030-ra legalább 32%-os növekedést jelent, legalább 40%-ra növeljék.

A WindEurope véleménye szerint az engedélyezési folyamat akadályt jelent az ágazat további terjeszkedése számára, és azt a fő szűk keresztmetszetnek nevezte. A jelentés azután jelent meg, hogy a WindEurope levelet írt Ursula von der Leyennek, az Európai Bizottság elnökének, amelyben kifejtik, hogy „a hatóságok által a szélenergia-projektek engedélyezésére használt szabályok és eljárások túl hosszadalmasak és összetettek”.

„Az EU, egyszerűen fogalmazva, nem enged meg semmit, az új szélerőműparkok mennyiségével összefüggésben, amelyet Önök és a nemzeti kormányok építeni akarnak.” – áll a 2022. február 22-én kelt levélben. Az ENERCON, a Siemens Gamesa Renewable Energy, a GE Renewable Energy, a Vestas, a Nordex és a WindEurope vezérigazgatói által aláírt levél szerint az EU-nak többek között „ösztönözni kellene a nemzeti szintű engedélyezési folyamatok egyszerűsítését”.

Tavaly az európai szárazföldi létesítmények bővülése 14 GW, az offshore szektor pedig 3,4 GW volt. Az európai szélerőműparkok 437 TWh villamos energiát termeltek, ami az EU és az Egyesült Királyság villamosenergia-igényének 15%-át jelentette. A tengeri létesítmények legnagyobb bővülése az Egyesült Királyságban volt, ahol 2,3 GW-ot telepítettek és Svédországban valósult meg a szárazföldi szélenergia legnagyobb mértékű bővülése, 2,1 GW.

forrás: WindEurope

Országspecifikumok szerepe a közel nulla energiaigényű épületek kialakításában¹

Gergely László¹

PhD hallgató, gergely.laszlo@gpk.bme.hu

Csoknyai Tamás¹

tanszékvezető, csoknyai.tamas@gpk.bme.hu

Takács Zoltán¹

hallgató, ifjakzol@gmail.com

¹BME Épületgépészeti és Gépészeti Eljárás Technika Tanszék

Épületeink üzemeltetése mind energiafelhasználásunk, mind szén-dioxid kibocsátásunk jelentős hányadáért felel. A hatások mérséklésének egyik kiemelt eszköze Európában „közel nulla” követelményszint bevezetése. A követelményszintek pontos definiálását az Unió azonban a tagállamokra bízta, mely jelentős eltéréseket eredményezett. Jelen vizsgálat ezen különbségeket és hasonlóságokat hivatott feltárni, az egyes szerkezetek hőátbocsátási tényezőire vonatkozó követelményértékekkel rendelkező országok esetén. Az egyes mutatók, mint a fűtési hőszükséglet, hűtési hőterhelés, fűtési és hűtési nettó energiaigények és végenergia igények, szén-dioxid kibocsátás, a vizsgálatban dinamikus épületenergetikai szimuláció segítségével kerülnek feltárássra. Az eredmények jól tükrözik, hogy a szélsőséges klimatikus viszonyok nem feltétlenül korrelálnak hőátbocsátási tényezőkkel. Azt is bemutatjuk, hogy hasonló időjárási viszonyok esetén az eltérő követelményszinteknek milyen jelentős hatása lehet az épület energiafelhasználására és szén-dioxid kibocsátására.

*

The operation of our buildings is responsible for a significant proportion of both our energy consumption and our CO₂ emissions. One of the keyways to mitigate these effects is to introduce a ‘near zero’ level of requirements in Europe. However, the EU left the precise definition of the requirements levels to the Member States, which resulted in significant differences. This study aims to reveal these differences and similarities for countries with requirements for heat transfer factors for each structure. The individual indicators, such as heating heat demand, cooling heat load, heating and cooling net energy requirements and final energy needs, CO₂ emissions, are revealed in the study using dynamic building energy simulation. The results reflect those extreme climatic conditions are not necessarily correlated with heat release factors. We also show how different requirements can have a significant impact on the energy consumption and CO₂ emissions of the building in similar weather conditions.

Épületeink hatása számottevő, mind energiafelhasználásunk mind szén-dioxid kibocsátásunk tekintetében. Lakóépületeink a végenergia-felhasználás 22%-át, a CO₂ kibocsátás 17%-át adták 2018-ban [1]. Az EU-s klímavédelmi célok teljesítése érdekében értelemszerű, hogy az egyik legjelentősebb kibocsátó szektorként az épületek energetikai szabályozása kiemelt szerepet kap. Ennek mentén az

Energy Performance of Building Directive (EPBD) 2021-től kötelezővé teszi a „közel nulla” energiaigényű szintet (NZEB) az új építendő épületek esetében.

A közel nulla energiaigényű épület definíciószerűen „igen magas energiahatékonysággal rendelkező épület”, energiafelhasználásának „igen jelentős részben megújuló energiaforrásokból kellene származnia” [2]. Az energiahatékonyság kifejezése primerenergia-felhasználáson, megújuló részarányon, illetve üvegházhatásúgáz-kibocsátáson alapuló mérőszámokon keresztül történik. Ezek konkretizálása, illetve követelményszintek pontos megfogalmazása azonban tagállami hatáskörbe esik [3]. A „közel nulla” energiaigényű épületek éppen ezért eredendően sokszor nehezen összehasonlíthatók, eltérő követelményeknek felelnek meg, vagy éppen igen eltérő mérőszámokat produkálnak.

Jelen vizsgálat célja annak feltárása, hogy mit nevezünk „közel nulla” energiaigényű épületnek Európa egyes tagállamaiban. Azt is vizsgáljuk továbbá, hogy milyen hatása van a követelményrendszerek közti eltéréseknek, illetve a különböző klimatikus viszonyoknak, továbbá melyek azok a mutatók, melyek mentén a „közel nulla” lakóépületek különböznek és melyek azok, amelyekben jelentős eltérések mutatkoznak.

Kutatási módszer

Fenti kérdéseket egy választott referencia épületen keresztül vizsgáltuk. Ehhez szükséges volt

- a vizsgálat tárgyát képező országok meghatározása,
- a referenciaépület kiválasztása,
- az épületet ellátó épülettechnikai rendszert meghatározása, illetve
- a számítási alapelveket, módszereket kijelölése.

Vizsgált országok meghatározása

Az épületek hőtechnikai minőségének meghatározása során nehézséget jelent a különböző országok adataihoz való hozzáférés, illetve a módszertani eltérések. A kutatás során ezért azokra az országokra koncentráltunk, melyek esetében jogszabályi követelmény vonatkozik az egyes szerkezetek rétegrendi hőátbocsátási tényezőire (U-érték) vonatkozó. A hőátbocsátási tényező alapján lehet ugyanis legkönnyebben összevetni a követelményrendszereket, rávilágítani arra, hogy az „igen magas energiahatékonyságot” mennyire eltérően igyekeznek elérni adott régiók esetében. Kutatásainkhoz 8 országot (Belgium, Ciprus, Magyarország, Írország, Olaszország, Lengyelország, Szlovákia, Szlovénia) választottunk ki, melyek klimatikus viszonyai, valamint gazdasági helyzet szempontjából jól reprezentálják az EU-n belüli markáns eltéréseket.

¹ A cikk a KLENNEN '22 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

1. táblázat. A fajlagos hőátbocsátási tényezőre vonatkozó követelményértékek országonként, szerkezetenként

U-érték [W/m ² K]	BEL [4]	CYP [5]	HUN [6]	IRL [7]
Külső fal	0,24	0,40	0,24	0,21
Üvegezett nyílászáró	1,50	2,25	1,15	1,60%
Padlófödém	0,24	0,40	0,26	0,21
Tetőfödém	0,24	0,40	0,17	0,16
U-érték [W/m ² K]	ITA_E [8]	POL [9]	SVK [10]	SLO [11]
Külső fal	0,24	0,20	0,15	0,20
Üvegezett nyílászáró	1,40	0,90	0,60	1,00
Padlófödém	0,26	0,30	0,10	0,18
Tetőfödém	0,22	0,15	0,10	0,18

Az 1. táblázatból látható, hogy a klimatikus viszonyoknak értelemszerűen meghatározó szerepe van a hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelmények kialakításában. Általánosságban elmondható, hogy a hidegebb régiókban alacsonyabb U-értékeket fedezhetünk fel. Következésképpen Ciprus rendelkezik a legmegengedőbb rétegrendi hőátbocsátási tényezővel ($U_{\text{ablak,max}}=2,25$ W/m²K, $U_{\text{átlátszatlan,max}}=0,4$ W/m²K). A legszigorúbb U-értékekkel Szlovákia rendelkezik, ($U_{\text{ablak,max}}=0,6$ W/m²K, $U_{\text{külső fal,max}}=0,15$ W/m²K, és $U_{\text{födém,max}}=0,1$ W/m²K-el a fűtetlen terek vagy külső környezet felé eső födémei esetén) megelőzve ezzel egyébként a vizsgálat tárgyát képező leghidegebb klimatikus viszonyokkal rendelkező Lengyelország követelményértékeit.

Érdemes megjegyezni, hogy bizonyos országok esetében, ahol országon belül igen eltérő a klímazónák találhatók, a követelményértékek igyekeznek lekövetni az időjárási sajátosságokat (mint például Franciaország, Olaszország, Portugália esetén). A jelen vizsgálatban szereplő országok közül ez Olaszországot érinti, melynél a továbbiakban „E” jelű, második leghidegebb régiójára vonatkozó adatok kerülnek ismertetésre.

Referenciaépület kijelölése

A kutatás során olyan referenciaépület felvétele volt szükséges, mely geometriáját tekintve a vizsgálati országok mindegyikében elképzelhető, illetve nem kifejezetten energiatudatos kialakítású, ami torzíthatna volna a különbségeket. A választott épület egy 98 m² fűtött alapterületű, 337 m² fűtött teret határoló szerkezettel, 266 m³ fűtött épülettérfogattal és 25%-os üvegezett nyílászáró – külső fal aránnyal rendelkező családi ház.

Épületechnikai rendszer tekintetében levegő-víz hőszivattyús rendszerre esett a választás, mivel ezen hőtermelők mutatkoznak a közel nulla energiaigényű épületek esetében az egyik legnépszerűbb választásnak, biztosítva a magas energiahatékonyságot, illetve a megújuló energiaforrások használatát. A számítások során a használati melegvíz igényeket figyelmen kívül hagytuk, mivel a cél a fűtési és hűtési igényekkel kapcsolatos mutatók összehasonlítása volt.

Számítási keretrendszer

Annak érdekében, hogy a referenciaépület vizsgálata egységes számítási irányelvek mentén kerüljön vizsgálatra, a referenciaépület SketchUp programban elkészített modellje TRNBuild környezetbe került integrálásra.

A rétegek tekintetében minden határoló szerkezet eredő hőátbocsátási tényezőjeként az adott ország, adott szerkezetre

vonatkozó követelményértéke került beállításra. Az ablakok kivételével az egyes rétegek esetében ez a szigetelés vastagságának változtatásával jött létre, mely által a ház minden esetben azonos hőtároló tömeggel rendelkezik.

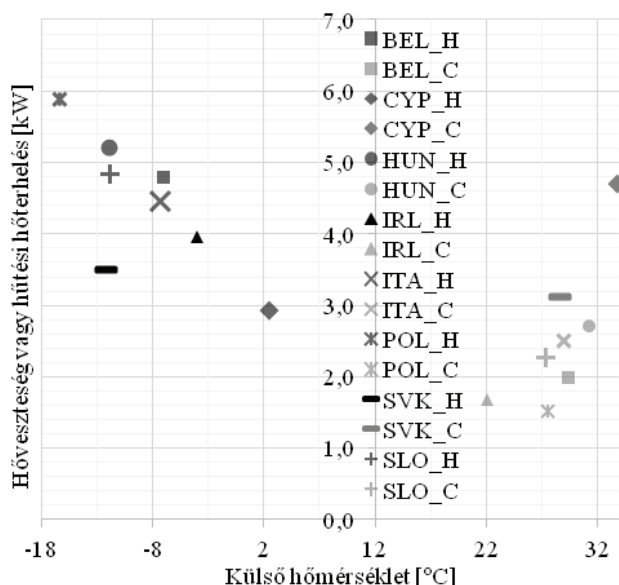
A számítások belső nyereségek tekintetében a TNM rendelet szerint ajánlott 5 W/m² értéket vesznek figyelembe [6]. A légcsereszám tekintetében 0,5 1/h került felvételre, melynek értéke azon nyári napok esetén, amikor a napi középhőmérséklet meghaladja a 23 °C-ot, 9 1/h értékre módosul, éjszakai szellőztetést feltételezve az este 10-től reggel 6-ig tartó időszakban, a hűtési igények minimalizálása céljából.

Az épületmodell épületechnikai rendszere a TRNSYSv18 dinamikus épületenergetikai szimulációs szoftver segítségével került kialakításra. A rendelkezésre álló levegő-víz hőszivattyú komponens (Type941) a hőszivattyú teljesítménytényezőjét minden vizsgálati időpontra (5 perces intervallum) külső hőmérséklet, páratartalom, illetve visszatérő víz hőmérséklet függvényében számítja. Az épületechnikai rendszer felépítése során padlófűtési illetve mennyezethűtési rendszert feltételeztünk, egyaránt 5 °C-os hőmérsékletkülönbséggel, a keringető szivattyúk esetén 60%-os hatásfokkal. A szezonális teljesítménymutatók számítása (SPFH fűtés és SPFC hűtés esetén) a keringető szivattyúk energiaigényét is figyelembe veszi, azaz a rendszer által leadott termikus energia, és a rendszer által felhasznált villamos energia hányada.

Eredmények értékelése

Hővesztesség és hűtési hőterhelés

Az épület hővesztessége, illetve hűtési hőterhelése a szoftverbe beépített modulal, 20 °C, illetve 26°C-os belső hőmérsékletekre kerültek számításra, eredményeik az 1. ábrán láthatók. A hővesztességek esetén jól látható, hogy Szlovákia esetét leszámítva, az egyes országok hővesztessége a külső hőmérséklet függvényében lineáris trendet mutat ($R^2 = 0,934$). A szlovák esetre számított hővesztesség jóval alacsonyabb külső hőmérséklet mellett Ciprus esetével összevethető. Értéke, a lineáris trendből számított 5,24 kW-nál lényegesen, 33%-kal alacsonyabb. Ez értelemszerűen a legszigorúbb U-értékeknek köszönhető.

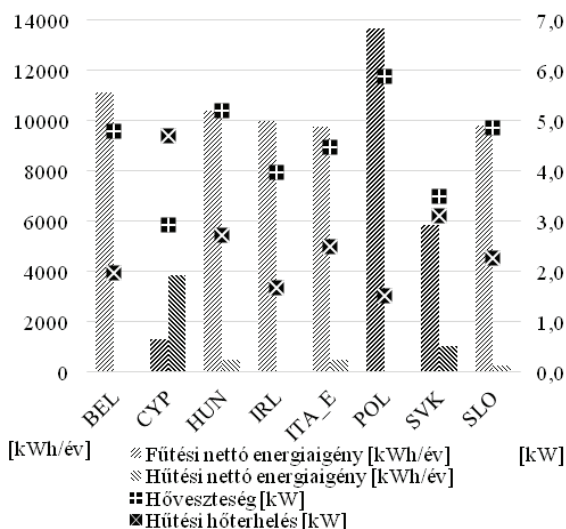


1. ábra. Hővesztesség („H” indexszel) és hűtési hőterhelés („C” indexszel) a külső hőmérsékletek vonatkozásában

Hűtési hőterhelés esetén nehéz bármilyen trendre rámutatni. Érdekes azonban, hogy Ciprus után a második legnagyobb érték Szlovákia esetében jelentkezik. A jelenséget vélhetően a nehéz szerkezetes épület jelentős szigetelése okozza [12].

Nettó energiaigények

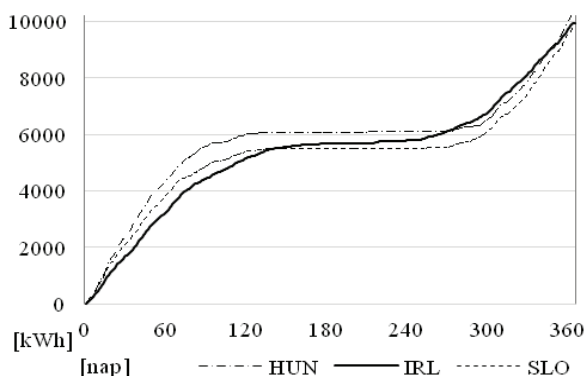
Elemzésünk szempontjából nem a hőszükségleteknek, hanem a nettó hőigényeknek van igazán jelentősége. E tekintetben a vártnak megfelelően a mediterrán éghajlatú Ciprus a mérsékelt kontinentális, mérsékelt óceáni és óceáni éghajlatú országoknál jóval alacsonyabb nettó fűtési energiaigénnyel és lényegesen magasabb hűtési nettó energiaigénnyel rendelkezik. A fűtési hőveszteségében és hűtési hőterhelésében jelentősen eltérő Szlovákia a várakozásoknak megfelelően nettó energiaigényeiben is jelentős különbségek a hasonló klimatikus viszonyokkal rendelkező országokhoz képest.



2. ábra. A referenciaépület nettó energiaigénye a vizsgált országokban

Lengyelország esetében hasonlóan meghatározó a fűtési hőveszteség kiugró értéke. Szigorúnak mondható rétegrendi hőátbocsátási tényező követelményértékei ellenére a nettó fűtési energiaigény lényegesen meghaladja a kontinentális és óceáni éghajlattal rendelkező országok energiaigényeit.

Érdekes még, hogy az igen alacsony fűtési hőveszteségértéket mutató írországi példa nettó fűtési energiaigény tekintetében tulajdonképpen azonos értéket produkál a jóval nagyobb hőveszteségű Belgiummal, Magyarországgal, Olaszországgal és Szlovéniával. A 2. ábrán jól látható, hogy ennek oka a hosszabb fűtési időny Írország esetében.



3. ábra. Nettó fűtési energiaigény éves alakulása

Energiafelhasználás és szén-dioxid kibocsátás

A hőszivattyús rendszerek villamos energia felhasználását nagyban meghatározza a rendszer SPFH és SPFC értéke (melyek elemzősekor figyelembe vettük a keringetőszivattyúk energiaigényét is), mely értékeket a klimatikus tényezők jelentősen befolyásolják. Ennek következményeképp a már eleve nagy nettó energiaigény mutató Lengyelország esetében a villamosenergia-felhasználás mértéke még kiugróbb lett, mivel itt mutatkozott a legalacsonyabb, 2,59-es SPFH érték.

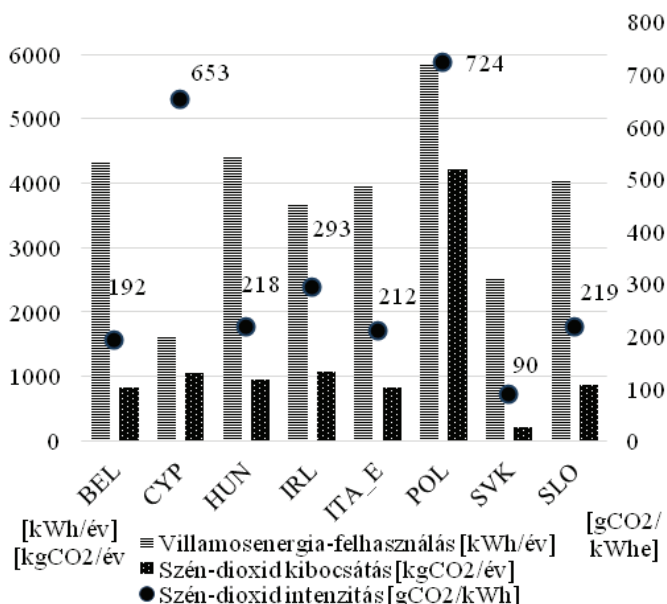
2. táblázat. A hőtermelés és az arra fordított villamosenergia aránya padlófűtés és mennyezethűtés esetén az egyes országokban

	BEL	CYP	HUN	IRL	ITA_E	POL	SVK	SLO
SPFH	2,86	3,31	2,66	3,00	2,79	2,59	2,69	2,69
SPFC	4,82	4,32	4,61	5,03	4,62	4,75	4,73	4,73

A hasonló nettó fűtési energiaigénnyel rendelkező országok esetében Írország klimatikus viszonyainak előnye már szembetűnő lesz hőszivattyús rendszer alkalmazása esetén – nagyságrendileg 10%-kal jobb, 3,00-as SPFH értékkel üzemelő rendszere szembevetően alacsonyabb villamosenergia-igényt produkál.

Ciprus értelemszerűen szélsőséget képvisel mind SPFH, mind SPFC tekintetében. Míg a fűtéshez felhasznált villamosenergia aránya itt a legkedvezőbb, 3,31, addig a hűtéshez a legkedvezőtlenebb mutató párosul, 4,32-es SPFC értékkel. Más országok esetében, melyeknél szükséges lehet még hűtés alkalmazása, utóbbi értéke 4,6 – 4,7 körül mozog a szimuláció eredményei alapján.

Mivel a szabályozás egyik fő motivációja az energiafelhasználás csökkentése mellett az üvegházhatású-gázok kibocsátásának minimalizálása, érdemes a villamosenergia-felhasználáshoz szén-dioxid kibocsátási értékeket is rendelni. A villamosenergia-rendszer szén-dioxid intenzitását jellemző mutatószámok („carbon intensity factor”, gCO₂/kWh) hozzárendelésével, melyek adott hálózaton megtermelt egységnyi villamos energiára vonatkozó üvegházhatású-gáz kibocsátási egyenértéket adják, megkaphatjuk a rendszerek üzemeltetésével járó éves szén-dioxid kibocsátás mértékét.



4. ábra. Nettó fűtési energiaigény éves alakulása

A vizsgált országok tekintetében a villamos energiához tartozó fajlagos CO₂ kibocsátás nagy mértékben eltér, mely jelentősen felerősít pár korábbi tendenciát [13]. Lengyelország tekintetében a messze legmagasabb, 724 gCO₂/kWh_e érték tovább rontja a már eleve kiugróan magas villamosenergia-felhasználási értéket. Ezzel szemben Szlovákia esetében a további országok viszonylatában igen alacsonynak mutatózó energiaigény és villamosenergia-felhasználás a legalacsonyabb, 90 gCO₂/kWh_e értékkel párosul. A két szélsőség összehasonlításában azt kapjuk, hogy ugyan azon geometriájú épület üzemeltetése Szlovákiában huszadannyi üvegházhatásúgáz-kibocsátást okoz, mint Lengyelországban.

Érdemes azt is megjegyezni, hogy hasonló okok miatt a messze jobb helyzetből induló Ciprusi referenciaépület az igen magas fajlagos szén-dioxid kibocsátási egyenértéke miatt felzárkózik a további országok mellé a helyiségfűtési és hűtési CO₂ kibocsátás tekintetében.

Kitekintés

Érdemes megjegyezni, hogy a szimuláció során a rétegtrendi hőátbocsátási tényezőkre vonatkozó követelményértéket vettük figyelembe, de a nemzeti közel nulla követelményrendszerek általában többszintűek, más mutatókat is alkalmaznak (például fajlagos nem megújuló primerenergia-felhasználás, egyéb országspecifikus mutatók), melyek nehezen összehasonlíthatók a számítási módszerek heterogenitása miatt, ezért ezek hatását nem vizsgáltuk.

Összegzés

Az Európai Unió ambíciózus klímavédelmi céljainak elérésében hangsúlyos szerepet kapnak az épületállománnyal kapcsolatos energiafelhasználás és szén-dioxid kibocsátás csökkentés. Az igen nagy megtakarítási potenciál ellenére azonban az EU tagállami hatáskörre bízva a szektor regulációját az egyes követelmények, követelményértékek megfogalmazásával. Számos ország meghatároz rétegtrendi hőátbocsátási tényezőt a közel nulla energiaigényű épületekre. A vizsgálat során egy referenciaépületet ezen értékekkel került felruházásra a követelményértékek által létrehozott mutatók összevetése érdekében. A dinamikus épületenergetikai szimuláció eredményeképpen látható, hogy a követelményértékek leginkább az egyes épületek hőveszteségében hasonlatosak, más mutatók esetében fokozatosan eltéréseket generálnak a különböző országspecifikumok. Ez kiváltképpen igaz a szén-dioxid kibocsátással kapcsolatos mérőszámok elemzésekor.

Köszönetnyilvánítás

Az „Energiafogyasztási és felhasználói profilok létrehozása jellegzetes épülettípusokra nagyméretű okos mérőkre épülő adatbázis alapján” című, K 128199 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a K_18 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalom

- [1] International Energy Agency, “2019 Global Status report for Buildings and Construction,” 2019.
- [2] EPBD, Directive 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency. 2018.
- [3] D. D’Agostino, S. T. Tzeiranaki, P. Zangheri, and P. Bertoldi, “Assessing Nearly Zero Energy Buildings (NZEBS) development

in Europe,” Energy Strateg. Rev., vol. 36, no. July, p. 100680, 2021, doi: 10.1016/j.esr.2021.100680.

- [4] M. De Meulenaer and T. Kristien, “Belgium Flemish 2016 - Implementing the Energy Performance of Buildings Directive 2018,” 2018. [Online]. Available: <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/08/CA-EPBD-IV-Belgium-Flemish-Region-2018.pdf>.
- [5] C. Ministry of Commerce Industry and Energy Tourism, “2nd National plan for increasing the number of Nearly Zero-Energy Buildings (NZEBS),” Press Inf. Off., 2017.
- [6] Ministry Without Portfolio of Hungary, “Regulation 7/2006 determining the energy performance of buildings,” 2020. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0600007.tnm> (accessed Jun. 17, 2021).
- [7] I. Department of Housing, Local Government and Heritage, Building Regulations - Technical Guidance Document L - Conservation of Fuel and Energy – Buildings other than Dwellings. 2021, pp. 1–100.
- [8] C. Ezilda, A. Federici, A. Martino, M. Antinucci, and G. Varalda, “EPBD implementation in Italy,” 2018. [Online]. Available: <https://www.buildup.eu/sites/default/files/content/ca-epbd-iv-italy-2018.pdf>.
- [9] D. Bekierski, R. Geryło, and D. Kaczorek, “EPBD implementation in Poland - status 2016,” 2018. [Online]. Available: <https://www.buildup.eu/sites/default/files/content/ca-epbd-iv-poland-2018.pdf>.
- [10] Z. Sternova and J. Magyar, “EPBD implementation in the Slovak Republic,” 2018. [Online]. Available: <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/08/CA-EPBD-IV-Slovak-Republic-2018.pdf>.
- [11] M. Š. Zavrl, M. Tomšič, A. Rakušček, and E. Potočar, “EPBD Implementation in Slovenia,” 2018. [Online]. Available: <https://epbd-ca.eu/wp-content/uploads/2018/08/CA-EPBD-IV-Slovenia-2018.pdf>.
- [12] S. Verbeke and A. Audenaert, “Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and building use,” Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 82, no. August 2017, pp. 2300–2318, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.08.083.
- [13] Our World in Data, “Carbon intensity of electricity per kWh,” 2020. <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity?tab=chart&country=FRA~ITA~AUT>.

Unió szintű megújulóenergia-projektek előkészítése

Az uniós országoknak 2022. március 15-ig kell kifejezniük a megújulóenergia-finanszírozási mechanizmusban való részvételi szándékukat. Kadri Simson energiaügyi biztos 2021. decemberi meghívásában az uniós országokat arra ösztönzi, hogy töltsenek ki és nyújtsanak be egy tervezetet, amely feltünteti a nem kötelező preferenciáikat, mint hozzájáruló vagy befogadó ország.

Tekintettel a megújuló energiára vonatkozó 2030-ig kitűzött uniós célkitűzésre irányuló megnövekedett törekvésre, az uniós országok közös erőfeszítései egyre fontosabbá válnak, és a finanszírozási mechanizmus megoldást kínál a rendelkezésre álló lehetőségek lehető legjobb kihasználására, miközben előnyöket biztosít mind a hozzájárulók, mind a befogadók számára. Elegendő rugalmasságot kínál ahhoz, hogy kielégítse az uniós országok által előterjesztett különböző technológiák, projektípusok, helyszínek és egyéb kritériumok támogatása iránti igényt.

A kifejezett érdeklődés alapján a Bizottság megfelelően a preferenciáknak kidolgozza a megújulóenergia-projektekre kiírt első uniós szintű pályázat feltételeit. Ennek alapján és a részt vevő országok kötelező kötelezettségvállalásait követve a Bizottság pályázati felhívást tesz közzé, amelyben a projektgazdák 2022 végén pályázhatnak projektjeikkel. A kiválasztott pályázatok támogatást kapnak a kidolgozott feltételek szerint a projektek végrehajtására.

Forrás: <https://ec.europa.eu/info/news>

A magyarországi napenergiatermelés éghajlati feltételei és kapcsolódó technológiai kérdései I.¹

Fejes Lilián*, Molnár Szabolcs**

*ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Meteorológiai Tanszék, Budapest,

**MVM Zrt, Budapest, vezérigazgató-helyettesi tanácsadó, molnar.szabolcs@mvm.hu

A napenergiatermelés Magyarországon eddig soha nem látott felfutó szakaszba lépett, köszönhetően a magyar klímapolitikai vállalásoknak, valamint a megújuló energiatermelés támogatásának. A napelemek, naperóművek időjárásfüggő villamosenergia-termelők, így az üzembiztos, megbízható és folyamatos energiaszolgáltatás kérdésköre még fontosabb, mint más energiatermelésnél és esetükben nem lehet elvonatkoztatni a meteorológiai és klimatológiai jellemzők és események éghajlatváltozás miatt növekvő kockázataitól. Célunk azoknak az éghajlati hatásoknak, valamint a hatásviselő rendszerelemeknek a feltárása, amelyek a napelemparkokra a klímaváltozással összefüggésben kockázatot jelenthetnek. E jelenségek és műszaki adottságok ismeretében a napelemparkok létesítésénél, üzemeltetésénél és az egyes védelmi funkciók kialakításánál figyelembe lehet venni a kockázatokat, az erőteljesebb felkészülés és éghajlati alkalmazkodás érdekében.

*

Solar power generation in Hungary has entered an unprecedented phase, thanks to Hungarian climate policy commitments and renewable energy production incentives. The solar panels and solar power plants are weather-dependent electricity generators. So, the issue of foolproof, reliable, and continuous energy supply is even more critical than in other energy productions, and meteorological and climatological characteristics cannot be abstracted in their case and the increasing risks of events due to climate change. We aim to identify the climate impacts and impact-bearing components that may pose a risk to solar PV parks in the context of climate change. In light of these phenomena and technical conditions, risks can be considered in the establishment, operation, and development of solar PV parks to prepare more vigorously and adapt to the climate.

A napenergia kutatás története

A nap biztosítja az ember életfeltételeinek biológiai alapját, ezért nem csoda, hogy a napkultusz volt a legősibb vallás. Az óegyiptomi hit alapja a Nap tisztelete volt. Az egyiptomi napisten, Amon-Ra volt az ország uralkodója, a fáraó, a „nap fia” és ezért a legnagyobb megbecsülést élvezte. Az indiai napistent Savitrinak, életküldőnek hívták, mert a Nap a világegyetemet minden reggel új életre ébresztette. A görögök napistene Hélios volt. Ő volt a fény, a meleg, az életerő és a termékenység jelképe. Az ősi inka vallás fő jellemzője szintén a Nap tisztelete volt. Ezen okok miatt a Föld számos helyén építettek templomokat a Nap dicsőségére.

A Nap energiájának kiaknázása már az ókori tudósokat is foglalkoztatta. Szókratész² egy működő szolárházat fejlesztett ki, amely

a téli szoláris energia maximális kiaknázását célozta meg, illetve a tudatos térkiosztással és az árnyékoló szerkezetek geometriai méretezésével a nyári túlmelegedés kockázatait is csökkentette.

Az első nagyobb, kísérleti célokot szolgáló naperóművet a Szovjetunióban, Taskentben építették meg 1933-ban. A háztartásokban történő közvetlen hasznosításra vonatkozó első kísérleteket pedig 1930 és 1940 között végezték. A második világháború után a napenergia-kutatás a kezdődő energiaellátási nehézségek következtében nagyobb lendületet vett. Ezen időszak legfontosabb felfedezése a Bell-Telephone-Laboratories (New-york) által 1954-ben bemutatott napelem (szolárcella) volt.

Az 1970-es évekbeli események az alternatív energiatermelési megoldásokat előtérbe helyezte. Az energiaellátási kérdéseket az 1973-as olajválság közismertette. Világszerte fokozottabban kezdtek más energiaforrásokat keresni.

A napenergia hasznosítás tudományával kapcsolatban meg kell említsük Telkes Mária nevét, aki magyar származású, amerikai tudós, feltaláló volt. Telkes professzor asszony munkássága mindvégig szorosan kötődött a napenergia hasznosításának kutatásához. Méltán nevezhetjük a napenergia kutatásának úttörőjének. Hazai vonatkozású világeseményként kell megemlítenünk, hogy a Napenergia Világkongresszust 1993. augusztusban Budapesti Műszaki Egyetemen tartották. A konferencia elnöke Imre László professzor volt és vezetésével a BME oktatói és kutatói jelentős szerepet vállaltak konferencia sikeres megrendezésében.

A napenergia alkalmazása és a szoláris energiatermelési lehetőségek kiaknázása elkerülhetetlenné vált. A napenergia hasznosításának műszaki lehetőségei a különböző meteorológiai viszonyoktól függenek. A Föld negyvenedik szélességi fokáig nagy és eléggé szabályszerűen fellépő hőmennyiségek állnak rendelkezésünkre. Magyarországi viszonylatban is (az északi szélesség 45° és 55° között) számos lehetőség adódik a szoláris energia hasznosítására. Ilyen például a HMV-készítés, az úszómedence fűtés, a helyiségfűtés és akár a klimatizálás is. A példaként felsoroltakon kívül számos más alkalmazási lehetőség áll rendelkezésére a szakembereknek. Például a meleg éghajlatú országokban, ahol sok a napsütés, de kevés a víz, a napenergiával működő tengervíz-sótalanítókat (úgynevezett desztillálókat) készítenek, vagy akár a megfelelően nagy napenergia hozamú (elsősorban sivatagi területeken) a „naperőgépek”, mint vízszivattyúk működnek.

Napjainkban a tiszta, olcsó, megfizethető energia stratégia célként jelenik meg, nemcsak a világ, hanem a hazai energiastratégiákban is. E stratégiai célkitűzés megvalósításának egyik eleme a napenergia hasznosítása. A szoláris energia kiaknázásával csökkenthetők a környezeti ártalmak, tiszta energia állítható elő, mely gyakorlatilag korlátlan mennyiségben áll rendelkezésünkre. A technológia alkalmazásának függvényében (például HMK) szükségtelen lehet az energia szállítása. Azonban a fenntartható fejlődést mindenhol a realitás fogja korlátozni. Éppen ezért szükséges a

¹ A cikk a KLENNEN '22 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

² Szókratész (i.e. 469 – i.e. 399) ókori görög filozófus, a nyugati filozófia és az autonóm etika megalapítója

hátrányokkal is szembe nézünk. A szoláris energia rendelkezésre állása nem egyenletes. Az energiasűrűsége viszonylag kicsi és emiatt nagy gyűjtőfelületek szükségesek.

Fontos továbbá gondoskodnunk a használatból kikerülő napelem modulok feldolgozásáról is, mert a napelemek az életútjuk végén leszerelésre kell kerüljenek, mert tovább nem alkalmasak arra, hogy a szoláris energiát átalakítsák villamosenergiává. A leszerelésük másik oka lehet, hogy megsérülnek és ebben az esetben is feldolgozásukról gondoskodni szükséges. A napelem parkok életútjának a végén egyrészt a panelek feldolgozására, újra hasznosítására is gondot kell fordítsunk, illetve a parkok területét is a legmagasabb szinten rekultiválni szükséges.

Kutatásunk általános célja a napelemes rendszerek és alrendszerek megbízhatóságának javítása azáltal, hogy összegyűjtjük, elemezzük és bemutatjuk a teljesítménycsökkenésükre, sérüléseikre és hibáikra vonatkozó információkat, kiváltképp az éghajlati, időjárás hatások vizsgálati aspektusainak függvényében.

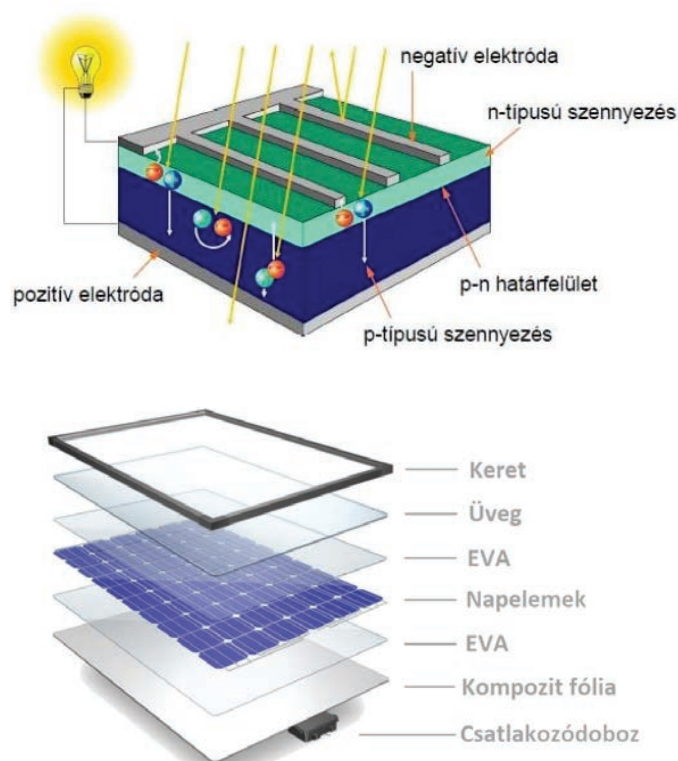
A napelem parkok éghajlati tényezőkre érzékeny rendszerelemei

A napelem cella két különböző, egymással összekapcsolt, vékony rétegű félvezető anyagot tartalmaz. Gyártásukkor az egyik félvezető p-típusú (pozitív) szennyezést, a másik n-típusú (negatív) szennyezést kap. Ezek a félvezetők általában szilíciumból készülnek, de készülhetnek más anyagokból is. A szilícium - stabilitásából adódóan - elméletileg korlátlan ideig változatlan marad, így igen alkalmas ilyen célokra történő alkalmazásra. Az n-típusú félvezetők kristályos szilíciumból készülnek, amelyet igen kis mennyiségű foszforral szennyeznek. A szennyezési eljárás által az anyag a rácskötésekben nem résztvevő szabad elektronokkal fog rendelkezni, és éppen ezért lesz ez a negatív félvezető. A p-típusú félvezetők is kristályos szilíciumból készülnek, melyet kis mennyiségű bórral szennyeznek, és ezáltal elektronhiány lép fel benne, és ezen elektronhiányok („lyukak”) miatt lesz a pozitív félvezető. A két ellentétesen „szennyezett” réteg összeillesztésénél a lyukak és az elektronok semlegesítődnek („rekombinálódnak”) és eközben közöttük feszültség jön létre.

A napelemek működéséhez a fény *kettős természetéből* – hullám és részecske tulajdonságaiból indulhatunk ki, a fény részecskéket fotonoknak nevezzük. Amikor a megfelelő hullámhosszúságú fény a napelemre esik – a pozitív-, és a negatív tartomány közötti semlegesített zónában elnyelődik – a fotonok energiájukat átadják az anyagban az elektronoknak, amelyek szabaddá válnak, és „vándorlásuk” elektromos áramként jelenik meg. Az elektronok helyén az anyagban „lyukak” keletkeznek, amelyek szintén képesek elmozdulni. Amikor a fotonok gerjesztik az elektronokat, a kiugrott elektronok a negatív, a lyukak a pozitív oldal felé mozdulnak, így jön létre az elektromos tér és az ebből adódó feszültség.

Ha a napelemhez külső áramkört kapcsolunk, akkor a mozgó elektronok a félvezetőn át a cella tetején lévő fém csatlakozó felé „áramolnak”, míg a „lyukak” ellentétes irányba, a cella alján lévő fém csatlakozó felé, ahol feltöltődnek elektronokkal a külső áramkör másik oldaláról (a cella tetejéről). Ezt a feszültséget a belső elektromos mező (amely a p-n kapcsolódás helyén jön létre) termeli.

A napelemes rendszerek költségeinek csökkentésének, illetve a szoláris energiatermelés gazdaságosságának növelésének egyik kulcsfontosságú tényezője a PV modulok megbízhatóságának és élettartamának növelése. A mai statisztikák azt mutatják, hogy a kristályos szilícium PV modulok névleges teljesítményének csök-



1. ábra. A rétegezt szolár cella és a c-Si rétegezt PV cella felépítése³ [1]

kenési aránya 0,8%/év [2]. A PV modulok megbízhatóságának és élettartamának növelése érdekében meg kell érteni az ezzel járó kihívásokat.³

A PV modul meghibásodásainak meghatározása

A PV modul meghibásodása olyan hatás, amely (le)csökkenti a modul teljesítményét. A behatás lehet átmeneti csökkenést okozó hatás (hiba), mely a normál működés során „magától megjavul”, vagy lehet olyan – elsősorban tartós változást okozó hiba – mely biztonsági problémát vet fel. Tisztán esztétikai problémáknak nevezzük azokat a hibákat, amelyek nincsenek hatással a modulok teljesítményére. Sem tartósan, sem rövidebb ideig nem okoznak teljesítménycsökkenést. Ezek a hibák nem tekintendők a PV modul meghibásodásának. A „magától megjavuló” hibák csoportjába például az olyan hibák tartoznak, mint a porszennyezés. Amennyiben a modulok felületére por rakódik, és ha ez teljesítménycsökkenést is okoz, akkor az átmeneti, mert a következő eső alkalmával a PV modulok felületére rakódott port az eső lemossa. Vagyis a teljesítménycsökkenést okozó hatás csak átmenetileg áll fenn, és a megszüntetéséhez külső erőforrás nem szükséges, az magától megszűnik. (Ahol egyáltalán nincs, vagy csak nagyon ritkán van csapadék, nyilván nem várnak az esőre és a tisztítás a karbantartás része.)

A helytelen kezeléssel, az üzemeltetésből vagy a helyi környezeti adottságokból adódó problémákat nem tekinthetjük hibának. Egyrészt a modul szennyeződése (például madárürülék), fűnyírás közben történt mechanikai behatás okozta károsodás (egyszerűen nekitolják a fűnyírót a modulnak és mechanikai törés következik be), vagy a villámlás okozta meghibásodás nem minősülnek a PV modul meghibásodásnak. A szennyeződések problémáját az üzemeltető-

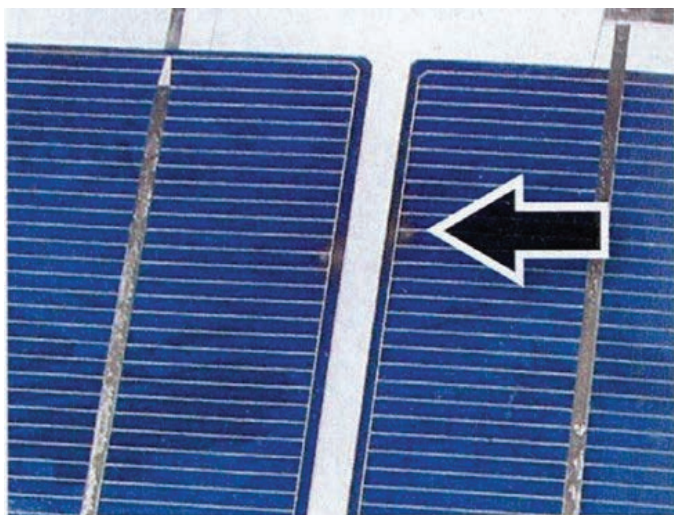
³ A napelem cellák az első és hátsó oldal között speciális, optikailag illesztett és időtálló műanyagba vannak beágyazva [etil-vinil-akrilát (EVA)].

nek kell kezelnie, és a villám olyan vis maior esemény, amelyre a modult nem lehet méretezni.

Viszont a nagy hőterhelés miatti hibák modulhibának minősülnek, ha a modult nehéz hőterhelésre méretezték (így adta el a gyártó), de működés közben mégsem állt ellen a hőterhelésből adódó külső terhelésnek.

Előfordulhatnak olyan modulhibák, amelyek közvetlenül a gyártásból származnak. Ezek a hibák lehetnek az okai annak, hogy egyes modulok nem működnek optimálisan, de mindaddig, amíg a hiba nem releváns a biztonság szempontjából és a gyártó által megadott névleges teljesítményen üzemelnek, meghatározás szerint nem tekintjük hibának. A gyártók által megadott névleges teljesítmény figyelembe veszi a nem megfelelő gyártás által okozott teljesítménycsökkenést. Példaként említhetjük a polikristályos napelemek mérsékelt kristályhibáit vagy a monokristályos napelemekben található sztriaciós gyűrűket.

Ezenfelül vannak olyan üzemeltetés során kialakuló jellemzők, amelyek egy laikus számára hibának tűnhetnek, de műszaki értelemben ezek sem károsodások. Ilyen tipikus esztétikai hibát mutat az 1. kép, melyen barna foltok azonosíthatók be a napelem modul szélén. Ezek az elszíneződések a visszaverődésgátló (reflexiógátló) bevonat lerakódása során a napelem hordozóból származnak, és nem tekinthetők PV modul hibának.



1. kép. A barna foltok (a napelem szélén) nem jelentenek hibát, (forrás: IEA, 2014)

Hasonlóan a napelem modulok szélén található barna foltokhoz, az ismert fény által okozott teljesítményromlás a bór-oxigén komplex tartalmú kristályos szilícium moduloknál [3], nem modulhiba, mivel a gyártónak ezt a hatást figyelembe kell vennie a PV modul névleges teljesítményértékének meghatározásakor. Abban az esetben viszont a PV modul meghibásodásról van szó, ha a gyártó ezt a hatást nem vette figyelembe a teljesítményérték megadásánál.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a hiba minden olyan jelenség a PV modulban, amire előre nem számítanak. A hiba jelentheti a PV-modul meghibásodását is, vagy olyan jelenséget is, ami nem feltétlenül a modul tönkremenetelét jelenti. A hiba sokkal tágabb kifejezés, mint a tönkremenetel. A hiba nem feltétlenül jelent biztonságot veszélyeztető dolgot vagy teljesítménycsökkenést a PV-modul számára, hanem megadja a PV-modul egyfajta olyan működési állapotát, amely eltér a tökéletes állapotú PV-modultól.

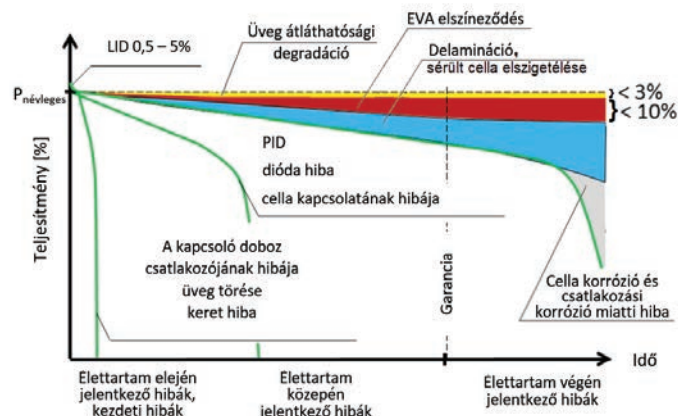
A napelemek meghibásodási forgatókönyvei

A kutatásaink során a napelemmodulok meghibásodásainak és tönkremenetelének időbeli lefolyását két nagy csoportosítási metódus alapján osztályoztuk. Az első metódus szerint, a tönkremenetelhez vezető ok bekövetkezési ideje vagy zérushoz tart ($\Delta t \rightarrow 0$), vagy időben elhúzódik. Az első esetben katartikus esemény okozza a hibát (például jégeső okozta károsodás), vagy degradálódási folyamatról (például cella korrózióról) beszélhetünk.

A második csoportosítási metódus alapján a PV cellák meghibásodásainak időbeli lefolyását általában a következő három kategóriába soroltuk.

- 1) Az élettartam elején jelentkező hibák: a kezdeti hibák – „gyerekbetegségek”,
- 2) az élettartam közepén jelentkező hibák, és az
- 3) élettartam végén jelentkező hibák: az elhasználódásból, elöregedésből, degradálódásból adódó hibák.

A 2. ábra példákat mutat be a PV-modulok három tipikus meghibásodási forgatókönyvére, és ezen hibákat elhelyeztük az idő „vonalán”. Ezen modulhibák mellett sok PV modul fény okozta teljesítménycsökkenést (Light Induced Degradation - LID) mutat közvetlenül a telepítés után. A LID egy olyan típusú hiba, amely mindig előfordul, és a PV-modul névleges teljesítménye (gyakorlatilag a katalógus érték) már a LID mértékével csökkentett teljesítményt jelent. A LID definíciója szerint addig nem beszélhetünk LID hibáról, amíg a teljesítménycsökkenés egy előírt értéknél kisebb. Gyakorlatilag ez egyfajta gyártási hiba. Ezek természetes hibák, és amíg ezek előfordulása kezelhető, egy adott értéknél kisebb mértékben állnak elő – például 5% alatt vannak - addig elkerülésükről nem kell különösen gondoskodni.

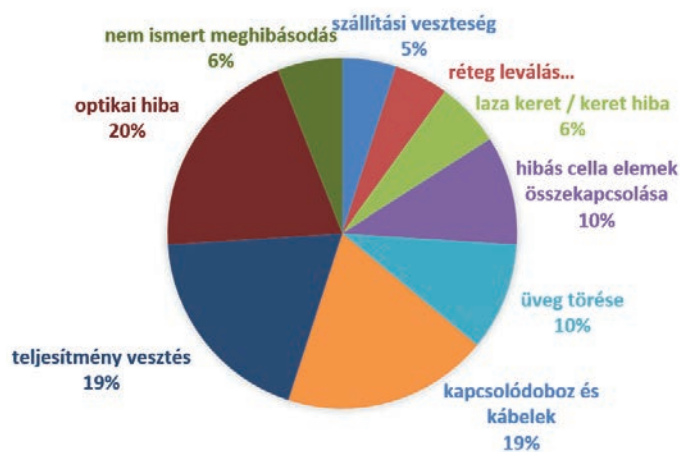


2. ábra. A modulok három tipikus meghibásodási forgatókönyve, (forrás: IEA, 2014)

Amennyiben a LID a „gyerekbetegségek” szakaszában okoz tönkremenetelt, akkor a hibás napelem modulok az üzemkezdet követően gyorsan meghibásodnak és ezek a hibák a legtöbb esetben garanciális hibák, amelyek a modul gyártójának és a szerelő/kivitelezők költségeit növelik.

A kezdeti hibák közé sok esetben a gyártási hibák tartoznak, melyek az üzembehelyezést követő első két évben kiütköznek. A kezdeti hibákra vonatkozó vizsgálataink eredményét a 3. ábra mutatja.

A PV modulok élettartamának közepén jelentkező hibákat pl. a DeGraff [6] tanulmány írja le. A 4. ábra mutatja a 8 éve terepen, üzemben lévő PV modulok meghibásodási eloszlását. A kutatása-



3. ábra. A kezdeti hibák százalékos eloszlása az üzembehelyezést követő első két évben⁴

ink eredményei szerint egy teljes telepített napelem park moduljainak körülbelül 2%-a hibásodik meg 11-12 év után, olyan hibák következtében, amely hibák nem felelnek meg a gyártó garanciális vállalásainak, vagyis amelyek nem üzemi körülményekből kialakuló okokra vezethetők vissza.

Megállapíthatjuk, hogy egészen magas a PV-modul üvegének törése és a belső elektromos áramkör meghibásodása miatti hibák aránya. A kapcsolódoboz és kábelek meghibásodási aránya 12%, a cellák égési nyomai 10%-os és a tokozási, illetve a keret sérülése miatti hibák 9%-os eloszlási arányt mutatnak.



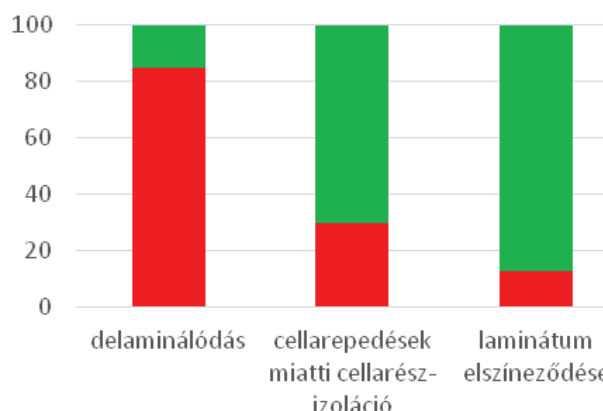
4. ábra. A terepen 8 évig telepített 21 gyártó különböző napelemes moduljainak vizsgálati eredményei⁵

A PV modulok élettartama végén kopási hibák, öregedési hibák lépnek fel, melyek meghatározzák a PV modulok maximális élettartamát. A PV modul élettartama akkor ér véget, ha biztonsági probléma lép fel, vagy a PV modul teljesítménye egy bizonyos szint alá csökken, amelyet általában a kezdeti teljesítmény 80% és 70% -a közötti értéken határoznak meg. Az 5. ábra néhány speciális PV modul típus hibaszámának az arányait mutatja 15 év működés után

⁴ Az arányok a meghibásodások teljes számához viszonyítva vannak megadva. (A statisztika körülbelül 2 millió leszállított PV modul összmennyiségen alapul.) Az ábra a szerzők saját szerkesztése, az adatok forrása, IEA, 2014.

⁵ Az arány a meghibásodások teljes számához viszonyítva van megadva. Az ábra a szerzők saját szerkesztése, az adatok forrása [6].

[7]. A PV-modulok meghibásodásának okai, három csoportba oszthatók, melyek a rétegtelenítés (delaminálódás), a cellarepedések miatti cellarész-izoláció és a laminátum elszíneződése. Mindezen hibák azonban 0 és 20% közötti, átlagosan 10%-os teljesítményvesztéshez vezetnek.



5. ábra. Hibák, amelyek három különböző gyártó, 272 PV moduljából álló flottában jelentkeztek, több mint 15 éves üzem után⁶

Minden napelem modulnál az egyes hibatípusok kombinációja is felléphet. A zöld és a piros szín jelzi a megfelelően működő (zöld) és a hibás (piros) moduloknak a százalékos arányát.

Ezek a Schulze [7] tanulmányában vizsgált PV modulok azonban még régi típusú PV modulok voltak, napjainkban ilyeneket már nem telepítenek. Egyrészt a régebbi lamináló anyagokat, melyek a rétegek elszíneződésért voltak felelősek a mai PV modulokban már nem használják. Másrészt a korai PV moduloknál a gyártóknak nem volt lehetőségük ellenőrizni a cellák repedését, a cellák metalizációja sokkal vastagabb volt, mint manapság, és a cellák és modulok méretei erősen eltérnek a mai PV moduloktól. Ezek a műszaki megoldások nagymértékben befolyásolják a PV modul celláinak szigetelését. Azonban ezeket a modul típusokat azért érdemes elemeznünk, mert bár régi típusú PV modulok, még rengeteg ilyen modul van üzemben.

Időjárási eseményekhez köthető napelem sérülések

Kutatásunk elsősorban arra irányult, hogy beazonosítsuk, feltárjuk és megismerjük mindazon modul meghibásodásokat, amelyek közvetlenül, vagy közvetve környezeti – elsősorban időjárás – külső terhelő hatásból, vagy annak megváltozásából következnek be.

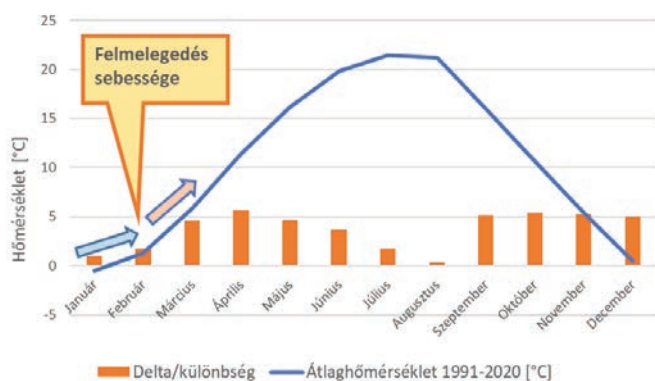
Az üzemviteli tapasztalat szerint az üzemkezdést követő első két (kiterjesztve három) évben viszonylag sok meghibásodás következik be. Ennek alapvető oka a szolármodulok, úgynevezett rejtett vagy maradó cellarepedései. A telepítési fázis során, és azt követően a legalaposabb vizuális vizsgálat ellenére is, fokozott annak a veszélye, hogy a napelem modul működése során a mikro repedések, vagy a rövid cellarepedések tovább repednek és hosszabb, illetve szélesebb repedésekké válnak. Ezen „tovább repedések” elsődleges oka a szél- vagy a hőterhelés okozta mechanikai hatás, illetve a cellarepedések terjedéséhez hozzájárulhatnak a bekövetkező hőmérsékletváltozások és a hőmérsékletváltozások ingadozásai is.

A fenti hatáshoz hasonlóan a hőingadozás hatására a panel frontoldali üvegének sérülését – elpattanását – is beazonosították

⁶ Az ábra a szerzők saját szerkesztése, az adatok forrása [7].

már. Ezen hatás legészterűbb magyarázata – és az üzemi tapasztalat is ezt mutatja -, hogy a panel üvegében a hajszálrepedések a téli időszakot követően, (akár kismértékű) felmelegedés hatására elpattannak a hőingadozás, és kifejezetten a tavaszi felmelegedés következtében.

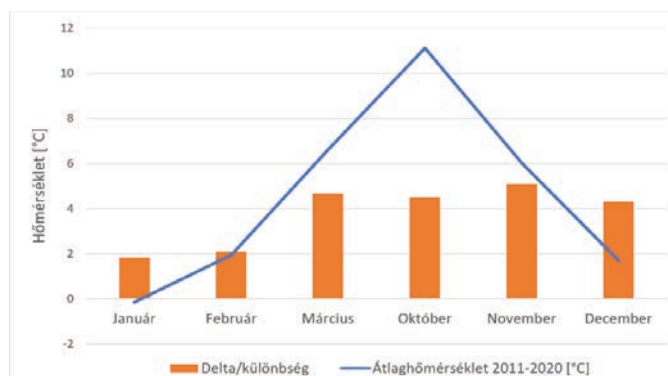
Erre magyarázatot ad, ha a megvizsgáljuk hazánkban az átlaghőmérsékletek változási sebességét.⁷



6. ábra. Országos átlagos havi középhőmérsékletek 1991-2020 között⁷

A 6. ábra „Delta/különbség” megnevezésű oszlopai az egyes hónapok átlaghőmérséklete közötti különbséget mutatják. Látható, hogy a kora tavaszi időszakban a legnagyobb a felmelegedés sebessége. Üzemviteli tapasztalat alapján, ekkor a legmagasabb a bekövetkező cellarepedéseknek száma is, ekkor azonosítják be a legtöbb (tovább)repedést is. A két jelenség összeköthető. A hőmérséklet hirtelen emelkedése nagymértékben hozzájárul a mikro repedések tovább terjedéséhez.⁸

Kutatómunkánkat kiterjesztettük az irányú vizsgálatokra is, hogy a globális éghajlatváltozási hatások, milyen irányú változásokat okoznak, kifejezetten a mikro repedések terjedésében. Megvizsgáltuk az elmúlt évtized hazai átlaghőmérsékleteinek alakulását is (7. ábra). Azt tapasztaltuk, hogy a kora tavaszra jellemző gyors felmelegedési sebesség időben korábban kezdődik. Az elmúlt időszak felmelegedési hatásai miatt, már a februári hónapban emelkedő hőmérsékleti sebességi gradiens volt tapasztalható. Ha a napelem oldaláról vizsgáljuk a korábbi felmelegedés hatását, akkor azt mondhatjuk, hogy a vizuálisan nem beazonosítható mikro repedések az



7. ábra. Az elmúlt évtized átlaghőmérsékleteinek alakulása, az év eleji és év végi hónapokban⁸

⁷ Az ábra a szerzők saját szerkesztése, az alapadatok forrása [7]

⁸ Az ábra a szerzők saját szerkesztése, az alapadatok forrása [8]

év korábbi szakaszában fognak tovább repedni, illetve a repedések kiszélesedni. Ez egyben azt is jelenti, hogy a napelem modulok teljesítménycsökkenése vagy akár a tönkremenetele is hamarabb következik be.

A cikk második részét a következő számunkban közöljük.

A folytatás fejezetei:

Mechanikai és egyéb környezeti hatások okozta meghibásodások A jégeső és a szél terhelő hatása

Van-e még munkánk?

Összefoglalás – konklúzió

Felhasznált források

- [1] <https://nvsolar.hu/a-napelemek-mukodese/> és <https://easykit.hu/napelem-energiajahatekonysag-felsofokon/> (letöltés dátuma: 2021. 06.26.)
- [2] D. C. Jordan and S. R. Kurtz, Photovoltaic Degradation Rates - an Analytical Review, Prog. Photovolt: Res. Appl. 21 (12–29) (2011) doi: 10.1002/pip.1182
- [3] K. Bothe, J. Schmidt, Electronically activated boron-oxygen-related recombination centers in crystalline silicon, Journal of Applied Physics 99 (2006), p. 013701
- [4] A. Shah, W. Beyer, Thin-film Silicon Solar Cells. Shah A (ed.), EPFL Press, 2010, pp. 30-35
- [5] L. Fanni, A. Virtuani, D. Chianese, A detailed analysis of gains and losses of a fully-integrated flat roof amorphous silicon photovoltaic plant, Solar Energy 85 (2011), pp. 2360–2373
A. Skoczek, A. Virtuani, T. Cebecauer, D. Chianese, Energy yield prediction of amorphous silicon PV modules using full time data series of irradiance and temperature for different geographical locations, Proc. 26th EUPVSEC (WIP, Hamburg, Germany, 2011), pp. 3248–3252
- [6] D. DeGraaff, R. Lacerda, Z. Campeau, Degradation Mechanisms in Si Module Technologies Observed in the Field; Their Analysis and Statistics, Presentation at PV Module Reliability Workshop, NREL, Denver, Golden, USA, (2011)
- [7] K. Schulze, M. Groh, M. Nieß, C. Vodermyer, G. Wotruba and G. Becker, Untersuchung von Alterungseffekten bei monokristallinen PV-Modulen mit mehr als 15 Betriebsjahren durch Elektrolumineszenz- und Leistungsmessung, Proceedings of 28. Symposium Photovoltaische Solarenergie, (OTTI, Staffelstein, Germany, 2012)
- [8] Meteorológiai Adattár, OMSZ; <https://odp.met.hu/> (letöltés dátuma: 2021. 08.27.)
- [9] T. Teule, Appeldoorn, M., Bosma, P., Sprenger, L., Koks, E., & de Moel, H. The vulnerability of solar panels to hail., (2019)

Köszönjük, hogy gondol ránk!

1%

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület
adószáma:

19815637-2-43

Szigeteléstechika helyzete a magyar iparban – Hatalmas EKR potenciál¹

Babocsán Dániel

gépészmérnök, daniel.babocsan@dynoteq.com

Magyarországon a szigeteléstechika helyzete hasonló a környező országokhoz. Számos létesítményben találhatóak a régió ipari fellendülésének korából származó, több tízéves szigetelések. Az Európai Ipari Szigeteléstechikai Szövetség (Eiif) tanulmánya szerint az Európában található szigetelendő felületek mintegy 10 %-án nem megfelelő minőségű szigetelések találhatóak. Ezen felületek megfelelő leszigetelésével Magyarországon közel 9,5 millió GJ energia takarítható meg. Ez a pusztán gazdasági szempontok szerint is megtérülő eseteket vizsgálva is jelentős mennyiség.

*

The state of industrial insulation in Hungary is similar to the surrounding countries. Many facilities have decades old insulation from the era of the region's industrial boom. According to a study by the European Industrial Insulation Foundation (Eiif), about 10% of the surfaces to be insulated in Europe have poor quality insulation. By properly insulating these surfaces, nearly 9.5 million GJ energy could be saved in Hungary. This is a significant amount, even when only examining the cases that are profitable from a purely economic point of view – which amount can be accounted for in the EEOS.

Bevezetés

Egy évvel ezelőtt azt fejtegettem, hogy az elmúlt időszakban egyre fontosabb a tudatosság az életben, így a különböző ipari területeken is. Ezzel a megállapítással ugyan nem mondtam új dolgot, és nem vállaltam nagy kockázatot azon kijelentéssel sem, hogy az ipari energetika területén is egyre nagyobb figyelmet kell fordítani a tudatosságra. Az azóta eltelt időszakban az európai gáz válság, az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer szolgáltatókra rótt kötelezettségének gáz (és villamosenergia) árba történő beépülése, a megújuló energiaforrások nehéz szabályozhatóságából fakadó hatások, valamint a CO₂-kvótaár emelkedése együttesen azt eredményezték, hogy az egyes ipari fogyasztók az egy évvel korábbihoz képest akár két-háromszoros energiaköltséggel kell, hogy számoljanak a hőenergia felhasználásuk során.

Ezen költség-ugrást számos vállalat megérezte, szélsőséges példa az egyik leginkább energiaintenzív iparág, a műtrágya-ammónia-nitrogén gyártás. Az iparágban tevékenykedő vállalatok közül többen leállították részlegesen vagy teljesen a termelést, mert veszteséggel tudták csak előállítani a készterméket piaci körülmények között, így igen jelentős állami tőkeinjekcióra volt szükség Európa szerte. Ennek hatásai várhatóan tavasszal az élelmiszerárakban igen jelentősen tetten érhetőek lesznek, de például az AdBlue adalékanyag hiány is ennek a hatására lépett fel. Ezen felül természetesen számos olyan iparág van, ahol a végtermék árának jóval kisebb részét teszi ki a felhasznált energia költsége, de az kijelenthető, hogy a mostani válságot gyakorlatilag minden nagy

fogyasztó megérezte akár közvetlenül a saját termelési folyamatában, akár a beszállítóinak áremelkedésén keresztül, akár egyéb módon közvetve.

Az EKR potenciál

Az energiamegtakarítási projektek ennek megfelelően kiemelt figyelmet kapnak az összes vállalatnál, a korábbi beruházások megtérülési ideje az áremelkedés miatt felére-harmadára csökkent, arról nem is beszélve, hogy további forrásbevonásra van mód az EKR, illetve TAO törvények segítségével.

A korábbiak szerint, tehát energiaár-válság miatt tehát az egy évvel ezelőtti kedvező energetikai alapú megtérüléshez képest is jóval kedvezőbb gazdasági mutatókat tudunk elérni, ha pedig igénybe vesszük az EKR adta lehetőségeket, akkor kiemelten kedvezően tudunk szigetelési projektet véghez vinni. Azt pedig nem is gondolnánk, hogy a sok apró felületen összeadva mekkora mértékű energiát lehet megtakarítani. Az Európai Ipari Szigeteléstechikai Szövetség (Eiif) kimutatása szerint Magyarországon 226 ktoe (nagyjából 9,5 millió GJ) takarítható meg szigetelésekkel.¹ Ez hasonló mérték, mint a környező országokban (Ausztria, Szlovákia, Románia) népességarányosan. Ezek közül, ha csak a földgázzal előállított részt vesszük, az is több, mint a teljes érték 50%-a (több, mint 4 800 000 GJ). Ezek valószínűleg nem mind olyan megtakarítások, amelyek kiemelkedő gazdasági mutatóval rendelkeznek, de a későbbiekben bemutatok egy minta projektet, amely a magyar iparra jellemző gőzrendszeren végzett szigetelési projekt megtakarítását vizsgálja.

Az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszert tekintve jellemzően két fajta végfelhasználó vállalat van. Az egyik a minta projektben is bemutatott típus, akire a kötelezett energiaszolgáltató „átherelte” a törvényben meghatározott költséget 50 000 Ft/GJ áron. Ebben az esetben az összes olyan energiamegtakarítási projekt, amely ezen fajlagos beruházási költség alatt van az audittal együtt az kedvezőnek számít a végsőenergia felhasználó részére.

Hőszigeteléssel elkerülhető energiaveszteség – mintaprojekt eredménye

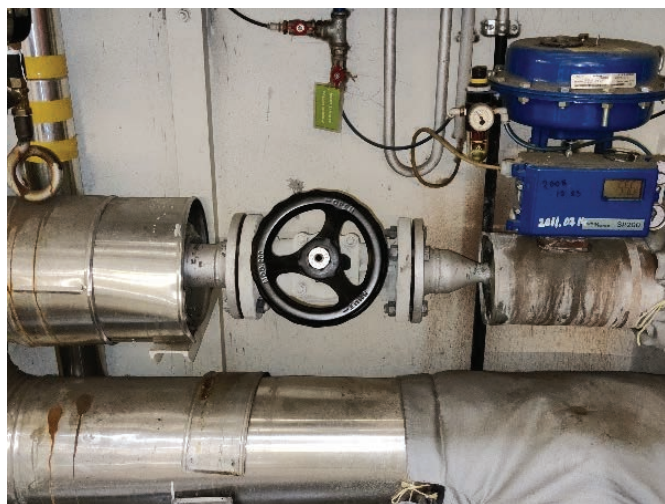
A másik eshetőség pedig, akikre nem terhelte át a szolgáltató, de kíván élni az EKR forrásbevonásaival. Ebben az esetben valamilyen úton meg kell egyeznie a kötelezett szolgáltatóval, legyen az elsődleges-, vagy másodlagos piaci szereplő. Ezen úton jellemzően kevesebb, nagyjából 10-20 000 Ft/GJ hozzájárulást tudnak szerezni a végfelhasználók, ami még a rosszabb adottságú szigetelési projekt (kevesebb, mint 1000 éves üzemóra, 50 °C körüli felületi hőmérséklet) esetén is a beruházási összeg nagyrészét fedezi.

A régiókra jellemző, hogy sok esetben a sokéves „hagyomány” az, hogy a csővezetékek, egyszerű geometriájú felületek megfelelően hőszigetelésre kerülnek, azonban bonyolult alakú és karbantartásigényű, vagy egyéb speciális igényük van a hőszigetelés kialakításával kapcsolatban, egyszerűen nem kerülnek hőszigetelésre.

¹ A cikk a KLENNEN '22 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

getelésre. Ezen elemek, amelyek sok esetben már a rendszer építéskor sem kerültek beburkolásra, később sem fogják felkelteni a felelős személyzet figyelmét. Így fordulhat elő, hogy az egykor újdonság hatásával bíró, egyszerűen átlátható „ledesítésbe”, mint energiahatékonysági intézkedésbe a vállalatok többsége már beleavágott, míg a gőzrendszert üzemeltető létesítmények igen jelentős részében mégis 40-50 °C van a hőveszteségtől a kazánházban vagy hőközpontban az év bizonyos szakaszaiban.

Tapasztalataink szerint a magyar ipari létesítmények hozzávetőlegesen 90%-ában található számos olyan felületet, amely nincs, vagy nem megfelelően van hőszigetelve. Európa szerte probléma ez, ezért is kezdett bele évekkel ezelőtt az EiiF a szigeteléstechnikai szakemberek magas fokú képzésébe, ahol a legtöbb európai szigetelés gyártó nagyvállalat képviselteti magát szakembereivel – ez az ún. TIPCHECK (Technical Insulation Performance Check) Engineer program. Ezt az irányt követve igyekszünk Magyarországon is megfelelő színvonalon ellenőrizni az iparban található rendszerek szigeteltségét. Ennek során a hiányzó szigeteléseken felül egy másik igen jelentős probléma a nem megfelelő szigetelés alkalmazása. Gyakran találkozunk azzal a „bedobozolt” – azaz keményhéjas szigeteléssel ellátott – szerelvények esetében, hogy valójában az alumínium lemezen belül nincsen már hőszigetelés, valamelyik megbontás során eltűnt belőle és ezáltal a szerelvény valójában nem szigetelt, pedig úgy tűnik.



1. ábra. DN 50 gőzvezeték elzáró szelep



2. ábra. A DN 50 elzáró szelep termovíziós képe

Továbbá a keményhéjas szigetelésekkel ellátott szerelvények esetében szintén gyakran felmerülő probléma az, hogy az alumínium burkolat fémesen érintkezik a 100 °C feletti vezetékkel, hőhidat képezve, ami szintén igen jelentős hőveszteséghez vezet – és esetveszélyes is, mivel a szemre jól szigetelt doboz felületi hőmérséklete 70-100 °C is lehet.

Az egyszerűség kedvéért egy szigeteletlen szerelvény vizsgálatát mutatom be példaként. Az 1. ábra egy olyan helyzetet mutat, amiből egy átlagos magyar ipari üzemből, ahol gőz-, vagy termoolaj rendszer működik, akár több száz darab hasonló, szigeteletlen szerelvényt találhatunk a kazánháztól kezdve, hőközpontokon át, technológiai rendszer leágazásáig és berendezéseig. Ezek termovíziós képe általában a 2. ábra szerinti.

Az 1. táblázat mutatja, hogy egy darab elzáró szerelvény esetén milyen hőveszteség léphet fel.

1. táblázat. DN 50 szelep hővesztesége a szigetelési állapot szerint

	Szigetelés nélkül	Szigetelve
Hőveszteség, W	468	50
Éves hőveszteség, GJ	14,76	1,57
Hőveszteség költsége, Ft	73 794	7 850
Éves megtakarítás: 65 944 Ft		
Szigetelési költség: 20 513 Ft		
Megtakarítás az első év végére: 45 431 Ft*		

*8760 üzemóra, 5000 Ft/GJ energiaköltség

A fenti példát tekintve az látható, hogy egyetlen átlagos méretű szelep leszigetelésével nagyjából 13 GJ energiamegtakarítást tudunk elérni, amely több száz szerelvény leszigetelése esetén több ezer GJ-t jelenthet. Az is látható továbbá, hogy a szigetelés megtérülési ideje 0,3 év, az energiamegtakarítás fajlagos költsége pedig nagyjából 1550 Ft/GJ. Természetesen ezek a mutatók számos körülménytől függenek, mint például a környezeti hőmérséklet, éves üzemóra, szélesség, szigetelendő burkolófelület átmérője stb. de általánosságban kijelenthető, hogy egy 4000 éves üzemóra és 100°C feletti felületi hőmérséklet esetén az adott projekt beruházási költsége 5000 Ft/GJ alatti, tehát olcsóbban takarít meg egy GJ energiát, mint amennyibe az került az adott számítási paraméterek esetén – azaz a beruházás 1 éven belül megtérül. Egy Magyarországon átlagos, gőzrendszerrel rendelkező ipari szereplő esetében ez szinte minden esetben minimum 2000 GJ energiamegtakarítást jelenthet.

2. táblázat. A minta projektben megtakarított veszteség

	Szigetelés nélkül	Szigetelve
Hőveszteség, W	49 308	4 258
Éves hőveszteség, GJ	1 491	129
Hőveszteség költsége, Ft	17 930 032	1 548 532
Éves megtakarítás: 16 381 500 Ft		
Projekt költség: 2 790 000 Ft		
Megtakarítás az első év végére: 13 591 500 Ft*		

*8400 üzemóra, 12025 Ft/GJ energiaköltség

A minta projekt egy 2021-ben megvalósult szigetelési beruházás (2. táblázat). A projekt egy rendszervizsgálattal indult, ahol a vállalat kazánházától néhány technológiai berendezésig bejártuk

a rendszert, termovíziós vizsgálatot végeztünk. A bejárás során több, mint 7000 GJ potenciálisan megtakarítható hőveszteséget tártunk fel, és ez még nem volt az üzem teljes rendszerének vizsgálata. A vállalat különleges helyzetben van, mert az energiaszolgáltatója a szerződésük értelmében „áthelhelte” az EKR kötelezettségét, így a 2021. évben nagyjából 1200 GJ értékben kellett energiamegtakarítási projektet felmutatnia a szolgáltató részére.

A rendszervizsgálatból tehát az áthelhelés miatt lett a minta projektben szereplő részlet sürgősen megvalósítva. A projekt csak a gőz és a kondenzátum szerelvényeket tartalmazta, ráadásul néhány „tipikus blokk” ismétlődése jellemző, így a járulékos költségek is igen alacsonyan tarthatóak voltak: a projekt fajlagos beruházási költsége 2050 Ft/GJ, amibe már beletartozik a rendszervizsgálat díja dokumentációval, a számítások, a gyártásra történő felmérés és a „testreszabás”, valamint a kulcsrakész kivitelezés is.

Tekintve, hogy az áthelhelés 50 000 Ft/GJ, a 2050 Ft/GJ-os költség, amiből megtakarítható az energia igen kedvező, még akkor is, ha figyelembe vesszük, hogy EKR audit is szükséges az elszámoláshoz, amit a különböző auditorok átlagosan 1000-2000 Ft/GJ díjon végeznek. Ezek alapján a projekt drágán kalkulálva 4000 forintért hozott „vissza” 50 000 forintot gigajouleonként a vállalatnak az áthelhelte kötelezettség fejében.

Forrás:

[1] European Industrial Insulation Foundation (Eiif): National Fact Sheets 2021: Energy and CO₂ savings potential of industrial insulation – Hungary

A hulladékhasznosító közel 1 millió GJ hőt termelt 2021-ben

40 éves fennállásának során legnagyobb volumenű távhőtermelését, közel egymillió gigajoule (GJ) hőenergia előállítását ért el tavaly a Budapesti Közművek tulajdonában lévő Fővárosi Hulladékhasznosító Mű (HUHA). Az 1982-ben üzembe helyezett, időközben teljes rekonstrukción átesett mű Magyarország egyetlen, kommunális hulladékot termikusan hasznosító létesítménye. A HUHA működése 2021-ben 28 millió m³ földgáz felhasználását takarította meg Magyarország számára.

Az Európai Unió, így hazánk klímavédelmi céljainak teljesítésében is fontos szerep hárul a távhőszolgáltatói szektorra, a 2020. végén elfogadott Nemzeti Energiestratégiában is kiemelten szerepel a Zöld Távhő Program. A megfogalmazott célkitűzés alapján a földgáz részarányát a távhőtermelésben 2030-ra a jelenlegi, országosan 70% feletti szintről 50%-ra kell csökkenteni. A most elért rekordnagyságú hulladékalapú távhőtermelés ennek eléréséhez is hozzájárul.

A 975 649 GJ hőenergia megtermelése – a fővárosi földgáz alapú távhőtermelő létesítményeknél – éves szinten mintegy 60 000 tonna CO₂ kibocsátás-csökkenést eredményezett, és további mintegy 100 tonna egyéb légszennyezés kibocsátásának elmaradását jelenti. A HUHA által 2021-ben megtermelt rekordmennyiségű hőenergia 28 000 átlagos budapesti háztartás éves távhőigényét biztosította környezetbarát, fenntartható módon. A rekord mértékű hőtermelés az optimalizált üzemeltetési és karbantartási protokollnak köszönhető, a működés hatékonyságát továbbá nagymértékben előse gítette a Budapesti Közművek integrált üzletágainak (távhőszolgáltatás, hulladékgazdálkodás) szoros együttműködése.

Az erőműben alkalmazott ötlépcsős füstgáz-tisztítási eljárás eredményeként a létesítmény működése megfelel a legszigorúbb hazai és uniós környezetvédelmi normáknak.

Forrás: Budapesti Közművek Nonprofit Zrt. sajtóközleménye

Ipari energiahatékonyság

Előtte

Utána

ENERG
DNS0 Elzáró szelep

Szigetelés nélkül

G

0,2 m² Felület

28 GJ
Éves hőveszteség

1,7t
CO₂ Kibocsátás/év

Illusztráció

Magyarországon több százezer m² szigetetlen, vagy nem megfelelően szigetelt forró felület található. Ezen felületek leszigetelésével akár **9,5 millió GJ** megtakarítást is el lehet érni.

A **DynoFlex** szigetelések alkalmazásával rendkívül alacsony, **2-15 000 Ft/GJ** beruházással tudunk megtakarítást realizálni. Cégünk mérnöki háttérrel egy kézben vállalja a potenciál felderítését, az egyedi szigetelések felmérését, tervezését, gyártását és kivitelezését is. Projektjeink értékesíthetőek az EKR-piacon, tanácsadást vállalunk.

DYNOTEQ
Dynamic Technology

ENERG
DNS0 Elzáró szelep

25mm Szigetelés

C

0,39 m² Felület

3 GJ
Éves hőveszteség

0,17t
CO₂ Kibocsátás/év

Illusztráció

Dynoteq Kft. Tel/Fax: +36/29/998-610 Email: info@dynoteq.com, szigetelo-paplan.com, a Dynoteq Kft. az tagja.

A fenntartható távhőellátás rendszerszemléletben I.¹

Molnár Szabolcs

MVM Zrt, Budapest, vezérigazgató-helyettesi tanácsadó, molnar.szabolcs@mvm.hu

A fenntartható fejlődés lassan elcsépelet fogalomává vált a közbeszédben. Mindenki beszél róla, de hogy mit is takar pontosan azt kevesen ismerik. Munkám fő témája a városok energiaellátásának rendszerszintű elemzése, kifejezetten a távhőellátás hazai és nemzetközi trendjeinek figyelembevételével. A városok levegőminőségének kérdése napjaink kiemelt témája. Azonban tisztában kell legyünk azzal a ténnyel is, hogy a fogyasztók megfelelő mennyiségű és minőségű (hő)energiát igényelnek, melyet ki kell elégítsünk. Tehát a forrásmegfelelőség talán hangsúlyosabb kérdésköre a mai energiastratégiai kérdéseknek, mint bármikor is volt. A fogyasztók távhőellátással történő ellátása alapvető bázisa kell legyen a városok energiaellátásának, mert különben a környezetvédelmi és a fenntarthatósági célkitűzéseinket nem tudjuk kielégíteni. Írásomban elemzem a távhőszolgáltatás termelő oldali lehetőségeit, kiemelve azt, hogy milyen tüzelőanyag bázisokon valósítható meg a valódi zöld távhőprogram.

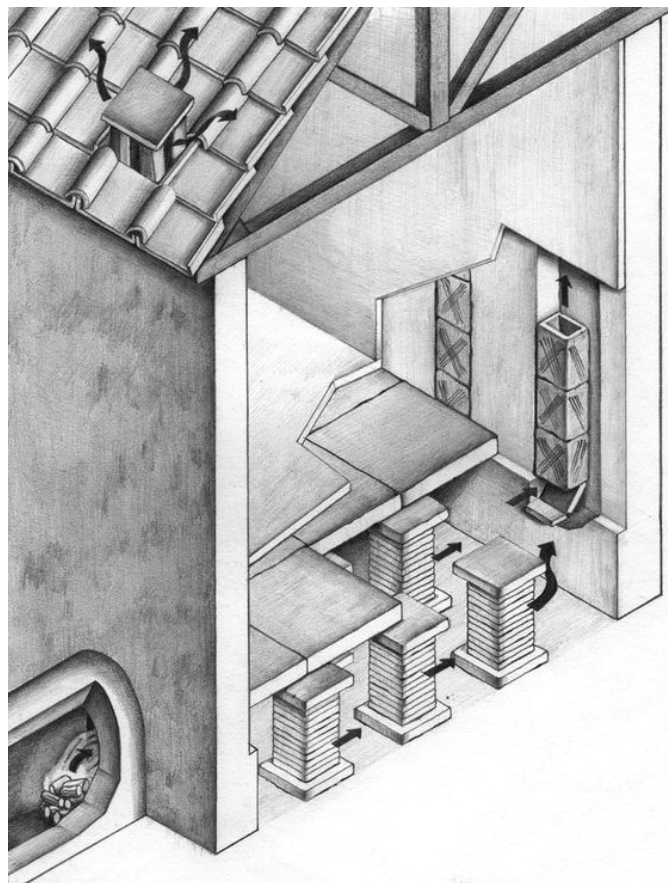
*

Sustainable development has slowly become a trite concept in public discourse. Everyone talks about it, but what it means is precisely what few people know. The main topic of my work is the systemic analysis of the energy supply of cities, considering the domestic and international trends in district heating supply. The issue of air quality in cities is an important topic today. However, we must also be aware that consumers require the right amount and quality of (heat) energy to be satisfied. Therefore, resource compliance is perhaps a more pronounced issue in today's energy strategy than it has ever been. Supplying consumers with district heating must be an essential basis for energy supply to cities; otherwise, we could not meet our environmental and sustainability objectives. In my paper, I analyze the production side possibilities of district heating services, highlighting the fuel bases at which an actual green district heating program can be implemented.

A kezdetek

A távhő története valamikor az ókori Római Birodalom idején kezdődött, amikor a fürdőket, házakat és üvegházakat látták el meleg vízzel (1. és 2. kép). A mai értelemben vett „távolsági” távhő-rendszereket a középkorban kezdték el tovább fejleszteni. Természetesen a mai rendszerek technológiailag teljesen mások, mint az akkori rendszerek voltak, azonban a hő - általában vízzel, zárt rendszerben történő - átvitelének, továbbításának elve a hőforrásból a hőleadókba ugyanaz volt, mint napjainkban. A távhőellátás fejlesztésének fő indikátora a múlt században az volt, hogy csökkentsük a központi termelőerőművek, hulladék-energiát hasznosító erőművek hőenergiájának veszteségeit, és egyúttal javítsuk az energetikai hatékonyságot.

A távhőszolgáltatás általános koncepciója ma egy vagy több központi hőforrásból meleg vizet, illetve adott esetekben gőzt szállít-



1. kép. Központi fűtési az ókori Rómában. Latin elnevezése hypocaustum volt.



2. kép. Aquincumban feltárt római kori központi fűtés leletek.

¹ A cikk a KLENEN '22 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

tó csőhálózaton keresztül a hőfogyasztókhoz való hőellátást jelenti. A távhő-hálózatok műszakilag, környezetvédelmileg és gazdaságilag is nagy potenciált jelentenek az energiaszektor, azon belül pedig a hőszektor átalakulására. Lehetővé teszik a megújuló energiák integrálását az energiarendszerekbe, javítják az általános energiahatékonyságot, valamint megkönnyítik az ágazatok összekapcsolását (fűtés, villamos energia és digitalizáció összekapcsolása). Kiemelt cél a távhőrendszerek utólagos modernizálása, hogy azok hatékonyak legyenek, nulla (vagy nullához közeli) károsanyag-kibocsátásúak legyenek, és ezáltal hozzájáruljanak a dekarbonizációs célok teljesítéséhez. Sem globálisan, sem Európában sok távfűtőrendszer-üzemeltető még nem használta ki az alacsonyabb CO₂-kibocsátás valós lehetőségeit. A megújuló hőenergia nagy részét biomassza szolgáltatja, kisebb mértékben a napenergia és a geotermikus energia.

Ennek a lehetőségnek a kiaknázása érdekében számos meglehetősen régi és rosszul karbantartott távfűtő-rendszert műszakilag korszerűsíteni kell. Ezen fejlesztések magában foglalják a hőfelhasználás fejlesztését (hőközpontok hatékony integrációja, az épületek jövőbeni energetikai állapotának javítása stb.), a hőelosztást (optimalizált csővezetékek, a veszteségek csökkentése, hőmérsékleti szintek stb.) és a hőtermelést (optimalizált arányok: hőforrások, tárolás stb.) javítását is.

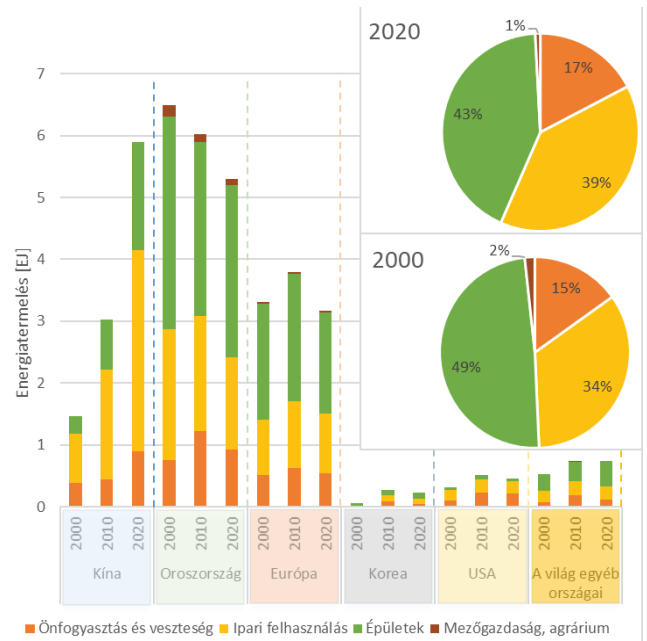
A távhő-rendszerek hatékonyságának javítására irányuló átfogó korszerűsítési folyamat összetett, ezért rendszerszintű gondolkodást és komplex előkészítőmunkát igényel. Ez közvetlen együttműködést jelent az épülettulajdonosokkal és a végfelhasználókkal. Azonban a távhőszolgáltatás javítása és beruházása egy város vagy kerület életére is hatással van, amit nem szabad alábecsülni, éppen ezért nagyon körültekintően kell megtervezni.

A távhőpiac napjainkban

A globális távhőtermelés 16 EJ hő volt 2020-ban, ami 30%-kal ugrott a 2000-es szinthez képest. Az átlagos növekedés ~1,3%/év nagyságú összetett növekedési ütem mellett, vagy ha az éghajlati viszonyokra normalizáljuk, akkor 2,4%-os növekedési ütemről beszélhetünk. A 2019-es és a 2020-as években átlagosan 2,3%-os növekedést elsősorban Kína és részben pedig Korea generálta, amely országokban mindegy 7%-os növekedés volt mérhető (1. ábra).

Kína, Oroszország és Európa országai adják a távhőtermelés több mint 90%-át, ezért jelentősen befolyásolják a távfűtés átlagos szén-dioxid-intenzitását. Kínában volt a legnagyobb növekedés 2000 óta. 2020-ra több mint négyszeresére nőtt, és mára a világ legnagyobb termelőjévé vált, így a világ távhőtermelésének több mint 35%-át adja. A szektor az Egyesült Államokban és Koreában is növekszik. Az utóbbi országban a távhőtermelés gyors bővülését figyelhetjük meg, 2000 óta csaknem megkétszereződött.

A termelt hő teljes mértékben – a veszteségek miatt – nem hasznosul, egy része elvész az elosztási folyamat során. Számos ma működő hálózat 80 °C-ot meghaladó előremenő hőmérsékletű, a veszteség pedig 10%-tól 30%-ig terjedhet, sőt a legrosszabb hatásfokú rendszerekben meg is haladhatja. A meglévő hálózatok felújítása, az alacsonyabb üzemi hőmérsékleti rendszerek irányába történő fejlesztése, a jobb csőszigetelés és a digitalizációs megoldások integrálása jelentősen csökkenti a hőveszteséget. Vagyis nemcsak a stratégiai célkitűzések, hanem a technológiai megoldások is adottak számunkra, hogy a célértékként megfogalmazott 10% alatti veszteséget elérjük.



1. ábra. A távhőszolgáltatás aránya az egyes országokban és régiókban, illetve a világon¹. Az ábra jobb felső sarkában, a két kördiagrammon a világ távhőszolgáltatási aránya látszik a 2020-as és a 2000-es években.

A távfűtőművekben globálisan megtermelt hő közel 40%-a az ipari szektorba kerül, ami szintén befolyásolja a hálózat azon tulajdonságát, hogy az elosztási hőmérsékletet – és ezáltal a veszteségeket – csökkenteni lehessen, mivel az ipari felhasználók gyakran magas hőmérsékletű hőt igényelnek. Kína vezet, ahol 2020-ban a világ távhőjének több mint 50%-át az iparban fogyasztották el, szemben a 2010-es 34%-kal. Ezzel szemben ez az arány Oroszországban 24%-ra esett vissza a 2010-es több mint 40%-ról.

Világviszonylatban a távhő az épületekben felhasznált hő adja a legnagyobb hányadot, - az ágazat hőfogyasztásának 43%-át – ez az arány 2000 óta kismértékben csökkent, ami érdekes adat tekintettel, hogy a világon beépített épületek alapterülete ugyanakkor 65%-kal nőtt. Az egyes országokban eltérő a távhő részaránya. Dániában, Svédországban valamint Oroszországban ~45% és a feletti a távfűtéssel kiszolgált hőszolgáltatási rendszerek aránya, de Kínában ugyanekkor ez az arány csak mintegy 15%.

Valódi zöld távhőprogram

Ahhoz, hogy a szándékainkat elérjük, pontosan megfogalmazott és időben jól meghatározott célokat kell kitűzni magunk elé. Megfordítva az előbbi gondolatmenetet, ha nem tűzünk ki magunk elé pontos célokat, akkor nem is fogjuk elérni azokat. Az energetikában sincs ez másképp. Az energiaipart érintő célkitűzéseket a különböző stratégiák hivatottak megfogalmazni.

Mielőtt azonban a konkrét szabályozási jogszabályokra és célértékekre rátérnénk, érdemes pár gondolatban kifejteni, mely műszaki, technológiai célokat kell elérni ahhoz, hogy elérjük a fenntartható fejlődést a távhőszolgáltatásban.

Energetikai trendek

A globális felmelegedés, a környezetvédelmi célok prioritásai mindennapi sajtótermékek. Vélemények, javaslatok, ötletek tárháza

² Az ábra a szerző saját munkája. Az adatok forrása: District Heating – Analysis – IEA [8].

kerül megvilágításra és bemutatásra a különböző sajtóorgánumban. Azonban sokszor felmerül a kérdés – a szakemberekben különösen -, hogy hol van a realitás határa és mi az, ami nem tudományos és műszaki alapokon nyugvó felvetés.

Ha arra a kérdésre szeretnénk válaszolni, hogy merre tart az energetika és ezen belül a távhőszolgáltatás trendje, akkor az alábbi hat tézist érdemes felállítani (2. ábra).

A klímastabilitás biztosítása elengedhetetlen feladat, melyeket az iparági terminológia dekarbonizációnak nevez (1. tézis). Napjainkban nemcsak a beruházók, hanem az energia felhasználói – az „ügyfelek” – környezettudatossága is egyre mélyebb. Folyamatosan nő az ügyfelek szakmai tudásának és az egyes műszaki megoldások megértésének a vágya. Vagyis egyre mélyebb tudást kívánnak szerezni az ügyfelek. Ezt demokratizációnak nevezzük (2. tézis), amit egyfajta ügyféltudatosságnak is definiálhatunk. Szeretnénk tudni, hogy az egyes hőszolgáltatási megoldásoknak mekkora a széndioxid kibocsátása, mekkora az ökológiai lábnyoma.

A korábban megszokott energetikai rendszerfelépítés, miszerint az energiaátalakítás csak nagyerművekre épül, napjainkban nem állja meg a helyét. Ma már egyre több kiserőmű van és lesz is a rendszerben. Elég, ha csak belegondolunk a háztartási méretű kiserőművek térhódítására hazánkban. A napenergiát nemcsak a napelemekkel való átalakítással nyert villamos energia formájában tradicionális módon fogyasztják el a felhasználók, hanem egyre többen használják a villamos energiát hűtési és fűtési célokra is. Az itt megfogalmazott trendek két tézist is felállítanak. Egyrészt az elektrifikáció, a villamos energia erősödő dominanciáját jelenti (3. tézis). Másrészt a decentralizáció az elosztott termelés bővülését vetíti előre, legyen szó villamos- vagy hőenergia előállításáról (4. tézis).

Kiemelkedőnek mondható a digitalizáció szerepe az energetikában és ezen belül az épületenergetikában (5. tézis). Az informatikai megoldások széles körű terjedése, az egyre pontosabb adatalemzések és előrejelzések hozzá segítenek minket az energiahatékonysági célkitűzéseink megvalósításához.

Megfigyelhetünk az energiarendszerek „összefonódását” is, melyet az energiarendszerek konvergenciájának nevezünk (6. tézis). Az energetikai rendszerek közti határok elmosódnak. Ma már nemcsak kimondottan termelőkről és fogyasztókról beszélhetünk. Ezt a háztartási méretű kiserőművek alkalmazásában érthetjük meg igazán. Akiknek van PV modulja a háztetőn, azok a megfelelő időjá-

rás körülmények között termelnek, de szintén az időjárási körülmények megváltozása okán fogyasztóvá válnak. A rendszer egyfajta aktív felhasználójává válnak.

Rugalmas és költséghatékony energiarendszerek kell létrejöjjenek ahhoz, hogy a hőn áhított célunkat a fenntartható fejlődés eléréséig eljuttassuk. Szűkebb szakmai értelemben a távhő ellátás szakterületére stratégiai célként kitűzve valódi zöld távhőprogram megvalósítását kell véghez vinni.

Hatékony távfűtés és távhűtés

Magyarországon az Európai Unió szabályozások átvétele kötelező, vagyis az EU-s célokat át kell venni a hazai szabályozásokba és célkitűzésekbe egyaránt. Azonban ahhoz, hogy megvalósítható legyen a rendszerszintű hatékonyságot a távhőszolgáltatásban az EU-s szabályozásokra nem szabad „ellenségként” tekintenünk, hanem a mi munkánk segítségét kell látni bennük.

Mi magunk is érezhetjük azt, hogy a nyaraink egyre melegebbek, és ezzel párhuzamosan a komfortigényeink is emelkednek. A nyári túlmelegedés kockázatának elkerülése mindinkább fontos kihívást állít eléink. Ezért önmagában nem szabad már csak a hatékony távfűtés kialakítására törekednünk, hanem a hatékony távhűtés megvalósítását is a zászlóinkra kell tűzzük. A 2021/27/EU irányelv 2. cikkének 41. pontja definiálja számunkra a hatékony távfűtést és távhűtést. A nevezett irányelv értelmében az olyan távfűtési vagy távhűtési rendszert, amely legalább 50%-ban megújuló energia, 50%-ban hulladékhő, 75%-ban kapcsolt energiatermelésből származó hő vagy 50%-ban ilyen energiák és hő kombinációjának felhasználásával működik, azt hatékony távfűtésnek és/vagy távhűtésnek nevezzük.

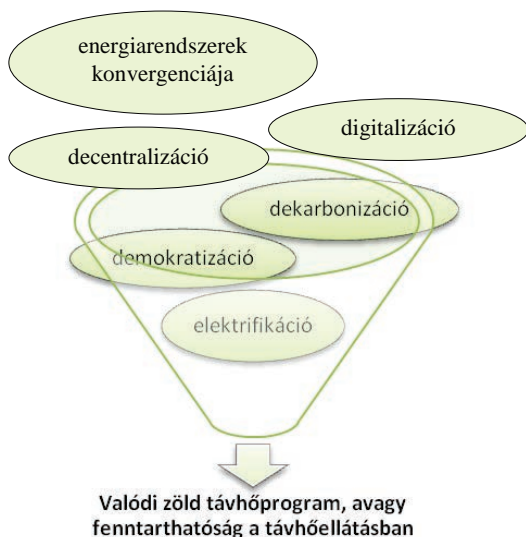
Hazánkban is számos stratégia dokumentum jelöli ki a pontos célszámokat a hatékonyság eléréséhez. Ezen dokumentumok közül két stratégiai dokumentum emelkedik ki.

- 1) Magyarország integrált Nemzeti Energia- és Klímaterve (NEKT), mely 60% feletti megújuló arányt céloz meg a távhőszektorban annak érdekében, hogy a klímaterv főbb célszámait teljesüljenek.
- 2) A Nemzeti Energiastratégia (Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig, NES) pedig így fogalmaz: „A Zöld Távhő program végrehajtásának eredményeként a távhőszolgáltatást energiahatékonyabb (alacsony hőfokú), a többi vezetékes energiahálózattal együttműködő, a villamos rendszerszabályozásban meghatározó szerepet betöltő, ügyfélközpontú, okos költségmegosztással elszámolt, hatékony távhőszolgáltatással kívánjuk átalakítani.”

A fentiekben közölt stratégiai célok eléréséhez, a megújulóenergia-kapacitások jelentős növelésére lesz szükség. Azonban a rendszer szemléletű gondolkodás megköveteli azt, hogy ne csak új rendszer létesítésében gondolkodjunk. Sőt! Arra is keresnünk kell a választ, hogy a „nem hatékony” távhőrendszereket hogyan tudjuk „hatékonyra” tenni. Elemezni kell azt is, hogy milyen lehetőségek adódnak számunkra a „realitás” szemüvegén keresztül vizsgálva, hogy valódi zöld távhőprogram valósuljon meg.

A szigorú realitások talaján mozogva jelen írásomban négy energiahordozó valós kapacitását és magyarországi alkalmazási lehetőségét veszem górcső alá, melyek az alábbiak:

- 1) Hulladék, mint energiahordozó,
- 2) biomassza,
- 3) geotermália,
- 4) nukleáris hőkiadás.



2. ábra. A valódi zöld távhőprogram pillérei

Hulladék, mint energiahordozó

A túlnépesedés, az urbanizációs hatás, a folyamatosan termelődő (és folyamatosan megújuló) hulladékok kezelésének kihívásai a mérnököket megoldandó feladatok elé állítják. Mindennapi tevékenységünk során hulladékot termelünk, mely a mindennapjaink részévé vált. A hulladékok újra termelődése miatt – elsősorban a települések hulladékairól – azok elhelyezéséről, ártalmatlanításáról vagy hasznosításáról gondoskodnunk kell. A hulladékok energetikai célú feldolgozásában rengeteg kiaknázatlan lehetőség van. Energetikusként úgy is fogalmazhatnánk, hogy az én szemszögömből a hulladék nem más, mint rossz helyen tárolt alapanyag. Fizikai szemszögből a termék előállítása alapanyagaiból az entrópia csökkenésével, míg a hulladékkezelés az entrópia növekedésével jár. Mivel előbb-utóbb minden hasznos termékből hulladék lesz, a gazdasági tevékenység során az alacsony energiájú alapanyagból, magas entrópiájú hulladékot állítunk elő.

A települési hulladékok energetikai hasznosításának (is) több módja lehetséges (1. táblázat). A szemét elégetése a gőztermelésre, s ennek bázisán a hőhasznosításra, a hőellátásra, a villamosenergia-termelésre vagy a kapcsolt energiatermelésre ad lehetőséget. Energetikai hasznosítási lehetőség a biogáztermelés és ehhez kapcsolódva gázmotorok, gázturbinák és gáz/gőzerőművek alkalmazása is.

1. táblázat. Hulladékok energetikai hasznosításainak eljárásai [1]

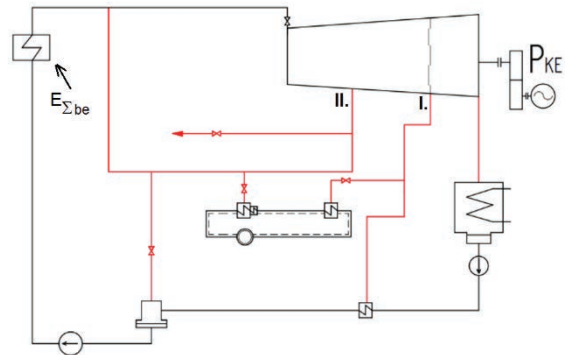
	oxigén jelenlétében	oxigén mentesen
fiziko-kémiai átalakítás	termikus oxidáció: égetés	hőbontás: száraz lepárlás, elgázosítás, pirólízis
mikrobiológiai átalakítás	aerob erjedés: komposztálás	metános erjedés: metanolízis, biogáz előállítás alkoholos erjedés: etanol-előállítás

Tehát a hulladékégetés előnye, energia piaci szempontból kettős. Egyrészt a nagyvárosokban, sűrűn lakott ipari területen áll rendelkezésünkre a megfelelő mennyiségben a hulladék, másrészt a tüzelés során felszabadított villamos- és/vagy hőenergiára is ezekben a régióban jelentkezik az igény.

A hulladék tüzelőanyagban kémiailag kötött energia hőtartalmának hulladékhasznosító műben történő elégetése során gőzt és villamos energiát nyerhetünk. A kapcsolt termelés elvételes-kondenzációs-, illetve ellennyomású technológiával is megvalósítható. Mivel a hulladékhasznosító művel szemben alapvető igény a viszonylag folyamatos hulladékáram feldolgozása, ellennyomású technológia alkalmazása csak szintén folyamatos és állandó hőigény (pl. technológiai gőzigény) esetén javasolható, de bizonyos szükséghűtő kapacitás létesítése nagy valószínűséggel ilyenkor sem kerülhető meg.

Általánosságban elmondható, hogy a turbináról két elvételen, illetve megcsapoláson vesz ki a gőzt, mellyel egy-egy hőcserélőt fűtenek. Az első megcsapolás a csúcsigényeket fedezi (alábbi ábrán II.-es jelű), míg a második megcsapolás (elvétel) az „alap – általános” terhelést szolgálja ki (alábbi ábrán I.-es jelű) (3. ábra).

A hulladékégető művek a leggyakoribb esetekben a füstgázok hőenergiáját, gőztermelés közbeiktatásával, (elvételes-)kondenzációs, vagy ellennyomású gőzturbinával villamos energia és távhő előállítására hasznosítják. Az energiaátalakítás során a kazánban az alábbi gyakorlati „ökölszámokkal” számolhatunk, melyek pontos értékei természetesen erőművenként változnak:



3. ábra. Hulladékégetőmű általános kapcsolási sémája [1]

- az elégett tüzelőanyag hőtartalmának kb. 70 – 80%-át lehet gőztermelésre hasznosítani,
- a füstgázokkal távozó hőveszteség nagysága 16 – 30%,
- a salak kiégetlen alkotóival távozó hőveszteség mértéke 1,5 – 3%,
- a salak kihordott hőveszteség ugyancsak 1,5 – 3%,
- a kazán sugárzási veszteségeinek nagysága 1 – 2%.

A hulladékégetés bázisán átalakított energia hasznosításának ráadásul energiahatékonysági előírása is van. Az Európai Parlament és a Tanács 2008/98/EK (Hulladék Keret Irányelv) irányelve a hulladékégető művekkel szemben – a szakmában csak „R1” képletnek hívott – energiahatékonysági előírást támaszt.

$$\text{Energiahatékonyság} = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97 \cdot (E_w + E_f)} \quad (1)$$

ahol,

- E_p – éves hőenergia- és/vagy elektromosenergia-termelés. Kiszámítása: az energia megtermelt elektromos áram formájában szorozva 2,6-dal és a kereskedelmi használatra előállított hőenergia szorozva 1,1-del (GJ/év),
- E_f – a rendszer éves energia inputja a gőz termeléséhez hozzájáruló tüzelőanyagokból (GJ/év),
- E_w – a kezelt hulladék energiataralma éves szinten a hulladék nettó fűtőértékével számítva (GJ/év),
- E_i – éves bevitt energia az E_w és az E_f kivételével (GJ/év),
- 0,97 – a fenékhamu (salak) és a sugárzás miatt bekövetkező energiaveszteség-faktor. [3]

Az R1 képlet értelmében csak azok az égetőművek számítanak hulladékhasznosítóknak, ahol az energetikai hatékonyság meghaladja az új égetőműveknél a 65%-ot, a meglévőknél a 60%-ot (2008. december 31. az új és a régi között a választó vonal). Az ennél alacsonyabb energiahatékonyságú égetők „csak” ártalmatlanítók.

Azoknál az égetőműveknél, ahol nem lehet jelentős energiaigényű hőfelhasználáshoz kapcsolni – lakossági távhő, illetve ipari hőfelhasználó –, így a távhőszolgáltatás aránya kicsi és nyáron gyakorlatilag csak kondenzációban lehet villamos energiát termelni, az energetikai összhatásfok nem lehet magasabb, mint 30%. Vagyis a lehetőségekhez képest szükség van kapcsolt energiatermelés megvalósításához a hulladékégető erőműveknél.

A hazai hulladékégetési lehetőségek potenciáljának felmérésére az alábbi gondolatokat kell kövessük. A tudatos hulladékkezelési magatartások fejlesztésére és az ebben rejlő lehetőségek – például anyagában hasznosítható hulladékok külön gyűjtése, hétköznapi nevén szelektív hulladékgyűjtés – minél nagyobb mértékű kiaknázását alapvető célként kell megfogalmazni. Azonban a realitás talaján is mozognunk kell. A „zero waste” gondolat egyelőre nem megvalósítható, mert sem a hulladékgazdálkodási rendszer (hulladék

begyűjtése) és sem az egyes termékek gyártástechnológiája nem alkalmas arra, hogy 100%-ban körforgásos anyaggazdálkodást alakítsunk ki. Az is kijelöli számunkra az energetikai hulladékhasznosítás szerepét, hogy a 2035-re elvárt lerakási hányad (maximum 10%), az energetikai hasznosítás nélkül nem lehetséges a fejlett EU27 országokban sem! A szakpolitikai célkitűzés kapcsán az általam már szállóigeiként használt mondatot szinte unalomig kell ismételnünk: „A hulladék égetés a lerakás alternatívája, és nem csökkenti az anyagában hasznosítási lehetőségeket.” Vagyis megállapíthatjuk, hogy a körforgásos anyaggazdálkodás, kialakításban is helye van az energetikai hasznosítási (termikus kezelési) eljárásoknak. Természetesen az előbbi gondolatokat nem úgy kell értelmezni, hogy a hulladékégetőművek minden hulladékkezelési problémára megoldást adnak. Szembe kell nézzünk a hulladék erőművi égetésének hátrányaival is. Az égetőművek beruházási költsége igen magas, a társadalmi elfogadottsága negatív jelleget mutat, a környezetvédelmi engedélyezési eljárások bonyolult rendszere megnehezíti a égetőművi beruházásokat.

Ha a fent felsorolt szempontokat mind figyelembe vesszük, akkor azt mondhatjuk, hogy a távhőellátásban való alkalmazásában Magyarországon a HUA II. – Budapest, vagy valahol az agglomerációjában –, Debrecen, Székesfehérvár városában létesülhet reálisan egy második vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladék égető. Másodtüzelőanyag hasznosításában (RDF/SRF) már sokkal több eshetőséget kell vizsgálni. Előreláthatóan a kommunális hulladékból nemesített tüzelőanyag kapacitás éves szinten 400 és 500 ezer tonna közé várható, még 15-20 éves távlatban is. Ezt a hazai tüzelőanyag kapacitást kell ésszerűen felhasználni, oly módon, hogy rendszerszintű, komplex elemzéssel (ökológiai lábnyom, tüzelőanyag előállítási és szállítási költségek elemzése stb.) megvizsgálni az adott égetőművi fejlesztést.

Biomassza

A biomassza energetikai megközelítése sok helyütt nem teljesen pontos. Energetikai szempontból sem szabad kifejezetten műszaki megközelítést alkalmazni. Jelen írásomban is már nevezett rendszerszemléletű megközelítéssel kell a biomassza fogalmát és magyarországi távhőszolgáltatási potenciálját felmérni.

A napsugárzás fotoszintézis útján jelentős mennyiségű biomasszát hoz létre a bioszférában megújuló jelleggel. A bioszféra bizonyos fokig zárt rendszer, az anyag- és energiakicserélődés egy úgynevezett nagy körforgalmon belül történik. A növényzet a kozmikus környezet, a Nap sugárzó energiáját megköti, és lehetővé teszi, hogy ez az energia más jellegű energiákká (például hő) átalakuljon. Egyes tudósok – például Vernadskij³ – a bioszférát heterogén ökológiai rendszernek tekintik, amelyet a teljes élővilág és annak termőhelye alkot. Ennek alapján a bioszférát két részre oszthatjuk. A geomeridának az élő anyag alkotta részt nevezzük, az élettelen részt pedig bioinert masszának nevezzük. Ezen a gondolatmeneten tovább haladva egy adott ökoszisztémában egy adott időpontban meghatározott mennyiségű élő szervezet van jelen, amelynek mennyiségét biomasszájának nevezzük. A biomassza mennyisége megadható az egyedek számában, súlyában és az energiatartalmában. A biomassza előállítási sebessége a produkció.

A szekunder produkció alatt azt értjük, hogy a fogyasztók és a lebontók által létrehozott biomasszát, illetve azt a szervesanyagmennyiséget, amelyet a heterotróf szervezetek a szerves anyag se-

gítségével létrehozhatnak. A hatékony távfűtés és távhűtés megvalósíthatósága számára fontos, hogy felmérjük azt a produkciót és azt a rendelkezésre álló potenciált, amelyet a különböző klímazónák vegetációegységei, ökoszisztémái (erdők, rétek, mezőgazdasági kultúrák, tavak, tengerek) létrehozhatnak.

A biomassza fogalma nem teljesen egységes. A biomasszán, illetve egyes csoportjain az alábbi táblázatban összefoglalt definíciókat értjük (2. táblázat).

Magyarországra területi felszínére érkező napsugárzás 437·10¹⁸ J/év energiája hozzávetőleg 1200 PJ energiájú biomasszát termel évente. Nagyvonalakban azt mondhatjuk, hogy az előbbi érték 3%-a hasznosítható műszakilag bioenergiaként, vagyis hozzávetőleg 36 PJ/év. Azt is érdemes elemeznünk, hogy a biomassza csoportjain belül mekkorák az energetikai célra fordítható arányok, melyek eredményeit az előbbi táblázatban láthatjuk (2. táblázat). Magyarország összes biomassza-készlete 350–360 millió tonnára becsülhető. Ebből 105–110 millió tonna elsődleges, azaz növényi biomassza évente újratermelődik, ennek túlnyomó részét ténylegesen felhasználják.

Tüzeléssel a biomassza szilárd melléktermékei hasznosíthatók. A tüzfát, mint az erdőgazdaság egyik fő termékét régóta egyedi fatüzelésű tüzhelyekben és kályhákban tüzeljük el. A technológia fejlődésével, a megfelelően előkezelt faipari melléktermék erőművi kazánban is elégethető, így centralizált energetikai hasznosítása is megvalósítható.

Az agráriumban „termelt” elsődleges biomasszából energetikai célokra elsősorban mezőgazdasági termelés szekunder termékét, a nagy tömegben rendelkezésre álló melléktermékeket lehet hasznosítani, melyek közül elsősorban a szalma, a kukoricaszár és –csutka, a napraforgószár elégetése jöhet számításba, de lehetőség van más szár-, héj- és egyéb szilárd maradványanyagok biotüzelőanyagként történő hasznosítására.

Magyarországon évi 4,0–4,5 millió tonna szalma keletkezik kalászos gabonafélékből, ebből az állattartás és az ipar 1,6–1,7 millió tonnát használ fel. A maradék 2,4–2,8 millió tonnányi mennyiség áll potenciálisan rendelkezésére a hazai energiaipar számára, melyből egy részét például Pécsen is használják.

A szántóföldi növénytermesztésben évi 8–10 millió tonna kukoricaszár keletkezik. Ebből 4–5 millió tonnát lehetne bevonni az energiatermelésbe. A szalma és a kukoricaszár mellett még nagy mennyiségű napraforgószár és repceszalma is keletkezik, ezek szintén felhasználhatók hőtermelésre.

Említést érdemelnek továbbá a szőlő- és gyümölcsstermesztés fás szárú növényi melléktermékei, a szőlővenyige és gyümölcsfanyesedék. A nagyüzemi szőlőültetvények évenkénti metszések keletkező venyigét kétféle módon kezelik. Vagy elégetik, vagy aprítják és a talajba keverik. A viszonylag magas fűtőértékű venyigéből készült apríték vagy bála jól tárolható. A gyümölcsfák évenkénti ritkító metszések 400–500 ezer tonna, míg a négy-ötévente esedékes fafelújítások során ennél is nagyobb mennyiségű nyesedék keletkezik, ennek fűtőértéke megközelíti a venyigéét.

A biotüzelőanyagok egyes tüzelési jellemzői eltérőek (3. táblázat). Jelentős különbség van betakarításkor a nedvességtartalomban.


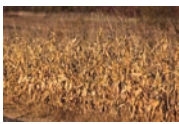


Bármennyire is érdekesnek – és talán „túl tudományosnak” – tűnik, az összes élőlény, így a geomeridának és a bioinert masszának is, azonos kémiai anyagokból épülnek fel. Egységnyi, egy kilogramm élő anyagban 100 gramm hidrogén (mely az 1 kg anyagot alkotó atomok 48%-át teszi ki, mivel a hidrogén igen könnyű anyag), 650 gramm oxigén (az atomok 25%-a), 180 gramm szén (az atomok

³ Vlagyimir Vernadskij (1863 – 1945) a modern geokémia és biogeokémia egyik alapítója.

2. táblázat. A biomasszák csoportosítása [4]

elsődleges biomassza	természetes vegetáció, szántóföldi növények, erdő, rét, legelő, kertészeti növények, vízben élő növények		
	megnevezés	energiatartalom [PJ/év]	a bioenergia potenciálja
	energiaültetvény	10,8	energiaültetvények
	növényzet főtermék	516	
	növényzet melléktermék	470,4	szalma, szár, torzsa
	erdészet főtermék	177,6	tüzifa
másodlagos biomassza	állatvilág, gazdasági haszonállatok, az állattenyésztés főtermékei, melléktermékei, hulladécai		
	megnevezés	energiatartalom [PJ/év]	a bioenergia potenciálja
	a bioenergia potenciálja		
	állattartás melléktermék		trágya
harmadlagos biomassza	biológiai eredetű anyagokat felhasználó iparok termékei, melléktermékei, hulladécai, emberi települések szerves eredetű hulladécai		
	megnevezés	energiatartalom [PJ/év]	a bioenergia potenciálja
	élelmiszeripar hulladécai		
	könnyűipar hulladécai		ipari szerves hulladék
	faipar melléktermékei	20...22	fahulladék
	települések hulladécai		szerves iszap

3. táblázat. A biotüzelőanyagok jellemzői

	Szalma 	Kukoricaszár 	Szőlővenyige 	Fahulladék 
Betakarításkori nedvességtartalom	10...20%	40...65%	20...45%	20...45%

24%-a), 30 gramm nitrogén (az atomok 2%-a) található. E négy elem adja tehát az élő anyag alapvető alkotórészeit. Rajtuk kívül csupán 40 gramm egyéb más elemet találunk, min például foszfort, kén, kalciumot, káliumot, magnéziumot, nátriumot és vasat.

Vagyis annak ellenére, hogy a világegyetemben 92 kémiai elem létezik, a biokémia négy alapelemen nyugszik, de ezek közül is kiemelkedik a szén. A carbonium kis mérete képessé teszi arra, hogy számos más atommal összekapcsolódjon, hosszú láncokat alkosson, így nagyméretű, stabil és összetett, az életre jellemző molekulákat hozzon létre.

Ezek alapján megérthető az, hogy a biomasszák éghető összetevői közel azonosak. A karbon 45...47% és a hidrogén 5...6%, a kén tartalom elhanyagolható. Az oxigéntartalom 40...50%, az illótartalom az éghetőnek 75...80%-a, a hamutartalom kisebb mint 10%. Fűtőértékük a nedvességtartalomtól függ, légszáraz anyagra vonatkoztatva körülbelül 10...20 MJ/kg között változik.

A mezőgazdasági termelésből származó szilárd biotüzelőanyagok, a nagy területen szétszórta és kis sűrűségű formákban jelennek meg. Összegyűjtésük és tárolásuk módját meghatározza a további hasznosításuk. A betakarításnak és tárolásnak széles körben elterjedt módja a bálázás, amely a szalmáknál szinte kizárólagos, de kukoricaszár, szőlővenyige és fanyesedék esetén is alkalmazott módszer. Amennyiben a további felhasználás azt kívánja meg, akkor akár szecskázással, esetleg aprítással is (szőlővenyige, fanyesedék) betakarítható és tárolható a biomassza.

A tüzelőanyagok kis sűrűsége és szálak szerkezete további feldolgozást igényel: őrlést, szecskázást és tömörítést tesz szükségessé. A bálázott, szecskázott és aprított biotüzelőanyagok sűrűsége nagyon kicsi, ami forgalmazásukat a lakossági fogyasztók számára lehetetlenné teszi, viszont az erőművi méretű alkalmazásuknak kedvez.

A cikk folytatását a következő számban közöljük.

A folytatás főbb fejezetei: *Geotermikus energia, Nukleáris hőkiadás, Konklúziók, avagy egy dolog állandó: a változás*

Felhasznált források

- [1] Olessák – Szabó (1984): Energia hulladékból, Műszaki Könyvkiadó, Budapest ISBN 963 10 5526 4
- [2] Molnár Szabolcs (2018). Pécsi régióba telepíthető hulladékégető erőmű légszennyezési viszonyai – szakdolgozat, PTE – MIK – Környezetmérnöki tanszék
- [3] Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2018/851 Irányelve a hulladékokról szóló 2008/98/EK irányelv módosításáról (2018. május 30.)
- [4] Láng István (1985): A biomassza komplex hasznosításának lehetőségei, Mezőgazdasági kiadó, Budapest ISBN 963 232 2150
- [5] 'Sigmund György: Szecskárd távfűtése Paksról, MKET XX. konferencia
- [6] Upgrading the performance of district heating networks (ISBN 978-3-936338-49-2)
- [7] Tóth A.: Magyarország geotermikus felmérése 2016. Budapest: Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal
- [8] <https://www.iea.org/reports/district-heating>, (letöltés dátuma: 2022. január 7)
- [9] Búki Gergely: Energetika, egyetemi tankönyv, ISBN 963 420 533 X
- [10] T. H. Margulova: Atomerőművek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, ISBN 963 101 874 4

Kamstrup fogyasztásmérők és távleolvasó rendszer - a jelen és a jövő kihívásai¹

Fekete Balázs

műszaki igazgató, fb@multical.hu, www.multical.hu

Gnám Bence

informatikai igazgató, bence.gnam@smartnetworksolutions.hu

A Kamstrup fogyasztásmérőkre alapuló komplett REAdy távleolvasó és Liveview energia menedzsment rendszer átlátható és gazdaságos működést biztosít a jövőbe tekintő vállalkozások számára.

*

The complex REAdy remote read out network and Liveview energy management system based on Kamstrup consumption meters ensures transparent and economical operation for future-oriented companies.

Amit nem mérünk meg, azt nem lehet optimalizálni, viszont a mérési adatokban rejlő valódi potenciál kiaknázásához szükségünk van a megfelelő eszközre. A pontosság és megbízhatóság mellett a gazdaságos és fenntartható működés, valamint a nagy mennyiségű mérési adat, és a felmerülő problémákra való gyors reagálás is elengedhetetlen manapság. Ehhez nyújtunk komplett megoldást: a dán Kamstrup A/S által kínált intelligens fogyasztásmérőket és távleolvasó rendszert, valamint az erre épülő, sokrétű analízis funkciókat és riportálási lehetőségeket magába foglaló Liveview energia menedzsment platformot.



1. ábra. A Kamstrup értéklánc

Fogyasztásmérők

A bevezetőben említett feladat ellátásához tartozó szolgáltatást az 1. ábra szerinti Kamstrup értéklánc mutatja be a legszemléletesebben. Mindennek az alapja a fogyasztásmérő: termékeink között megtalálhatók az ultrahangos mérési elven működő Multical® típusú vízmérők és hőfogyasztásmérők, melyek mozgó/kopó alkatrészt nem tartalmazva egész élettartamuk során megőrzik rendkívül alacsony indulási érzékenységüket és pontosságukat. Emellett a rendszer részét képezik az OMNIA®, OMNIPOWER® okos villamos fogyasztásmérők, melyek önmagukban is kielégítik az 1/2020 (I. 16) MEKH almérő rendeletet: MID A és B pontossággal, 15 percenként képesek tárolni minimum 180 napig a fogyasztási adatokat a beépített EEPROM memória alapú naplóba. Emellett további, akár 16-24 db egyéb regiszter tárolása is választható a lehetséges 80 db-ból, valamint egyéni tarifákkal és beépített megszakítóval is elérhető (2. ábra).



2. ábra. Kamstrup fogyasztásmérők

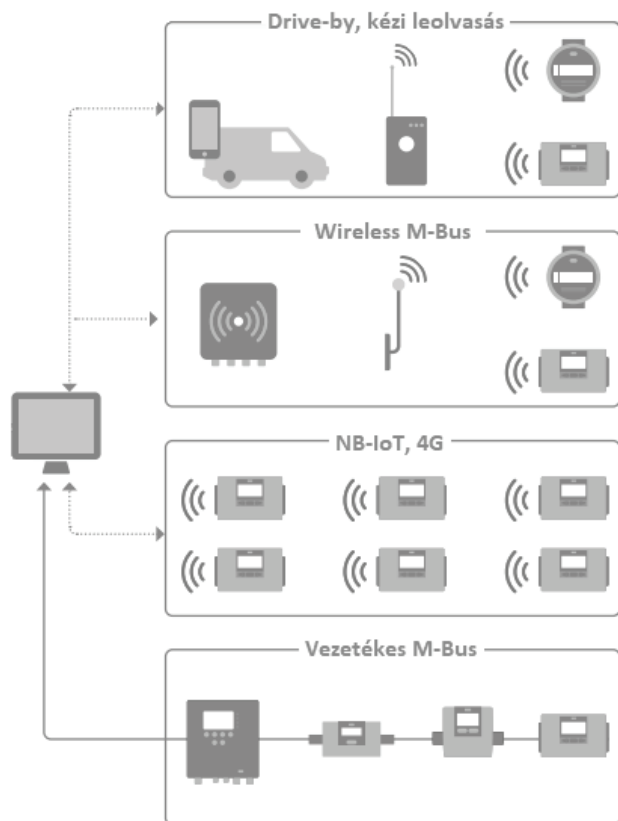
Távleolvasás - adatkommunikáció

A Kamstrup fogyasztásmérők nagyszerű alapot biztosítanak egy stabil rendszer felépítésére, melyek adatait az igényekhez legmegfelelőbb és legköltséghatékonyabb módon össze kell gyűjteni. Erre az általunk kínált REAdy Manager adatgyűjtő rendszerben többféle lehetőség és ezek kombinációi is elérhetők (3. ábra):

- helyi leolvasás fogyasztásmérő optikai kimenetén keresztül
- walk-by/drive-by félautomata kézi kiolvasás okostelefonra/tabletre telepített applikáción keresztül
- fix hálózati, EN 13757-2 szabvány szerinti vezeték M-Bus protokollon alapuló távleolvasó rendszer automatikus adatgyűjtéssel

¹ A cikk a KLENNEN '22 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

- fix hálózati, vezeték nélküli távleolvasó rendszer automatikus adatgyűjtéssel központi koncentrátoron keresztül (EN 13757-4 szabvány szerinti 868 MHz-es wireless M-Bus vagy 434 MHz RF (radio frequency) protokoll szerint)
- Point-to-point kommunikáció NB-IoT vagy 4G hálózaton keresztül



3. ábra. A fogyasztásmérők távleolvasási lehetőségei

Különös gondot fordítunk az ügyfeink igényeire szabott szolgáltatások létrehozásában. Legyen szó közüzemi szolgáltatóról, nagyméretű létesítményekről (intézmények, üzemek, bevásárlóközpontok, irodaházak, egyetemek, áruházláncok stb.) vagy lakossági felhasználókról, az adatszolgáltatást, felügyeletet a legmegfelelőbb formában biztosítjuk ügyfeink számára.

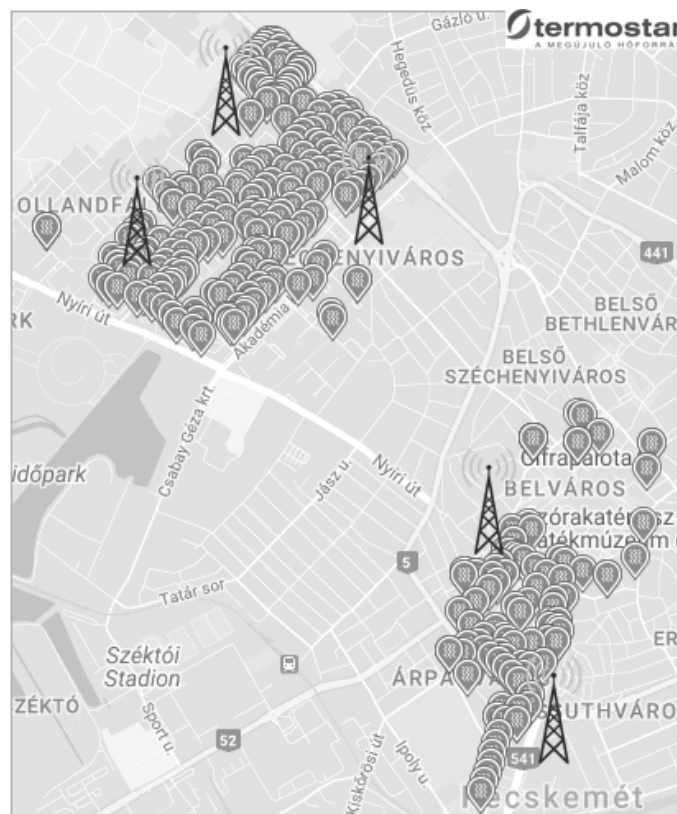
Adatbiztonság

A legmagasabb szintű adatbiztonság eléréséhez minden fogyasztásmérő kommunikációja egyedileg AES 128-bit titkosítással van ellátva, mely teljes mértékben kielégíti a 2018. május 25-én életbe lépett, új, egységes, Európai Uniói adatvédelmi szabályozást (GDPR). Ez azt jelenti, hogy az adott fogyasztási adatok csak a mérővel kapcsolatban lévő távleolvasó rendszer (esetünkben READY Manager, Liveview) képes fogadni. A mérők és a leolvasott adatok biztonságos helyen kerülnek tárolásra a Kamstrup által biztosított, hostolt megoldás révén. A Kamstrup ISO 27001 szabványos információbiztonsági irányítási rendszerrel rendelkezik.

READY Manager – távleolvasó rendszer a jelen és a jövő kihívásaira tervezve

Az általunk biztosított READY Manager rendszer hatékonyan képes kezelni víz, villamosenergia és hőfogyasztásmérőket, valamint egyéb eszközöket, szenzorokat. Gyors és egyszerű hozzáférést

biztosít a fogyasztási adatokhoz, szoftveres felület és támogatás segítségével azonnali lehetőséget nyújt a fogyasztásmérő hálózat monitorozására, analizálására és optimalizálására. A fogyasztásmérők egyidejű leolvasásával pontosabbá válik a számlázás, valamint az azonnali hibajelzés begyűjtésével hatékonyabbá válik a kármegelőzés és csökkentés. A folyamatos, automatikus leolvasással a felhasznált energiaigény kalkulálható, mely megtakarítást eredményez, valamint a rendelkezésre álló, nagy mennyiségű mérési adat segítségével pontosabb trendek készíthetők – így a takarékosági intézkedések hatékonyabbá válnak. Emellett a mérési pontok Google Maps alapú térképen is megjelenítésre kerülnek (4. ábra).



4. ábra. Vezeték nélküli M-Bus alapú READY távleolvasó rendszer

API Access

A READY API Access funkciója még rugalmasabbá teszi a rendszer által összegyűjtött adatok elérését és felhasználását. Segítségével az adatok egyszerűen hozzáférhetőek más alkalmazások számára, így teljes adatfeldolgozási és egyéb feladatok válnak automatizálhatóvá, összekapcsolva pl. vállalatirányítási, számlázó, épületfelügyeleti rendszerrel az adatgyűjtőt.

Liveview – komplex létesítmény üzemeltetési, energiamenedzsment megoldás

A Liveview rendszer egy komplex energiamenedzsment megoldás, mely a kommunikációs hálózat létrejötte után részletes, a rendszer működésével kapcsolatos adatokat tesz elérhetővé a felhasználó számára sokrétű analízis funkcióval és jelentési lehetőséggel.

A szoftveres szolgáltatáshoz egy kényelmes, intuitív, böngészőből elérhető kezelőfelület tartozik, mely a mérési adatok vizuális megjelenítésére szolgál, kiegészülve számos analízis funkcióval (5. ábra).



5. ábra. Diagramok, analízis funkciók

A felhasználónak lehetősége van különböző terhelési profilok lekérdezésére, napi, heti, havi adatok összehasonlítására, aktuális adatok összevetésére korábbi trendekkel. A platform használatával a veszteségek, megtakarítási lehetőségek azonosíthatók és szabályozással kapcsolatos intézkedések is nyomon követhetők, igazolhatók. Továbbá a teljes portfólió, különböző egységek, ingatlanok hasonlíthatók össze egymással energiafelhasználási alapon. A platform szintén alkalmazható közüzemi számlák ellenőrzésére, valamint segítséget nyújthat a pontos elszámoláshoz a bérlők felé. Itt fontos megemlíteni, hogy akár előre fizetés és annak nyomon követése is elérhető.

A szoftveres szolgáltatáshoz az adatok mobil applikáción keresztül elérése is biztosított iOS és Android készülékekre. A szoftver lehetőséget biztosít az adatok dashboard formájában kijelzőn való megjelenítésére is (6. ábra).

Az Analízis funkciók közül a következőket érdemes kiemelni:

- Görgetett 12 hónapos energia igény és teljesítménytényező;
- Time of Use – fogyasztás optimalizálás csúcsidejében;
- Napi energiaigény csúcsok időbélyeggel és napi energiafelhasználás;
- Tárgyhó energiaigényének összehasonlítása az előző hónapok energiaigény maximumával;
- Tipikus napi energiaprofilok összehasonlítása előző éves adatokkal;
- Energiafelhasználás és költség report három évre visszamenőleg havi bontásban összehasonlítva.



6. ábra. Dashboard megjelenítés

Adatok exportálhatók és importálhatók a rendszerbe, továbbá riportok is készíthetők (büdzsés, pénzügyi elemzés, m²-re lebontott elemzés, total, peak, off-peak, éjjeli fogyasztás stb.) A riportálási lehetőségek egyedileg alakíthatók a felhasználói igényekhez. A jellemzően használt általános Létesítmény összesítés során a bevételek és a kiadások együttesen jelennek meg. Havi szinten jelentés készíthető az energiaigény, teljesítménytényező és TOU ösz-

szesítésről, valamint az aktuális energiaigény csúcs és előző havi energiaigény csúcsok összevetéséről. Kisebb időintervallum szerint is készíthetők a jelentések: akár a napi fogyasztások és napi energiaigény csúcsok, tipikus napi energiafelhasználási trendek és üzemórák monitorozására is lehetőség van. Ha már rendelkezésre áll megfelelő mennyiségű historikus adat, trendek és összegzések készíthetők 3 évre visszamenőleg a teljesítmény monitorozáshoz, így elérve jövőbeli megtakarításokat.

Az általunk biztosított, Kamstrup fogyasztásmérőkre alapuló komplett READy távleolvasó és Liveview energia menedzsment rendszer átlátható és gazdaságos működést biztosít a jövőbe tekintő vállalkozások számára.

Hidrogén-meghajtású autóbusz – Zöld busz program

Először vesz részt hidrogén-meghajtású autóbusz a közösségi közlekedésben Magyarországon; a Zöld busz program több mint három hétig tartó mintaprojektje hasznos tapasztalatokkal szolgálhat a technológia hétköznapi felhasználhatóságáról.

Steiner Attila az Innovációs és Technológiai Minisztérium (ITM) körforgásos gazdaság fejlesztéséért, energia- és klímapolitikáért felelős államtitkára kiemelte: a közlekedés adja a hazai szén-dioxid-kibocsátás ötödét; ahhoz, hogy Magyarország 2050-re elérje a vállalt klímasemlegességet, jelentős változásokra van szükség ezen a területen is. Felidézte, hogy a kormány tavaly májusban elfogadta a hidrogénstratégiát, emellett az ipari szereplők részvételével hidrogéntechnológiai szövetség jött létre. A stratégia egyik fő területe a közlekedés, főként a nehézgépjárművek és a buszok esetében számitanak a hidrogéntechnológia alkalmazására.

A HUMDA Magyar Autó-Motorsport és Zöld Mobilitás-fejlesztési Ügynökség Zrt. szervezésében a Volánbusz üzemelteti majd a Kőbánya-Kispest és Vecsés között közlekedő Solaris Urbino 12 electric H2 típusú, üzemanyagcellás buszt.

Steiner Attila jelezte: a Zöld busz program jelentős támogatást nyújt az elektromos buszok elterjesztéséhez. Mint mondta, a demonstrációs fázis után szeretnének 1100 buszt elektromos hajtására cserélni a következő időszakban. Az akkumulátoros kapacitás és hatótávolság azonban még korlátozott, így alapvetően a helyi közlekedésben jöhet szóba ez a megoldás.

A hidrogénhajtás nagyobb távolságok esetében is versenyképesnek látszik, a mintaprojekt segíti az új technológia műszaki megvalósítását és gyakorlati alkalmazhatóságát fejlette ki.

Homolya Róbert, a MÁV-Volán-csoport elnök-vezérigazgatója kiemelte: 2030-ig 50 százalékkal, 2050-ig pedig csaknem 100 százalékkal kell csökkenteni a közlekedésen belül az üvegházhatású gázok kibocsátását. Felhívta a figyelmet arra, hogy a vasút a legzöldebb és legfenntarthatóbb közlekedési mód. Ugyanakkor ahhoz, hogy a MÁV-Volán csoport erőteljesen hozzá tudjon járulni a klímavállalásokhoz, még komoly lépésekre van szükség; a vasúti közlekedésben például folytatni kell a villamosítást, az egyik legnagyobb európai buszflottát üzemeltető Volán járműveinél pedig tovább kell csökkenteni a károsanyag-kibocsátást.

Pafféri Zoltán, a Volánbusz Zrt. elnök-vezérigazgatója elmondta: a Zöld busz program segítségével már tesztüzembe állítottak 40 elektromos meghajtású autóbuszt, és a közeljövőben további 60 beszerzését tervezik. Kitért arra, hogy várják az üzemanyagcellás jármű tesztelése során összegyűlt tapasztalatokat. A hidrogén-meghajtású autóbusz február 11-e és március 6-a között közlekedik majd Vecsés és a főváros között a közforgalmú személyszállításban, a tesztjelleggel üzemelő járművet bárki díjmentesen kipróbálhatja.

Weingartner Balázs, a HUMDA Zrt. elnök-vezérigazgatója jelezte, az üzemanyagcellás buszok hatótávban már felveszik a versenyt a hagyományos dízelüzemű buszokkal és a töltési idejük sem sokkal hosszabb, így a technológia folyamatos fejlődésével egyre inkább teret nyerhetnek. Mint mondta, dinamikus feljutásra 2030 után lehet számítani, de az már most látszik, hogy a hidrogéntechnológia területén az autóbuszok fejlődése megelőzte a többi jármű-kategóriát.

Forrás: ITM

A nyersanyag bőségből a nyersanyaghiányos világba

Wiegand Győző

ETE elnökhelyettes, titkarsag@ete-net.hu

A világgazdaságban, elsősorban az energetikában, nagy átrendeződés indult meg és válik meg határozóvá. Egyre kevésbé lehetséges a múlt extrapolálásával a jövőt prognosztizálni. A folyamatokat jellemző függvényekben egyre gyakrabban inflexiók pontok, sőt töréspontok jelennek meg. A kitűzött célok – például dekarbonizáció – megvalósítása nem szándékolt hatások sorát eredményezi. Kérdéssé válik a globalizált kapitalista világgazdaság egyes alap axiómáinak érvényessége. A rövid tanulmány ezeknek a jelenségeknek egy részét kísérel meg elemezni.

*

In the world economy, a great realignment has started and becomes a determining force, especially in the energy sector. It is less and less possible to predict the future by extrapolation of the past. In the functions that characterize the processes, inflection points and even breakpoints appear more and more often. Achieving the objectives pursued, such as decarbonization, will result in a series of unintended effects. The validity of certain basic axioms of a globalized capitalist world economy is called into question. The short study attempts to analyse some of these phenomena.

Motó: A dekarbonizációért folytatott küzdelem kivédhetetlenül növeli a környezetszennyezést.

A II. világháborút megelőzően a nyersanyagokhoz való hozzáférésnek kiemelkedő jelentősége volt. A feltörekvő hatalmak: Németország és Japán egyaránt nyersanyag hiányban szenvedtek. Németország az összeurópai és a szovjet nyersanyagokra igyekezett rátenni a kezét, Japán pedig a csendes-óceáni térség nyersanyag forrásait szerette volna megszerezni.¹ Nagy-Britannia nyersanyag igényeit a gyarmatok, valamint az USA elvileg biztosította, de a beszállítást a németek tengeralattjáró háborúval – sokáig sikeresen – akadályozták. A Szovjetunióban pedig a német támadás gátolta a szükséges nyersanyagok kitermelését, feldolgozását és szállítását.²

A II. világháború után a győztes hatalmak – elsősorban az USA – rátették a kezüket a világ nyersanyag forrásaira és lényegében biztosították a szabad nyersanyag kitermelés és kereskedelem feltételeit az általuk „felügyelt” egész világon. A Szovjetunió és a hozzá kapcsolt szatellit országok autarchiára törekedtek, de mivel a Szovjetunióknak valóban hatalmas nyersanyag készletei voltak, így nem a készlethiány, hanem a kitermelés megvalósítása okozott komoly problémákat.

Az újjáépítési időszakot követően – az 1960-as évek elejére – a Nyugati világ gazdasági fejlődését a technológia teljes megújulása, az innováció határozta meg. Az egyes országok sikerességét az

¹ A háború kirobbanásához is az egyik okot az képezte, hogy az USA a valóban minden nyersanyagot nélkülöző Japánt elzárta a külső nyersanyag forrásoktól.

² Sztálingrád elfoglalása és a Volgán történő szállítás megakadályozása, valamint a kaukázusi olajkészletek birtokba vétele a német stratégia legfőbb célja volt, de nem érték el.

döntötte el, hogy mennyire voltak képesek bekapcsolódni ebbe a „tudományos – technikai forradalomba”. A II. világháború két nagy vesztese, Németország és Japán – sokakat meglepő módon – kitűnően vizsgázott és a tudományos technikai forradalom élharcosaivá váltak. Mindkét országban „gazdasági csoda” zajlott le. Ennek egyik alapfeltétele volt a nyersanyagforrásokhoz való korlátlan hozzáférés lehetősége.

Az 1960-as években kialakult és a legutóbbi időkig – tehát közel 60 évig – tartott az a modernizációban élen járó országok számára ideális állapot, hogy a szükséges nyersanyagokhoz kedvező áron korlátlanul hozzájuthattak.³ A nyersanyagokat kitermelő országok – a közel-keleti „olaj nagyhatalmakat” kivéve⁴ – csak szerény mértékben profitálhattak nyersanyagkészleteik kiadásából az igazi haszon a fejlett országokban jelent meg.⁵

Végül ebbe a rendszerbe kénytelen kellett a Szovjetunió is betagozódni, mivel versenyképtelen gazdasága gátolta részvételét a világpiacra, így rákényszerült, hogy „nyomott áron” nyersanyag készleteit – elsősorban földgáz és olajforrásait – értékesítse. A Szovjetunió megszűnését követően Oroszország is kénytelen volt ezt az utat járni.^{6,7}

Mindez az állapot tartott a legutóbbi időkig. Az elmúlt néhány hónapban azonban *egy óriási átrendeződés veti előre az árnyékát a világpiacra*. A nyersanyagok robbanásszerűen felértékelődtek. A megelőző évtizedekben elképzelhetetlen nyersanyag, alkatrész, sőt kapacitáshiány jelent meg. Szinte egyszerre látszik átbillenni a világpiaci kínálatból keresleti állapotúba, illetve az egész világgazdaság „keresletkorlátozottból erőforráskorlátozottba”.⁸ Ha ez igaz, akkor

³ A Római Klub jelentései ugyan felvetették az akkoriban 35-40 évre elegendő feltárt olajkészletek elfogyásának lehetőségét. Miután azonban azóta is – több, mint 50 éve – szinte minden évben több olajkészletet tárnak fel, mint amennyit kitermelnek, így ezt elfelejtették.

⁴ A közel-keleti országok hatalmas olaj készleteire viszonylag kevés lakos jutott és ezért szupergazdagokká váltak.

⁵ Ebbe a fejlett vagy „magországok” (Wallerstein) számára idilli állapotba csak az 1973-as, majd az azt követő 1980-as olajválság zavart be. A válságoknak politikai okai voltak. Hatásuk végül nagyrészt átmenetinek bizonyult. Az olaj, szén és gázárak, ha nem is az 1973 előtti valóban irreálisan alacsony szintre, de így is senki által nem várt mélységbe 25-30 USD/barrel, visszaestek. (Figyelembe véve a kb. 40 éves USD inflációt ez nagyon alacsony érték volt.)

⁶ Az utolsó évtizedben lényegében 2010 és 2020 között egy előzőleg nem várt „technológiai forradalom” következett be az energiapiacra. Az USA-ban szinte robbanásszerű gyorsasággal elterjedt a palaolaj és palagáz termelés. Ez az új technológia a megelőzően a világpiaci legnagyobb olajvásárlójából az USA-t önellátóvá tette. Palagáztermelése pedig potenciális nagy LNG vásárlóból LNG exportőrré léptette elő. Az USA politikai céljainak az alacsony olajár és gázár felelt meg, mivel ezzel Oroszország export bevételeit csökkenteni tudta. Latin-Amerikai politikája pedig igényelte a radikálisan baloldali – USA ellenes – venezuelai rezsim tönkretételét. (Az olajár lenyomást gátolta az, hogy a palaolaj kitermelés drágább, mint a konvencionális olajkitermelés átlaga, így a 25-30 USD/barrel ár mellett már ráfizetéses.)

⁷ Oroszországnak az olajon és gázon kívül azért még van néhány kurrens exportcikke. Többféle nyersanyagot is exportál, bár a nyersanyagok alacsony árszínvona számára nem volt kedvező. Ezen kívül Oroszország a világ második fegyverexportőre és az atomenergetika, az atomerőmű építés szinte egyedül jelenlévő szereplője döntően a III. világ országaiiban. (A nyugati atomenergetika lényegében tönkre ment. A piacot „önként és dalolva” átadták Oroszországnak.)

⁸ Mindeztidáig a világpiac – a globalizált világkapitalizmus lényegének megfelelően – Kornai János által leírt és meghatározott „kereslet korlátozott” keretek között működött. Mindenben volt „korlátlan” kínálat. Az áru és szolgáltatás bőség, szinte „a priori” biztosítottak látszott. Akinek pénze volt az mindent megkapott

ez a változás alapvetően fogja megrázni és átrendezni az egész világgazdaságot és magát a világgazdaságot.

A nyersanyaghiány kialakulása

Az átrendeződést, „átbillenést” valószínűsítő néhány fontos tényező

1. A globális felmelegedés ellen folyó küzdelem és a környezetvédelmi érdekek megkerülhetetlen „antagonisztikus” ellentmondásai. (Ezt még nem ismerték igazán fel, pedig triviális tény.)
2. A régi nyersanyagforrásokkal szemben (szén, olaj, gáz, vasérc, bauxit, stb.) az új nyersanyagforrások (lítium, kobalt, ritka földfémek, stb.) valóban szűkös készletei, illetve kitermelésük akadályai. A mennyiség – ár összefüggések alapvetően eltérő jellege. („Kád görbe”)
3. A fosszilis energiahordozók kitermelése és rendelkezésre állása gyorsabban csökken, mint amilyen ütemben a megújuló energiákkal túl optimistán tervezett pótlásuk megvalósítható.
4. A források szűkössége és a globalizáció totális áttörése a versenykapitalizmussal szemben végül a monopóliumoknak biztosít előnyt.
5. A túlnépesedés egyre kezelhetetlenebbé válása. A Föld készleteinek végeessége és az élettér korlátoltsága miatt fenntarthatatlanná válik a „keresletkorlátos” piac. A világgazdaság egyre nagyobb része „erőforráskorlátossá” válik.

Bővebben

- Ad 1. Itt a fogalmak értelemzavaróan összekeverednek. A globális felmelegedés elleni küzdelem nyilvánvalóan része a környezetvédelemnek, az egész földi életet és benne az emberi civilizációt védi, de a CO₂ – amelynek kibocsájtását meg akarjuk szüntetni – nem levegőminőség rontó gáz. (Ha háromszor annyi CO₂ volna a levegőben, mint amennyi most van – tehát kicsivel kevesebb, mint 0,5 ezrelék helyett mondjuk 1,5 ezrelék – attól még például az Alpokban lévő réteken „harapnivalóan” friss levegőt szívhatnánk be.) A légszennyezés csökkentése és a CO₂ kibocsájtás csökkentése két teljesen különböző dolog.

Ha létesítenek egy óriási akkumulátor gyárat vagy használt akku feldolgozó üzemot, annak jelentős légszennyező kihatása lesz. Miközben a gyártott akkumulátorokra azért van szükség, hogy villamosenergiával váltsuk ki a benzin és a dízelmotorok CO₂ kibocsájtását. (A teljes kiváltásukhoz az akkumulátorgyártást a jelenleginek kb. ötvenszeresére kellene növelni és biztosítani kellene ezen „irdatlan” mennyiségű akkumulátor tízévenkénti cseréjét és újra feldolgozását. Ezek a folyamatok valóban csökkentik a CO₂ kibocsájtást, de elkerülhetetlenül növelik a légszennyezettséget és óriási mértékű vízfelhasználással és vízszennyezéssel is járnak.)⁹

és a vevők uralták a piacot. A kínálati piac volt a meghatározó. Most úgy tűnik, mintha a nyersanyag kínálat beszűkülése „láncreakció szerűen” az egész piacra kihatna és a kínálati piac egyre több helyen kezdene átbillenni keresleti piacba. Ennek egyik „aggasztó” jele az általános chip hiány. Mivel az informatika már átszövi az egész gazdaságot, sőt a hétköznapi élet szinte minden megnyilvánulását is, ha ez a chiphiány tartósan bizonyul, akkor annak az egész társadalomra súlyos kihatásai lesznek.

⁹ Magyarországi példa: a Samsung óriási akkumulátor gyárat létesít Gödön. A környezetvédők és a lakosság tiltakozó akciókat szervez ellene. Kétségtelen, hogy a létesítés és a gyártás jelentős légszennyezéssel zajlik és óriási tisztavíz igénye van és a felhasznált vizet valószínűleg nem lehet tökéletesen tisztán kibocsájtani. Így a tiltakozás érthető, de akkor kérdéses, hogy hol lehet legyártani azt a kb. ötvenszeres mennyiségű akkumulátort, ami a benzin és dízelautók teljes kiváltásához szükséges? A gödi Samsung gyár csak az első szerény lépés felé, hogy „Magyarország akkumulátor gyártó nagyhatalommá

alanyok kitermelésével. A teljes gépjárműállomány lecsereléséhez szükséges akkumulátorokhoz a jelenleg kitermeltnél kb. huszonötöszer több lítiumra van szükség. (Ha feltételezzük az 50 százalékos újrahasonosítást.) A nagy fajlagos teljesítményt biztosító mágnesekhez kobalt is van szükség. Ezek bányászata óriási mértékben környezet-szennyező. Az „ércekben” a kinyerendő anyagok nagyon kis koncentrációban találhatóak, így hatalmas tömegű kőzet kitermelésére, mozgatására, mechanikus és kémiai feldolgozására van szükség a kívánt termékek kinyeréséhez. Nagy területeket kell „holdbéli tájakká” tenni. Rengeteg vizet kell biztosítani és elkerülhetetlen a tágabb környezet portterhelése is.¹⁰

Antagonisztikus ellentmondás, hogy miközben küzdünk a globális felmelegedést okozó, de a levegőminőséget egyáltalán nem rontó CO₂ kibocsájtás ellen, óhatatlanul óriási környezetpusztítást kényszerülünk létrehozni és a levegőminőséget valóban nagymértékben rontó por és károsanyag kibocsájtást okozunk. Ráadásul mindez USD, illetve Euró százmilliárdokba kerül és közben a teljes olaj és gázellátó rendszert és infrastruktúrát fel kell számolni.

- Ad 2. A nyersanyagforrások szűkösségével már nagyon régen riasztják az emberiséget. Ezek a „Kassandra jóslatok” eddig nem teljesültek. Az emberiség az exponenciálisan növekvő igényeit mondhatni minden nyersanyagból – élen a fosszilis energiahordozókból – maradéktalanul sikerült kielégíteni és még a készletek elfogyása sem igazán fenyeget. (Lásd. palaolaj és palagázkészletek).

Ez a „kedvező” helyzet nem eleve biztosított adottság és főleg nem teljesül „automatikusan” a CO₂ kibocsájtás mentes világ működtetéséhez szükséges nyersanyagokra is. A lítium, a kobalt és a ritka földfémek készletei valószínűleg kevésbé elterjedtek, mint a fosszilis energiahordozók. Feltételezhető, hogy kevesebb országra koncentrálnak. Kitermelésük csak ritkán lakott területeken folytatható.¹¹

A szén, az olaj és a földgáztermelés költségei bár függenek a lelőhelyek adottságaitól, de a kitermelés mértékétől kevésbé. A lítium, a kobalt és ritka földfémek kitermelésének költségei a termelés mennyiségének növelésével először valamelyest csökkennek a technológia tökéletesítése miatt. Várhatóan azonban – a legalább huszonötöszerre növelendő termelés fejlesztés során – a készletek szűkössége, a kitermelendő ércek romló minősége, kisebb fémtartalma miatt a termelési költségek növekedni fognak. Ezt az adottságot lehet az úgynevezett „kád görbével” jellemezni. Először csökkenés, majd a rövid ideig tartó minimum közeli állapot után egy erőteljes

„váljon” és akkor még hol lesz az akkuk tízévenként szükséges újrafeldolgozása?

¹⁰ Európai példa: Európában elsőnek Szerbiában találtak olyan lítium készleteket, amelyeket valószínűleg gazdaságosan ki lehet termelni. Ez óriási mennyiségű kőzet kitermelésével és mechanikus és kémiai feldolgozásával jár. A lítium bányászat és ércfeldolgozás ellen – érthető módon – a lakosság elszántan tiltakozik. (Meg is akadályozta a bányanyitást.) A kérdés csak az, hogy ha ez elkerülhetetlenül mindenütt így van, akkor hogyan lehet biztosítani a jelenleg kitermeltnél legalább huszonötöszer több lítium kitermelését?

¹¹ A ritka földfémek az elektronika, az informatika berendezéseinek nélkülözhetetlen kiegészítői. A ritka földfémeket több, mint 90 százalékban Kína Hszcsiang tartományában termelik. A tartomány több, mint 1,6 Mkm² kb. 20 millió lakossal, amelyből mintegy 12 millió ujjur. A nyugat igyekszik az ujjur nacionalista törekvéseket támogatni, amivel a saját ritka földfém ellátását is kockáztatja. Itt Kína szinte maximális monopól helyzetben van.

növekedés várható. Így a fosszilis tüzelőanyagok kiváltása hosszabb távon valószínűleg egyre drágábbá válik. Nyersanyaghiány és áremelkedés feltételezhető.

- Ad 3. A CO₂ kibocsátás csökkentése, a karbonsemlegesség mielőbbi megvalósítása érdekében az egyes országok – élen az EU-val – nagyrészt az egyre határozottabban megfogalmazott elvárásoknak megfelelően deklarálják, hogy a következő években visszafejlesztik, majd megszüntetik a fosszilis tüzelőanyagok felhasználását, így lecsökkennek és hamarosan leállnak e területen a beruházások, fejlesztések. A bankok ilyen programokat nem hajlandók finanszírozni. Így, ha késnek a fosszilis energiahordozók kiváltására szolgáló fejlesztések – a megújuló energiatermelő kapacitások, valamint a ma még szinte nem is létező energiátárolási projektek – úgy energiahiány jelenik meg. Mindez nagymértékű áremelkedésekhez vezethet.

A fosszilis energiahordozók árának a megemelése elmentmondásos hatásokkal jár. Részben növeli a megújuló energiahordozók – elsősorban a nap és szélenergia – versenyképességét, de ugyanakkor az energetika finanszírozásának terhei – az átváltás finanszírozásának óriási költségeit tetézve – még jobban növekednek. Megkezdődik a „bűnbak” keresés a költségek elviselhetetlen növekedése és az ennek következtében felpörgő infláció miatt. (Az utóbbi hónapokban bekövetkezett gázáremelkedés és más energiahordozó árak emelkedése máris ilyen következményekkel járt.)

- Ad 4. Valószínű, hogy végül is – láncreakció szerűen – egyre több nyersanyagnál és félkész terméknel, alkotóelemnél (például chippek) bekövetkezik a források szűkössége, így

előny származik a források fölötti rendelkezésből. A források birtokosai összefognak – ennek a globalizáció kereteket biztosít – így mód van monopol helyzetek létrehozására és az ebből eredő extra profit realizálására.

Mintha a gázpiacon valami ilyen jelenség alakult volna ki. Lehet, hogy ez a jelenség átmeneti és visszaáll az árleszorító versenyhelyzet. Ennek a közeljövőben el kell dőlnie. Az OPEC tulajdonképpen az árverseny kiküszöbölése érdekében jött létre, de a kívülálló termelők eddig mindig visszahozták a versenyhelyzetet és így újra és újra kínálati piac alakult ki. A legutóbbi ilyen árleszorító hatást a kőolaj és gázpiacon az USA palaolaj és palagáz termelése okozta. Ez nagyrészt az USA politikai céljai érdekében történt. A jelenlegi olaj és főleg gázpiaci helyzet azt mutatja, hogy kicsúszóban van az USA politikusainak kezéből a piacsabályozás.

- Ad 5. Nem kizárt, hogy ezek a hatások túlterjednek a gázpiacon, a fosszilis energiahordozók piacának világán és az erőforráshiány, az erőforrás korlátozottság a világpiac egyre nagyobb részére kiterjed. Ez azzal járna, hogy mindazok a negatív jelenségek, amelyeket Kornai János feltárt és leírt meghatározóvá válnának az egész globalizált kapitalista világpiacra. A létező szocializmus eredményes működését kiküszöbölhetetlenül akadályozó korlátok a teljes globalizált kapitalista gazdaságban is megjelenének. Úgy vélem, a túlnépesedés miatti erőforrás és élettér elégtelenség efelé szorítja az egész globalizált világ gazdaságot.

A közeljövőben el kell dőlnie annak, hogy ez az „átbillenés” bekövetkezik-e vagy visszaáll a közfelfogás szerint a kapitalista világpiaci lényegét meghatározó verseny és a kínálati piac.

Az elektromos jövőnk sötét oldala: Dél-Amerika „lítiummezői”

A dél-amerikai lítium-extrakciós mezőkről Tom Hegen (www.tomhegen.com) légi fotós készített lenyűgöző képeket nagyfelbontásban. De, amíg a képek lélegzetelállítóak, a gyorsan elektrifikálódó világunk sötét oldalát képviselik. Elvben a lítium egy kiutat jelent a fosszilis tüzelőanyagok termelésétől való függőségünkben. Mint a világ legkönnyebb ismert fémje, ma már széles körben használják az elektromos eszközökben a mobiltelefonoktól és laptopoktól az autókig és a repülőgépekig. A lítium-ion akkumulátorokat legintenzívebben az elektromos járművek hajtására használják, amelyek 2030-ra az új autók értékesítésének akár 60%-át tehetik ki. A Tesla Model S akkumulátora pl. körülbelül 12 kg lítiumot tartalmaz. Ezek az akkumulátorok ma a „könnyen újratölthető” opciót jelentik. A lítium iránti kereslet példa nélküli, és sokan azt mondják, hogy elengedhetetlen a megújuló energiaforrásokra való áttéréshez. Ez azonban nem jár költségek növekedése nélkül és a bányászata nagyon káros lehet a környezetre.

Miért káros a lítium bányászat a környezetre?

A nyersanyagok kitermelése többnyire káros. Ennek az az oka, hogy a nyersanyagok eltávolítása talajromláshoz, vízhiányhoz, a biológiai sokféleség csökkenéséhez, az ökoszisztéma funkcióinak károsodásához és a globális felmelegedés növekedéséhez vezethet. Persze amikor a kitermelésre gondolunk, olyan fosszilis tüzelőanyagok jutnak eszünkbe, mint a szén, az olaj és a gáz. Sajnos, a lítiumra is ugyanígy kell tekinteni, annak ellenére, hogy segíti az elektromos jövőbe vezető utat. A lítiumot úgy lehet leírni, mint nem megújuló ásványi anyagot, amely lehetővé teszi a megújuló energia alkalmazását – gyakran a következő olajként tartják számon. A lítium bányászat elkerülhetetlenül károsítja a talajt és levegőszennyezést okoz. A kereslet növeke-

désével a bányászati hatások egyre inkább érintik azokat a közösségeket, ahol ez a kitermelés történik, veszélyeztetve a vízhez való hozzáférésüket.

A dél-amerikai lítium lelőhelyek száraz területeken találhatók. Ezeken a helyeken a vízhez való hozzáférés kulcsfontosságú a helyi közösségek megélhetése, valamint a helyi növény- és állatvilág fennmaradása számára. A chilei Atacama sós síkságon a bányászatnak 2,2 millió liter vízre van szüksége egy tonna lítium előállításához, ezzel szennyezi és elveszi a szűkös vízkészleteket a helyi közösségektől. A lítium előállítása a párologtató tavak miatt használ fel sok vizet – körülbelül 21 millió litert naponta.

Lítium lelőhelyek a világ többi részén

A lítium iránti növekvő kereslet a világ legnagyobb ismert készleteit jelentősen növelte. 2019-ben mintegy 80 millió tonna azonosított készlet van világszerte az Egyesült Államok Geológiai Szolgálat (USGS) szerint. Dél-Amerika (elsősorban Bolívia, Chile és Argentína) után a következő legnagyobb lítiumtermelő ország az Egyesült Államok, amelyet szorosan követ Ausztrália és Kína. 2019-ben az Ausztráliából származó lítiumexport a jelentések szerint közel 1,6 milliárd dollárt tett ki. A történelmi küzdelem és az arany és az olajért folytatott háborúkhöz hasonlóan a kormányok hadakoznak az olyan ásványi anyagok feletti uralomért, mint a lítium, mivel ez segíthet a gazdasági és technológiai dominancia elérésében az elkövetkező évtizedekben. Más kisebb tartalékokkal rendelkező országok Zimbabwe, Brazília és az európai országok közül Csehország, Szerbia és Portugália.

Angol nyelven a teljes cikk képekkel elérhető itt: <https://www.euronews.com/green/2022/02/01/south-america-s-lithium-fields-reveal-the-dark-side-of-our-electric-future>

A biomassza felhasználása energiatermelésre

Szilágyi Zsombor

mérnök; drszilagyzsombor@freemail.hu

A megújuló energiahordozók használatának gyorsabb terjedését a világ tudatosabb környezetvédelmi programjai és a fosszilis energiahordozó készletek csökkenése okozzák. Elősegíti a megújuló használatát az is, hogy a fosszilis energiahordozó készletek meghatározott térségekben, országokban összpontosulnak, és a fosszilis energiahordozók kereskedelme bizonyos függőségeket is eredményez. Az Európai Unió élen jár a megújuló energiahordozók fokozottabb használatában, ezzel a légkör védelemben is példát mutat. A cikk a biomassza hazai felhasználásáról ad áttekintést.

*

The faster spread of renewable energy is caused by the world's more conscious environmental programs and the reduction of fossil fuel stocks. The concentration of fossil fuel stocks in specific regions and countries, and the trade in fossil fuels, also result in certain dependencies, also facilitate the use of renewables. The European Union is at the forefront of increasing the use of renewable energy sources, setting an example in the field of climate protection. The article provides an overview of the domestic use of biomass.

Magyarország is lényeges megújuló energia használat fejlesztési programokat indított. Kiemelkedő a napenergia hasznosítása, de a többi megújuló energiahordozó felhasználása is különböző támogatásokat kap. A megújuló energiahordozókat hőtermelésre és villamos áram előállítására használjuk elsősorban. Az elsődleges megújuló források termelését és felhasználását mutatja az 1. és a 2. táblázat.

A biomassza a biológiai úton létrejövő szerves anyag tömeg [4]. A fotoszintézis során a zöld növények a Nap sugárzó energiáját szerves vegyületek formájában halmozzák fel, amelyet elsődleges biomassza anyagnak nevezünk. A biomassza az ökoszisztémában egy adott időpontban meghatározott mennyiségű szervezetet jelent: a fitomassza (növények), zoomassza (állatok) és egyéb élőlények tömegének összege.

A biomassza általában rövid életciklusban újra termelődik, így felhasználásával bányászható tüzelőanyagokat tudunk kiváltani. A keletkező biomasszában kb. 50% szén van, ami miatt a biomassza energetikai célú hasznosítása az utóbbi időben nagyobb hangsúlyt kapott. A biomassza ugyanakkor elsősorban élelem, takarmány, ipari alapanyag, tápanyag a mezőgazdasági termelésben, és csak ezt követi az energetikai hasznosítás.

A biomassza szokásos csoportosítása a halmazállapot szerint:

- *szilárd*: tűzifa, fűrészszerű hulladék, szalma, energiafű;
- *elgázosítható biomassza*: cukortartalmú növényi hulladék, egyéb zöld növényi hulladék, állati trágya, lakossági és kommunális hulladék, vágóhídi hulladék, éttermi hulladék;
- *gépjármű üzemanyagok*: biodízel és bioetanol.

A biomassza energetikai hasznosításával a fosszilis tüzelőanyagok felhasználását mérsékeljük. Kihasználható az a megállapítás, hogy a biomassza elégetése során keletkező és a légkörbe kerülő szén-dioxid mennyisége megegyezik az eltűzelt szerves anyag keletkezése során megkötött szén-dioxid mennyiségével.

Hazánkban a megújuló biomassza mennyisége szárazanyagban kifejezve évi 55-58 millió tonna [3]. Energetikai célra hasznosítható 6-8 millió tonna, a 25-26 millió tonna mezőgazdasági és az 1-2 millió tonna erdőgazdasági melléktermékből. A nagyobb arányú hasznosításhoz megfelelő ökológiai, gazdasági és műszaki feltételekkel kell rendelkezni. Az energetikai célra hasznosítható 6-8 millió tonna biomassza energia tartalma 17-23 TWh. Az energia mérlegben a tűzifa 3,5-5,8 TWh, az egyéb biomassza kb. 1,2 TWh energia tartalommal szerepel.

Az országban kb. 7,3 millió hektár termőterület van, ebből mezőgazdasági művelés alatt áll kb. 5 millió hektár.

1. táblázat. Az elsődleges megújuló energiahordozók termelése [2]

Forrás	2015	2018	2019	2020
	TJ			
Komm. hulladék	2756	1626	1842	2446
Szilárd biomassza	105 221	89 320	85 914	84 803
Biogáz	3335	3916	3769	3779
Bioüzemanyag	16 030	18 699	19 786	18 658
Napenergia	956	2791	5949	9447
Geotermikus	4426	5970	6611	6636
Vízenergia	842	799	788	878
Szélergia	2495	2185	2624	2358
Összesen	136 061	125 306	127 283	129 005

2. táblázat. Az elsődleges megújuló energiahordozók felhasználása [2]

Forrás	2015	2018	2019	2020
	TJ			
Komm. hulladék	3123	2907	3073	3008
Szilárd biomassza	103 914	90 120	86 606	85 485
Biogáz	3335	3916	3769	3779
Bioüzemanyag	7332	8091	8504	11 516
Napenergia	956	2791	5949	9447
Geotermikus	4426	5970	6611	6636
Vízenergia	842	799	788	878
Szélergia	2495	2185	2624	2358
Összesen	126 423	116 779	117 924	123 107

Szilárd biomassza hasznosítás

Az energetikailag hasznosított szilárd biomassza két fő csoportja:

- tűzifa;
- települési hulladék.

A *tűzifa* döntő többsége az erdőgazdaságokból származik, de eltűzéljük a saját ingatlanon lévő fa hulladékot, vagy az építkezések fa hulladékát is.

Az ország erdő területe 2,05 millió hektár, évente kis mértékben növekszik. Az erdészetek által kitermelt fa mennyisége 2020-ban 6,58 millió m³ volt, 0,8 millió m³-rel kevesebb, mint 2019-ben. A kitermelt fa kb. 41%-a tűzifa, 59%-a ipari fa. Az összes kitermelt fa mintegy 22%-a melléktermék: fűrészpor, forgács, szélideszka stb.

Tűzifát és építési faanyagot is importálunk, a tűzifa import 2018-ban 105 ezer tonna volt.

A települési hulladék mennyisége hazánkban 2020-ban 3,8 millió tonna volt, ebből 3,2 millió tonnát közszelektív gyűjtötték össze. A gyűjtött hulladék 25%-a szelektíven gyűjtött. A lakosságtól származik évente kb. 2 millió tonna hulladék. A szelektív hulladék mintegy 50%-a valóban újra hasznosítható. A települési hulladékból évente mintegy 500 ezer tonnát a Fővárosi Hulladékhasznosító Mű (HUHA) éget el, az energiával 13 ezer lakás távfűtése és melegvíz ellátása biztosítható. A HUHA-ban termelt villamos energia mintegy 45 ezer lakás szükségletét fedezi.

A hulladékkezelés megoldásai: újrafeldolgozás 25,5%, égetés 2,5%, lerakás 57,4%, egyéb 14,6%. Az EU célkitűzése 2035-re: a települési hulladék legfeljebb 10%-a kerüljön lerakóba, 65%-a újra hasznosításra. A szilárd biomassza termelés és felhasználás adatait a 4. és 5. táblázat összegzi.

4. táblázat. A hazai szilárd biomassza termelése és felhasználása [2]

	2015	2018	2019	2020
	TJ			
Termelés	105 221	89 320	85 914	84 803
Felhasználás	103 914	90 120	86 606	85 485

A szilárd biomassza termelés csökkenése mögött a lakosság és az intézmények tudatosabb, fegyelmezettebb hulladék kezelése áll. Szilárd biomasszát évek óta importálunk, részben lakossági tűzifa formájában, részben erőműben égethető hulladék formájában.

5. táblázat. Erőművekben, fűtőművekben felhasznált biomassza mennyisége [1]

Biomassza forrás	2019	2020
	ezer tonna	
Erdészeti termékek	1344	1262
Erdészeti apríték	1016	973
Energia ültetvény	12	60
Lágy szárúak	235	240
Élelmiszeripar	367	133
Lakossági hulladék	5	173
Egyéb szerves anyagok	18	15

A hazai biomassza mennyiségen kívül az erőművek felhasználtak még 2019-ben és 2020-ban 72 ezer tonna fa aprítékot is.

6. táblázat. A megújuló energiaforrások a hazai villamos energiatermelésben

Megújuló források	2015	2018	2019
	%		
teljes részesedése	7,3	8,3	10
biomassza	51,4	47,8	37,7
biogáz	9,1	8,9	6,8
szél	21,5	16,1	15,6
víz	7,2	5,9	4,7
nap	4,4	16,7	31,9
kommunális hulladék	6,4	4,3	2,9
geotermikus	-	0,3	0,4

Folyékony biomassza felhasználás

A növényi eredetű biomasszából előállított folyékony energiahordozók alkoholok, zsírok és olajok lehetnek, amelyek felhasználhatók motor hajtóanyagként, hidraulika- és fékfolyadéként, kenőolajként, tüzelési célokra és vegyipari, élelmiszer-ipari alapanyagként. Az EU egységes törekvésének megfelelően Magyarországon is a benzinbe és a gázolajba bio komponenseket adunk, az országra jellemző járműállomány állapotának megfelelő mértékben. Így a benzinbe bioetanol, a gázolajba biodizel keverünk, mintegy 8% mértékben. Az évek óta alkalmazott eljárásnak még semmilyen káros hatását nem tapasztaltuk.

A bioetanol előállítására cukorrépát, cirokot, kukoricát és kalászos gabonákat használnak. A biodizel termelésére napraforgót, repcét és használt sőtölőjat használnak. A bio üzemanyagok gyártási technológiája fejlesztésének köszönhetően ma már második generációs üzemanyagokat gyártunk, élelmiszer-ipari hasznosításra nem alkalmas gabona származékokból. A 7. táblázat a bio üzemanyagok termelésére és felhasználására vonatkozó adatokat összegzi.

7. táblázat. A bio üzemanyag termelése és felhasználása [2]

	2015	2018	2019	2020
	TJ			
Termelés	16 030	18 699	19 786	18 658
Felhasználás	7332	8091	8504	11 516

A bio üzemanyag exportunk jelentős, a termelés és felhasználás mértékének különbsége is mutatja.

A bioetanol gyártáshoz szükséges gabona a szántó föld kb. 1%-át vette igénybe, a biodizelhez szükséges termés a szántók kb. 5%-án termelt. A bioüzemanyagok bekeverési hányadának növelése a jövőben további termőterületeket vehet majd igénybe. Nehéz lenne megmondani, hogy mi az a termőterület határ, amely felett már nem kellene bioüzemanyaghoz alapanyagot termelni. Nyilván befolyásolja ezt a klímaváltozás is, aminek csökkentése érdekében fokozzuk a bioüzemanyagok használatát.

A repülőgépek hajtóanyagaként is megjelent már a bioüzemanyag. A biztonságos repüléshez még elfogadható bio adalék arány kísérletei folynak, dugattyús motoros és gázturbinás repülőgépek esetében is. A repülőgépgyártók pedig a minél nagyobb arányú bio adalék használat feltételeit kutatják.

Az EU megfogalmazta a célt, hogy a bioüzemanyagok használatával napjainkban meddig kellene eljutni: a teljes üzemanyag fogyasztás 10%-ig. Magyarországon jól haladunk a bioüzemanyag felhasználás terjesztésében. Az EU terve a bio üzemanyag felhasználás további terjesztése: 2030-ig el kellene érni a közlekedésben a 12%-ot. Ebből az első generációs bioüzemanyag részesedése max. 7%, a második generációs min. 10% legyen.

Biogáz hasznosítása

A biogáz bármilyen szerves hulladékból termelhető. A hazai hasznosítást és annak változását a REKK [6] felmérése szerint 8. táblázat mutatja. A biogáz hasznosítás szokásos formái: szilárd szerves hulladék elgázosító, szennyvíziszap gáztalanító, szilárd hulladék lerakóban keletkező gáz hasznosítása. Magyarország biogáz potenciálja: 121-177 millió m³/év 2H minőségű biometán.

A biogázból előállított energia [2]:

- 2018. évben 842 TJ;
- 2019. évben 782 TJ.

8. táblázat. A biogáz hasznosítása és jövője

Forrás	2020	2030	Termelés költsége EUR/MWh
	MW		
Depóniagáz	13,4	23,4	53-65
Szennyvízgáz	24,7	30	62-101
Biogáz üzemek	85,9	185,5	89-108

A települési hulladék felhasználása

A települési hulladékot 2575 lerakóba helyezik el. Ezek közül 1240 üzemel hivatalosan, a többi működési engedélye már lejárt. A hulladékgazdálkodással foglalkozó közszolgáltatók száma 27 [5].

Az összegyűjtött összes települési hulladék mennyisége 3,2 millió tonna volt 2020-ban (9. táblázat). A begyűjtött hulladék 53 %-a lerakókba került. Az elkülönítetten kezelt hulladék hányada nőtt az utóbbi években [5] (10. táblázat).

9. táblázat. A hazai hulladék gyűjtés jellemzői

év	Vegyes hulladék	Elkülönítve gyűjtött	Összes gyűjtött	Elkülönített aránya
	tonna			%
2017	2 346 204	530 949	2 877 153	18,5
2018	2 414 381	596 870	3 011 251	19,8
2019	2 452 375	789 885	3 242 260	24,4
2020	2 432 912	812 879	3 245 791	25,0

A hulladék szerves anyag tartalma az oxigéntől elzárt környezetben bomlani kezd. A folyamat gáztermeléssel jár, a keletkezett gáz mintegy 50%-a metán. Ezt a gázt nevezik depóniagáznak. A hulladékból a gáz képződése legalább 10 évig tart. Ha a hulladék lerakó felső szintje nincsen gázzáró módon tömörítve, záróréteggel fedve, akkor a gáz a légtérbe lép ki. Ennek éves mennyisége elérheti az 1400 millió m³-t. A hulladékdepóniákból a légkörbe lépő depóniagáz a hazai üvegház hatású gáz kibocsátás 20%-t adhatja.

A hulladék lerakók közül 21 üzemben működött depóniagáz szivás és gázkezelés. A hasznosított depóniagáz mennyiség 27 millió m³ metánt jelentett 2019-ben, ami becslések szerint a keletkezett depóniagáz 1,7 %-a. A depóniagázt hasznosító üzemekben általában gázmotorok üzemelnek.

Szennyvízgáz kezelés

Az ország településein gyűjtött vezetékes szennyvíz mennyisége 2018-ban 559 430 ezer m³ volt. A szennyvizet különböző technológiákkal tisztítják, és utána élővíz folyásokba juttatják. 602 szennyvíztisztító telep működik kétezer fő feletti településhez kapcsolódva, és van 236 ennél kisebb kapacitású tisztító üzem is. A szennyvíztisztítóknak leválasztott iszapot 29 agglomerációs központban ke-

zelik. A kezelt szennyvíziszapból kb. 50% metán tartalmú gáz válik ki, és 12 üzemhez kapcsolódik szennyvíziszap-gáz hasznosító létesítmény. Ezek a metántartalmú gázt hasznosító üzemek általában az adott gázkeverékhez beszabályozott gázmotorok, amelyek villamos áramot és hőt termelnek. A MEKH statisztikája szerint 2019-ben a szennyvíziszap-gáz hasznosítás 35 millió m³ metán egyenértékű volt [2] (11. táblázat).

Szennyvíztisztítási fokozatok

Elsőfokú (mechanikai)

- cél: durva szennyezés eltávolítása
szűrés (rácsok, sziták)
ülepítés
- finom lebegő szemcsék eltávolítása
homokfogás
derítés, koaguláció (keverők, flokkulátorok)
olaj- és zsír leförlés

Másodfokú (biológiai)

- cél: szerves anyag eltávolítása
csepegtetőteszt módszer
eleveniszapos rendszer (levegőztetés) + utóülepítés
diszperz rendszer
anaerob rothasztó

Harmadfokú (fizikai-kémiai)

- cél: finomszemcse eltávolítás (homokszűrés, mikroszűrés)
foszfor eltávolítás (kicsapítás)
nitrogén eltávolítás (anaerob csepegtető)
oldott anyag eltávolítás (ioncsere)
baktérium, vírus kiölése (oxidáció, klórozás, ózonizáció)

11. táblázat. A szennyvíz kezelés technológia megoszlása

Technológiai fokozat	2010	2015	2020
	ezer m ³		
Csak mechanikai tisztítás	17 607	746	550
Biológiai tisztítás is	280 760	63 722	44 102
III. tisztítási fokozat	255 008	419 514	488 325
összesen	553 375	483 983	532 978

Kezelt szennyvíziszap hasznosítás:

- szilárdhulladék lerakóba (60%);
- mezőgazdasági hasznosítás (fele talajba injektálás, fele komposztálásra).

Biogáz üzemek

2019-ben 39 biogáz üzem működött az országban (12. táblázat). Biogáz üzem létesítés átlagos költsége: 1,0-1,2 millió Ft/kW. A be-

10. táblázat. Lakossági és kommunális hulladék termelés [5]

év	Budapest	vidék	összesen	szelektív	égethető	energia potenciál	földgáz egyenérték
	ezer tonna					TJ	millió m ³
2008	800	2400	3200	660	2540	22 860	663
2010	820	2450	3270	680	2590	23 310	676
2015	860	2600	3460	720	2740	24 660	713
2020*	900	2900	3800	810	2990	26 910	778

* becslés

ruházás megtérülési ideje 10-12 év. Elsődleges a környezetvédelmi funkció. A veszélyes hulladékok befogadásáért a biogáz üzemeknek fizetnek a beszállítók.

Alapanyagok

- hígtrágya, almos trágya;
- szarvasmarha trágya (baktérium tenyészet pótlása);
- mg. termékek: kukorica, egyéb gabona, gyp, kukorica siló;
- élelmiszer-ipari hulladék: vágóhídi, zsírleválasztó, törköly, cukorrépaszelet;
- kommunális hulladék: válogatott háztartási hulladék, éttermi maradék, szennyvíziszap.
- elhullott (fermentált) állatok

Az alapanyagok – szárazanyag tartalom maximum 15-20% – megfelelő keverékét levegőtől elzárt érlelő tartályban, általában két lépcsőben, megfelelő baktérium tenyészetekkel érlelik (13. táblázat).

A lebontási maradék:

- végtermék: biohumusz;
- a bevitt anyag 70...75 %-a;
- nincs erős szagintenzitás;
- N, P kötött formában, a növényzet könnyen veszi fel;
- híg, kiöntözhető;
- 4 hónapig tárolni kell.

12. táblázat. A biogáz termelése és felhasználása [2]

	2015	2018	2019	2020
	TJ			
Termelés	3335	3916	3769	3779
Felhasználás	3323	3916	3769	3779

A hazai biogáz termelő helyek a helyszínen hő- és villamosenergia-termelésre hasznosítják a gázt.

13. táblázat. Biogáz üzemekben felhasznált szerves anyagok [1]

	2019	2020
Felhasznált anyagok	ezer tonna	
Lágyszárú növényi termékek	17	20
Élelmiszeripar	435	447
Lakossági hulladék	-	2
Egyéb szerves anyagok	42	102

A hulladékok környezetvédő kezelése, a biomassza hasznosítás érdekében sok tennivaló van. A szükséges beruházások viszonylag lassan térülnek meg, állami támogatás nélkül nem fogunk előbbre lépni.

Irodalom

- [1] Agrárközgazdasági Intézet: Biomassza-felhasználás energetikai célra II. évfolyam 1. szám
- [2] <https://www.mekh.hu>
- [3] Monoki Ákos: Biomassza energia. <http://www.nyf.hu/others/html/kornyeztud/megujulo/Biomassza/Biomassza.html>
- [4] Wikipédia: Biomassza. www.wikipedia.hu
- [5] www.nrgreport.com, (2021-11-24)
- [6] REKK: A 2030-as megújulóenergia-arány elérésének költségbecslése, https://rekk.hu/downloads/projects/2019_REKK_NEKT_megujulo_final.pdf

Biometán - kiút az EU gázválságából

Ma¹ a földgáz ára 80 EUR, szemben az egy évvel ezelőtti 18 EUR-val. A jelenlegi becslések szerint a következő télen a gázárak várhatóan hasonlóan magas szinten maradnak. Miközben a kormányok küzdenek a szárnyaló energiaárak polgárok energiaszámlákra gyakorolt hatásának csökkentéséért, elérhető megoldás lehet: a fenntartható biometán termelésének felgyorsítása.

Napjainkban a biometán ára 30%-kal alacsonyabb lehet, mint a jelenlegi földgázárak. A biometán 55 EUR/MWh költségtől előállítható, míg a földgáz körülbelül 80 EUR/MWh-ba kerül, a CO₂ kvótaárak nélkül, melyek elérték a 90 EUR/t értéket további 18 EUR/MWh költséget okozva az ipari felhasználóknak. Ezzel a megújuló biogáz rövid és hosszú távon valószínűleg olcsóbb marad, mint a földgáz. Míg más megújuló gázoknak, például a zöld hidrogénnek időre van szükségük a növekedéshez, és még mindig kétször – négyszer drágább (zöld hidrogén aktuális ára 180 EUR/MWh), a biometán elérhető és méretezhető az elkövetkező 8 évben.

A biometán gyors európai terjedése 2030-ra legalább 34 milliárd köbméter megújuló gázt biztosíthatna, ha lenne azt támogató jogszabályi keret. Ez 2030-ra az EU teljes gázkeresletének mintegy 10%-át tenné ki. Ezt a potenciált számos, különböző forrásokból, köztük az Európai Bizottságból származó közelmúltbeli jelentés is tartalmazza². Az Európai Biogáz Szövetség szerint, ha a növekedési tendencia folytatódik, 2050-re a biometán ipar akár az EU gázkeresletének 30-40%-át is fedezheti.

Az Európában előállított biometán segíthet stabilizálni a harmadik felektől származó gázellátás zavaraihoz kapcsolódó jelenlegi gázár-emelkedést. Sürgősen csökkenteni kell a külső gázszolgáltatóktól való függőséget, mivel az EU ma gázszükségletének kevesebb mint 15%-át állítja elő. A jelenlegi konfliktus Oroszország, Európa legnagyobb gázszolgáltatója és Ukrajna között súlyosbíthatja az energiaválságot a gázellátás hiánya miatt. A szárnyaló gázárak közvetlen hatással vannak több millió uniós háztartás energiaszámlájára. Ez a helyzet arra kényszeríti a nemzeti kormányokat Európa-szerte, hogy eurómilliókat fektessenek be a fogyasztók védelmét célzó intézkedésekbe.

Egyértelmű politikai támogatásra van szükség ahhoz, hogy több beruházás valósuljon meg az ágazatban, és kiaknázzuk a biometánban rejlő lehetőségek teljes potenciálját. A teljes biogáz értéklánc készen áll a biometán termelés fellendítésére az európai kontinensen. Az Európai Biogáz Szövetség új köz- és magánszféra közötti partnerséget szorgalmaz, így 2030-ig 40 milliárd köbméter biometánt lehetne előállítani. A 2030-ra 34 milliárd köbméter fenntartható biometán mellett 6 milliárd köbmétert lehetne előállítani Ukrajnában is. Ez további megújuló gázellátást biztosítana, miközben támogatná az ország gazdasági növekedését. A biometán a meglévő gázhálózatokon keresztül szállítható, ami csökkenti az infrastruktúra kiépítésének többletköltségeit.

Forrás: Európai Biogáz Szövetség, www.europeanbiogas.eu

¹ 2022. február 22.

² https://climatecooperation.cn/wp-content/uploads/2019/06/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf

Energetikai Szakkollégium – Energetikai Tanulmányi Verseny 2021/22



Az Energetikai Szakkollégium 2009 óta szervezi meg Energetikai Tanulmányi Versenyét, mely idén, a 2021/2022-es tanévben 14. alkalommal került megrendezésre. A döntő az előző évekhez hasonlóan 2 napos volt, újra személyes formában, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen került megrendezésre, fő témája pedig a tartaléktervezés és a szabályozás volt.

A projekt 2021 nyarán indult, a csapat tagjai Bangó Zsófia, Csótai Enikő, Danka Csongor, Hajcsik Zsuzsa, Leveles Péter és Szathmári Dominik voltak.

A versenyre idén 46 csapat regisztrált, összesen 138 versenyzővel. Az első forduló az előző évhez hasonlóan négy minifordulóból állt, és heti rendszerességgel kiküldött online tesztsorok, feladatok formájában valósult meg. Ezek során általános energetikai témájú feleletválasztós kérdéseket, valamint a középiskolai fizikatudásra építő rövid számolási példákat kellett megoldaniuk a csapatoknak. A harmadik miniforduló során kreatív gondolkodást és gyakorlati megvalósítást igénylő feladatot kaptak a versenyzők. Különböző instrukciók alapján egy erőművet kellett készíteniük, amely vagy működőképes vagy pedig egy valódi erőmű makettje. A beérkezett munkák kiértékelése után a 20 legjobban teljesítő csapat jutott a második fordulóba.

A második forduló során bő egy hónap alatt kellett a csapatoknak egy komplex projektfeladatot kidolgozniuk, aminek témája a tartaléktervezés és a szabályozás volt. A feladvány egyik felében esszé formájában kellett feldolgozniuk a villamosenergia-rendszer szabályozását és a tartalékszervezés szabályait, mindemellett pedig megvizsgálniuk az egyes megújuló szabályozhatóságát és a fogyasztói befolyásolás szerepét és módszereit. A feladvány másik részében az esszé során megszerzett tudást kellett alkalmazniuk: 27 erőművi szerződés alapján kellett FCR, aFRR és mFRR+RR tartalékokat lekötniük megadott rendelkezésre állási díjak és megadott kritériumok szerint. Ezt követően a rendelkezésre álló rendszerterhelési adatok és energiadíjak alapján szabályozási tervet is kellett készíteniük egy teljes napra, negyedórás bontásban. Mindemellett azt is ki kellett számolniuk, hogy a nap végén mely erőműveknek és mennyit kell fizetniük. Végezetül eredményeiket egy online prezentáció során kellett ismertetniük a projektcsapattal. Ezután a legjobb 10 csapat került kiválasztásra, akik folytathatták a versenyt a döntőben.

A döntő első napján a versenyzők egy igazán komoly feladvánnyal kezdtek, ahol atomenergia, hőenergia, villamosenergia és elektromágnesesség témakörökben kellett tesztfeladatokat, egyszerű és komplex számpéldákat megoldaniuk. Ezután az egyetemen a Villamos Energetika Tanszék, az Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék és az Áramlástan Tanszék laborjaiban különböző bemutatókon vehettek részt a csapattagok külön-külön, majd együtt a megszerzett tudásuk segítségével kellett egy feladatsort megoldaniuk. Estefelé közeledve egy régi vetélkedő, a Mindent vagy semmit mintájára készítettünk egy energetikához köthető témákat feldolgozó műveltségi kvízt. A nap zárásaként csapatépítő, közösségi programon vehettek részt a versenyzők.

A pénteki napon, délelőtt két csoportra osztva párhuzamosan zajlottak a szakmai zsűri előtt a csapatok prezentációi. A csapatok a második fordulóban kidolgozott esszé a döntőre kiegészített részfeladattal együtt mutatták be, ahol forrásoldali előrejelzések alapján kellett megbecsülni Magyarország jövőbeni tartalék igényeit 2030-ig bezárólag. A prezentációkat értékelő szakmai zsűri tagjai idén Dr. Zsebik Albin (ETE, BPMK), Dr. Ladányi József (BME-VET), Vigassy Csaba (MEKH), Molnár Ferenc (MVM Zrt.) és Polgár Győző (ENGIE Magyarország Kft.). A csapatok másik fele, akik nem előadtak éppen egymással mérték össze tudásukat az energetika minden területére kiterjedő kérdésekben, a Honfoglaló játékra épülő koncepció keretei között. Végezetül az utolsó feladatuk során az épületenergetikához köthető kérdésekben kellett jártasságukat bemutatni.

A 2021/22-es tanév Energetikai Tanulmányi Versenyén a legjobb iskola címet a legtöbb döntőbe jutott csapat indításával a Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium nyerte el, az iskola jutalma pedig egy, a Szakkollégium és a Tanulmányi Verseny támogatója, a Manitu Solar által felajánlott napelem panel volt.

A Tanulmányi Verseny első helyezettje a Mikrobik csapata lett, név szerint Borhegyi Gergely, Bujdosó Gergő és Ökrös Tamás Artúr, az ELTE Trefort Ágoston Gyakorló Gimnáziumból. A csapat felkészítő tanára Varga György.

A második helyezett a Sugárzók csapata lett, név szerint Oláh Anna, Chudi Levente Zsolt és Suhajda Botond a Kecskeméti Református Gimnáziumból. A csapat felkészítő tanára Zajacz Lajos volt.





Az Energetikai Tanulmányi Verseny harmadik helyezetteje a Bohring csapata lett, név szerint Kaszta Friderika, Pónác András István és Erdélyi Benedek a Vetési Albert Gimnáziumból (Veszprém). Felkészítő tanáruk Kristóf Gábor volt.

Minden döntőbe jutott csapatot rendre könyvvel és díszoklevéllel jutalmazta a Budapesti és Pest megyei Mérnöki Kamara, továbbá a MAVIR Zrt. és az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület is jutalmazta a versenyzőket.

A 2021/22-es tanév Energetikai Tanulmányi Versenyének fő támogatói: a Nemzeti Tehetség Program, az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő, a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal, a Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara, az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület, a Villamos Energetika Tanszék, az Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék, az Áramlástan Tanszék, a MAVIR Zrt., az MVM Energetika Zrt., az ENGIE Magyarország Kft., és a Manitu Solar Kft.

Energiarekordok

Néhány csúcscsodat a magyar villamosenergia-rendszer 2021. év adataiból:

- 7361 MW** A MAVIR Zrt. mérései szerint 2021. december 9-én, 16h45 perctől kezdődő negyedórában új, abszolút rekordot ért el a magyarországi áramfogyasztás átlagértéke. Ez 14%-kal meghaladja a 2011. évi csúcscsértéket.
- 4338,5 GWh** A magyar villamosenergia-rendszer történetében 2021 decemberében regisztrálták a második legnagyobb havi energiafelhasználást, ez alig kisebb, mint a 2020. januári 4345.2 GWh csúcscsérték.
- 10 313,8 MW** Történelmi rekordot jelentő szintre emelkedett a magyar erőművek együttes beépített kapacitása 2021 végére, főként a napelemes rendszerek bővítése következtében.
- 46,923 TWh** A teljes éves bruttó villamosenergia-felhasználás sohasem volt még olyan magas, mint 2021-

ben; az előző éves fogyasztást 3,96%-kal múlta felül.

1485 MW Az ipari naperőművek együttes teljesítménye 2021. május 9-én új csúcscsot ért el.

2022. első két hónapjának csúcscs eredményei:

1553,8 MW Az ide év első két hónapjában a nem háztartási méretű naperőművek teljesítménye történelmi csúcscsot döntött, 4,5%-kal meghaladta a 2021. év csúcscsértékét.

34,8% A csúcscsidozszakban a megújuló több mint egyharmad részben biztosították az ország villamosenergia-ellátását, ennek a harmadnak jelentős részét, 28,52%-ot a napenergia termelés hozta. Ez az érték éppen meghaladta az adott időszak 28,12%-os nukleáris forrás részaránya.

Forrás: www.mavir.hu

Elhunyt Emhő László 1941-2022

Dr. Emhő László, elismert és sokoldalú energetikai szakteknitély, életének 81. évében elhunyt. 1964-ben gépészmérnöki diplomát, 1982-ben egyetemi doktori címet szerzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen. Számos hazai és nemzetközi vállalkozásnál töltött be vezető tisztséget hosszú pályafutása során. 1989-től az Egyesült Ál-



lamokban dolgozott a Korda/Nemeth Consulting Engineers, a Nuclear Consulting Services, a NASA, a Pfizer, a Dow-Elanco vállalatoknak. Fontos szerepet vállalt hőszivattyús szénhidrogén-visszanyerő rendszerek megépítésében, így a MOL Dunai Finomítójában, Puerto Ricóban, Franciaországban, Svédországban, Dél-Koreában és Japánban. Épületgépészeti, rendszer-szabályozási, állapotfelmérési, energia-auditálási, energetikai értébecslési munkát végzett haláláig, az általa alapított EMTECH Corporationnal. 1995-től a Regale Kft. energetikai szakértője, az IPARTERV Rt. energiagazdálkodási iroda vezetője, az Aerotechnika Kft. energetikai igazgatója, a Budapesti Erőmű Rt. üzletfejlesztési vezetője. 1998-ban részt vett a BME Mérnöktoábbképző Intézet létrehozásában, ahol energetikai képzés vezető, illetve igazgatói szaktanácsadó volt. Az általa szervezett képzések révén több, mint ezer szakember lett energetikai-auditor.

Emhő László aktívan vett részt a szakmai közéletben. Az MMK Épületgépész tagozat alapító tisztségviselője, vezető-tervezője és veze-

tő-szakértője volt. 2013-tól haláláig Magyarország képviselője volt az EU Közúti Biztonsági Egysége, Közúti Infrastruktúra Bizottsága és Közúti Alagútbiztonsági Bizottságában.

Aktív tagja volt hazai és amerikai szakmai szervezetek, mint a Magyar Mérnök Akadémia, a Magyar Energetikai Társaság, a Magyar Energiahatékonysági Társaság, a Magyar Hidrogén és Tüzelőanyagcella Egyesület, az Építéstudományi Egyesület, az Association of Energy Engineers, a United States Energy Association, az American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers. 2009-ben a az AEE Magyar Tagozat elnökeként irányította a KLENEN konferencia szervező bizottságát.

Több, mint kétszáz műszaki és tudományos publikációja jelent meg magyar, angol, német, szerb nyelven és számos konferencia szervezésében vett részt.

Érdeklődése az élet minden tudományos és művészeti területére kiterjedt, mellyel inspirálóan hatott környezetére, példamutató emlékét sokan őrizzük.

Nyugodjon békében!

Elhunyt Szigethy István 1939-2022

Szigethy István a Vértesi Erőmű Rt. nyugalmazott műszaki vezérigazgató-helyettese, az erőműves szakma elismert alakja életének 83. évében elhunyt. 1957-ben gépipari technikumot végzett Székesfehérváron, majd a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki karán hőerőgépész ágazaton szerzett diplomát. 1962-től dolgozott az Oroszlányi Hőerőmű Vállalatnál. Részt vett az akkor épülő Oroszlányi Erőmű üzembehelyezési feladataiban. Hosszú ideig volt Kalorikus üzem vezetője, majd az erőmű rekonstrukciójának időszakában Üzemviteli főosztályvezető, valamint Műszaki igazgató munkakörben dolgozott. A Vértesi Hőerőmű Váll-

lat megalakulásakor Erőművezető, a Vértesi Erőmű Rt. létrejötte után Műszaki igazgatóhelyettes, valamint Műszaki vezérigazgató-helyettes munkakörben dolgozott.

Széleskörű szakmai tevékenységet folytatott, amelyből csak néhány mérföldkövet említnék itt meg. Az oroszlányi távfűtés megvalósításában elvülhetetlen érdemeket szerzett, illetve kiemelhető az osztrák-magyar villamosenergia csereprogram megvalósítása. Részt vett a bánya-erőmű integráció feladataiban és az oroszlányi retrofit program előkészítésében.

Munkatársai és kollégái humánus és segítőkész vezetőnek jellemezték. Kiemelten foglalkozott a fiatal pályakezdő mérnökök fejlődésének elősegítésével, mindig lehetett hozzá fordulni szakmai és más kérdésekkel.



Személyében a magyar energetikai közösség jelentős alakját tisztelhetjük. Nyugdíjba menetelét követően is tartotta a kapcsolatot kollégáival és az ETE tevékenységében is részt vett.

2021. novemberében búcsúztunk tőle. Emlékét megőrizzük!

ETE VIII. Villamos Energia Konferencia

Kecskemét, 2022. május 11-12.

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület (ETE) két évtizede évente szervez szakmai konferenciákat az energiagazdaság aktuális kérdéseiről „Vitassuk meg a jövőnket” mottóval. E sikeres konferenciasorozatokon a szakma legismertebb szakértői, vezetői és kutatói néhány tematikus bevezető előadás után vitatkoznak a napirenden szereplő kérdésekről, s a közönség is aktív részt vállalhat a vitákban. Egyesületünk célja, hogy a viták során lehetőleg alakuljon ki egy olyan összkép, amely alapján konkrét cselekvési irányok határozhatók meg.

A koronavírus járvány miatt némi kihagyással szervezett rendezvény - amely az ETE VIII. Villamos Energia Konferenciája - témája a villamos energia ellátásunk jövőképe. Az elmúlt 2-3 év során világszerte forradalmi változások vannak folyamatban a villamosenergia-iparban. Napjainkban a világpolitikában, a gazdaságban a klímaváltozás a legfontosabb feladat illetve kihívás. E korszakos átmenetnek fő szereplője és egyben katalizátora a villamosenergia-ipar. Az Európai Unió a klímaváltozás elleni harcban, az energegetika átalakításában úttörő és vezető szerepre tör. A 2021-ben bemutatott „Irány az 55” csomag számos - az eddigieket is meghaladó kihívást jelent.

Ugyanakkor sokan úgy véljük, hogy a kitűzött célok túlpolitizáltak és az ellátás biztonsága is veszélybe kerülhet meggondolatlan a hatásvizsgálatokat sokszor nélkülöző döntések mellett, emiatt fel kell hírnunk a figyelmet a töretlen de fokozatos átmenet fontosságára.

Konferenciánkon a bevezető áttekintő nyitó ülést követő szekciókban interaktív módon kívánjuk áttekinteni a villamosenergia értéklánc mentén az előttünk álló évek kihívásait a ma problémáit - természetesen hazai szempontból.

Reméljük, hogy a járványügyi helyzet lehetővé teszi a rendezvény megtartását - amelyet a mindenkori előírások mellett szervezünk meg. Amennyiben a most tervezett időpontban a konferenciát nem tudnánk megrendezni, azt - 2022 folyamán - egy későbbi időpontban tartjuk meg.

Reméljük, hogy a fenti témakörökben elhangzó előadások és viták felkeltik érdeklődésüket és köszönhetjük Önt és munkatársait konferenciánkon.

Bakács István az ETE elnöke

A konferenciáról részletes információ és tájékoztatás kérhető a vek2022@congress.hu címen, vagy a +36 30 639 0909 telefonszámon

Az Energiagazdálkodás (ISSN 0021-0757)

62. évf. 2021-ben megjelent cikkei

1. szám

Tóth L., Schrempf N., Bércesi G.: A környezetbarát hidrogén, mint energiahordozó. 4-9. old.

Gács I.: Naphőerőművek. 10-15. old.

Buzinkay T.: Indokolt-e már az e-mobilitás a nagyvárosi közösségi közlekedésben? 16-21. old.

Rózsahegyi B.: Benedetti LED cső robbanásveszélyes terekben való alkalmazhatósága. 21-24. old.

Rátkay G.: Az almérési szabályozás első évének tapasztalatai. 25-28. old.

Rana A., Gróf Gy.: Pakisztáni VER modellezése EnergyPLAN programmal. 29-33. old.

Csermely Á., Fülöp P., Jaros Z.: Ártüskék a magyar villamosenergia-piacon 2020 decemberében. 34-36. old.

Szilágyi Zs.: A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon. 37-39. old.

Szilágyi Zs.: A földgáz szerepe a világ energiaellátásában. 40-41. old.

A Szenior Klub tervei. 42. old.

Könyvismertetések. 43. old.

Energetikai Tanulmányi Verseny. 44. old.

2-3. szám

Biró B., Csekei Z., Imre A.: A Budapesti Kutatóreaktor hulladék hőjének hasznosítása – előtanulmány a paksi atomerőművi hulladék hő-hasznosításhoz. 3-7. old.

Nagy V.: Az energia immanens értékének kreatív jellemzése esettanulmányok segítségével. 8-12. old.

Garami A.: Gépi látás és tanulás a tüzeléstechnikában és a biomasszatüzelésben. 13-17. old.

Buzás J., Habtay G., Farkas I.: Napenergiás kéményes szárító hőtechnikai vizsgálata. 18-22. old.

Erdélyi V., Földi L., Buzás J.: Folyadék munkaközegű fűtőlápok szabályozása az állatjóléti komfort biztosítására. 23-27. old.

Csoknyai T.: Hi-Smart oktatásfejlesztési projekt: közel nulla energiaigényű és okos épületek. 28-29. old.

Veres G.I., Tihanyi L., Szunyog I.: Végfelhasználói gázár változása nyolc EU tagországban 2010–2019 között. 30-34. old.

Vokony I., Zsebik A., Németh B.: Hibrid, PV-hidrogén – e-mobilitás az ipari energiaközösségekben. 35-41. old.

Galyas A., Szunyog I., Kis L., Tihanyi L., Vadászi M.: A hidrogén energiatartalomra gyakorolt hatásának vizsgálata a hazai földgázelosztó hálózatba történő betáplálás esetén. 42-44. old.

Szilágyi Zs.: A CO₂ kvóta szabályozás és kereskedelem 45-49. old.

Mátraházi J.: A léghő széndioxid koncentrációjának csökkentése. 50-52. old.

4-5. szám

Kovács R-né, Greznár M., Nagy V.: Motor hűtőfolyadékok vizsgálat elektromágneses térben. 3-7. old.

Szilágyi Zs.: A napenergiáé a jövő. 8-12. old.

KLENEN 2020 összefoglaló. 13. old

Pálfi A.: Energiahatékonysági kötelezettségi rendszerek Európában. 14-19. old.

Muth G.: Hidrogén – kapocs az energiaágazatok és megújulók között. 20-21. old.

Molnár Sz.: Az energetikai hulladékhasznosítás szerepe a városok energiaellátásában. 22-28. old.

Balogh Z.: Épületautomatizálás szerepe az épületenergetikában – az MSZ EN 15232 szabvány. 29-30. old.

Hirth F.: Hidrogén tüzelőanyagcellás technológiák alkalmazása a jövőben földön és vízen. 31-33. old.

Babocsán D.: Hővesztesség csökkentés gazdaságosan. 34-35. old.

Petri B.: Környezetbarát vízkő mentesítés AQUABION®-nal, energiahatékony megoldások tusolónál. 36-40. old.

Ihász N.: Ipar 4.0 alkalmazása a termelés és energiahatékonyság érdekében. 41-43. old.

Markovics D., Mayer M. J.: Gépi tanulási algoritmusok összehasonlítása napelemparkok termelés előrejelzésére. 44-48. old.

Bohunka D.: A hidrogén árának vizsgálata technológiával összevetésben, jövőbeli prognózisok áttekintése. 49-52. old.

Varga P.: Mélyhűtés alapszinten -8°C-ig ammónia-víz abszorpciós folyadék hűtőkkel. 53-54. old.

Egyházi Z.: Hibrid rendszerű hőtárolós lakáskészülék megoldások. 55-56. old.

Szilágyi Zs.: A lakossági földgáz árak. 57-60. old.

6. szám

Imre A., Kummer K.: Szezonális és hosszútávú energiatárolási lehetőségek. 2-7. old.

Domán A., Hancz A., Samaniego A., László K.: Gáztárolás adszorpciós elven? 9-11. old.

Reményi K.: Szén-dioxid Pandémia. 12-18. old.

Szilágyi Zs.: A megújuló energiahordozók és a légkörvédelem. 19-20. old.

Wiegand Gy.: A szén-dioxid kibocsátás megszüntetésének lehetőségei, hatások, költségek. 21-23. old.

Szilágyi Zs.: A környezetvédelem és a megújuló energiahordozók. 24-27. old.

Valcz Gy.: A metánhidrát. 28-36. old.

A Virtuális Erőmű Program 10. éves jubileumi Parlamenti díjátadó Gála. 37. old.

Magyar Kapcsolt Energia Társaság XXIV. éves konferencia. 40. old.

THE FLOW MUST GO ON

