ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *59. évfolyam 2018. 1-2. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

Jegyezze elő naptárába!

2019. MÁRCIUS 7-8.

KLENEN'19

KLÍMAVÁLTOZÁS
ENERGIATUDATOSSÁG
ENERGIAHATÉKONYSÁG
XIV. KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

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

Az energiahatékonysági törvény végrehajtásának tapasztalatai, energetikai audit eredmények bemutatása

HATÁRIDŐK:

Jelentkezés előadás tartására	– 2018. október 15.
Jelentkezés kiállításra és termékbemutatóra	– 2019. január 15.
Jelentkezés a konferenciára	– 2019. január 31.

VÁRJUK JELENTKEZÉSÉT!

További információ és jelentkezés: **www.klenen.eu**

aeecenter.org ete-net.hu eszk.org virtualiseromu.hu bpmk.hu bkik.hu

Komponenesek a pontos energiaméréshez

Let's connect.

Weidmüller

Hardver

u-remote energiamérő modul
A meddő, látszólagos és hatásos teljesítmény, energiafogyasztás, fázisszögek és sok más elektromos paraméter mérése és számítása.

Energiamérők
Az Energy Meters sorozat energiamérő készülékei a mérőegység magját képezik. Rögzítik és feldolgozzák az összes vonatkozó energiaadatot.

Energia-analizátorok
Csupán egyetlen készülékkel lehet mérni az elektromos táphálózat minden minőségi paraméterét, minőségi analízist lehet készíteni és világos vizuális áttekintést lehet megjeleníteni.

Energiaadat-gyűjtők
Egyszerűsítse a fogyasztási és folyamatadatok gyűjtését és továbbítását analízis céljából.

Szoftver

ecoExplorer go
A PC-alapú szoftver intuitív kezelőfelületén egyszerűen beírhatók a készülékparaméterek, és áttekinthetően megjeleníthetők a mérési adatok.

MÉRJE MEG, ELEMEZZE, ÉS ÉRJEN EL KÖLTSÉGMEGTAKARÍTÁST!

A JANITZA MŰSZEREK SOKAT SEGÍTENEK A MEGFELELŐ SZAKREFERENSI ÉS AUDITORI SZOLGÁLTATÁSBAN!

GYORSAN TELEPÍTHETŐ.
EGYSZERŰEN,
SZOFTVERESEN IS KEZELHETŐ.
SZÉLES KÖRŰ INFORMÁCIÓT AD.

HUNYADI
www.hunyadi.hu

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *59. évfolyam 2018. 1-2. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

Főszerkesztő:
Dr. Gróf Gyula

Olvasó szerkesztő:
Dr. Bihari Péter

Szerkesztőség vezető:
Molnár Alexa

Szerkesztőbizottság:
Dr. Balikó Sándor, Dr. Bihari Péter, Czinege Zoltán, Dr. Csűrök Tibor, Eörsi-Tóta Gábor, Dr. Farkas István, Gáspár Attila, Juhász Sándor, Kádár Márton Gábor, Korcsog György, Kövesdi Zsolt, Mezei Károly, Dr. Molnár László, Dr. Nagy Valéria, Németh Bálint, 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 szekesztőség címe:
BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
D épület 222 sz.
Telefon: +36 1 463 2981.
Telefax: +36 1 353 3894.
E-mail: enga@ete-net.hu

Megjelenik kéthavonta.
Előfizetési díj egy évre: 4200 Ft
Egy szám ára: 780 Ft

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

ISSN 0021-0757

Tipográfia:
Büki Bt.
bukiandras@t-online.hu

Nyomdai munkák:
EFO Nyomda
www.efonyomda.hu

Lapunkat rendszeresen szemlézi a megújult
OBSERVER
www.observer.hu

TARTALOM • CONTENTS • INHALT

Klímapolitika * Climate Policy * Klimapolitik
Molnár László
A klímaváltozás elleni politikák és következményeik az energetikára 3
Anti-Climate Change Policies and Their Impact on Energy
Politiken gegen Klimawandel und ihre Wirkungen auf Energetik

Tudomány * Science * Wissenschaft
Gottlasz Valér, Urbán András, Józsa Viktor, Guba Attila
Levegő segédközeges porlasztás mérésének l ehetőségei PIV/LIF segítségével 6
Possibilities of plain-jet airblast atomization measurement by PIV/LIF
Möglichkeiten der Messung der Luftstrahlzerstäubung mit PIV/LIF

Megújuló energia * Renewable energy * Erneuerbare Energie
Hidegh Gyöngyvér, Józsa Viktor
Folyékony és elpárologtatott vizes etanol elegyek tüzelésének spektrofotometriai vizsgálata 12
Spectroscopic analysis of the combustion of liquid and evaporated water-ethanol solutions
Spektroskopische Analyse der Verbrennung von flüssigen und verdampften Wasser-Ethanol-Lösungen

Szondi Egon János
Naperőművek a VER-ben, szemlélet zöld hályogon át 16
Solar power plants in the electric energy system, approach through green blur
Sonnenkraftwerken in dem Stromnetz, Betrachtung durch grünen Star

Környezetvédelem * Environmental protection * Umweltschutz
Báthory Csongor, Woperáné dr. Serédi Ágnes, Palotás Árpád Bence
Légszennyezők terjedését befolyásoló keveredési rétegvastagság közvetett vizsgálata 22
Indirect analysis of mixing layer height affecting the transmission of air pollutants
Indirekte Untersuchung der die der Ausbreitung von Luftschadstoffe beeinflussenden Mischungsschichtdicke

Kamarás Béla
Üvegház Hatású Gázok szerepe a klímaváltozásban 26
The Role of Greenhouse Gases in Climate Change
Die Rolle der Treibhauseffektgase in dem Klimawandel

Energiapolitika * Energy Policy * Energiepolitik
Szilágyi Zsombor
A jövő energiahordozói 29
Energy Carriers of the Future
Die Energieträger der Zukunft

Környezetvédelem * Environmental protection * Umweltschutz
Szilágyi Zsombor
A környezetbarát villanyautó 32
Environment-friendly Electric Car
Der naturfreundliche E-Auto

Energiahatékonyság * Energy efficiency * Energieeffizienz
Balikó Sándor
Léghűtő optimalizálási lehetőségei 34
Optimization Options of Air Coolers
Optimirungsmöglichkeiten eines Luftkühlers

L. Szabó Gábor
Az abszorpciós gépek jelzőszámai és ezek kapcsolata 38
Indices of Absorption Machines and their Connection
Die Kennzahlen und ihre Verknüpfungen der Absorptionsmaschinen

Kovács Zsófia
A szennyvíz hőjének hasznosítása fűtési és hűtési igény ellátására 43
Exploitation of Sewage Heat for Heating and Cooling Applications
Die Verwendung der Wärme von Abwasser für Heizung- und Kühlzwecke

Molnár Szabolcs
„Energiahulladék”, avagy energia hatékonyság a termelésmenedzsmentben 46
"Energy Waste" or Energy Efficiency in Production Management
"Energieverschwendung" oder Energieeffizienz in der Produktion

Vajda Szabolcs
Energiahatékonyság növelése visszatáplálással a közlekedési vállalatoknál 50
Improving Energy Efficiency Through Regeneration at Transport Companies
Steigerung der Energieeffizienz durch Rückspeisung bei Verkehrsbetrieben

Szeniorok * Seniors * Senioren
Szabó Benjamin
Mit csinált a az egyesületünk szenior klubja az elmúlt évben? 53
What Did Our Senior Club Do Last Year?
Was hat die Sieniorengruppe unseres Vereines im letzten Jahr gemacht?

VEP * VEP * VEP
László Tamás
Fűtőanyag csere megújuló energiákkal 54
Fuel Replacement by Renewables
Brennstoffwechsel durch erneuerbare Energien

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

KLENEN '18, 2018. március 7-8.

Tisztelt Olvasó!

1999. június 2-3-4-én Egerben „Energiahatékonyság, Energiapiac és környezetvédelem az ezredfordulón” címmel nemzetközi konferenciaként rendeztük meg a KLENEN jogelődjét. A konferencia színhelyéül tudatosan választottuk a festői környezetben fekvő várost, hogy annak szépségét a külföldi vendégekkel megismertessük.

Ezt a szemléletet tartottuk a következő konferenciák helyének kiválasztásánál is. Így került a következő, „Energiahatékonyság, energiapiac és környezetvédelem az új évezred kezdetén" címmel, 2001. június 13-15-én Sopronban megrendezésre.

A konferencia sorozat 2003-ban kapta a „Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság” nevet és a konferenciát június 4-6-án már ezzel a címmel szerveztük. A név választásakor a fenntartható fejlődés fontossága mellett azt gondoltuk, hogy a természet egyensúlyának megőrzésében fontos szerepe van az energiatudatosságnak és a hatékony energiagazdálkodásnak.

A 2005. június 8-10-én Visegrádon megrendezett konferencián a cím mellé bevezettük az azóta is használt „Dolgozzunk együtt a természet egyensúlyának megőrzésén” mottót.

A konferenciákon nagy számban vettek rész előadó, érdeklődő és szép emlékekkel hazatérő külföldi vendégek. A szervező bizottság azonban – elsősorban gazdasági okokból – úgy döntött, hogy ideiglenesen megszünteti nemzetközi jellegét és a Virtuális Erőmű program Energiahatékonysági Kiválósági Pályázatához kapcsolódva 2012-től áttértünk az évenkénti szervezésre. A tapasztalatcsere fontosságát hangsúlyozva ettől kezdve használjuk a konferencia kiegészített mottóját, „Osszuk meg tapasztalatainkat, dolgozzunk együtt a természet egyensúlyának megőrzéséért”, a KLENEN rövidítését és hívjuk fel a figyelmet arra, hogy „A hatékony energiagazdálkodás mindnyájunk érdeke és kötelessége”.

Az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény és a hozzá kapcsolódó rendeletek által már jogszabályokkal és szakpolitikai intézkedésekkel is ösztönzött az energiaveszteség-feltárás. Ez is hozzájárult ahhoz, hogy a konferenciákon különös figyelmet fordítottunk a jogszabályok végrehajtásának tapasztalataira. Ezt a törekvésünket idén is megtartottuk és a rendezvényen kiemelt figyelmet fordítunk az energiahatékonyságról szóló törvény által meghatározott szakpolitikai intézkedések megvalósulásának jogalkotói és jogalkalmazói tapasztalataira. Ehhez kapcsolódnak a plenáris előadások és a kerekasztal beszélgetés, melynek nem titkolt célja az auditori és auditált közösség véleményének megismerése, a jó és rossz tapasztalatok megosztása és megvitatása, elősegítve ezzel a jogalkalmazóként, vagy jogalkotóként érintettek munkáját.

Tekintettel arra, hogy a jogértelmezés a jogalkalmazó mindenkori feladata és felelőssége, s vállalatok szakemberei, az energetikai auditorok és szakreferensek sok félreérthető értelmezést találtak az energiahatékonysági célokat szolgáló beruházás adókedvezményének végrehajtási szabályairól szóló 176/2017. (VII. 4.) Korm. rendeletben, a kerekasztal megbeszélést többek között ezek tisztázására is igyekszünk hasznosítani.

Plenáris előadás keretében kapunk tájékoztatást a jogalkotói tapasztalatokról, az auditok ellenőrzésének eredményéről, majd – új kezdeményezésként a szomszédos országok szakterületi tapasztalatainak megismerése érdekében – az energiaveszteség-feltárás oktatásában és gyakorlatában is nagy tapasztalattal rendelkező pozsonyi kolléga előadásában meghallgatjuk, hogyan ültették át és milyen tapasztalatokat szereztek az 2012/27/EU energiahatékonysági irányelv alkalmazásában Szlovákiában.

Az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény 13. §-a rendelkezik az energetikai audit minimális tartalmi követelményeiről. Meghatározza többek között, hogy „az energetikai auditnak ki kell terjednie a fejlettebb üzemeltetési eljárások és esetleges új berendezések bemutatására”. Erre tekintettel a konferencián több cég is élt a lehetőséggel, hogy kiállítás formájában is bemutathassák az energiahatékonyság növelését segítő termékeiket és eszközeiket.

Az elmúlt évek során azt tapasztaltuk, hogy a konferencián előadó egyetemistáknak a jelenlevő cégek állást ajánlottak. Ebből kiindulva szerveztünk önálló szekciót a fiatal energetikusok bemutatkozására.

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.

Az Energiagazdálkodás szakfolyóirat médiapartnerként támogatja a konferencia szervezését. Azokat az előadásokat, amelyeket előadóik cikk formában is elkészítenek, közzé tesszük a jelenlegi, vagy a következő lapszámaiban.

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 naptárukba, hogy

2019. március 7-8. KLENEN ’19.

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.

KLENEN Szervező Bizottság

A klímaváltozás elleni politikák és következményeik az energetikára[1]

Dr. Molnár László
okl. gépészmérnök, lmolnar@t-online.hu

In the EU the share of renewable energies has been continuously growing in the energy mix. This growth has been fuelled by numerous subsidies as well as the crowding out and shutdown of coal and nuclear energy production. EU outlook: Regulation will become increasingly difficult due to the falling capacities of natural gas power stations. Capacity surplus will be replaced by a lack of capacity in the EU. Today's relatively stable electricity prices will become highly volatile with negative prices or prices over EUR 100/MWh becoming common. From 2020 to 2040 the price of electricity will increase from EUR 35 /MWh to EUR 100 / MWh. Wind and solar energies are important in terms of the environment but are not suitable to do the work of base-load generating power stations and thus cannot replaced nuclear power.

* * *

A Párizsi Klímacsúcs ratifikálása után a fejlett világ és sok fejlődő ország is komoly vállalásokat tett a globális felmelegedés és klímaváltozás csökkentésére. Az OECD IEA World Energy Outlook 2017 című kiadványában részletes információ található a különféle klímavédelmi akciókról. Érdekes megfigyelni pl. az amerikai vállalásokat, nem a szövetségi állam a fő vállaló, hanem nagyvárosok (pl. New York), nagyvállalatok stb. Ezért az amerikai vállalások a kormány szkeptikus álláspontja ellenére is nagyrészt megmaradtak.

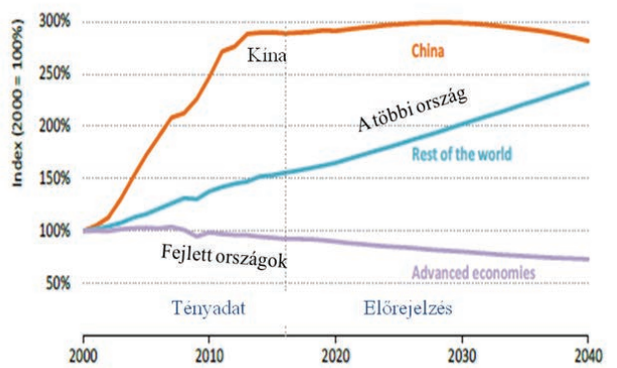
Ma már tudjuk, a sok nagyívű vállalás – még ha teljesítik is mind – sem lesz elegendő a melegedési folyamat megállítására. Hogy miért? Mert a rengeteg vállalás is kevés, mert míg a fejlett országok nagyvonalúan vállaltak, addig a fejlődő országok igen visszafogottak. Fő érvük: előbb szeretnének meggazdagodni, megközelíteni-elérni az amerikai szintet, és csak azután fognak igazán a környezetvédelemre fókuszálni.

De egy másik akadály is útjában áll az eredményes klímavédelemnek, egy olyan akadály, amely egyelőre elháríthatatlannak tűnik. Ez a világ-lakosság hihetetlen gyors növekedése. A Földön jelenleg 7,3 milliárd ember él, 2040-ig 9,2 milliárdra nő számuk. Ez 1,9 milliárd új fogyasztó megjelenését jelenti. Súlyosbítja a helyzetet, hogy jelenleg kb. másfél milliárd embernek nincs kapcsolata a villamosenergia-hálózattal. 2040-ig nagy részük meg fog jelenni, mint áramfogyasztó, őket is el kell látni. A leggyorsabb népesség-növekedés Afrikában van, ahol a jelen 1,2 milliárd fős létszám 2,1 milliárdra nő 2040-ig. A most 100 milliós Nigéria lakossága 200 milliárdra nő. Ez a demográfiai robbanás elsősorban kulturális kérdések ből fakad. Ki tudja megállítani Afrikát az energiafogyasztás növelésében? És ki tudja megállítani a gyorsan fejlődő Kínát és Indiát (összesen 2,5 millió ember)?

Tekintsük át, hogy az IEA World Energy Outlook 2017 milyen energia jövőt prognosztizál. A globális energiafogyasztás folyamatosan nő, a jelen szabályozás folytatásával 2040-ig 30%-os növekedés várható. Egy környezet-kímélőbb új politika bevezetésével a fogyasztás növekedés kissé lassítható, de még mindig marad a jelentős növekedés. A globális energia helyzet gyorsan változik. A változás főbb elemei:

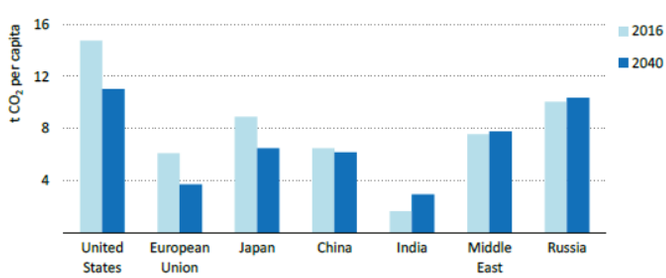
- A megújuló energiák gyorsan és nagymértékben terjednek, miközben a fő megújuló technológiák ára csökken;
- Világméretekben nő a villamosenergia fogyasztás;
- Alapvető változások történnek Kínában a gazdaság és az energia politika terén, a szénfogyasztás csökkentése kiemelt cél;
- Az USA-ban a palagáz és az olaj termelése gyorsan nő.

Az emissziók alakulása



1. ábra. **A CO_2 emissziók alakulása egyes régiókban 2000-2040 között, %, az Új Politika Szcenárió szerint**
(Forrás: OECD IEA WEO-2017)

Tekintsük át, hogy mennyi az egy főre eső emisszió a világ különböző régióiban.



2. ábra. **CO_2 emissziók egyes régiókban, 2016-2040, t CO_2/fő, Új Politika Szcenárió**
(Forrás: OECD IEA WEO-2017)

Az 1. ábrán látható, hogy a fejlett országokban gyorsan csökken a CO_2 emisszió, Kínában stagnálásba megy át, de a fejlődő országokban nagy ütemben nő a kibocsátás. A 2. ábra az egy főre eső kibocsátások alakulását mutatja t CO_2/fő-ben. Jól látható, hogy az USA-ban a legnagyobb a fajlagos kibocsátás. De ha figyelembe vesszük, hogy Kínának 4-5-ször nagyobb a lakossága, akkor egyértelmű, hogy Kína a legnagyobb kibocsátó.

Az 1. és a 2. ábra alapján világos, hogy a globális klímavédelemnek sokkal nagyobb figyelmet kellene fordítani a fejlődő orszá-

[1] A cikk a KLENEN '18 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

gok kibocsátásaira, és a fejlett világnak érdemes lenne különféle segítséget (anyagi támogatás, hitelek, technológiai segítség, know how, best practice stb.) nyújtani a fejlődők klímavédelmének elősegítésére, fokozására. Mert hiába „izzad" Németország vagy Dánia, az ő CO_2 emisszió megtakarításainál sokkal nagyobb a kínai vagy az indiai kibocsátás növekedés.

Három fő klímavédelmi beavatkozási típus van:

1. az energiahatékonyság és az energiatakarékosság fejlesztése;
2. energiahordozó csere (pl. szén lecserélése földgázra);
3. a megújuló energiák fejlesztése.

Az igazi siker sztori a hatékonyság és a takarékosság. Itt hatalmas potenciál van, és igen gyakran jó megtérülése van ezeknek a beruházásoknak. Az energiahordozó csere az EU-ban is fontos, de igazán nagy volumenben Kínában élnek ezzel a megoldással (Kína a legnagyobb CO_2 kibocsátója a világon). Kínában az elavult szenes erőműveiket akarják lecserélni földgáz tüzelésű és nukleáris erőművekre (120 atomerőmű építését tervezik a következő negyedszázadban). Az Európai Unióban nagy hangsúly esik a megújulókra. A német energia politika, az Energiewende rendkívül ambiciózus célokat tűzött ki. A német villamosenergia-mixben a megújulók részarányát rendkívül magas, 80%-os szintre akarják emelni 2050-ig.

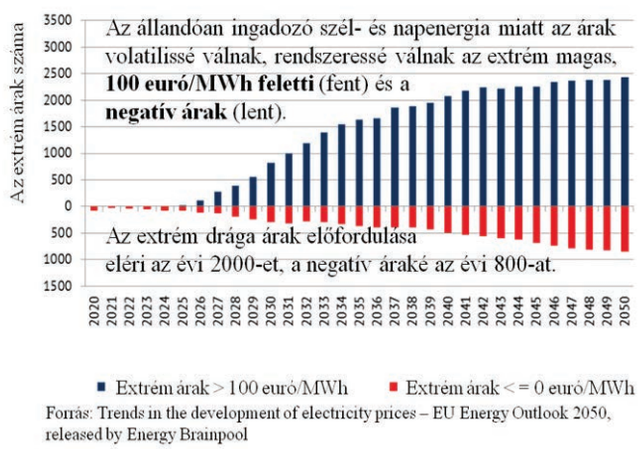
Az elmúlt években rengeteg pozitív és negatív tapasztalat gyűlt össze a megújuló energiák hatásairól az EU villamosenergia-rendszerben. Ezeket elemzi a következő fejezet.

A megújuló energiák hatásairól az EU villamosenergia-rendszerben

Az már közhely, hogy a megújuló energiák rendkívül gyorsan nőnek, és egyre olcsóbbak lesznek. Kevésbé hangsúlyozott dolog, hogy még mindig versenyképtelenek a hagyományos technológiákkal szemben, és hatalmas támogatást igényelnek. Pl. Németországban évente 23 milliárd eurós támogatásban (a magyar GDP egy ötöde) részesül a szél- és napenergia. A megújuló energiák részaránya folyamatosan nő az áram-mixben. Ezt a növekedést segíti a sokféle támogatás, de a szén és a nukleáris energia kiszorítása, leállítása is. De a jövőben gondok is jelentkeznek, az időjárás-, napszak és évszakfüggő termelés nem képes a gyors ütemben váltakozó áramigényt követni. Az áram-túltermelés – áramtárolási lehetőség híján – éppen akkora gondot idéz elő, mint az áramhiány. A csökkenő számú szabályozásra képes erőmű miatt súlyos szabályozási gondok jelentkeznek, melyek átlépnek az ország-határokon (hurok áramok), és súlyos anyagi és ellátásbiztonsági gondokat okoznak. Az árak erősen ingadozóvá válnak. A földgázas erőművek csökkenő kapacitása miatt a szabályozás egyre nehezebbé válik.

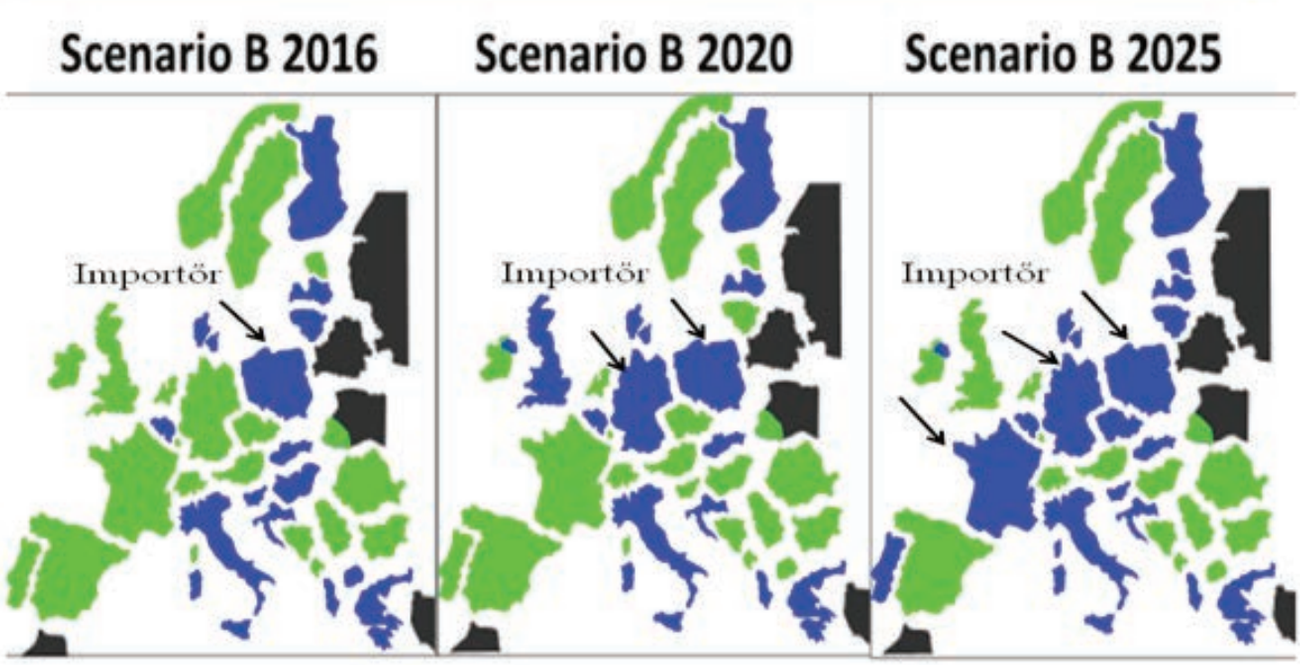
Az EU is foglalkozik ezekkel a kérdésekkel, számos tanulmány készült arról, hogyan alakul a következő 1-2 évtizedben az EU villamosenergia rendszer. A 2020-as évek közepére az EU tanulmányok szerint három fontos változás várható, melyet a 3. ábrán mutatunk be.

Látható, a nukleáris és a szenes erőművek leállítása miatt egyre több ország válik importőrré. Felmerül a kérdés, kitől lehet majd áramot importálni?



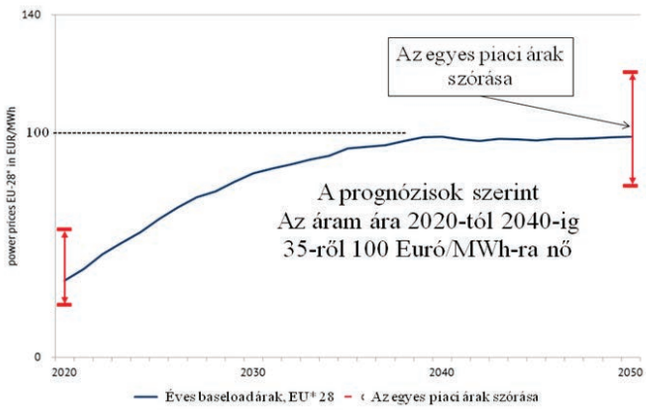
Forrás: Trends in the development of electricity prices – EU Energy Outlook 2050, released by Energy Brainpool

4. ábra. **Extrém villamosenergia-árak, EU-28*, 2020-2050 (Az oszlopok azt jelzik, hogy egy adott évben hányszor vannak extrém drága, illetve negatív árak)**



3. ábra. **Importra szoruló tagállamok 2016-ban, 2020-ban és 2025-ben**
(Forrás: entsoe: Scenario Outlook & Adequacy Forecast)

A megújulók növekedésével egyre kaotikusabbá válik az árampiac.



5. ábra. **Éves villamosenergia-árak az EU-28*-ban (* EU-28 és Norvégia és Svájc)**
Forrás: Trends in the development of electricity prices – EU Energy Outlook 2050, released by Energy Brainpool

A következő negyed században 3-szorosára fognak emelkedni az alaperőművi árak.

Az előző 3 ábra tanulságait összefoglalva azt látjuk, hogy a 2020-as évek közepétől, ha az EU mai környezet és energia politikája folytatódik, akkor az alábbi folyamatokra számíthatunk:

- Az EU-ban a mai kapacitás bőségből kapacitás hiány lesz. A fő okok: az atomerőművek és a szenes erőművek leállítása. A nagy exportőrök (Német- és Franciaország, Csehország stb.) nettó importőrökké válnak. A kínálat szűkülésével és a kereslet növekedésével keresleti piac alakul ki, emelkednek az áramárak és egyre gyakoribbak lesznek az áramszünetek.
- A mai viszonylag stabil áramárak rendkívül volatilissé válnak, mindennaposak lesznek a negatív árak illetve a 100 euró/MWh-nál drágább árak. A piaci folyamatok egyre kiszámíthatatlanná válnak.
- Az áram ára 2020-tól 2040-ig 35 euró/MWh-ról 100 Euró/MWh-ra nő. Az EU versenyképessége csökken, de a Paks 2 beruházás megtérülése sokat javul.

Mindhárom tényező elősegíti Paks 2 sikeres működését, de negatív hatással van az EU villamosenergia rendszerre.

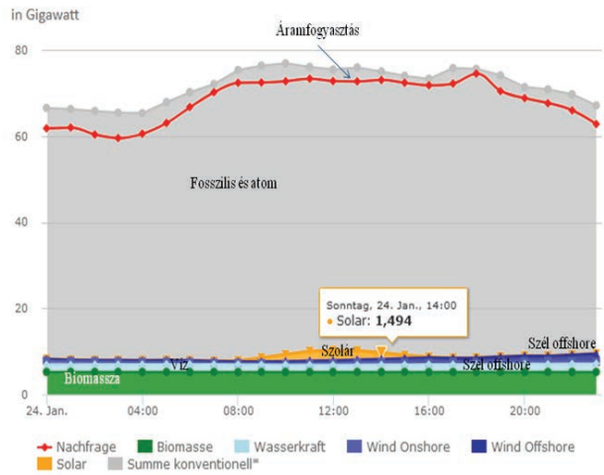
Alkalmasak-e a megújuló energiák alaperőművi feladatok ellátására?

Arra kérdésre, hogy ha leállnak az atomerőművek és a szenes erőművek, milyen technológia fogja ellátni az alaperőművi feladatokat (a zsinór-termelést), honnan lesz villanyáram, a „zöldek" rávágják, megújuló energiából.

Az elmúlt években, ezzel kapcsolatban, rengeteg tapasztalat gyűlt össze Németországban, ezt tekintjük át.

Már sok szakember kifejezte csodálkozását, hogy miért éppen Németország akar a nap- és szélenergia zászlóvivőjévé válni, mikor az ország északi fekvése, borús-esős időjárása és a tengertől távolabbi területek szélcsendes volta miatt a lehető legrosszabb adottságai vannak a nap- és szélenergia fejlesztésére. Ez annyira igaz, hogy a németeknél már egy új szó is megjelent, a „Dunkelfaulte". Jelentése: sötét-szélcsend, azaz azok az időszakok, mikor egyszerre állnak, azaz nem termelnek (vagy alig termelnek) a szolár berendezések és a szélturbinák. Németországban a statisztikák szerint évente kb. 600 óra Dunkelfaulte van.

2017. januárban váratlan dolog történt, 10 napos Dunkelfaulte köszöntött be. 2017. január 16-25. között a németországi időjárást köd és szélcsend dominálta. A szél- és a napenergiás erőművek 91 GW-os kapacitása összesen csak 4,6 GW-ot termelt a hálózatba, miközben a német áramigény 63,1 GW volt. Így a konvencionális erőműveknek kellett fedezni a német áramigény nagy részét. Január 24-én a hagyományos erőművek termelték meg a kereslet több mint 90%-át.



6. ábra. **A Dunkelflaute legsötétebb napja. Áramtermelés és áramfogyasztás 2017. január 24-én, GW**
(Forrás: SPIEGEL ONLINE 07.02.2017)

A következők történtek azon a szélcsendes és sötét napon.

- A 26 000 németországi szélturbina a nap legnagyobb részében összesen kevesebb, mint 1 Gigawatt teljesítményt nyújtott (= két paksi blokk teljesítményével).
- Az 1,2 millió napenergiás berendezés csupán maximum 2,3 Gigawattot termelt, és azt is csak rövid időre, délben. A reggeli és esti órákban, továbbá éjjel egyáltalán nem termeltek.
- Az időjárástól független biomassza és vízerőművek 7 Gigawattot termeltek.
- Ezzel szemben a német áramigény 74,4 Gigawatt volt.

Azaz a 74,4 GW igénnyel szemben a szél- és napenergia összesen csak 3,3 GW-ot termelt, és azt csak a nap egy kis részében, déltájt.

- Kijelenthetjük, hogy a szél- és napenergia fontos a környezetvédelem szempontjából, de nem alkalmas alaperőműi feladatok ellátására, így nem válthat ki nukleáris erőművet. A megújuló energiák és a fosszilis továbbá a nukleáris energia között meg kell találni a megfelelő arányt, a békés együttélést.
- A szél- és napenergia kapacitásoknak rendkívül gyenge az áramtermelő képessége. Míg Németországban a 91 GW-os szél- és napenergia 2016-ban 117 TWh-t termeltek, addig a Paksi Atomerőmű 2 GW kapacitással 15 TWh-t termelt. Az egy GW kapacitással Paks 7,5 TWh-t termelt, míg a német szél- és napenergia majdnem 6-szor kevesebbet, csak 1,29 TWh-t termelt. Ezért is drága a szél- és napenergia.
- A magyar villamosenergia-ellátás biztonság kulcsszereplője lesz a Paks 2 erőmű, mint alaperőmű, mely képes az év több mint 90%-ában zsinórtermelésre. Nagy szükség lesz rá, mint a rendszeres áramszünetek elkerülésének fő eszköze.

Levegő segédközeges porlasztás mérésének lehetőségei PIV/LIF segítségével

Gottlasz Valér
okl. gépészmérnök; gottlasz.valer@energia.mta.hu

Urbán András
okl. gépészmérnök; urban@energia.bme.hu

Dr. Józsa Viktor
egyetemi adjunktus; jozsa@energia.bme.hu

Guba Attila
MTA EK Laborvezető; guba.attila@energia.mta.hu

A mérnöki gyakorlatban széles körben találkozhatunk levegő segédközeges porlasztással. A folyamat anyag-, energia-, és impulzusátadással jár, melyet a bonyolultsága miatt ma is gyakran méréses úton vizsgálnak. A 21. század méréstechnikai fejlődése lehetővé tette az eddigi eredmények felülvizsgálatát a korszerű, lézeres mérőeszközök segítségével. Jelen cikk keretein belül a részecske-képen alapuló sebesség-meghatározás (Particle Image Velocimetry − PIV) és lézer indukált fluoreszcencia (Laser Induced Fluorescence − LIF) technológiák alkalmazásának lehetőségeit mutatjuk be, melyek együttesen utat teremtettek a levegő segédközeges porlasztó primer porlasztási folyamatának részletesebb megismeréséhez. A cikk keretein belül bemutatásra kerülnek a mérőkör kialakításának alapelvei és az eredmények feldolgozásának lehetőségei is.

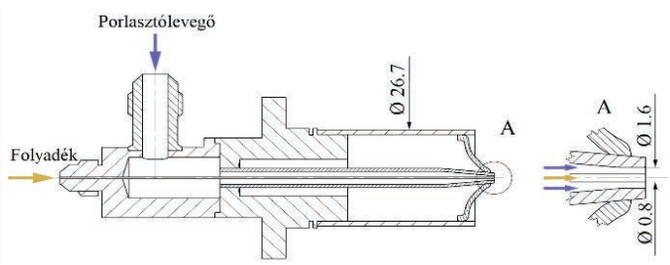
*

Airblast atomizers are widely applied in engineering practice. The atomization process incorporates simultaneous mass, moment, and energy transfer which is principally measured even today due to its complexity. The metrological achievements of 21st century have made it possible to review the available results with the help of the modern laser measurement systems. In the framework of this paper, the possibilities of using Particle Image Velocimetry (PIV) and Laser Induced Fluorescence (LIF) technologies are presented, which together have created an opportunity for investigating primary atomization. Both the measurement setup and data evaluation possibilities are discussed.

* * *

A gyakorlatban különféle tüzelési technológiákkal találkozhatunk, ahol más és más feltételeknek kell eleget tenni. Ezek közül a gázturbinák jelentős szerepet képviselnek az energiatermelésben és a repülésben a hazai és nemzetközi nézőpontok szerint is [1]. Az ipari gázturbinás egységek főként földgázzal üzemelnek, de az égőtér kialakítása lehetővé teszi a folyadék halmazállapotú tüzelőanyagok alkalmazását is. Ahhoz, hogy az ilyen jellegű tüzelőanyagfajták megfelelő módon kerüljenek felhasználásra a tüzelőberendezésben, optimális porlasztási viszonyokra van szükség, mivel ez a folyamat jelentősen kihat az égésre, így a keletkező károsanyagok alakulására is [2]. A folyékony halmazállapotú tüzelőanyagok porlasztásánál a kialakuló cseppek felületét célszerű növelni a végbemenő párolgási folyamat javításának érdekében. A cél, hogy a lángfrontot a lehető legjobban kondicionált tüzelőanyagpára-levegő keverék érje el. Ebből kifolyólag érdemes széleskörű vizsgálatokat végezni a porlasztási folyamatokra vonatkozóan, annak érdekében, hogy meghatározhatóvá váljanak az optimális porlasztási körülmények.

A gázturbinás egységekben alkalmazott egyszerű sugaras levegő segédközeges porlasztók professzionális vizsgálatát a 21. század vívmányai tették lehetővé [1]. Az általunk vizsgált égő porlasztójában a tüzelőanyag egy központi csőből áramlik ki néhány m/s-os sebességgel, míg a porlasztáshoz alkalmazott levegő néhány száz m/s sebességgel lép ki a koncentrikus fúvókából. A jelentős sebességkülönbség hatására a folyadéksugár felbomlik változó méretű frakciókra, melyek tovább aprózódnak, míg végül apró cseppek keletkeznek. Az általunk vizsgált égő metszete az 1. ábrán látható, melyről a porlasztásos mérésekhez a keverőcsövet eltávolítottuk, ugyanis jelentős zavarást vitt a rendszerbe. A vizsgálatokat hideg üzem mellett végeztük, ahol a fő cél a permet fejlődésének és struktúrájának feltérképezése volt. Így a porlasztás folyamatát önmagában tudtuk vizsgálni, az áramlási viszonyokat egyéb hatás nem befolyásolta.



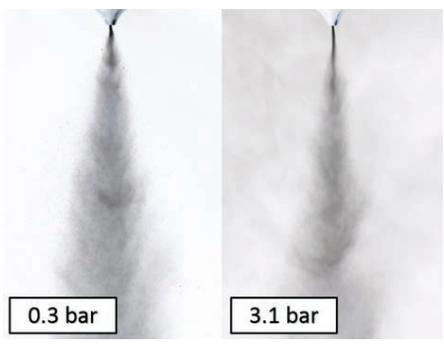
1. ábra. **A vizsgálatok során alkalmazott porlasztó metszete**

A porlasztott tüzelőanyag jellemzésére a gyakorlat számára megbízhatóan csak empirikus és félempirikus összefüggések állnak rendelkezésre, mivel a folyamat igen érzékeny a peremfeltételekre. Ebből kifolyólag, napjainkban különböző működési elvű mérőberendezések állnak rendelkezésünkre, ahol a mérések kivitelezése tudományos kihívást jelent a lejátszódó folyamatok komplexitása miatt. Ahhoz, hogy a levegő segédközeges porlasztást érdemben tudjuk vizsgálni, szükséges a permetképződés folyamatának ismerete. Ehhez a szakirodalomban számos lehetőség áll rendelkezésünkre [3, 4].

A porlasztás eredményeként létrejövő permet a tüzelőanyag és az ezt áramlás közben körülvevő levegő keveréke. A permetképződés során két jól elkülöníthető mechanizmust különböztethetünk meg, a primer és szekunder porlasztást, melyek méréstechnikája eltérő. A primer porlasztás során a kiáramló tüzelőanyag határfelületén megjelenő deformációk egyre jelentősebbek lesznek, amelyek addig nőnek, amíg végül az áramlás mentén folyadékszalagok alakulnak ki. Ezek a folyadékszalagok a további deformációk hatására szétesnek. A szakasz vizsgálati módszere egyelőre még nem kiforrott a levegő segédközeges porlasztók nagysebességű porlasztása során, mivel jelenleg korlátozottan áll rendelkezésre olyan technológia, amely a jelentős mértékű, 250-300 m/s-os sebesség lekövetésére alkalmas. Szuperszonikus áramlási viszonyokra a megjelenő sűrűséggradiens miatt gyakorlatilag a Schlieren módszer alkalmazható egyedül. Ez a képalkotás és feldolgozás technológiai nehéz-

ségei miatt nem járható út még ma. A szekunder porlasztás során további aprózódás figyelhető meg, ahol a cseppképződés akkor következik be, ha a kisebb-nagyobb folyadékszalagok kohéziójánál erősebb a felületi feszültségből származó erő vagy a Weber szám meghalad egy kritikus értéket.

A primer és szekunder szakaszokban végbemenő folyamatokat nagymértékben befolyásolja a folyadék és a porlasztóközeg impulzusa. Nagyobb kinetikus energia esetén a primer porlasztási szakasz nehezebben vizsgálható a sűrű permet miatt [5]. A 2. ábra jól szemlélteti a porlasztási folyamat során kialakuló permetet különböző nyomásértékek esetén.



2. ábra. **A permet struktúrája 0,3 és 3,1 bar porlasztási nyomáson**

A kritikus nyomás környezeti viszonyok mellett 0,89 bar, tehát az ábra egy szub- és egy szuperkritikus esetet mutat be, melyek Canon EOS 70D fényképezőgéppel készültek 1/60 s, f/4, 100 mm-es fókusztávolság és ISO 400 beállítások mellett. Látható, hogy 3,1 bar-on a primer porlasztási szakasznál jóval sűrűbb permetet tapasztalhatunk, melyhez kisebb porlasztási félkúpszög társul, mint kisebb nyomások esetében. Ebből kifolyólag a primer szakasz vizsgálata jelentős kihívás elé állítja a porlasztás területével foglalkozó szakembereket.

A primer porlasztási mechanizmus elemzésére elsősorban a PIV és a LIF (Particle Image Velocimetry, Laser Induced Fluorescence) mérőrendszerek és a nagysebességű közegek áramlásának vizsgálatára szolgáló kamerák alkalmasak. A kétdimenziós képet pixelizáció útján kapjuk meg [6].

A fúvókához közel a tüzelőanyag még folyadéksugár formájában van jelen, a levegővel interakcióba lépve szakad szét szalagokra, majd cseppekké aprózódik a szekunder porlasztás során. A tüzelőanyag szalagokká bomlása a folyadék és gáz érintkezési felületén fellépő instabilitás miatt következik be, melynek mértéke nagyban függ a kezdeti feltételektől. Ettől eltérően, a szekunder mechanizmus vizsgálatának legfőbb célja azon körülmények meghatározása, melyek esetén olyan tulajdonságú permet érhető el, mely megfelelő kondícióban éri el az égőteret. A jelenség vizsgálati módszerei kezdetben kísérleti alapúak voltak [7], mára azonban a méréstechnológia fejlődésével számos eljárás áll rendelkezésre. A cseppek vizsgálatának korai fázisában elterjedten alkalmazott technológiát képviselt a lökőcső, az állandó folyadéksugarú vizsgálat és a csepptorony [8, 9], melyek alkalmazására számos publikáció található az irodalomban [10, 11]. A primer és szekunder porlasztási szakasz vizsgálati jellemzőit az 1. táblázatban foglaltuk össze. Jelen cikk keretein belül azonban főként a PIV és LIF technológiák kerülnek bemutatásra, mely a jelenleg folyó kutatási tervek alapjait képezi a mérőkör kialakítása során.

1. táblázat. A porlasztási szakaszok vizsgálati jellemzői

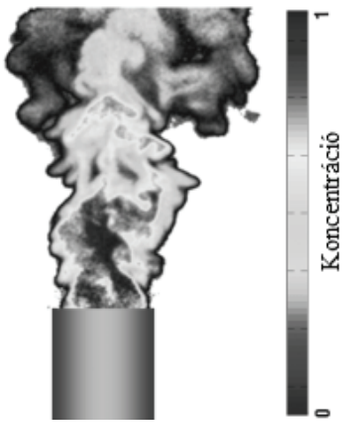
	Primer	**Szekunder**
Porlasztási állapot	Folyadékszalagok, nagyobb méretű cseppek kialakulása	Folyadékszalagok, cseppek aprózódása
Vizsgálat célja	Kezdeti jellemzők hatásának meghatározása	Megfelelő cseppméretet előidéző tényezők meghatározása
Elemzés lehetséges módja	PIV/LIF	PIV/PDA
Főbb vizsgálati jellemzők	Porlasztógeometria jellemzői, tüzelőanyag, áramlási viszonyok, cseppképződés jellemzői, áramlási jellemzők	Cseppméretek és sebességek, illetve ezek eloszlása, porlasztási félkúpszög

A PIV, a LIF és a mérőkör bemutatása

Az áramló közegek vizualizálására, mára már többféle módszer létezik, melyekkel a porlasztási folyamatok vizsgálata is elérhetővé vált. A következőekben ezek közül a PIV (Particle Image Velocimetry – részecske-képen alapuló sebesség-meghatározás) és a LIF (Laser Induced Fluorescence – Lézer Indukált Fluoreszcencia) méréstechnológiák alkalmazása és ezek mérőkörbe építése kerül bemutatásra. A két technológia ugyanazon a mérésértékelési elveken alapszik, mivel bizonyos módon láthatóvá tesszük az áramlás részleteit és kamerával rögzítjük azt. Előnyük, hogy beavatkozás mentes eljárások, azaz a mérés és az adatgyűjtés nem befolyásolja a kialakult áramlást. Az áramlás általunk vizsgált keresztmetszetét az a lézersík impulzus jelöli ki, amely egyben a megvilágításra is szolgál, és amelynek fénye végül a kamerába jut.

A PIV alkalmazása esetén olyan mikrométeres nagyságrendű fényszóró (nyomjelző) részecskék közegbe történő bekeverése szükséges, amelyek sűrűsége a közeg sűrűségével olyannyira azonos, hogy annak mozgását a részecskék közötti szlip nélkül kövesse. A porlasztás vizsgálatának szempontjából azonban nem szükséges a nyomjelző részecskék bekeverése, mivel erre a feladatra a leszakadó apró cseppek is megfelelőek, melyek a lézer fényét ugyanúgy képesek a kamerába reflektálni. A kamera objektívén alkalmazott szűrő csak a lézerfény hullámhosszát engedi át, ezzel szűrve a külső zavaró forrásokat. A PIV technikát egyébként elsősorban sebesség mérésre alkalmazzák, oly módon, hogy a mérés során fényképsorozatokat készítenek, ahol a képsorozat több száz, akár ezer képpárból áll. Két egymást követő kép között olyan kicsi az időbeni eltérés hogy a képeken rögzített részecskék pályáját még követni lehessen, így az eltelt idő függvényében számolható a sebesség. Több kamera alkalmazásával térbeli sebességeloszlást is kaphatunk.

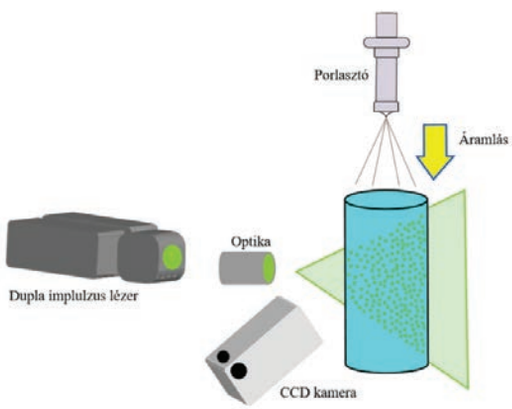
A PIV méréstechnológia alkalmazása során tehát a leszakadó részecskék fényszórását használjuk ki és ennek segítségével térképezzük fel a kialakuló permetet [12]. A LIF technika alkalmazásakor a permetről leszakadó részecskék gyakorlatilag nem látszanak, mivel méretükből adódóan kevés fényt bocsátanak ki, így lehetőség van a permetmag vizsgálatára fókuszálni. Alkalmazásához fluoreszcens festéket szükséges keverni az áramló közeghez, amely elnyelni a lézerfényt és egy másik hullámhosszon kisugározza azt. Az emisszió intenzitása hőmérséklet- és koncentrációfüggő. A kisugárzott hullámhossznak megfelelő szűrővel ellátott kamerával pedig detektálhatóvá válnak a mérendő mennyiségek. A szemléltetés érdekében kerül bemutatásra az alkalmazásából származó mintaeredmény, amely a 3. ábrán látható [13].



3. ábra. **A LIF technológia alkalmazásának szemléltetése [13]**

Az MTA Energia Tudományi Kutatóközpontjában végzett referenciamérések során 8 Hz-en készítettünk képsorozatokat a levegő segédközeges porlasztásról 800 pixel/mm felbontással. Így a permet kezdeti szakaszának sebességviszonyait tudtuk vizsgálni. Hasonló beállításokat az irodalomban is találunk [14–19].

A lézeroptikai elven működő PIV és segédberendezéseinek vázlata a 4. ábrán látható. A mérések kivitelezéséhez szükséges technológiai háttér tételes felsorolása és az ezekhez kapcsolódó alkalmazott paramétereket a 2. táblázatban foglaltuk össze.



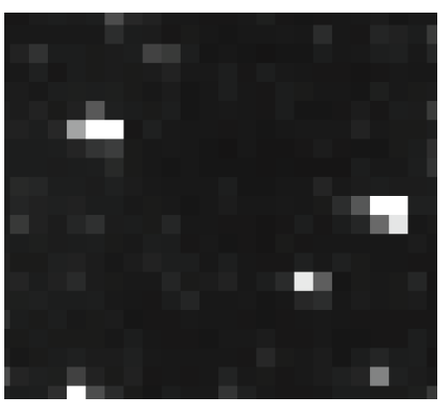
4. ábra. **A PIV mérőrendszer vázlata**

2. táblázat. A PIV és LIF mérőrendszerek komponensei

Berendezés	Típus, paraméterek
Lézer	• Litron Nano L 135-15 – Nd:YAG Dupla impulzus Lézer
	• Impulzus energia 2 x 135 mJ; 532 nm
	• Maximum frekvencia 15 Hz
Digitális kamera	• LaVision Imager SX 4M CCD kamera
	• Színmélység: 12 Bit
	• CCD-felbontás: 2360 x 1776 pixel
	• Pixel méret 5.5 mikrométer x 5.5 mikrométer
	• Képkocka szám: 31 kép/s; teljes felbontáson
	• Objektív: 100 mm, F2.8
	• Szűrő: 532 nm (PIV); 550 nm (LIF)
Adatgyűjtés és feldolgozás	• DaVis Szoftver (2D PIV szoftver modul, 3D stereoscopic PIV szoftver modul, LIF szoftver modul)
	• Posztprocesszálás: MATLAB
Festékanyag	• Rhodamine 110

A dupla impulzus lézer és a CCD kamera alkalmazásának létjogosultságát a sebességmérés megfelelő kivitelezése adja, mivel ezek képesek nagyon rövid időn belül (< 1 ms) két egymást követő felvillanásra, illetve képkészítésre. Ez elengedhetetlen a gyors elmozdulások lekövetéséhez, melynek a levegő segédközeges porlasztó vizsgálatakor kiemelt szerepe van. A LIF technika alkalmazásakor a kisugárzott fény intenzitása jóval kisebb, mint a besugárzó fényé, így indokolt a lézer magasnak mondható 135 mJ-os impulzus energiája. A színmélység a visszavert, illetve a kisugárzott fényerő felbontásában játszik szerepet, míg az objektív és a pixel mérete a térbeli felbontásért felelős. A szűrők segítségével zárjuk ki a külső optikai zajt, illetve különítjük el a mért jellemző mennyiségeket, jeleket. A kamerából érkező adatot a DaVis szoftver segítségével mentjük, ahol a képek részleges feldolgozása már megtörténik. A további feldolgozás MATLAB szoftverrel hajtjuk végre. A Rhodamine 110 az 532 nm-es gerjesztésre 550 nm hullámhosszú fényt bocsát ki, amelynek intenzitása az állandó teljesítményű lézerfény mellett a koncentrációval egyenesen arányos.

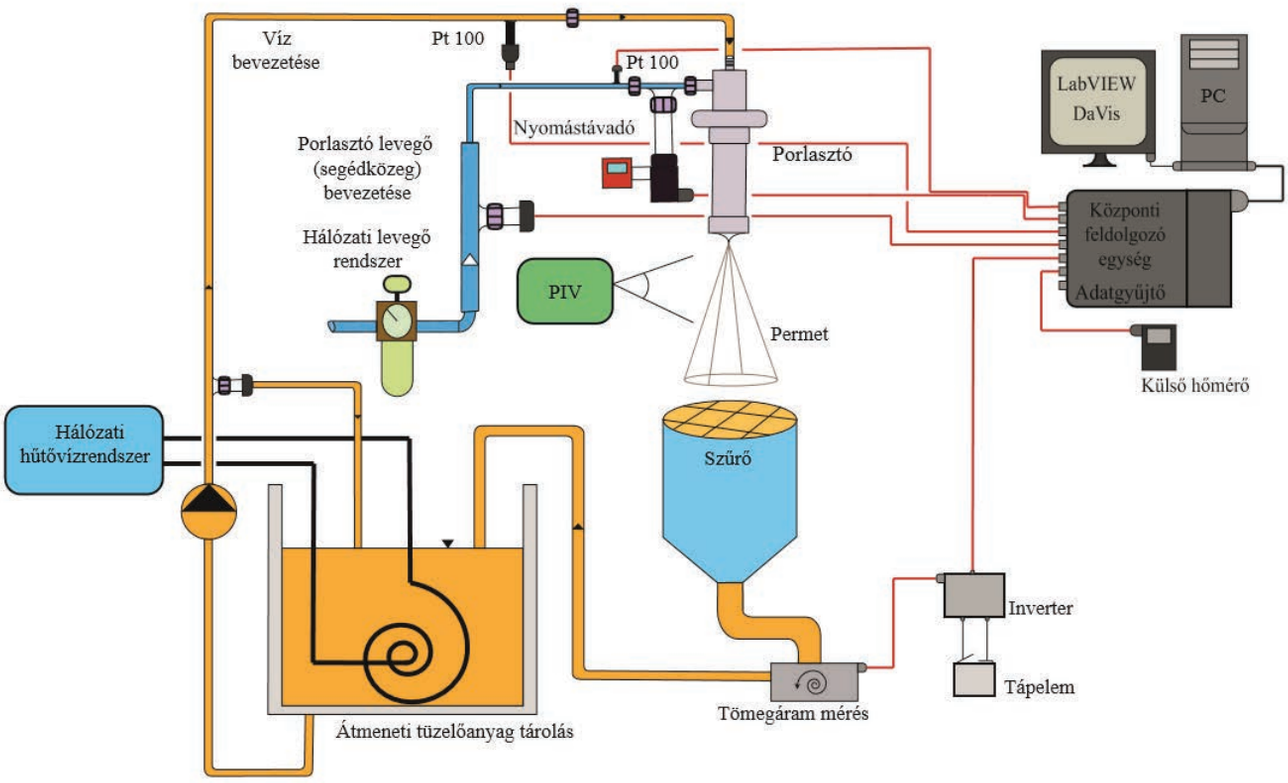
A mérések reprodukálhatósága és validálása miatt szükséges a mérés bizonytalanságának vizsgálata, amely a lézeres méréstechnológia elve miatt egyelőre csak becsülhető, nincs az irodalomban egy általánosan elfogadott eljárás erre vonatkozóan. A bizonytalanság meghatározásának metódusa a pixelek méretének vizsgálatán alapszik, mivel az kerül elemzésre hogy az adott részecske, amit a pixel fényessége jelez, valójában mekkora részt tölt ki a pixelből. Alapvetően a vizsgált pixel mindenképp fényes, de a részecske adott pixelbe eső része nem feltétlenül tölti ki a pixel teljes részét. Tehát a mérés bizonytalansága gyakorlatilag egy pixellel becsülhető, melynek a vizsgált konfigurációra vonatkozó pontos értéke 1/800 mm, azaz 1,25 μm [20]. Az 5. ábrán mutatjuk be a problémát.



5. ábra. **A PIV/LIF mérésekhez kapcsolódó bizonytalanság szemléltetése**

Az egy pixel méretű részecske pontos helye a pixelen belül bárhol lehet, azaz a síkbeli lokalizáció bizonytalansága egy pixel. A több pixelt átfogó részecskék középpontjának a koordináta értékei az intenzitás értékekre való Gauss görbe illesztéssel pontosíthatók. A térbeli bizonytalanságot, azaz a képre merőleges komponens értékének hibáját a lézersík vastagsága határozza meg. Tehát ha a mért keresztmetszetben a lézersík 0,5mm vastag, akkor a merőleges komponens bizonytalansága ± 0,25 mm.

A becsült hiba azonban attól is függ, hogy milyen mennyiségekre vagyunk kíváncsiak, mivel az előbbiekben részletezett megközelítés csak sík geometriai mennyiségekre érvényes. Ha a fény erősségéből is következtetéseket kívánunk levonni, illetve ha a se-



6. ábra. **A PIV mérésekhez készült mérőkör sematikus rajza**

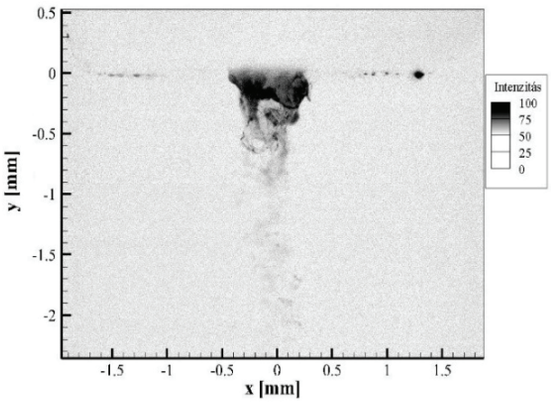
bességet is meghatározzuk, akkor további bizonytalanságokkal kell számolnunk, amely függ a megvilágítástól és a kamerától egyaránt. A porlasztás PIV és LIF referenciaméréseinek kivitelezéséhez az MTA Energia Tudományi Kutatóközpontjában egy mérőkört állítottunk össze, ahol az alkalmazott folyadék a mérések során desztillált víz volt (IAPWS: kinematikai viszkozitás 25 °C-on: 0,893 mm^2/s, Sűrűség: 997 kg/m^3, Felületi feszültség: 0,07199 N/m, Reflexiós tényező: 1,333). Természetesen a későbbi mérések során más folyadékokat is megvizsgálunk. A mérőkör levegő- és tüzelőanyag oldali elrendezése a 6. ábrán látható.

Az első rendszer a levegő oldali kialakítás, amely a nagynyomású hálózati légrendszerről üzemelt. Ezen az ágon egy tömegáram mérő, illetve egy nyomástávadó lett elhelyezve. A másik ágat a víz bevezetése képviselte, amely egy szivattyú továbbított a porlasztóhoz. A hőmérsékletek mérése Pt 100-as ellenálláshőmérő segítségével történt.

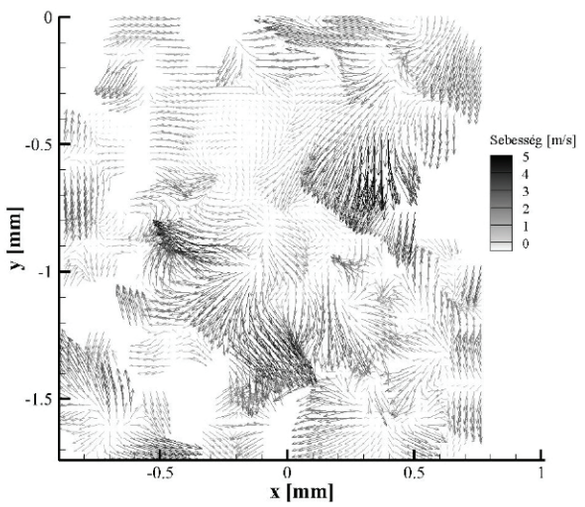
PIV és LIF méréstechnológia lehetőségei

Amint azt már korábban említettük, a jelenleg vizsgált rendszer LIF szűrő alkalmazásával gyakorlatilag a primer porlasztás, míg PIV szűrővel a porlasztás szekunder szakaszának mérésére alkalmas. A CCD kamerával felvett képet az adatgyűjtő számítógépen lévő DaVis szoftveren keresztül nyerjük ki. Porlasztás esetén nemcsak az áramló közegben lévő cseppek sebességét és koncentrációját kívánjuk meghatározni, hanem a kiáramlás határfelületét és a leszakadó szalagok, cseppek geometriája is kiemelkedő jelentőséggel bír, így posztprocesszálás céljára egy saját fejlesztésű MATLAB kódot fejlesztettünk.

A 7. ábrán látható a mérés során felvett nyers kép. A feldolgozás első lépéseként a DaVis szoftverrel eltávolítottuk a hátteret, illetve a különböző forrásból származó zajokat szűrtük. A zajok a képsorozatból alkotott mozgó átlag (egyszerre 5-7 kép) statikus (mozdulatlan) elemeinek eltávolításával szűrhetők ki. Ebből kifolyólag a mozgásban lévő objektumok, azaz a porlasztott közeg marad a képen és dolgozzuk fel tovább. Abban az esetben, ha az egyes képek intenzitása egyenetlen, vagy a képsorozat képeinek különböző az intenzitása, akkor következő lépésként szükséges azok kiegyenlítése. A képek intenzitásában jelentkező különbségek fő oka a lézerfény instabilitására vezethető vissza. Az így kapott képeket használtuk a sebességmező előállításához, illetve a geometriai vizsgálatokhoz. A sebességmező általános feltérképezését az adatgyűjtő számítógépen a megfelelő algoritmusok biztosítják, melyek a tipikus PIV korrelációs eljárásokat alkalmazzák [21]. A permetmag vizsgálata során a nyers képen is jól láthatóak az intenzitáskülönbségek, amelyek az aktuális keresztmetszetben lévő koncentrációval arányosak. Az elmozdulások lekövetésével és az egy képpárhoz tartozó két kép közötti időkülönbség ismeretében a sebesség számítható válik. A permet további részein a leszakadó cseppek, szalagok elmozdulásából határozhatók meg a sebességvektorok. A rendelkezésre álló képpárokból pillanatnyi sebességmező számolható, majd ezen képsorozatok felhasználásával átlagsebesség-mezőket készíthetünk. Kétdimenziós sebességmezőre a 8. és 9. ábra mutat példát a permet magjáról, melyeket LIF segítségével származtattunk. A porlasztóközeg túlnyomása 0,3 bar, míg a folyadék tömegárama 0,32 g/s volt a vizsgálat során, melyek korábbi tanulmányok esetén is hasonló értékeket képviseltek [5, 22]. Abban az esetben, ha szükséges a sebességmező mindhárom komponensének meghatározása, akkor ennek kivitelezését két kamera használatával valósíthatjuk meg. Az ilyen rendszer lehetőséget biztosít alacsony áramlási sebességek mellett a primer szakaszban létrejövő folyadékszalagok háromdimenziós alakjának meghatározására és ezek időbeli alakulásának vizsgálatára [18].



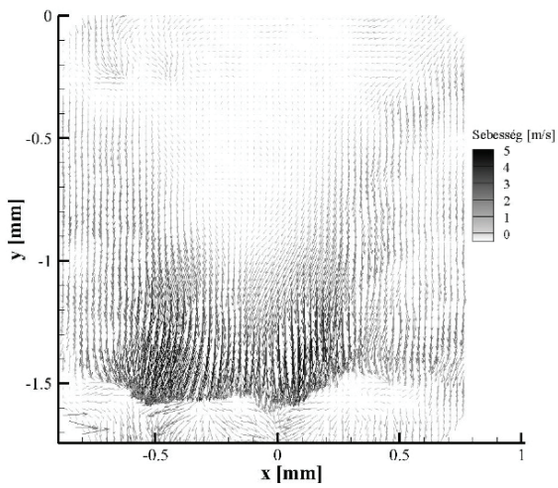
7. ábra. **A permet magjának nyers képe**



8. ábra. **A primer szakasz pillanatnyi sebességmezője**

A numerikus áramlástani szimulációs (CFD) számítások validálásához, illetve peremfeltételek megadásához általában szükséges az átlagsebesség, illetve a sebesség fluktuáció és az abból származtatott mennyiségek ismerete. A 8. ábrán látható pillanatnyi sebesség mező a képsorozat összes képpárjára számolható. Megfelelő mennyiségű képpár esetén statisztikailag szignifikáns információ nyerhető. A DaVis-ra szoftver segítségével számolható továbbá a szórás, a Reynolds feszültségek és a turbulens kinetikus energia is. A 9. ábrán látható az átlagsebesség-mező, mely elengedhetetlen a porlasztási folyamatok kielégítő leírásához, mivel az elemzésekhez szükséges dimenziótlan számok leírásához bemeneti adatokat szolgáltatnak [23].

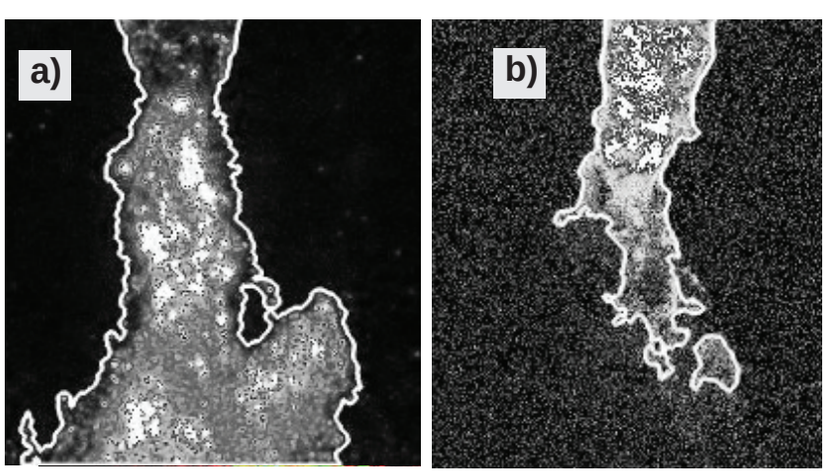
Az 8. és 9. ábrákon egy közel 1 mm × 1 mm-es keresztmetszet áramlási képe látható, ami LIF módszer segítségével nyert permetmag sebességmezőt mutat. A pillanatnyi sebességmező esetén a folyadék rendezetlenné válik, amint a bevezetett segédközeggel kapcsolatba kerül. Továbbá a helyenként hiányzó sebességvektorokra magyarázatul szolgál, hogy nem mindenhol elfogadható az eljárás eredménye, vagy egyszerűen csak nincs folyadék azokon a területeken. A porlasztott közeg legnagyobb



9. ábra. **A primer szakasz átlagsebbeség-mezője**

mért sebessége a bemutatott 0,3 bar-os porlasztónyomás esetén 5 m/s. A 9. ábrán jól látszik, hogy ez igazán a mag végénél jellemző, ahol a porlasztóközeg kinetikus energiájának jelentős része már átadódott. A porlasztónyomás növelésével a maximális sebesség jelentősen növekszik, így előfordulnak szuperszonikus áramlási viszonyok is. Ezen szakaszok vizsgálata nagy kihívást jelent a porlasztás területével foglalkozó szakemberek számára, mivel a folyadékszalagok vizsgálatára kifejlesztett mérési eljárások jelenleg csak alacsony áramlási sebességek esetén használhatóak kellő pontossággal (Weber szám < 20) [18]. Abban az esetben, ha PIV méréstechnikát alkalmazunk, azaz az annak megfelelő szűrő kerül felhelyezésre a kamerára akkor a porlasztott, leszakadó cseppek sebességmezőjét kaphatjuk ereményül.

A geometriai- és alakvizsgálatokhoz szükség van további feldolgozásra, melyet célszerűen MATLAB környezetben végeztünk. Különböző algoritmusok felhasználásával a program biztosítja a képek élességének, kontrasztjának javítását, illetve kiegyenlíti a fényerőt. Ezek után a képen található objektumok határvonalait azonosítjuk, melyet a kép bináris (fekete-fehér) képpé alakítása előz meg, a megfelelő küszöbérték meghatározásával (amely fényerő alatti pixel intenzitás fekete, vagy amely feletti fehér pixel lesz, azaz nincs közeg, vagy van közeg). A 10. ábrán a fehér vonal jelzi a határvonalakat, amelyet az eljárás feltérképez mind a primer, mind a szekunder szakasz esetén.



10. ábra. **a) A primer és b) a szekunder szakasz határvonalának szemléltetése 0,9 bar porlasztónyomás és 0,32 g/s folyadékáram esetén**

A kamera objektívének cseréjével nagyobb közelítés érhető el, amivel lehetőség van részletesebb kiértékelésre. Az objektumok határvonalainak ismeretében elemezhetőek a keresett geometriai adatok, mint a permetmag alakja, mérete (átmérő, hossz), félkúpszöge, instabilitás következtében leszakadó szalagok. Ugyancsak kiértékelhetőek a szekunder szakasz jellemzői, mint például a kisebb folyadékszalagok a határfelület közelében, illetve a keletkező cseppek méretei és alakjai.

Összefoglalás

Jelen cikk keretein belül összefoglaltuk a levegő segédközeges porlasztó által generált permet professzionális vizsgálatára alkalmas technológiákat. Bemutattuk a PIV és LIF technológiák permetvizsgálatra vonatkozó alkalmazhatóságát. Továbbá a kutatás jelenlegi állása alapján ismertetettük a lézeres méréstechnológiákhoz épített mérőkört, mellyel a primer és a szekunder porlasztás folyamatai egyaránt vizsgálhatóvá váltak. Az adatelemzés legfontosabb lépéseit és kiértékelési eljárásait ismertettük, különös tekintettel a sebességmezők meghatározását. A szerzett tapasztalatok lehetőséget adnak a későbbiekben a porlasztás szélesebb üzemi tartományon való vizsgálatához, amely a permet fejlődésének és struktúrájának könnyebb megértését szolgálja.

Irodalom

[1] Konstantinos G. Kyprianidis és Jan Skvaril, Developments in Combustion Technology. Cranfield: InTech, 2016.

[2] Penninger Antal, Tüzeléstechnika. Budapest: Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, 2014.

[3] A. H. Lefebvre and D. Miller, “The Development of an Air Blast Atomizer for Gas Turbine Application,” CoA. Rep. Aero, vol. 193, 1966.

[4] Arthur H. Lefebvre és Dilip R. Ballal, Gas turbine combustion, Alternative fuels and emissions, harmadik kiadás. CRC Press, 2010.

[5] Urbán András, Matouš Zaremba, Milan Malý, Józsa Viktor és Jan Jedelský, “Droplet dynamics and size characterization of high-velocity airblast atomization,” Int. J. Multiph. Flow, vol. 95, pp. 1–11, 2017.

[6] R. J. Adrian és J. Westerweel, Particle Image Velocimetry. 2011.

[7] D. R. Guildenbecher, C. Lopez-Rivera, és P. E. Sojka, “Secondary atomization,” Exp. Fluids, vol. 46, no. 3, pp. 371–402, 2009.

[8] L. P. Hsiang and G. M. Faeth, “Near-limit drop deformation and secondary breakup,” Int. J. Multiph. Flow, vol. 18, no. 5, pp. 635–652, 1992.

[9] A. B. Liu and R. D. Reitz, “Mechanisms of air-assisted liquid atomization,” Atomization and At. Sprays, vol. 3, no. 1. pp. 55–75, 1993.

[10] A. Shraiber, A. Podvysotsky és V. Dubrovsky, “Deformation and Bbreakup of Drops by Aerodynamic Forces,” At. Sprays, vol. 6, no. 6, pp. 667–692, 1996.

[11] F. Schmelz and P. Walzel, “Breakup of liquid droplets in accelerated gas flows,” At. Sprays, vol. 13, no. 4, pp. 357–372, 2003.

[12] LaVision, “Mie/Rayleigh/Raman,” 2017. [Online]. Elérhető: https://www.lavision.de/en/techniques/mie-rayleigh-raman/index.php. [Utolsó elérés: 2017 november 01.].

[13] LaVision, “LIF Imaging in Mixing Fluids,” 2017. [Online]. Elérhető: https://www.lavision.de/en/applications/mixing-and-thermal-flows/lif-imaging-in-mixing-fluids/. [Utolsó elérés: 2017 november 01.].

[14] Virginia R. Palero és Yuji Ikeda, “Droplet-size classified stereoscopic PIV for spray characterization,” Meas. Sci. Technol., vol. 13, pp. 1050–1057, 2002.

[15] Y. Ikeda, N. Yamada és T Nakajami, “Multi-intensity-layer particle-image velocimetry for spray measurement,” Meas. Sci. Technol., vol. 11, pp. 617–626, 2000.

[16] Todd D Fansler és Scott E Parrish, “Spray measurement technology: A review,” Meas. Sci. Technol., vol. 26, p. 34, 2015.

[17] Sina Ghaemi, Payam Rahimi és David S. Nobes, “Evaluation of StereoPIV measurement of droplet velocity in an effervescent spray,” Int. J. Spray Combust. Dyn., vol. 2, no. 2, 2010.

[18] A. R. M. P.X. Pham és A. Kourmatzis, ”Local characteristics of fragments in atomizing sprays,” in MCS 10 conference, 2017, p. 12.

[19] S.N. Sridhara és B.N. Raghunandan, “Photographic Investigations of Jet Disintegration in Airblast Sprays,” J. Fluid Mech., vol. 3, no. 2, pp. 111–123, 2010.

[20] Bernhard Wieneke, “PIV uncertainty quantification from correlation statistics,” Meas. Sci. Technol., vol. 26, p. 10, 2015.

[21] K. J. Raffel M., Willert, C.E. és Wereley S., Particle Image Velocimetry - A Practical Guide. 2007.

[22] Józsa Viktor és Urbán András, “Egyszerű sugaras levegő segédközeges porlasztó Sauter közepes cseppátmérőjének mérése és becslése,” Energiagazdálkodás, 57.évf., 3–4. szám, 2016.

[23] A. Kourmatzis, P. X. Pham és A. R. Masri, “Air assisted atomization and spray density characterization of ethanol and a range of biodiesels,” Fuel, vol. 108, pp. 758–770, 2013.

Az extrém hideg sem veszélyezteti a lakosság biztonságos gázellátását

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal friss adatai szerint 2018. februárjában a hazai gáztárolókban közel 2,5 milliárd köbméter gáz áll rendelkezésre.

A folyamatos földgázimporttal kiegészülve ez a mennyiség az extrém hideg időjárás ellenére is biztonságosan fedezi a lakosság földgázigényét.

A lakossági fogyasztók biztonságos ellátása érdekében az elmúlt tíz év legmagasabb téli gázfogyasztásának legalább 60 százalékának megfelelő mennyiségű földgázt kellett elhelyezni a tárolókban. Jelenleg közel 2,5 milliárd köbméter gáz áll rendelkezésre, emellett folyamatos az utánpótlás mind a keleti, mind a nyugati forrásokból érkező import révén. A gázimport a megállapodásoknak megfelelően zajlik, a beszállítások biztonságát, folyamatosságát semmilyen veszély nem fenyegeti. Az ország téli földgázellátását ugyanakkor nemcsak a tárolói készletek biztosítják, hanem a hazai kitermelés is.

A földgáz biztonsági készlet mértékéről szóló rendelet 2017. október 31-től 1200 millió m^3-ben határozza meg a biztonsági készlet mértékét. A tárolói készletszint alakulása hónapról hónapra nyomon követhető a Statisztika, Statisztikai ábrák rovatban.

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal az ellátásbiztonság érdekében folyamatosan figyelemmel kíséri a gáztárolásért felelős piaci szereplők tevékenységét, a hazai földgáztárolók töltöttségét és a rendszerek karbantartását.

Mekh.hu

Folyékony és elpárologtatott vizes etanol elegyek tüzelésének spektrofotometriai vizsgálata

Hidegh Gyöngyvér
energetikai mérnök, gyongyver.hidegh@gmail.com

Józsa Viktor
okl. gépészmérnök, jozsa@energia.bme.hu

A megújuló üzemanyagok egyre nagyobb figyelemre tesznek szert, így célunk, hogy a jelenlegi tüzelőberendezések könnyen átállíthatóak legyenek megújuló forrásból származó tüzelőanyagra. A folyamatosan szigorodó előírások miatt üzem közben fontos, hogy a kritikus paraméterek valós időben követhetőek legyenek, melyre egy lehetőség a spektrofotométeres mérés alkalmazása. Jelen kutatás célja bemutatni különböző folyékony és elgőzölögtetett alkoholok, illetve konvencionális tüzelőanyagok lángjának spektruma közti eltéréseket és hasonlóságokat, egy előkeveréses, perdítőelemes, előpárologtató rendszerű égővel zárt tűztérben való üzemelés során.

*

Renewable fuels are gaining increasing attention, therefore, our goal is to facilitate the easy changeover of current combustion chambers to renewable-originated fuels. The continuously stringent decrees require the on-line monitoring of the critical operating parameters to which spectroscopic measurement is an appropriate solution. This paper aims to show the differences and similarities of the spectrum of the flames of various liquid and prevaporized alcohols and conventional fuels operating in a closed flame tube by using a lean, premixing, preswirling and prevaporizing burner.

* * *

Napjainkban az energia-függetlenségre való törekvések, a konvencionális tüzelőanyag-források kimerülésének vizionálása, a helyi bányászat- és földművelés alapú gazdaságok megerősítésének szüksége és a klímaváltozás miatt egyre nagyobb érdeklődés mutatkozik az alternatív energiaforrások felé. Ezen belül a kőolaj készletek végessége, a kitermelés egyre növekvő költségei és a károsanyag kibocsátásra vonatkozó egyre szigorúbb határértékek nagymértékben ösztönzik a kutatásokat az alternatív folyékony tüzelőanyagok előállításának irányába [1]. A közlekedésben és az energiatermelésben is alternatívaként merült fel a bioetanol alkalmazása. Az előállítási folyamat jól definiálhatósága miatt előtérbe került, mint referencia tüzelőanyag a megújuló energiatechnológiák értékeléséhez [2].

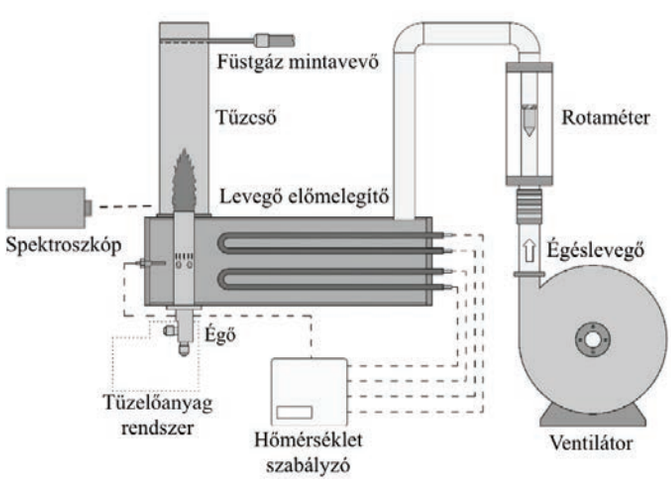
A glükóztartalmú növényekből előállított, desztillációval a legnagyobb tisztaságú, 96 V/V%-os etanol-víz elegy alkalmazása már elterjedt a járműiparban [3]. Azonban a vizes etanol alkalmazása gazdaságosabb megoldás lehet, míg felhasználása a tüzelési teljesítményt sem befolyásolja jelentősen [4]. A maximális energiahatékonyság érdekében célszerű az etanol koncentrációjának minimalizálása a tüzelőanyagban, azonban az elegynek éghetőnek kell lennie, ez a kritérium pedig maximalizálja a víztartalmat. Korábbi eredmények szerint elenyésző különbség van az 52 és a 92 V/V%-os etanol előállításának energiamérlege között [4], így az ideális koncentrációt az alkalmazás (logisztika és tüzelőberendezés) határozza meg az említett keretek között. Jelen cikkben a stacionárius tüzelést vizsgáljuk spektrofotométer segítségével.

Az égés során gerjesztett részecskék, gyökök keletkeznek, melyek egy része az egyensúlyi állapotukba kerülésük során fotont bocsát ki, ez a kemilumineszcencia jelensége. A spektrofotométer segítségével mérhető a láng spektruma, azaz a kemilumineszcens emissziója a hullámhossz függvényében. A szénhidrogén lángok legjelentősebb emittáló gyökei az OH* 310 nm-en, a CH* 430 nm-en, valamint a C_2* 516 nm-en [5]. Bár egyéb hullámhosszon is találunk intenzitáscsúcsokat, illetve a fenti anyagok más hullámhosszokon is sugároznak, a maximális jel/zaj viszony elérése érdekében az említett hullámhosszokat emeljük ki a spektrumból. Spektrofotometria segítségével az OH*/CH* arányból lamináris, előkevert, légfelesleg melletti földgáztüzelés mellett meghatározható a légfelesleg-tényező [6], ami kiváló lehetőség lángdiagnosztikai célokra [7]. A módszert sikerrel alkalmazták ipari méretű, turbulens földgázégőre is [8]. Azonban folyadéktüzelés esetén repceolajra és dízelolajra az irodalomban található gyökarány és légfelesleg-tényező közti lineáris kapcsolat inkább a CH*/C_2*-ra jellemző [9].

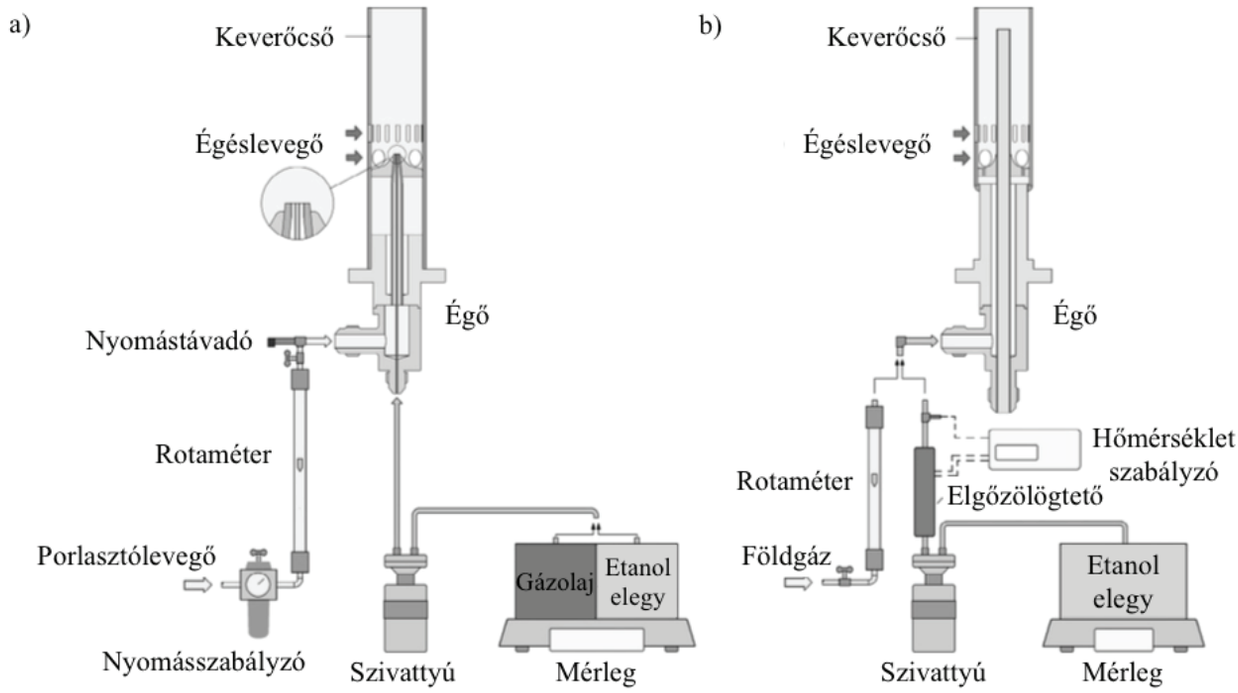
Jelen cikkünkben a spektrometria eszközével kinyerhető információt elemezzük gőz és folyékony halmazállapotú vizes etanol tüzelés esetén az említett hullámhosszokon. Az elemzés célja részben a tüzelőanyagok referenciákkal való összehasonlítása, melyek a földgáz és a dízelolaj voltak, részben pedig a H_2O tartalom hatásának értékelése a kemilumineszcens emisszióra.

A mérőberendezés bemutatása

Az 1. ábrán látható az atmoszférikus égővizsgáló tesztpad. Az égéslevegő szállítását egy ventilátor tette lehetővé. A különböző üzemállapotok beállítására egy fokozatmentes frekvenciaváltó szolgált. Az égéslevegő egy szabályozható előmelegítő segítségével érte el a 400 °C-ot, mielőtt belépett az égő keverőcsövébe. A szükséges égéslevegő mennyiség meghatározása füstgázelemzés segítségével történt. Az oxigénelemző mintavevője az égőszájra koncentrikusan helyezett lángcsőbe volt bevezetve. Az égéslevegő



1. ábra. **Az égővizsgáló tesztberendezés**



2. ábra. **Tüzelőanyag-rendszer a) folyékony és b) gáz halmazállapotú tüzelőanyagokra**

ágba szerelt rotaméter így az égéslevegő térfogatáramának ellenőrzésére szolgált.

A mérés során használt spektrométer kvarc objektíve 20 mm átmérőjű, fókusztávolsága 0,5 m, a kúp alakú mérőtérfogat átmérője ebben a távolságban 5 mm. A vizsgált lángtérfogat alsó határa 2 mm-re volt az égő szájától minden esetben. Az eszköz egy 1024 pixel felbontású n-csatornás fém-oxid félvezető fénydetektorral rendelkezik. A spektrométer integrálási ideje 300 ms volt. A mintavételezés ideje 6,4 s volt minden beállításnál.

A 2. ábrán láthatók a tüzelőanyag-rendszerek, a) folyékony és b) gáz halmazállapotú tüzelőanyag esetén. A folyékony tüzelőanyagot egy digitális mérlegre helyezett edényből egy feszültségvezérelt lamellás szivattyú juttatta az égőbe. A tüzelőanyag-fogyasztás mérésére egy mérleget használtunk, a tömegcsökkenést 30 másodpercenként regisztrálva határoztuk meg a tömegáramot. Az etanolgőz előállítása során az elegy teljes elgőzölögtetése után az előmelegítő 180 °C-ra növelte az elegy hőmérsékletét, túlhevítve azt.

A porlasztólevegő és a földgázmennyiség térfogatáramát szintén egy rotaméter mérte, a kívánt porlasztónyomást folyadéktüzelés esetén pedig egy nyomáshatároló szelep biztosította és egy nyomástávadó mérte. A földgázfogyasztás elsődleges mérése a hitelesített gázóra segítségével történt.

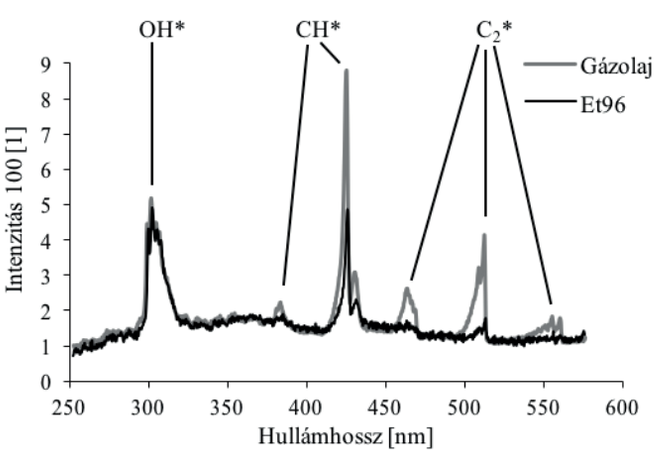
Az alkalmazott előkeveréses, előpárologtató rendszerű perdületes égőben a porlasztást egy egyszerű sugaras levegő segédközeges porlasztó valósította meg, ahol a központi tüzelőanyag vezetékkel koncentrikusan, gyűrű keresztmetszetben lép ki a nagysebességű porlasztólevegő. A két közeg sebességkülönbsége vezet a folyékonysugár felbomlásához és a cseppek képződéséhez. Az égéslevegő négy tisztán radiális kör keresztmetszetű és tizenöt 45°-os téglalap keresztmetszetű nyíláson keresztül lép be a keverőcsőbe. Itt megtörténik a cseppek részleges elpárolgása, tehát már egy relatíve homogén tüzelőanyag-levegő keverék éri el a lángfrontot. Gáz halmazállapotú tüzelőanyag esetén a középső, pilot ágat lezártuk, a tüzelőanyag a fő ágon érkezett, mely a keverőcső alján 12 db 1,3 mm átmérőjű furaton keresztül jutott a keverőtérbe. Mivel a víztartalom növelésével a láng egyre szűkebb üzemi tartományon marad stabil, egy 30°-os félkúpszögű, 16 mm alkotójú diffúzort illesztettünk az égők szájára [10], melyek belső átmérője 26,8 mm. A tüzelési teljesítmény minden esetben 15 kW volt. Az alacsony károsanyag kibocsátás érdekében a porlasztónyomás 0,75 bar volt [11], míg a füstgáz oxigéntartalma egységesen 3%-ra lett beállítva. A vizsgált referencia tüzelőanyagok földgáz és szabványos dízelolaj (EN 590:2014) voltak, míg az etanol-víz elegyek esetén 96, 90, 80, 70, 60 és 50 V/V%-os elegyeket vizsgáltunk folyadék és gőz halmazállapotokban bejuttatva. A megfelelő alkoholra a cikk további részében Et előtaggal hivatkozunk. A lángcsövet a gyújtáshoz és a spektrofotométeres méréshez egyaránt a szükséges mértékben, néhány cm-re felemeltük. Mivel a zárt lángcső nagyban hozzájárult a lángok stabilizálásához, így a felsorolt etanol-víz elegyek közül nem mindre rendelkezünk spektrofotométeres eredménnyel, ezt később részletezzük. Az égő szája fölötti térrészt vizsgáltuk a spektrofotométerrel, ahová a környező levegő még nem tud bekeveredni, így a részletezett módon nyitott tűztér és a zárt tűztérben is ebben a pozícióban teljesen azonos kemilumineszcens emisszió várható.

Eredmények értékelése

A folyékony és gáz halmazállapotú, különböző koncentrációjú etanol-víz elegyek közül a folyékony Et96 és Et90 tüzelése még lángstabilizáló elem nélkül is megvalósítható volt, az Et50 esetében pedig csak zárt égőtér mellett lehetett tüzelni. A gáz halmazállapotú elegyek vizsgálatakor már a legmagasabb koncentráció is megkövetelte a diffúzoros elem használatát, illetve az Et90-nél kisebb koncentrációjú elegyek lángjának spektroszkópos mérésére már nem volt lehetőség, mivel a lángcső felemelésével a láng azonnal kialudt.

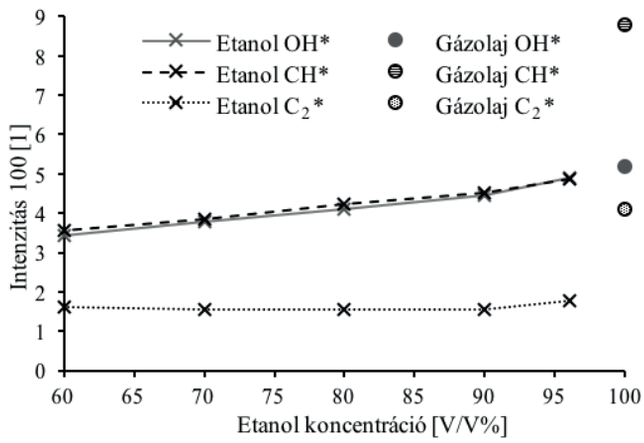
A 3. ábrán az Et96 és a gázolaj spektruma látható. Megfigyelhető, hogy az intenzitáscsúcsok az etanol esetében nagyobb hullámhosszok felé tolódnak el a gázolaj lángjában látható intenzitás csúcsokhoz képest, ami a rövid szénlánccal magyarázható. A két

tüzelőanyag esetében az intenzitáscsúcsok lecsengései azonosak, az etanol esetében azonban a maximum értékek mintegy 1 nm-rel magasabb hullámhossz értékeknél láthatóak, mint a gázolaj láng intenzitás csúcsai. Mivel a spektroszkóp felbontása az alkalmazott rács mellett 0,3125 nm, az eltolódás nem feltétlen tudható be egy annyira jelentős fizikai hatásnak, ami 1 nm-t tolna a csúcsokon [12]. A jellemző csúcsértékeket megfigyelve megállapítható, hogy a megfelelő gyököket tekintve a kemilumineszcens jelek regisztrálásával a két tüzelőanyag jól megkülönböztethető egymástól. Bár az OH* intenzitáscsúcsai hasonló értékeket vesznek föl a két tüzelőanyag esetében, a CH* és C_2*-höz tartozó intenzitásmaximumok számottevő különbséget mutatnak. Mivel a két tüzelőanyagot alkotó szénláncok felépítése és az ezekből eredő fizikai és kémiai tulajdonságok alapvetően eltérnek egymástól, reakciókinetikájuk is eltérő domináns utakat követ. A lángok spektruma alapján való megkülönböztethetőséghez arra van szükség, hogy legyen olyan karakterisztikus csúcs egy adott hullámhossz értéknél, ahol a különböző tüzelőanyagokhoz tartozó intenzitásértékek jól detektálhatóan eltérnek egymástól. A 3. ábra eredményeit megfigyelve látható, hogy az etanol elegyhez tartozó CH* intenzitása majdnem kétszerese a gázolajhoz tartozóéhoz képest. A C_2* esetében az etanolt tekintve a gázolajnál jellemző három különböző hullámhosszon található csúcs értékei közül csak az 513 nm-nél található csúcs azonosítható egyértelműen a spektrumban, értéke ennek több mint kétszerese a gázolaj spektrumában lévő azonos hullámhosszhoz tartozó csúcs értékének. Ez azzal magyarázható, hogy a kettőből az egyik szénatom egy oxigénatomhoz kötődik eleve, így a C_2* képződése visszaszorul. A hasonló OH* érték magyarázható a domináns reakcióval, mely OH*-öt termel: CH + O_2 ↔ CO + OH*. Mivel a CH* fő forrása a C_2H + O ↔ CO + CH*, így ismételten az egyik szénatomhoz kapcsolódó oxigén miatt a C_2H kevésbé valószínű előfordulása miatt kapunk jelentősen alacsonyabb CH* intenzitást [13].



3. ábra. **Gázolaj és folyékony Et96 spektruma**

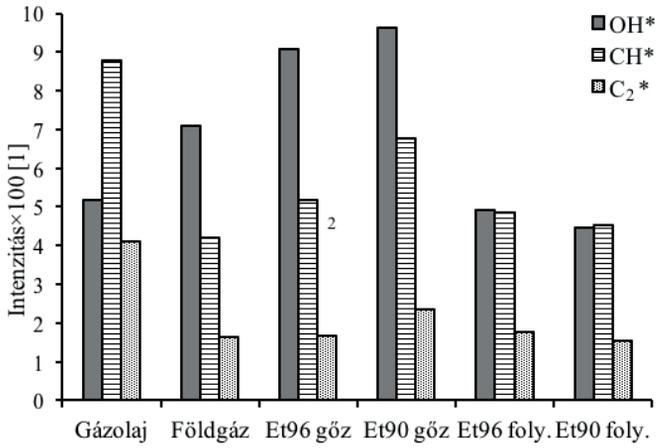
A 4. ábrán a folyékony alkoholok és a gázolaj lángjának OH, CH és C_2 gyökeihez tartozó legmagasabb értékű intenzitáscsúcsok láthatók. Az alkoholok esetében az OH* és CH* intenzitáscsúcsok között csak minimális eltérés található. Az etanol koncentráció növelésével az intenzitáscsúcsok egyre magasabb értéket vesznek föl, ez a koncentráció növekedésének tudható be. Az elegyekhez tartozó intenzitásokkal szemben a gázolaj OH* és CH* intenzitásai jól láthatóan eltérő értékeket vesznek föl. Az etanol koncentráció csökkenésével egyre nagyobb eltérés látható az alkoholok, illetve a gázolaj OH* intenzitáscsúcsai között. Azonban, ahogy az a 3. ábrán is látható volt, az Et96 OH* intenzitáscsúcsának értéke közel azonos a gázoljahoz tartozó értékkel. Az egyes alkoholokhoz tartozó C_2* intenzitáscsúcsait megfigyelve a 4. ábrán nem látható a másik két gyöknél tapasztalt erősödő intenzitás a koncentráció növelésével. Et60–90-ig a csúcsértékek gyakorlatilag azonosak, míg Et96 esetén 15-20 egységgel meghaladja a csúcsérték a kevésbé dús elegyeknél tapasztalt maximumokat. A 3. ábrán látottakhoz hasonlóan a 4. ábra szerint az alacsonyabb koncentrációjú elegyek spektrumában található OH* által eredményezett intenzitáscsúcsok is jól elkülöníthetők a gázolaj spektrumában lévő intenzitásmaximumtól.



4. ábra. **Folyékony etanol elegyek és a gázolaj OH*, CH* és C_2* intenzitáscsúcsai**

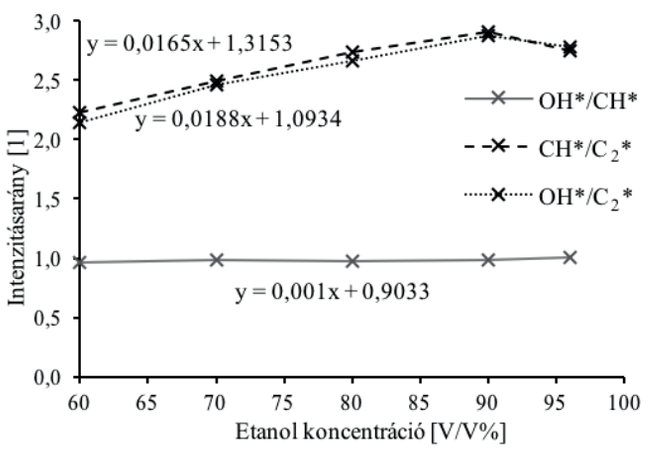
Az 5. ábrán a gázolaj, földgáz és az Et90 és Et96 folyékony és gáz halmazállapotú alkoholok OH*, CH* és C_2* intenzitáscsúcsai láthatók. A vizsgált fosszilis tüzelőanyagok spektruma jól megkülönböztethető egymástól: a tüzelés során a gázolaj spektrumában a CH* dominál, a földgáz spektrumában az OH*-höz köthető intenzitáscsúcs a legmagasabb számértékű, ami magyarázható a molekula egyetlen szénatomjával. A folyékony tüzelőanyagokkal szemben a gáz halmazállapotú alkoholok lángjának spektruma hasonló tendenciát mutat a földgázéval. Az etanol elegyek esetében azonban mindhárom gyökhöz tartozó intenzitás maximumértéke magasabb a földgáz tüzelése során mérteknél. A folyékony elegyeknél tapasztalt koncentrációcsökkenéssel járó intenzitáscsökkenés a gáz halmazállapotú elegyek esetén fordított trendet mutat: Et90 OH, CH és C_2 gyökökhöz tartozó intenzitáscsúcsok magasabb értékeket vesznek föl, mint az Et96 megfelelő intenzitásmaximumai. A jelenségre magyarázatot adhat a nagyobb koncentrációjú H_2O, ami kiváló ütközőmolekula, tehát gyorsítja a reakciókat. A folyékony és gáz halmazállapotú alkoholok spektruma közti különbség a tüzelőanyag szabályozott elgőzölögtetésének és túlhevítésének, a szénláncok fokozott aprózódásának és ezáltal a fizikai, kémiai tulajdonságok megváltozásával magyarázható. Az OH*-höz tartozó intenzitáscsúcsokat figyelve jól megkülönböztethető egymástól a folyadék és gőz elegyek spektruma. A CH*-höz tartozó csúcsok között már kisebb eltérés látható, a C_2*-nek köszönhető intenzitásmaximumok közötti eltérés pedig még kevésbé számottevő.

Az intenzitásarányok lángdiagnosztikai célra történő alkalmazása megvalósulhat a tüzelőanyag koncentráció figyelembevételével is. A 6. ábrán az egyes gyökök intenzitásarányainak változása látható az etanolkoncentráció függvényében folyékony alkoholtüzelés



5. ábra. **Gázolaj, földgáz és a 90 és 96 V/V%-os folyékony és gáz halmazállapotú alkoholok OH*, CH* és C_2* intenzitáscsúcsai**

esetén. Az OH*/CH* intenzitásarány a koncentráció függvényében nem változik. A légfelesleg végig azonos volt, ezért elképzelhető, hogy etanoltüzelés esetén az említett arány korrelál a légfelesleggel a víztartalomtól függetlenül. A CH*/C_2* és OH*/C_2* intenzitásarányok változása hasonló módon történik, az Et60-90-es koncentrációváltozás között az intenzitásarányok értéke monoton növekszik, ebből adódóan ebben a tartományban a spektrum regisztrálásával és az intenzitásarányok megállapításával következtethetünk a tüzelőanyag etanoltartalmára.



6. ábra. **Folyékony halmazállapotú alkoholok OH*/CH*, CH*/ C_2* és OH*/ C_2* intenzitásarányainak változása a koncentráció függvényében**

Összefoglalás

A cikkben a 90 és 96 V/V%-os elgőzölögtetett és 60-96 V/V%-os folyékony etanol kemilumineszcens spektrumát vizsgáltuk és hasonlítottuk össze két referencia tüzelőanyaggal: földgázzal és dízelolajjal. A gázolaj és a 96 V/V%-os folyékony etanol lángjának spektrumában található OH gyökhöz tartozó intenzitáscsúcsok értéke közel azonos, a koncentráció csökkenésével pedig értékük közel lineárisan csökken. A folyékony alkoholok OH és CH gyökeihez tartozó intenzitásmaximumok közel azonos értékűek voltak az egyes vizsgált koncentrációk esetén, a C_2*-nek köszönhető intenzitáscsúcsok értéke azonban a koncentráció változásával állandónak mondható. A gáz halmazállapotú etanol elegyek lángjának spektrumában a C_2* intenzitás értékei hasonlók, mint a folyékony elegyeknél tapasztaltak. A gáz halmazállapotú alkoholok lángjának spektrumát a földgáz lángjáéval összevetve megállapítható, hogy a spektrumok lefutása hasonló, azonban az etanol elegyek esetében az intenzitáscsúcsok értéke magasabb.

Az egyes gyökök intenzitásarányának lángdiagnosztikai alkalmazása tapasztalataink szerint nem csak a légfelesleg-tényező megállapítására szolgálhat, hanem különböző koncentrációjú folyékony etanol elegyek tüzelésekor segítségével meghatározható lehet a tüzelőanyag minősége is. A 60-90 V/V%-os elegyek esetében a CH*/C_2* és OH*/C_2* intenzitásarányok értékéből egyértelműen következtethetünk a tüzelőanyag etanoltartalmára.

Napjaink erőművi gázturbinái többféle üzemanyaggal, illetve azok keverékével is képesek üzemelni. Az üzemanyagváltásból eredő tranziensek azonban megkövetelik a gyors és valós idejű diagnosztizálás és szabályzás alkalmazását. A fenti elemzés megmutatta, hogy erre egy jó megoldás lehet a spektroszkópia alkalmazása, mivel segítségével a vizsgált tüzelőanyagok fajtája egyértelműen megállapítható. Következő lépésben érdemes lehet az egyes tüzelőanyagok keverékének spektroszkópos vizsgálata a keverék minőség, azaz az összetétel megállapítására.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Emberi Erőforrások Minisztériumának, az ÚNKP-17-2-I. kódszámú, Új Nemzeti Kiválóság Program és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával, az NKFI Alapból az OTKA-FK 124704 projekten keresztül valósult meg.

Irodalom

[1] A. H. Lefebvre and D. R. Ballal, Gas turbine combustion, Third. Boca Raton: CRC Press, 2010.
[2] E. Cséfalvay, G. R. Akien, L. Qi, and I. T. Horváth, “Definition and application of ethanol equivalent: Sustainability performance metrics for biomass conversion to carbon-based fuels and chemicals,” Catal. Today, vol. 239, pp. 50–55, 2015.
[3] R. C. Costa and J. R. Sodré, “Hydrous ethanol vs. gasoline-ethanol blend: Engine performance and emissions,” Fuel, vol. 89, no. 2, pp. 287–293, 2010.
[4] A. Kun-Balog, K. Sztankó, and V. Józsa, “Pollutant emission of gaseous and liquid aqueous bioethanol combustion in swirl burners,” Energy Convers. Manag., 2017.
[5] A. G. Gaydon, The spectroscopy of flames, 2nd ed. Chapman and Hall Ltd., London, 1974.
[6] J. Kojima, Y. Ikeda, and T. Nakajima, “Basic aspects of OH(A), CH(A), and C2(d) chemiluminescence in the reaction zone of laminar methane-air premixed flames,” Combust. Flame, vol. 140, pp. 34–45, 2005.
[7] J. Ballester and T. García-Armingol, “Diagnostic techniques for the monitoring and control of practical flames,” Prog. Energy Combust. Sci., vol. 36, no. 4, pp. 375–411, Aug. 2010.
[8] D. Guyot, F. Guethe, B. Schuermans, A. Lacarelle, and C. O. Paschereit, “CH*/OH* Chemiluminescence response of an atmospheric premixed flame under varying operating conditions,” Proccedings ASME Turbo EXPO, pp. 1–12, 2010.
[9] V. Józsa and A. Kun-balog, “Spectroscopic analysis of crude rapeseed oil flame,” Fuel Process. Technol., vol. 139, pp. 6–11, 2015.
[10] V. Józsa and A. Kun-Balog, “Effect of diffusers on pollutant emissions in a diesel oil fueled swirl burner,” in Proceedings of the 8th European Combustion Meeting, 2017, pp. 666–670.
[11] A. Kun-Balog and K. Sztankó, “Reduction of pollutant emissions from a rapeseed oil fired micro gas turbine burner,” Fuel Process. Technol., vol. 134, no. x, pp. 352–359, 2015.
[12] “NMOS linear image sensor S3901/S3904 series,” HAMAMATSU PHOTONICS K.K., 2014. https://goo.gl/1iQsPv
[13] C. S. Panoutsos, Y. Hardalupas, and A. M. K. P. M. K. P. Taylor, “Numerical evaluation of equivalence ratio measurement using OH* and CH* chemiluminescence in premixed and non-premixed methane-air flames,” Combust. Flame, vol. 156, no. 2, pp. 273–291, 2009.

Naperőművek a VER-ben, szemlélet zöld hályogon át

Dr. Szondi Egon János
aranyokleveles gépészmérnök, dregonjanos@gmail.com

A Paksi Atomerőmű 2000 MW-jánál nagyobb naperőművi teljesítmény beruházása is elképzelhető 2018-ig a magyar villamos energia-rendszerben. Ez a VER teljesítményének harmada. Ennek a projektnek kiagyalói zöld szemüvegen (zöld hályogon) át szemlélik a rendszert. A laikus beruházók döntését az EU olyan interaktív programmal támogatja, melynek meteorológiai adattára kozmetikázott adatokat tartalmaz. A magyar Nemzeti Energiastratégia bírálatában a szerző évekkel ezelőtt javaslatot tett meteorológiai kutatásokra, de ezeket a zöld lobbi elgáncsolta. – A cikk mért adatokkal és EU dokumentumokkal támasztja alá megállapítását: a zöldek ellenőrizetlen tevékenysége a VER szabályozhatóságát veszélyezteti, akár fogyasztói korlátozásokra és/vagy regionális rendszerösszeomlásra is sor kerület.

*

Investitio of solar power plants with power more than 2000 MW up to 2018 is imaginable in the Hungarian electric energy system, which is higher than the power of the Paks NPP. This amount is a third part of the system power. The contrivers of this project view the system through green glasses (through glaucoma[1]). The EU supports the decisions of the nonprofessional investitors by an interactive program, the data in its library were subject of cosmetic modifications. The author suggested some meteorologic research years ago in the remarks to the Hungarian National Energy Strategy, but the green lobby crossed these. – The article supports the statement by measured data and EU documents: the uncontrolled activity of the greens endangers the control of the system, even limitation of the consumption and/or system falling-out in regional size may occur.

* * *

„Tudom, hogy a Cassandrák szerepe hálátlan szerep.
De Te fontold meg, hogy Cassandrának igaza volt!”
Kossuth Lajos (1867)

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal 2017 nyarán közzétett tájékoztatását [1] az egyik internetes újság így foglalta össze: *„A megújuló energiaforrásból előállított, kötelező átvételi támogatásban részesülő villamos energia erőművek beépített kapacitása 2015-ben 837 megawatt volt. Ha minden tervezett erőmű elkészül, akkor a hazai napelemes kapacitás – a háztartási méretű kiserőműveket nem számítva – mintegy 2100 megawattra nőne 2018 végéig. Ez összességében meghaladja a paksi atomerőmű teljesítményét* – jelezte a MEKH.” [2]. A hírnek – jóllehet a magyar villamos-energia-rendszer szempontjából nagyon fontos beavatkozásról szól – nem nagyon volt visszhangja.

A 2100 MW teljesítményt a VER beépített teljesítményéhez viszonyítva lehet helyesen értékelni. A rendszer viszonylag friss adatai megtalálhatóak [3] 7. táblázatában. A teljes beépített teljesítmény (BT) 7373,7 MW. A többlet 2100 – 837 = 1263 MW ennek 17,1%-a. „Kedvező” időjárás esetén a naperőművek ekkora többlet-zavarást okozhatnak a VER üzemében, minden nyári napon. Valójában még nagyobb a zavarás aránya, hiszen

- a 837 MW is zavar,
- továbbá a VER terhelése lényegesen kisebb, mint a BT.

A BT-vel való számolás indoka az, hogy így a magyar helyzet összehasonlítható az USA néhány nyugati államával.

A reális összehasonlítás alapja csak egy olyan VER lehet, amelyik többféle erőműből áll (ez az alapja a Nemzeti Energiastratégia atom + szén + zöld erőmű-mixének [4]). A kaliforniai Mojave Desert-hez közel találhatók az SCPPA, Southern California Public Power Authority non-profit szervezet tagvállalatainak erőművei, nagyfeszültségű államközi vezetékei és földgáztárolói [5]. Az erőművek összes BT-je 8515 MW, annyi, mint a magyar VER 2018 végi 7373,7+1263=8636,7 MW értéke. Az SCPPA erőműveinek spektruma az 1. táblázatban található. Az alap-terhelést az atomerőmű viszi, a terhelés-változást a vízerőművek és a szén- és gáztüzeléses erőművek változó teljesítménye követi. Az egyetlen napelemekkel működő (photovoltaic, PV) erőmű BT-je a VER BT-jének mindössze 2,9%-a. A kis arány és a sivatagi éghajlat miatt ennek a napi, sőt

1. táblázat. **SCPPA erőműveinek fő jellemzői**

Erőmű	Üzemanyag	Teljesítmény MW	Állam	Üzembe helyezés
Palo Verde Power	atom	4000	AR	1986
Canyon Power Project	vízerőmű	1951	CA	1935
		200	CA	2011
Apex Power Project	földgáz (kombinált ciklusú)	531	NV	2003
Magnolia Power Project		310	CA	2005
San Juan* Unit 3 Power Project	szén	497	NM	1979
MWD Hydropower Project	törpe vízerőmű	17	CA	2008
Tieton Hydropower Project		13	WA	2005
Windy Flats	szél	262	WA	2010
Milford Wind Corridor Phase I		203	UT	2009
Milford Wind Corridor Phase II		102	UT	2011
Linden Wind Energy Project		50	WA	2010
Copper Mountain Solar 3**	PV (napelemes)	250	NV	2014
Ormat Heber 1	geotermikus	62	CA	1985
Don A Campbell I		25	NV	2013
Don A Campbell II		25	NV	2015
Ormat Heber South and Gould 2		17	CA	2006
Összesen		8515		

* Az egész erőmű teljesítménye 1646 MW, ebből 497 MW tulajdonosa az SCPPA
** Az egész erőmű teljesítménye 458 MW, bővítés után 552 MW, ebből 250 MW tulajdonosa az SCPPA

[1] Hungarian expression: through green blur

2. táblázat. A napsütés időtartamának és a csapadékmennyiségnek gyakorisági adatai Budapesten (napok száma 1912/01/01–2000/12/31)

Napsütés óra*	Csapadék mm*																
	0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	30-	Σ
0-1	5692	904	560	413	279	235	159	105	97	75	58	32	32	22	14	74	8751
1-2	1331	134	77	42	39	25	20	14	8	11	7	6	1	3	4	10	1732
2-3	1337	131	61	48	38	26	11	12	9	4	8	4	5	3	6	11	1714
3-4	1442	128	59	50	32	15	18	8	9	4	8	5	2	4	1	10	1795
4-5	1475	98	64	37	25	21	12	7	10	2	3	4	2	3	1	5	1770
5-6	1601	97	46	26	22	16	16	9	9	3	2	1	2	0	3	6	1859
6-7	1775	73	62	36	27	21	12	8	3	4	1	1	1	1	1	9	2035
7-8	1977	92	53	26	16	11	11	7	6	5	1	0	3	1	2	6	2217
8-9	1916	57	29	23	9	8	7	4	11	7	2	5	0	0	1	3	2082
9-10	1835	52	21	20	16	7	9	6	8	4	3	1	2	0	1	5	1990
10-11	1629	53	31	15	7	5	2	3	2	1	0	2	1	1	0	1	1753
11-12	1518	32	22	13	13	5	4	5	2	2	2	3	0	2	1	0	1624
12-13	1585	27	12	7	6	3	4	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1648
13-14	1022	10	5	5	2	2	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	1050
14-15	455	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	460
15-16	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
Σ	26618	1892	1102	761	532	400	285	189	175	124	96	65	51	42	35	141	32508
*Szélsőségek: max. napsütés 1930/07/03, 15,3 óra (csapadék 0); max. csapadék 1937/05/23, 93,9 mm (napsütés 0)																	

akár évi menetrendje is tervezhető, vagyis a VER üzemeltetésében nem okoz gondot. Másrészt a többi erőmű 97,1% részesedése megoldja a PV erőmű energiatárolási feladatait.

Demagóg (zöld) megközelítéssel a kis PV naperőművek kedvező hatásúak lennének. Példaként felhoznák, hogy a Mojave Desert sivatagban ilyen naperőműveket telepítettek [6], ezek BT-je[2] 1036 MW, ami ugyanaz a nagyságrend, mint a 2018-ra tervezett hazai kis PV erőművek 1263 MW-ja. A hazai beruházásokhoz „referencia adat" az ott 27,4%-ra tervezett kihasználási tényező (az ehhez tartozó évi csúcskihasználási óraszám 2400). Ezzel szemben a napjárást követő erőművekkel elérhető hazai átlagérték az 1912–2000 időszakban 22,6%, illetve 1982 óra ([7] adataiból számolva[3], részletek alább). Fixen telepített napelemekkel a jellemző érték max. 10–12% környékén van. Már csak a csúcskihasználás nagy különbsége miatt sem lehet a Mojave Desert referencia-alap. A példa-adásnak semmi értelme, hiszen a hazai nem-PV erőművek 8637,3 – 2100 = 6537,3 MW BT-je 2100 MW éjjel-nappali teljesítmény-ingadozást tárolóként felvenni nem tud. (A nagy dunai és/vagy szivattyús-tározós vízerőművek a magyar VER-ből nem szakmai, hanem politikai okokból hiányoznak.) A VER optimális teherelosztása pl. a minimális állandó teljesítmény elérése miatt nem valósítható meg. A (házi) naperőművekkel együtt létesülő akkumulátor-telepek nélkül a hazai rendszer használhatatlan lenne [8]. Komolytalan elképzelés, hogy az akkumulátorok beruházását a lakosság fizetni fogja.

A létesítmény helyének szerepéről gyakran megfeledkeznek. A fent bemutatott PV erőművek mind Észak-Amerika nyugati partjainak közelében találhatók. A nyugati szelek övezetében, a Sziklás Hegység keleti oldalán a leáramló levegő komprimálódik, ezáltal melegszik. A meleg levegő több vizet tartalmazhat gőz-fázisban, mint a hideg, vagyis szárad, ezért a napsütést nem árnyékolják a felhők. Az itteni sivatagok ideális telephelyet jelentenek a naperőművek számára (kezdetben „tornyos" megoldással: a torony tetejére telepített kazánt sok ezer, a nap járását követő tükörrel visszavert fénnyel fűtötték, pl. [9], később tértek át a PV rendszerre).

Nyilvánvaló, hogy minél csapadékosabb egy hely, annál kevesebb a napsütés. A naperőművek telepítéséhez a szárazabb helyek kedvezőbbek. A helyi mikroklíma kis távolságon belül jelentősen eltérhet. Néhány számérték Dél-Amerikából: az évi csapadék az Andok gerincénél, a Chile-Argentína határnál 4000 mm körül; kb. 25 km-rel keletebbre, San Carlos de Bariloche-ban, az Universidad Nacional de Cuyo kampuszánál (a Balseiro Institute területén) 1800 mm körül; innen kb. 20 km-nyire, a város keleti szélén, a repülőtéren 600 mm körül; további 20-30 km-re, már a pampákon 200 mm körül alakul. Ezek a helyfüggést hangsúlyozó adatok könnyen elképzelhetők, megjegyezhetők.[4] – Az okok ugyanazok, mint a Sziklás Hegység esetében.

Mért időjárási adatok

A PV erőművek termelése naptár- és időjárás-függő. A Nemzeti Energiastratégia számos éghajlati tényezőt nem vett figyelembe, ezekkel foglalkozott a [11] cikk. Az éghajlati adatokat 100 év mért időjárási jellemzői reprezentálták, ezen belül napi napsütési adatok 89 évre, 1912–2000 között álltak rendelkezésre[5] [7].

A csapadék-napsütés összefüggés triviális. A kijelentést tartalommal tölti meg a 2. táblázat, ami az 1912 és 2000 közötti budapesti adatok gyakoriságát mutatja be. Az adatokból látszik, hogy 89 év alatt évi átlagban legalább 1 olyan nap, amikor esett az eső és napsütés is volt csak ritka időjárási körülmények között fordult elő:

[2] Desert Sunlight Solar Farm 550 MW, Ivanpah Solar Electric Generating System 392 MW, Nevada Solar One 64 MW, továbbiak tervezés-kivitelezés alatt

[3] A maximum 26% lett volna, 1931-ben

[4] „Szerencsére" Magyarország sík vidék, ezért a hazai gyakorlatban a 0,1°×0,1°-os rács [10] mentén ilyen nagy ugrások nem fordulnak elő.

[5] A [7] oldalon az adattárat időközben kibővítették, az utolsó év 2010. A megállapítások konzisztenciája érdekében a bemutatott táblázatok és ábrák az [11] cikkhez végzett számítások eredményeiből vannak összeválogatva (a 2001–2010 adatokkal kiegészített számítások nem adnak lényegesen eltérő eredményeket).

2-4 mm csapadék	5-6 óra napsütés
4-18 mm csapadék	0-1 óra napsütés
18 mm-nél több csapadék	nincs napsütés

Ahhoz, hogy a PV erőmű működéséről érdemes legyen beszélni, legalább 5 óra napsütésre szükség van. Ez a naptári időnek 52%-ában teljesül, mert 48% az olyan napok aránya, amikor a csapadék legfeljebb 4 mm.

A „hétvégére mindig elromlik az idő” kijelentés kedvező lenne a PV naperőművek számára, hiszen ez azt jelentené, hogy ezek termelése igazodna a munkarendhez. Ezzel szemben a napsütést még lehetővé tevő 0-18 mm csapadék 89 évi naponkénti eloszlása a 3. táblázat szerint, a napsütéses óráké pedig a 4. táblázat szerint alakult. Látható, hogy mindkettő gyakorlatilag egyező a hét minden napján.

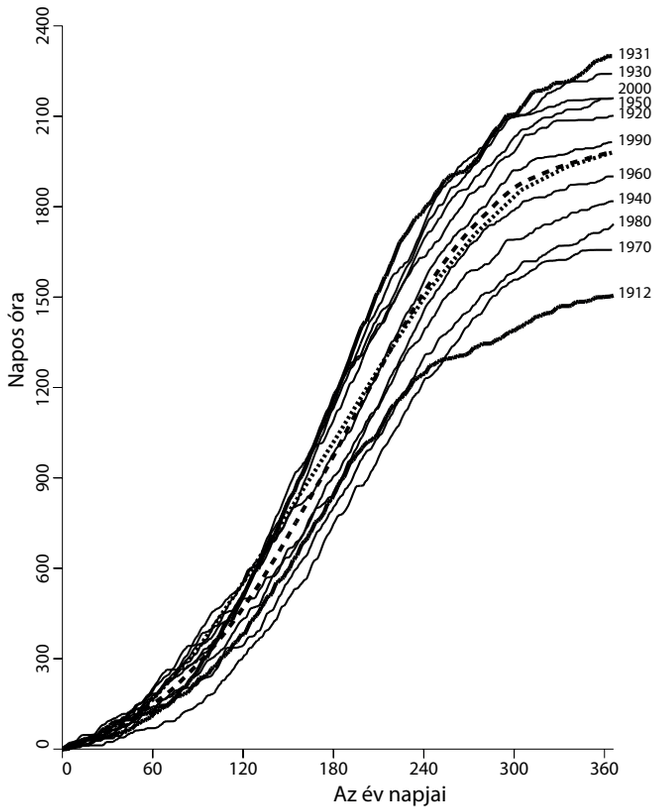
Az évi napsütéses órák számáról az 5. táblázat tájékoztat. Az egy éven belüli összesített adatokat (január 1-től a kiválasztott napig terjedő összeget) az 1. ábra mutatja be. 89 görbe már áttekinthetetlen lenne, ezért csak az 5. táblázatban félkövéren írt évek görbéi vannak felrajzolva. Látszik, hogy az évszámok teljes összevisszaságban fordulnak elő, nyoma sincs az éghajlat-változásnak

3. táblázat. A legfeljebb 18 mm csapadék gyakorisága Budapesten (napok száma 1912/01/01–2000/12/31)

mm	hétfő	kedd	szerda	csü-törtök	péntek	szom-bat	vasár-nap
0-2	3820	3839	3849	3822	3740	3774	3774
2-4	268	238	252	271	301	279	283
4-6	152	144	160	133	167	178	168
6-8	91	120	106	119	117	111	97
8-10	85	69	72	80	79	74	73
10-12	67	57	48	47	56	53	72
12-14	33	35	37	52	40	37	51
14-16	36	25	23	26	21	31	27
16-18	20	26	23	22	35	26	23

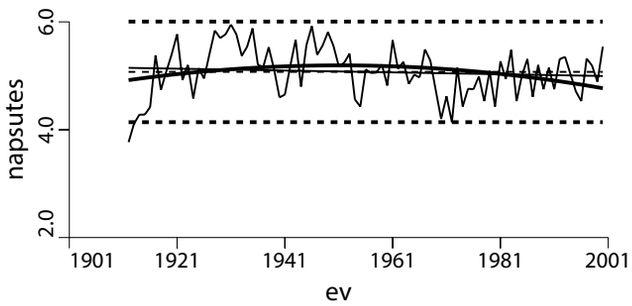
4. táblázat. A napsütés gyakorisága Budapesten (napok száma 1912/01/01–2000/12/31)

óra	hétfő	kedd	szerda	csütör-tök	péntek	szom-bat	vasár-nap
0-1	1240	1228	1263	1236	1259	1254	1271
1-2	229	250	236	246	234	283	254
2-3	230	276	238	268	230	205	267
3-4	251	270	262	240	275	263	234
4-5	267	245	249	254	244	251	260
5-6	302	244	257	271	275	257	253
6-7	294	302	309	280	302	277	271
7-8	303	309	332	303	305	333	332
8-9	299	292	299	290	300	310	292
9-10	270	290	283	303	315	281	248
10-11	255	240	246	253	235	259	265
11-12	240	253	208	247	220	216	240
12-13	235	216	234	248	239	237	239
13-14	168	156	154	126	144	142	160
14-15	55	73	71	75	64	67	55
15-16	6	0	3	4	3	9	3



1. ábra. **Napsütéses órák száma Budapesten, dátum szerint rendezett összeg**

Vékony vonal: 1912–2000 között minden évtized vége, vastag vonal: szélsőérték ebben az időszakban, vastag szaggatott vonal: az időszak átlagértéke, pontsor: EU JRC adatok felhasználásával történt számítás.



2. ábra. **A napi napsütéses órák évenkénti átlagának alakulása Budapesten 1912–2000**

Folyamatos vékony (cikk-cakk) vonal: órák száma, vékony szaggatott vonal: 89 éves átlagérték, vastag szaggatott vonalak: ± 2 std, vékony egyenes: lineáris trend, vastag sima görbe: másodfokú parabolával leírt trend

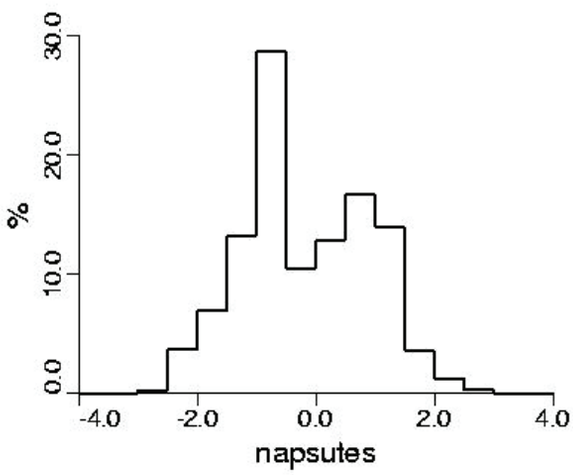
(Magyarország el-sivatagosodása = csapadék-csökkenés = több napsütés). A 89 év átlagának szaggatott vonala közelében halad egy pontsor, aminek elemzésére alább, külön cím alatt kerül sor.

Az átlagértékekkel történő döntés-előkészítő számításoknak nincs sok értelme, hiszen a létesítmény, esetünkben egy PV kiserőmű üzemeltetési költségei attól függetlenül merülnek fel, hogy mekkora a termeléssel elért bevétel (kevesebb vásárolt áram, esetleg hálózatra adott többlet). A 89 év napi átlagos napsütéses idejét mutatja be a 2. ábra. Látszik, hogy olyan év, amit éppen az átlagérték

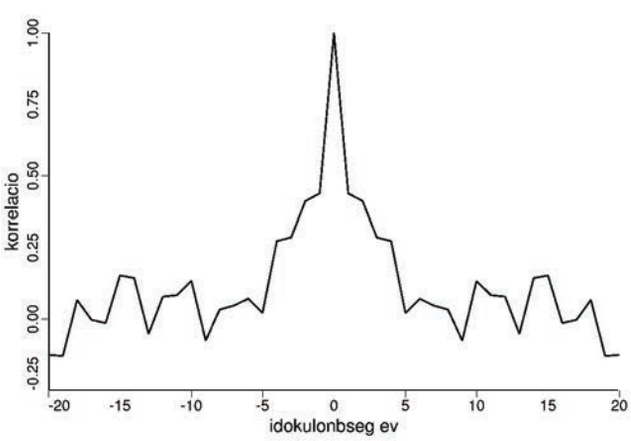
5. táblázat. Évi napsütéses órák száma Budapesten 1912–2000.

Évek	...1	...2	...3	...4	...5	...6	...7	...8	...9	...0
1912-1920	–	**1505,2**	1627,4	1683,8	1686,2	1735,1	2084,9	1856,7	1967,9	**2102,2**
1921-1930	2238,2	1904,6	2020,3	1793,7	2017,0	1938,6	2098,3	2271,6	2213,9	**2240,8**
1931-1940	2299,7	2233,7	2083,2	2153,1	2277,6	2030,7	2008,6	2150,6	2002,8	**1818,0**
1941-1950	1824,7	2017,1	2209,2	1884,1	2142,2	2292,9	2096,3	2169,1	2259,6	**2159,5**
1951-1960	2022,3	2046,5	2108,8	1782,4	1748,6	1998,5	1971,0	1975,6	2035,5	**1900,3**
1961-1970	2201,8	1997,9	2050,1	1895,5	1958,8	1945,0	2141,5	2071,7	1847,7	**1656,9**
1971-1980	1812,5	1646,4	2011,3	1748,1	1874,6	1871,5	1954,1	1780,9	1988,8	**1743,1**
1981-1990	2056,1	1933,8	2142,1	1775,1	1956,1	2071,3	1804,1	2030,7	1854,1	**2014,3**
1991-2000	1863,0	2093,7	2091,6	1976,7	1845,2	1784,1	2075,3	2037,0	1911,9	**2161,4**

Félkövér számok: adatok az 1. ábra görbéihez.



3. ábra. **A budapesti napsütéses órák eloszlásfüggvénye. A vízszintes tengelyen az átlagértéktől (0,0) való eltérés szerepel std egységben**



4. ábra. **A budapesti napsütéses órák napi menetének autokorrelációs függvénye**

jellemez, nem található. (Az átlag 5,072 óra, a std[6] 0,466 óra.) Az enyhén lejtő egyenes és a sima görbe vonal a lineáris és a parabolikus trend vonala. A vizsgált időszakban mindkettő lefelé halad, ami szintén a prognosztizált éghajlat-változás megkérdőjelezését indokolja. Ettől függetlenül a napsütéses idő csökkenése a fetisizált naperőművek gazdaságosságát rontja.

A 3. ábra már megjelent az [11] cikkben. Ezen az évi (átlag-) értékek eloszlásának sűrűségfüggvénye látható, ami rendkívül távol van a mindennapi gyakorlatban legtöbbször előforduló normális eloszlástól.

A 4. ábra a napsütés évi alakulásának autokorrelációs függvénye. (A függvény értelmezése és számítási módja [11] 6. ábrájánál olvasható.) Mivel a 3. ábra görbéje különleges, a 4. ábrára nem lehet korrekt módon berajzolni azokat a határokat, amelyek kijelölik a függetlenségi tartományt. Előzetesen az mondható, hogy a kb. 4 évnél hosszabb időközt kijelölő évek napsütési viszonyai biztosan függetlenek egymástól. Ez a 2. ábrán is követhető. Csak akkor lenne minden év olyan, mint 1931[7] volt, ha a függvény értéke ≈1 konstans lenne. (Ekkor a napelemek apostolai diadalünnepet ülnének.) A mért adatok azt bizonyítják, hogy nincs garancia arra, hogy kb. 4 évnél tovább tarthat a naperőműveknek kedvező időjárás, hiszen a korrelációs együttható már 1 év esetén is «1.

Az időjárási adatok kozmetikája

Az elmondottakból nyilvánvaló, hogy sem „átlagos”, sem a naperőművek szempontjából „ideális”, tartós (sok egymást követő évre jellemző) időjárás nem létezik. A PV erőművek létesítésében érdekelt lobbi elérte, hogy a laikus közönség erről ne szerezhessen tudomást.

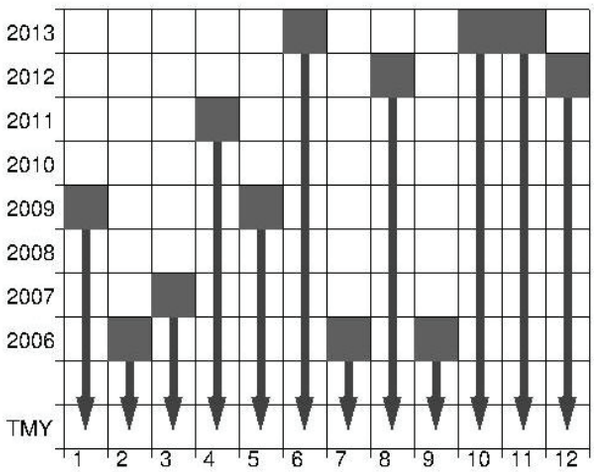
Az European Commission Joint Research Centre (JRC) ezzel a témával foglalkozó intézetei összeállították a „Typical Meteorological Year generator”-t, ami eklektikus stílusban, „naptárreform” útján generálja a „tipikus” meteorológiai év (TMY) adatait [12]. A 2006 és 2013 közötti 8 évből látszólag véletlenszerűen, de valójában tudatosan rendezték össze az egymást követő hónapok órára lebontott (!) időjárási adatait[8]. A keverés receptjét az 5. ábra mutatja be. Az így létrehozott, valójában nem létező TMY idealizálja a napsütési viszonyokat. Az 1. ábra szaggatott vonala a 89 év átlagát mutatja. A pontsor a JRC nyilvános on-line számítóprogramjának [13] csak havi összesen adatként megadott energia-termelési adataiból visszaszámolt gyakorisági poligonja[9]. A két görbe június végén kereszteződik. Az első félévben a pontsor felül halad, ezért a felhasználók beruházási döntéseiknél a várhatónál nagyobb energiatermelést vesznek alapul a közismerten kevésbé napos első félévben, a második félévben pedig ellenkező a döntéshozók magatartása. (Ez a jelenség megfigyelhető [14] 4. ábráján is.) A meteorológiai évsza-

6 Standard deviáció

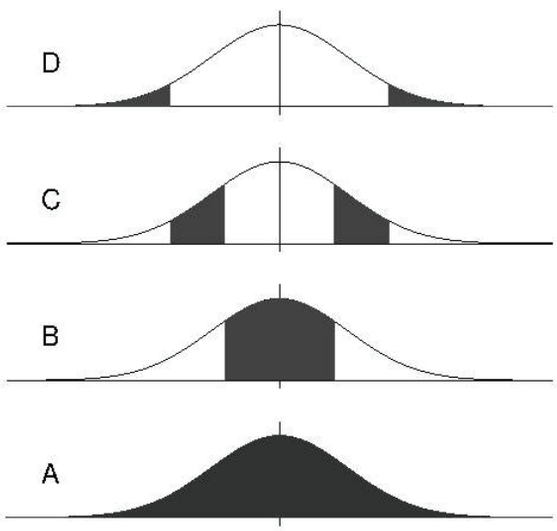
7 Lásd: 5. táblázat és 1. ábra

8 „The data are selected from hourly data in a longer time period (normally 10 years or more).” [12]

9 A TMY nyers adatai elérhetők a neten, de az adattár struktúrája nem.



5. ábra. **A TMY kozmetikázott havi adatainak összeválogatása a JRC adattárában. ([12] 2017. nov. 7-i állapota alapján)**



5. ábra. **A kozmetikázott adatok matematikai statisztikai felhasználhatósága korlátai (részletek a szövegben)**

kokban, valamint ezek középső hónapjának középső tíz napjában a 89 év átlagos napi napsütéses óráinak száma:

tél (december-február)	1,841	január 11-20.	1,622
tavasz (március-május)	5,773	április 11-20.	5,745
nyár (június-augusztus)	8,508	július 11-20.	8,821
ősz (szept.-december)	4,096	október 11-20.	4,601

ami a napos órák számára vonatkozó állítást igazolja: A JRC adatmanipulációjának segítségével elérhető, hogy az általában sem az energetikával, sem a meteorológiával nem ismerős döntéshozók egyre nagyobb PV naperőművek létesítését tervezik. Ez a PV erőművek gyártóinak elsőrangú érdeke. (Így jön össze a 2100 MW. Ebben természetesen nagy szerepe van a számukra kedvező tarifának – miközben a VER fogyasztóinak biztonságos ellátásához szükséges legalább 1000 MW „háttér" erőmű-beruházásnak nincs gazdája.)

Az időjárási adatok kozmetikájának az is a következménye, hogy azokból csak megalapozatlan, statisztikailag értelmetlen kijelentések vezethetők le. A helyzetet legjobban egyes elektronikai alkatrészek minőségi osztályokba sorolásával lehet illusztrálni. A termékek gyártási eloszlásfüggvényét a 6. ábra A görbéje mutatja be. Ebből kiemelik az 1. osztályba tartozó, B görbe szerinti darabokat, majd a 2. osztályú, C görbe szerintieket. A selejtet a D görbe mutatja.

Az A görbe jellemzői:

az átlag ± 1 std tartományba kerül a termékek 68,3%-a,

az átlag ± 2 std tartományba kerül a termékek 95,4%-a.

A B görbe esetében a 68,3, illetve 95,4% nem teljesül, vagyis a görbe nem normális eloszlásfüggvényt mutat, tehát a hibaterjedés statisztikai törvényei nem érvényesek rá. A C görbének ráadásul az átlag (névleges) érték közelében zérus a gyakorisági adata. Ez a két eset felel meg az 5. ábrának. (A D görbével most felesleges foglalkozni.) Lehetséges, hogy a TMY adatai „1. osztályú" időjárást írnak le, de a válogatás miatt „2. osztályú" minősítést sem érdemelnek. Nem csak a klasszikus értelemben vett hibaterjedés számítása hiúsul meg, hanem csak lottó-főnyeremény valószínűséggel lesz az üzemeltetés 10 éven át éppen olyan, mint a TMY alapján számolt.

A [13] számára input-adatok a telephely GPS koordinátái, valamint néhány geometriai adat (pl. a napelemek tájolása, lejtése). Az output részleteiről a [16] cikk 1. táblázata tanulmányozásával lehet többet megtudni.[10]

Hiányzik a tudományos megalapozottság

Az [11] cikk Ajánlások c. szakaszában szó van a következőkről:

1. tudomásul kell venni, hogy 2-3 évnél hosszabb távra megbízható előrejelzés nem adható,
2. a Nemzeti Energiastratégia foglalkozzék a napi terhelés-változást követő VER szinten szükséges beavatkozásokkal,
3. a Nemzeti Energiastratégia indítsa el a napsütéses órák eloszlásfüggvényének pontosítását és az autokorrelációs függvény korrekt meghatározását célzó meteorológiai kutatásokat,
4. Szó szerinti idézet: „Akkor, amikor már jelentőssé válik a napenergia közvetlen felhasználása villamosenergia fejlesztésére, a Nemzeti Energiastratégia témái közé felveendő a naperőművek villamos teljesítményének ingadozását követő, VER-szintű beavatkozások követelménye" – 2100 MW már jelentős!

Az ajánlások közül egy sem valósult meg.

1. A zöld lobbi elérte, hogy a PV naperőművek gazdaságosságát a fiktív TMY alapján, 10 év távlatban számolják,
2. a MEKH a szakmailag megalapozatlan zöld pályázatokat – a jelek szerint – annak vizsgálata nélkül hagyja jóvá, hogy azoknak mi a hatása a VER napi üzemére, az elfogadás egyetlen korlátja az állami költségvetésben erre tervezett összeg (lásd: a MEKH http://www.mekh.hu honlapjáról letölthető metar_kerelmek_osszesito.xslx dokumentum)
3. nem indult meteorológiai kutatás, helyette kritikátlanul átveszik a JRC kijelentéseit,
4. a MEKH annyi PV naperőmű pályázatot fogadott be, hogy a PV nap- (és szél-) erőművek szakaszos termelésének elmaradása (éjjel, szélcsend) idejére szükséges tartalék teljesítőképesség legalább 1000 MW, de ennek 2018 végéig történő létesítése megvalósíthatatlan.

Az új helyzetben a meteorológiai kutatások keretében újabb feladatként oldandó meg:

[10] A cikkben hivatkozott Fonet Solar kalkuláció algoritmusa nem ismerhető meg, mert elérhetetlen az oldal. Rendszer-üzenet: „DNS_PROBE_FINISHED_NXDOMAIN", 2017. nov. 7.

- Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2013. április 1-jén a napsütés mérésére áttért a Campbell-Stokes műszer használatáról [14] a globálsugárzási adatok automatizált mérésére [15]. Az utóbbit mérő műszerek variációja szinte végtelen[11]. A JRC programja a direkt+szórt sugárzás mért adataival dolgozik [13]. Az OMSZ és a JRC PV naperőművek tervezési alapjául szolgáló – már csak a műszerpark biztosra vehető eltérése miatt is – különböző adatbázisainak átszámítási módszerét ki kell dolgozni. (Az adatbázis milyen spektrumot vesz figyelembe és az mennyire egyezik a kereskedelmi PV panelek érzékenységével?)
- A nap- (és szél-) erőművek teljesítménye gyorsan változhat: a szórt sugárzást is figyelembe véve, ezért a 2100 MW mindössze ¼ részével számolva az esti teljesítmény-csökkenés 525 MW, ami az ország mértékadó (alföldi) területén a napnyugta helyi időpontjának eltérése miatt ¼ órán belül jelentkezik. A VER 15-perces tartaléka dátum-függő, irányérték max. 100–200 MW a terhelés felett [17], ami a PV erőművek esti leállása teljesítmény-kiesésének töredéke. A napsütés teljesítményének időfüggése olyan megbízhatósági szinten kidolgozandó, ami a VER rendszeroperátorainak munkáját támogatja.

Mind a két téma az OMSZ tevékenységi körébe tartozik, az eredményeket a VER hasznosítja, ezért a fedezetről a Nemzei Energiastratégia soron következő felülvizsgálata keretében kell gondoskodni.

A MEKH-nek a VER működését érintő döntéséről

A 2013. évi XXII. törvény a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatalról bevezető szövege szerint *„Az Országgyűlés a társadalom széles körét érintő egyes ipari, közmű-szolgáltatási tevékenységek nemzetgazdaságilag és társadalmilag is egyaránt kiemelkedően fontos ágazatainak és szolgáltatóinak egységes joggyakorlaton alapuló felügyeletét lehetővé tevő állami szabályozás kialakítása, az állami bevételekkel hatékonyan gazdálkodó, a közjót szolgáló, erős piacszabályozó állami szerepvállalás megteremtése, az energiafelhasználás hatékonyságának javítása,* ***a vezetékes energiaellátás biztonsága*** *és a fogyasztók védelme érdekében a következő törvényt alkotja:...”*

A MEKH feladata a **félkövéren kiemelt cél érdekében** végzendő tevékenység is. A 2018-ra tervezett 2100 MW PV erőmű-beruházás jóváhagyása a fenti részletes elemzés szerint szakszerűtlen döntés volt, a vezetékes energiaellátás biztonságát csökkenti. A VER egészére vonatkozó, fent bemutatott elemzésen túl (az adatok hiánya miatt) a közeljövő feladata lesz az országos, megyei és helyi villamos távvezetékek vizsgálata. A MEKH még csak megyei bontásban sem tette közzé a pályázaton elfogadott PV kiserőművek teljesítmény-adatait, tehát a [18] analízisének mintájára végzendő elemzést nem lehet megkezdeni. Az áramszolgáltató vállalatok csatlakozást jóváhagyó nyilatkozata nem garantálja, hogy a kezelésükben lévő 0,4 és 10-20 kV feszültségű hálózatok váratlan időjárási körülmények között is minden fogyasztót biztonsággal ellátnak, azaz lokális hálózati összeomlás nem zárható ki.

Energetikus berkekben köztudott, hogy a nap- és szélerőművek bizonytalan rendelkezésre állása miatt ezek BT-je 50-70%-ának megfelelő „hagyományos” erőmű létesítésére is szükség van. (Ezt a zöldek természetesen tagadják). 2018 végéig durva becsléssel (legalább) kb. 1000 MW beruházására van szükség. Nem lehet tudni, hogy a MEKH intézkedett-e egy ekkora állami beruházás megkezdése érdekében. (A MEKH honlapján a „Hírek” rovatban nincs erről szó. – Az egyértelműen politikai indíttatású „rezsicsökkentés” nem csak a fogyasztói árakra vonatkozik, hanem az erőművek termelői áraira is. A következmény: magánberuházó nem épít szabályozható erőművet.) 1000 MW állandó hiányt a magyar VER nem visel el, ekkora import pedig elképzelhetetlen. (A MAVIR adatai szerint [19] 2017. november 7-én a napi legnagyobb tervezett import 3908 MW, ebből a tervezett export 2165 MW, tehát a tervezett nettó import 1743 MW, a tényleges nettó import pedig 1742 MW volt, amikor a VER terhelése 5822 MW volt. A nettó importot kellene kb. másfélszeresére növelni, kb. 2742 MW-ra.) Az 1000 MW állandó hiány következményei között teljes rendszer-összeomlásra is számítani kell.

Fogyasztói korlátozásokra évek óta nem került sor [20], a MAVIR adatai szerint 2003. január 13-án a 460 MW 15-perces tartalék kb. háromszorosa volt a kiesett erőművi teljesítmény. A tervezett 100 MW üzemzavari import helyett 560 MW-ra és 310 MW korlátozásra volt szükség. A 2100 MW PV erőmű-beruházás miatt kialakuló 1000 MW állandó hiány esetén már 2018-ban több száz MW nagyságrendű kényszerintézkedésre kell számítani.

Referenciák

[1] http://www.mekh.hu/ket-es-felszeresere-novekedhet-magyarorszagon-a-megujulo-eroforrasbol-szarmazo-villamosenergia-termeles (2017- jún. 26)

[2] http://www.napi.hu/magyar_gazdasag/a_hazai_napelemes_kapacitas_2018_ vegere_verheti_pakset.642523.html

[3] Szondi E. J.: Államilag szabályozott primer energiaga(ráz)dálkodás. Energiagazdálkodás 57(2016)1-2. HU ISSN 0021-0757.

[4] Nemzeti Energiastratégia 2030. 1. sz. melléklet a 77/2011 (X. 14.) OGY határozathoz. Magyar Közlöny 2011. évi 119. szám

[5] http://www.sccpa.org

[6] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_plants_in_the_Mojave_Desert; https://en.wikipedia.org/wiki/Ivanpah_Solar_Power_Facility

[7] http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok_1901-2000/

[8] http://aszodiattila.blog.hu/2016/10/24/hazi_akkumulatorok_avagy_az_onellato _napelemes_lakohazak_mitosza

[9] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_tower

[10] Bihari, Z., Szentimrey, T., Lakatos, M., Szalai, S.: Gridding in CARPATCLIM (Climate of Carpathian Region) projekt. Előadás: 8th Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases and 3rd Conference on Spatial Interpolation Techniques in Climatology and Meteorology. Budapest, Hungary, 12-16 May, 2014.

[11] Szondi E. J.: Az éghajlatváltozási trendek becslésének energiastratégiai vonatkozásai. Energiagazdálkodás 53(2012)5 HU ISSN 0021-0757.

[12] http://re.jrc.ec.europa.eu/PVGIS5-release.html

[13] http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

[14] Nagy Z.: Napfénytartam globálsugárzási adatokból történő számításának módszertana. Légkör 59(2014)4. HU ISSN 0133-3666

[15] Hanyecz D., Péter Szabó I.: Településfejlesztés megújuló energiaforrások alkalmazásával. Energiagazdálkodás 58(2017)4-5 HU ISSN 0021-0757.

[16] Tóth R.: A mapfénytartamméró élt 160 évet. Légkör 59(2014)4. HU ISSN 0133-3666

[17] http://www.mavir.hu/web/mavir/igenybeveheto-tartalekok-es-rendszer-adatok1 (az oldalt néhány óránként frissítik!)

[18] Csondor B.: Napelemek telepítésének hatása a kisfeszültségű hálózatok felharmonikus viselkedésére. Energiagazdálkodás 58(2017)1-2 HU ISSN 0021-0757.

[19] VER forgalmi adatok 2017. nov. 7. Letölthető: http://www.mavir.hu

[20] Találat a MAVIR honlapján a „korlátozások” kereső kérdésre

[11] A Google találatainak száma a „napsugárzás mérése” keresőkérdésre több, mint 10 millió.

Légszennyezők terjedését befolyásoló keveredési rétegvastagság közvetett vizsgálata

Báthory Csongor
okl. kohómérnök, doktorandusz, csongor.bathory@uni-miskolc.hu

Woperáné dr. Serédi Ágnes
c. egyetemi tanár, tuzdb@uni-miskolc.hu

Palotás Árpád Bence
egyetemi tanár, arpad.palotas@uni-miskolc.hu

A légszennyező anyagok kibocsátásának csökkentése mellett fontos vizsgálnunk azok terjedését befolyásoló légköri jelenségeket. A keveredési réteg a legfontosabb tényező, mert kellő vastagság esetén a légszennyezők hígulása itt zajlik le. A réteg lokális vastagságának közvetlen mérése nem bevett gyakorlat. Az eltérő magasságú meteorológiai állomások már meglévő hőmérsékleti adatainak elemzésével egy közelítő becslést adunk a légréteg stabilitására és a területre jellemző kritikus völgyi hőveszteség értékére, mely a jövőben segítségünkre lehet a szmog kialakulásának előrejelzésében.

*

Apart from reducing airborne emissions, it is important to understand the atmospheric phenomena that influence them transmission. The mixing layer is the most important factor, because in case of sufficient thickness the air pollutants dilute here. In-situ measurement of the local height of the layer is not a common practice. By analyzing existing temperature data from different meteorological stations, we provide an approximate estimate for the stability of the air layer and the value of critical valley heat deficit in the area, which in the future can help to predict the development of the smog.

* * *

A tüzelőberendezések és a gépjárművek üzemeltetése légszennyező anyagok kibocsátásával jár együtt, melynek mértékét jogszabály határozza meg. A környezeti levegő minősége egy részről a kibocsátás mértékétől, más felől a kialakuló terjedési viszonyoktól függ, melynek egyik fontos aspektusa a keveredési réteg vastagsága. Egy lehetséges módja a légkörben kialakuló rétegződés közvetett megfigyelésére a különböző magasságokba telepített meteorológiai állomás adatainak elemzése [1]. Két Miskolc környéki meteorológiai állomás hőmérsékleti adatai kerültek feldolgozásra a 2011.01.26. – 02.13. közötti időszakból. Azért esett a választás erre az időintervallumra, mert ezen időszak alatt jelentős PM_{10} határérték túllépéseket mértek Miskolcon. A határértéktúllépéshez a fűtési időszakra jellemző nagy légszennyező kibocsátás mellett a téli légkörre jellemző keveredési rétegvastagság elvékonyodása, egy állandósult inverziós réteg kialakulása járult hozzá. Ezt támasztja alá, hogy mind a közlekedési típusú Búzatéri, mind a családi házas övezetben található Lavotta utcai légszennyezettségi mérőállomáson határértéktúllépést rögzítettek.

Légszennyezést befolyásoló meteorológiai tényezők

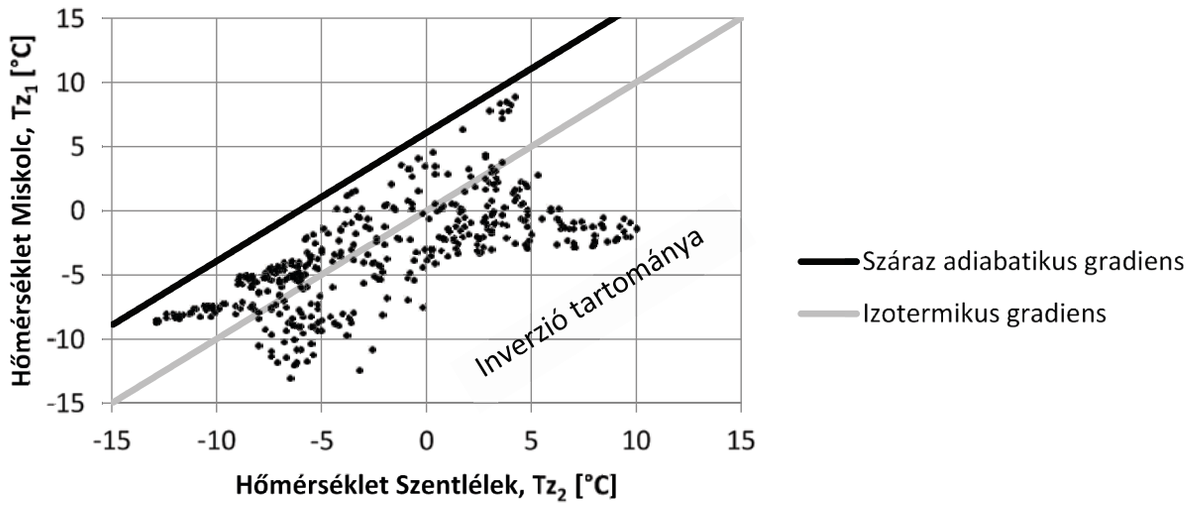
Svájc 13 nagyvárosában gyűjtöttek meteorológiai és PM_{10} koncentrációs adatokat 1991 és 2008 között [2]. A vizsgálatból kiderült, hogy a légszennyező kibocsátás mértéke változik az évszakkal, valamint a hétvégék és hétköznapok között is szignifikáns különbség van. A meteorológiai körülmények ugyancsak változnak az egyes évszakokban, továbbá a nappal és éjszaka függvényében.

Az 1. táblázat foglalja össze, hogy mely meteorológiai jellemzők mutattak összefüggést a PM_{10} koncentrációval és milyen irányba befolyásolják azt. Sorrendjük hatásuk erejét szemlélteti. Az éves adatsor összegzi a gyakoriság és hatáserősség mértékét. Így éves szinten a napi csapadék kimosó hatása, valamint a széllökések turbulens, terjedést segítő hatása jellemzően csökkenti a PM_{10} koncentrációt. A hétvégi légszennyező anyag kibocsátás változásán túl jelentős befolyásoló tényezővel bírnak a különböző folyamatok, a PM_{10} kibocsátás változása, melyet a dátum, mint időjárástól független változó szemléltet. Éves szinten a frontok hatása után a hatodik helyen szerepel a keveredési rétegvastagság, azonban tavasszal, ősszel és télen is a második jelentős PM_{10} koncentrációt befolyásoló tényező. Csökkenő hatást jelez az 1. táblázat szerint, mely azt jelenti, hogy amennyiben a keveredési rétegvastagság nő, a PM_{10} koncentrációk csökkennek.

1. táblázat. Meteorológia hatása a PM_{10} koncentrációra [2]

Tavasz	Nyár	Ősz	Tél	Éves
széllökés (–)	dátum (–)	széllökés (–)	széllökés (–)	napi csapadék (–)
keveredési rétegvastagság (–)	széllökés (–)	keveredési rétegvastagság (–)	keveredési rétegvastagság (–)	széllökés (–)
előző napi csapadék (–)	délutáni hőmérséklet (+)	előző napi csapadék (–)	hőmérséklet (–)	dátum (–)
relatív páratartalom (–)		napi csapadék (–)	előző napi csapadék (–)	előző napi csapadék (–)
nettó besugárzás (–)			nettó besugárzás (+)	fronthatás óta eltelt napok (+)
napi csapadék (–)			napi csapadék (–)	keveredési rétegvastagság (–)
				hőmérséklet (–)

A terjedési viszonyok meghatározásában tehát, az egyik fontos aspektus, hogy mekkora légrétegben mehet végbe a keveredés. A keveredési réteg vertikális kiterjedését döntően befolyásolja a légtömegek rétegződése.



1. ábra. **Hőmérsékleti adatok pontdiagramja**

Meteorológiai állomások

A keveredési réteg vizsgálata a kiválasztott meteorológiai mérőállomások hőmérséklet adatainak elemzése alapján történt. Az egyik meteorológiai állomás Szentléleken, 738 m-es tengerszint feletti magasságon (tsz.f.m.), a másik Miskolcon, 231 m-es tsz.f.m.-on helyezkedik el. Utóbbi Miskolc belvárosától távolabb, az Avas dombon található, ahol a beépítettség légköri hatása már nem olyan jelentős. A két mérőpont közötti távolság kb. 19 km. A hegyekből lefutó völgyben folyik a Szinva patak. A völgyszáj Miskolc felé Ny-ról K-i irányba egyre jobban kinyílik, a kezdeti 100-150 méterről (Garadna, Lillafüred, Felső- és Alsóhámor) 1,5-2 kilométerig (Előhegy–Tatárdomb). Az Avas lábánál újra beszűkül 1 km-ig, majd a 26-os és a 3-as főút vonalában É-D-i irányból teljesen nyitottá válik. Hasonló vizsgálatok folytak 2016-ban a francia Alpokban Grenoble közelében, ahol az Isére völgyének szélessége eléri a 20 km-t, a völgy legalacsonyabb pontjai 220-230 méteren, a közeli csúcsok pedig 1600-1700 m-es tsz.f.m.-gal rendelkeznek, tehát a mérőpontok közötti szintkülönbség 1400-1500 méteres [3]. Esetünkben a szintkülönbség ennek kb. harmada, 507 m.

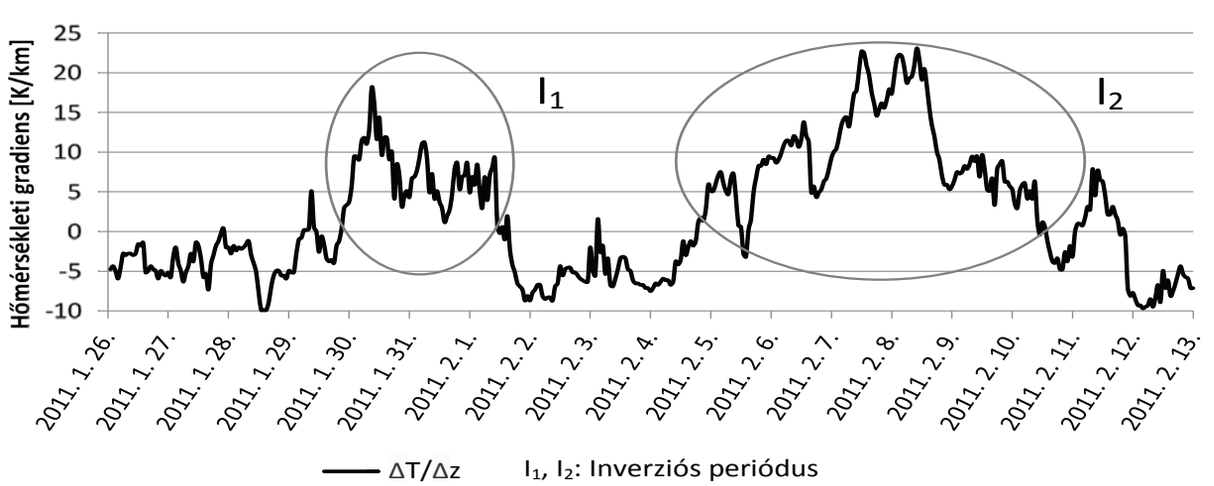
Hőmérsékleti adatok elemzése

A két mérőpont hőmérséklet adatait szemlélteti a 1. ábra, ahol a pontok az egyazon órára vonatkozó miskolci (Tz_1) és szentléleki (Tz_2) hőmérsékleti adatokat jelentik. A troposzférában átlagosan -0,65 °C/100 m-rel csökken a hőmérséklet ahogy fölfelé haladunk. A fekete egyenes a száraz adiabatikus hőmérsékleti gradienst (-1 °C/100m), a szürke egyenes az izotermikus hőmérsékleti gradienst (0 °C/100 m) jelöli, melyek között labilis a légrétegződés. Az izotermális hőmérsékleti gradiens alá eső területen lévő pontok, a légkörben vertikális irányba haladva, hőmérséklet emelkedést jeleznek a két mérési pont között, mely inverziós légrétegződésre utal. Az egyszerűbb kezelhetőség érdekében a nagy távolság, a beépítettség és a domborzat torzító hatásától eltekintünk. Látható, hogy a legtöbb inverziós pont a [(0;5), (-3;10)] tartományban található, vagyis mikor Miskolcon 0 és -3 °C között, míg Szentléleken 5 és 10 °C között mozgott a hőmérséklet.

A hőmérsékletkülönbség időbeli lefutását a magasság függvényében hőmérsékleti gradienssel jellemezzük [$\Delta T/\Delta z$](t), mértékegysége K/m. [2]. Meglévő adatokból az alábbi egyenlet alapján számítjuk:

$$\frac{\Delta T}{\Delta z(t)} = \frac{Tz_2 - Tz_1}{(z_2 - z_1)(t)} \tag{1}$$

ahol Tz_1 és Tz_2 a mérőállomásokhoz tartozó abszolút hőmérsékletek, z_2 és z_1 pedig a t.sz.f. magasságuk, különbségüket a t idő



2. ábra. **Hőmérsékleti gradiens adatok 2011.01.26-02.12. között**

függvényében vizsgálunk. A vizsgált esetben a ($z_2 - z_1$) állandó 507 m, mert mérőpontjaink állandó magasságban helyezkednek el. Az így számolt és a 2. ábrán K/km-es mértékegységben megjelenített gradiens közelítőleg szemlélteti a Szinva völgyében kialakuló légkör stabilitását.

Az órás hőmérsékleti gradiens is rendelkezik napi maximumokkal és minimumokkal, mely a magasabb és alacsonyabb mérőállomás körüli földfelszín felületének eltérő fajhőjéből, mikroklímájából, valamint a felette kialakuló légrétegződés hatásából származik. Labilis légrétegződés esetén a gradiens negatív, stabilis légrétegződéskor pozitív. Vagyis inverzió állt fent azokban az időintervallumokban, mikor a gradiens értéke pozitív volt.

Inverziós periódusok jellemzése

Levegőtisztaság-védelmi szempontból vizsgálva, térbeli (vertikális, horizontális) és időbeli kiterjedésével, valamint a hőmérsékleti gradiens meredekségével jellemezhetjük az inverziót, hiszen ezen tulajdonságok nagy mértékben befolyásolják a légszennyezők keveredését, hígulását. Amennyiben a hőmérsékleti gradiens a két mérési pont között pozitív, az inverzió vertikális és horizontális kiterjedésére is következtethetünk. A mikroklimatikus hatásoktól jelen esetben eltekintünk. Pozitív gradiens érték esetén az inverzió horizontálisan legalább a két pont közötti távolsággal megegyező mértékben kiterjedt, mivel a két pont között nincs a Szentléleki állomásnál magasabb természetes vagy mesterséges terepakadály.

A 2. ábrán két nagyobb inverziós periódust figyelhetünk meg, melyeket I_1 és I_2-vel jelöltünk. A kialakulásuk módjáról további meteorológiai adatok hiányában nem tudunk megállapítást tenni, azonban a két mérési pont közötti 507 méteres szintkülönbség megegyezik az inverzió minimális vastagságával. Figyelembe véve, hogy a miskolci mérőállomás az Avason található, a kb. 100 m-rel alacsonyabb tsz.f.m.-on fekvő miskolci belvárosban ez elérheti a 600 métert. A talaj menti inverziók átlagos vastagsága 300-600 méter. Elég gyakoriak még a 700-900 méter vastagságú inverziók is, azonban ennél vastagabb talaj menti inverzió csak ritkán fordul elő [3].

Időbeli kiterjedéséről vagyis az inverzió tartósságáról a szakirodalom több adatot is szolgáltat. Az éjszaka kialakult inverzió a Nap sugárzó hatására felemelkedik, majd eloszlik. Ez a periódus ideális esetben 6 óra alatt lezajlik. Budapesti adatok alapján Magyarországon leggyakoribbak a csak egy periódusban előforduló inverziók. Ezt követik a 2-3 (12-18 óra), majd a 4-12 (24-72 óra) periódus hosszúságú inverziók. Az ennél hosszabb ideig, azaz több mint 3 napig fennálló inverziós helyzetek előfordulása viszonylag ritka, főként a téli időszakban fordul elő [4]. Az I_1-es 63 óra (10 periódus), az I_2-es pedig 116 óra (19 periódus) után vált újra negatív hőmérsékleti gradiensre.

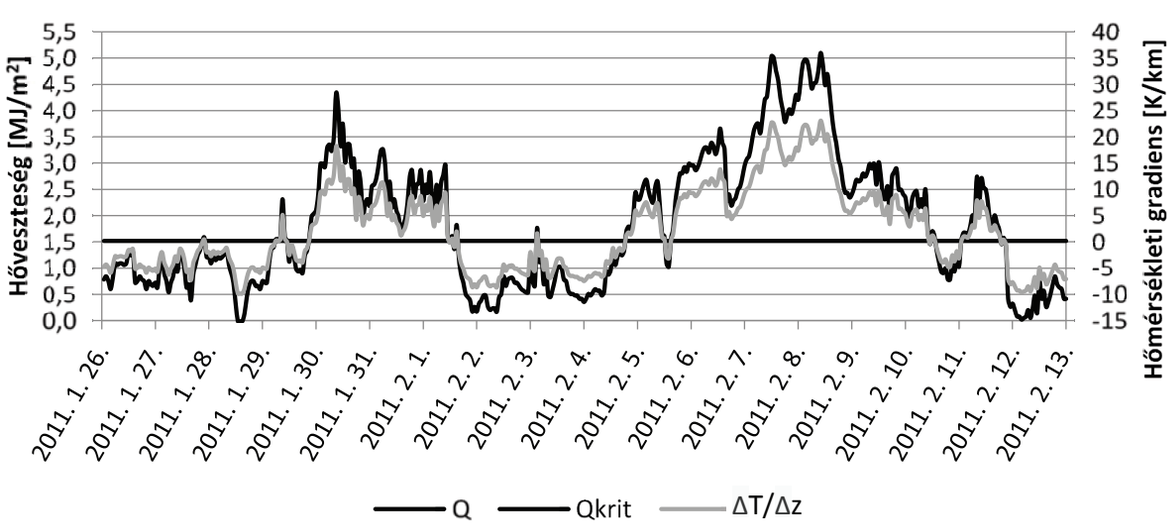
A magyarországi önkormányzatok a 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet a levegő védelméről szóló rendelet alapján kötelesek szmogriadó-tervet készíteni, melyben a gáznemű anyagokra vonatkozóan kitétel, hogy amennyiben a légszennyezettség 72 órán túl meghaladja a tájékoztatási küszöbértéket, akkor a riasztási küszöbértéknek megfelelő korlátozó intézkedéseket kell tenni. Szálló por esetében pedig amennyiben két egymást követő napon 100 μg/m^3 feletti a légszennyezettség és a meteorológiai előrejelzések szerint a következő napon javulás nem várható, elértük a riasztási küszöbértéket [4]. Az előbbiek alapján levegőtisztaság-védelmi szempontból tartós inverziónak tekintjük azt a helyzetet, mely legalább 72 órán keresztül fennáll. Vizsgálataink alapján az I_2-es inverzió egyértelműen e kategóriába esik. Az I_1-es az ismert adatok alapján nem, azonban a két mérési pont közötti nagy távolság miatt az ismert hőmérsékleti gradiens megfordulásának időpontja nem egyenlő az inverzió feloszlásának, felszállásának idejével.

Völgyi hőveszteség, mint stabilitási mutató

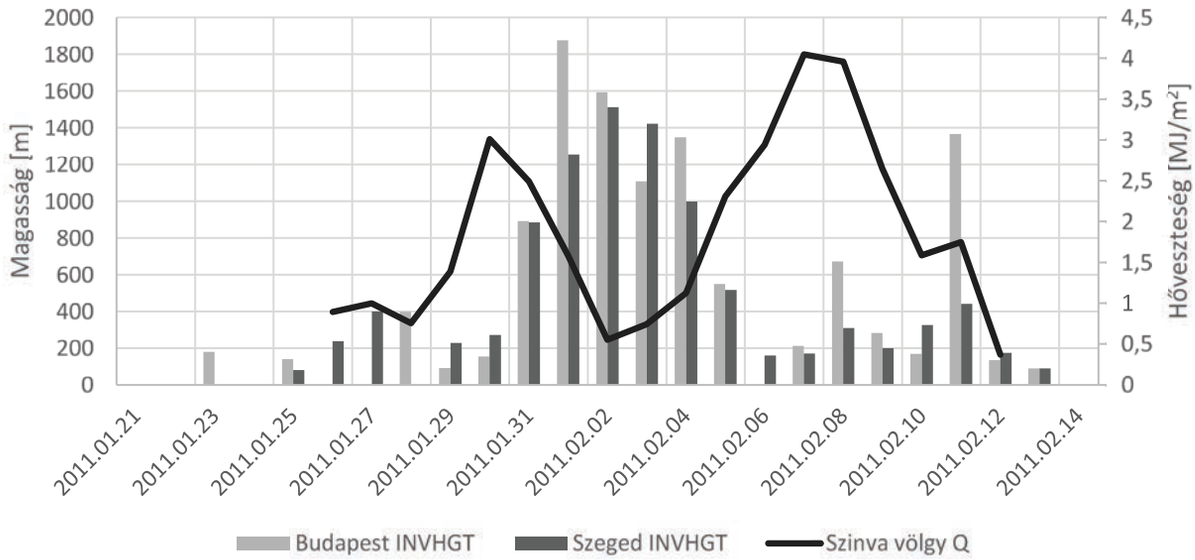
A légköri stabilitás jellemzésének másik módja két különböző magasságú mérési pont esetében a völgyi hőveszteség vizsgálata. Jelen esetben ez a módszer a domborzati feltételeknek köszönhetően egy jó megközelítést jelent. A keveredési réteg völgyi hőveszteségé a magasság függvényében az alábbi módon határozható meg:

$$Q = \int_{z_0}^{h} \rho(z) c_p \left[T_h + \left| y_{adiab} \right| (h - z) - T(z) \right] dz \qquad (2)\ [6]$$

A Q értéke J/m^2-ben azt az energiaszükségletet jelenti, mely az 1 m^2 alapterületű, z_0-től h-ig terjedő légoszlop, h magasságban mérhető potenciális hőmérsékletre való melegítéséhez szükséges, így megszüntetve az összes stabilis réteget a keveredési rétegben. Jelen esetben két pont határolja a légoszlopot így a z_0 kiinduló magasság megegyezik a miskolci mérőállomás magasságával (z_1= 231 m), $T(z)$ pedig a hozzá tartozó abszolút hőmérséklettel, valamint T_h a h



3. ábra. **Hőmérsékleti gradiens adatok 2011.01.26-02.12. között**



4. ábra. **Budapest és Szeged inverziós magasságai és a Szinva völgyének hőveszteség értékei**

magasságban (z_2 = 738 m – Szentlélek) mért abszolút hőmérséklettel. A c_p a speciális hőkapacitás, mely konstans 1005 J/kgK értékkel került a függvénybe. A $\rho(z)$ a levegő sűrűsége, mely a közelítő számításokkor állandónak vehető (ρ =1,2 kg/m^3). A γ_{adiab} a légkör adiabatikus hőmérsékleti gradiense, mely a légtömeg emelkedésével járó tágulásából adódóan -1 °C/100 m, így abszolút érékben adódik hozzá a felmelegítéshez szükséges energiamennyiséghez. [2]

A 3. ábra szemléletei a hőmérsékleti gradiens ($\Delta T/\Delta z$) és számolt hőveszteség *(Q)* kapcsolatát. A két légköri jellemző megegyező lefutást mutat. Stabilitási változás jellemzi a légkört, amennyiben a hőmérsékleti gradiens előjelet vált. A hőveszteség lehetőséget ad arra, hogy az adott térségre jellemző értéket tekintsünk ilyen jellemzési pontnak, amennyiben a 0 K/km-es gradienshez tartozó értéket számítjuk. Ez alapján a Szinva-völgyre jellemző hőveszteségi kritérium Q_{krit} =1,519 MJ/m^2, mely fölött stabilis, alatta labilis légrétegződést feltételezünk.

Budapesti és szegedi rádiószondás adatok

A légköri állapothatározók (hőmérséklet, nedvesség stb.) vertikális profiljait világszerte meteorológiai ballonnal felküldött rádiószondák segítségével mérik. Az adatok speciális adatfájlokban hozzáférhetők a University of Wyoming, Atmospheric Science honlapján. Az adatok letöltésével és egy kódolt algoritmus segítségével kinyertem az előzőekben vizsgált időszakra vonatkozó, Budapesten és Szegeden indított szondák keveredési rétegre vonatkozó adatait. A kérdéses időszakra az inverzió magasságát (INVHGT) vizsgáltam, mely definíciója szerint a legmelegebb hőmérsékleti adat felszíntől mért magassága méterben. Elérhető adat, amennyiben a legmelegebb hőmérséklet a felszín fölött található.

A korábban vizsgált Szinva völgyének hőveszteségét (Q) és a budapesti, valamint szegedi inverziós magasságokat (INVHGT) a 4. ábra foglalja össze. A három térség légréteg jellemzői tendeciálisan megegyeznek. A inverziók átlagának és a hőveszteségnek korreláció értéke –0,27. Az inverzió magasságának emelkedésével a Szinva völgyének hővesztesége csökken, vagyis ellentétesen változik. A hőveszteség értékek egy napra (Central European Time, CTE, 0 órától 24 óráig) vonatkoznak, míg a rádiószondás adatok CTE 01-kor indultak. A 2011.02.11. és 2011.02.12-es adatoknál jól látható az ebből adódó tendenciális csúszás, az inverziós magasságok megelőzik a napi hőveszteség adatokat. A hőveszteség adatok egy napos eltolásával az átlagos inverzió magasság és a völgyi hőveszteség már –0,5-tel korrelál. Hosszútávú adatoksorok és további paraméterek analizálásával érdemes folytatni a völgyi hőveszteség levegőtisztaság-védelmi hasznossságának vizsgálatát.

Összefoglalás

A Miskolcon és Szentlékeken, különböző t.sz.f.m-ban lévő meteorológiai mérőállomások hőmérséklet adatainak segítségével vizsgáltuk a köztük húzódó légtömeg stabilitását. Az inverz hőmérséklet eloszlás stabil légrétegződésre utal, melynek kritériumát a lokálisan jellemző völgyi hőveszteséggel állapítottuk meg. További vizsgálatokat érdemes folytatni hosszútávú adatsorok elemzésével, valamint a légköri folyamatokat befolyásoló egyéb hatások figyelembevételével. A közvetett mérési mód verifikálásának egyik legjobb módja a szenzoros érzékelőkkel szerelt pilóta nélküli légi jármű alkalmazása, mellyel kapcsolatos kutatások jelenleg is folynak a Miskolci Egyetem Energia- és Minőségügyi Intézetében.

Irodalom

[1] C. David Whiteman, Xindi Bian, Shiyuan Zhong: Wintertime Evolution of the Temperature Inversion in the Colorado Plateau Basin. American Meteorological Society 38., 1999.

[2] I. Barmpadimos, C. Hueglin, J. Keller, S. Henne and A. S. H. Prevot: Influence of meteorology on PM10 trends and variability in Switzerland from 1991 to 2008. Atmospheric Chemistry and Physics 11., 2011.

[3] Yann Largeron, Chantal Staquet: Persistent inversion dynamics and wintertime PM10 air pollution in Alpine valleys. Atmospheric Environment 135., 2016.

[4] Cséki Gergő: Inverziós helyzetek kialakulása a Kárpát-medencében. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2010.

[5] Önkormányzat, Miskolc Megyei Jogú Város: 30/2013. (X.I.) önkormányzati rendelete a füstköd-riadó tervről. 2013.

[6] Geoffrey D. Silcox, Kerry E. Kelly a, Erik T. Crosman b, C. David Whiteman, Bruce L. Allen: Wintertime PM2.5 concentrations during persistent, multi-day cold-air pools in a mountain valley. Atmospheric Environment 46., 2010.

Üvegház Hatású Gázok (ÜHG) szerepe a klímaváltozásban

Kamarás Béla
energetikus szakmérnök, kamarasbela@gmail.com

A szakemberek egyértelműen kijelentik, hogy a klímaváltozást több tényező befolyásolja. Az ÜHG-ok közül a média, a politikusok csupán a CO_2 szerepét ismerik el. Dolgozatomban a klímaváltozást befolyásoló tényezők közül egyedül az ÜHG szerepével foglalkozom, ezen belül is csak négy kérdés megválaszolására vállalkozom:

1. A CO_2 mellett az egyéb ÜHG, és így a CH_4 milyen mértékben növeli a káros anyag kibocsátást?
2. A növény természetes bomlása során CH_4 keletkezik. A növények komposztálása helyett azok energetikai felhasználását célszerű-e programba venni?
3. Az ÜHG kibocsátása szempontjából elegendő-e a növényalapú energiáknak csupán az elégetés során keletkezett CO_2-t meghatározni, vagy figyelembe kell venni annak kitermelése, szállítása során jelentkező ÜHG-t is?
4. A földgáz, a kőszén felhasználás összehasonlításánál, az ÜHG kibocsátás szempontjából mely tényezőket kell figyelembe venni?

Az általam felvetett kérdésekre a választ a növényalapú energiák felhasználása során ismertetem: 1 kg növény hasznosítása mellett, 1 kWh villamosenergia-termelésre vetített ÜHG kibocsátást kísérelem meghatározni:

1. Energia felhasználás során jelentkező ÜHG kibocsátás (kgCO_2E/kg), (E-CO_2 Egyenértékben).
2. Termelhető villamos energia (kWh/kg).
3. 1 kWh villamosenergia-termelésre eső ÜHG kibocsátás (kg CO_2E/kWh). Az előbbi kettő hányadosa.

Dolgozatomban tárgyalt ÜHG jellemzői

Az ÜHG kismértékű jelenléte esetén, már meghatározó szerepe van Földünk felmelegedésében, ezért a következő mérőszámot vezették be:

1 ppm: 1 000 000 molekulában 1 db ÜHG molekula van

	ÜHG szerepe	változás 100 év alatt	élettartam
H_2O	60–70%		10 nap
CO_2	9–26%	280–385 ppm (131%)	50–200 év
CH_4	4–9%	0,715–1,750 ppm (245%)	8,4–12 év

Az ÜHG szerepe nagyon hasonló az üvegházakéhoz, nevét is innen kapta. Az üvegfelület a Nap hősugárzását átengedi, de gátolja annak visszasugárzását, így az üvegházon belül kedvező hőmérséklet alakítható ki. Hasonló jelenség: a felhők gátolják a Föld lehűlését, kertekben a fagyveszély elkerülése céljából füstölnek, vizet permeteznek. Ha csökken a légtérben az ÜHG a Föld lehűl, ha nő, felmelegszik.

Dolgozatomban a vízgőzzel, mint ÜHG-al tételesen nem foglalkozom. Itt egy példán érzékeltetem, hogy a villamosenergia-termelés során mennyi vízgőz kerül a légtérbe. 400 MW teljesítményű lignit tüzelésű erőmű kéményén 78kg/s, a kondenzátor hűtésével 200kg/s vízgőz kerül a légtérbe.

A feltett kérdések válaszolásához mérlegeléseket, számításokat készítettem, melyek alapadatai:

1. A számításaimban hamu és nedvességmentes állapotot választok, az arányokat (kg/kg), fajlagos energiatartalmakat (kWh/kg) 1kg tömegre vonatkoztatom.
2. Az ÜHG-ok a légkörben tartózkodó idejüktől, a sugárzási tulajdonságuktól, a molekuláris tömegüktől függően különböző mértékben járulnak hozzá a felmelegedéshez. Az elterjedt mérőszáma Globális Melegedési Potenciál (GWP), értéke a CO_2-nél 1, a CH_4-nél 23-ban került meghatározásra 100 évre vonatkoztatva. Ennek ismeretében vezettem be a kgCO_2E/kg fogalmat.
3. Növényalapú energiák összetétele, fűtőértéke:

kg/kg	C + H + O,N = Összesen	Fűtőérték (kWh/kg)
Növény	0,500 + 0,060 + 0,440 = 1,000	5 22
Lignit	0,680 + 0,051 + 0,269 = 1,000	7,68
Kőszén	0,835 + 0,051+ 0,114 = 1,000	8,96
Antracit	0,940 + 0,020 + 0,040 = 1,000	9,54
Metán	0,750 + 0,250 + ... =1,000	13,90

A földkéreg jelenlegi állapotát jelentős földmozgások alakították ki, hegyek gyűrődtek fel, mély tengeri árkok jöttek létre. A növények jelentős része a föld felszíne alá került, lassú bomlás indult el, melyet szénülési folyamatnak nevezünk.

Az emberi tevékenység során a légtérbe kerülő ÜHG elemzésére öt növényalapú energia feldolgozását választottam:

1. Növények természetes bomlása
2. Növények eltüzelése
3. Növények fermentálása, eltüzelése
4. Lignit kitermelése, eltüzelése
5. Földgáz kitermelése, szállítása, eltüzelése
6. Kőszén kitermelése, eltüzelése

A nővények természetes bomlása

A növények természetes bomlása során jelentős mennyiségű metán termelődik: komposzt készítése, mocsarakban a növények rothadása, állati trágya érlelődése. A médiában is beszámolnak arról, hogy Szibériában a mocsaras területeken a jégtakaró elolvadását követően jelentős mennyiségű metán kerül a légtérbe. A légtérben a CH_4 tartalma rohamosan nőtt, 100 év alatt 245%-ra.

A képződött gáz összetétele /kg/kg/

$CH_4 + CO_2 + O_2,N_2$ = Összesen	Fűtőérték
0,248 + 0,608 + 0,144 = 1,000	3,44 kWh/kg [3]
100 év elteltével (60%/ 0,149+0,365+0,086=0,600	2,06 kWh/kg

A metán GWP 23, széndioxid GWP 1 értéke alapján:

ÜHG kibocsátás: 3,792 kgCO2E/kg

Villamosenergia-termelés nincs.

A növények eltüzelése

Az elmúlt években a biomassza eltüzelésére korszerű technológiák valósultak meg. Jelentős mértékben elterjedt a másodanyagok eltüzelése (szalma, kukoricaszár stb.). A hamu és nedvesség mentes növények összetétele lényegesen nem tér el egymástól (kg/kg):

C + H + O, N = Összesen	Fűtőérték
0,500 + 0,060 + 0,440 = 1,000	5,22 kWh/kg

A növények 5%-a a földön marad, ahol elbomlik (0,190kgCO_2E/ kg). Az eltüzelés során a C tartalom CO_2-é ég el (1,742kgCO_2/kg).

ÜHG kibocsátás: 1,932 kgCO_2E/kg
Villamosenergia-termelés (40% hatásfok): 1,987 kWh/ kg
1 kWh termelésre vetített ÜHG kibocsátás: 0,972 kgCO_2E/kWh
erőművi ÜHG kibocsátás mellett: 0,877 kgCO_2/kWh

A növények fermentálása, eltüzelése

Zárt tartályokban szalmát, kukoricaszárat, állati eredetű anyagokat, szennyvíz iszapot tárolnak. Mikroorganizmusok, enzimek, erjesztőgombák részvételével indítják el, majd szabályozzák az erjedési folyamatot. A földön maradt növény 5%-a elbomlik (0,190kgCO_2E/kg). A fermentált gáz összetétele (kg/kg).

CH_4 + H_2 + CO_2 + O_2, N_2 = Összesen	Fűtőérték
0,401 + 0,001 + 0,587 + 0,011 = 1,000	5,60 kWh/kg [3]
fermentálás hatásfoka:75% 0,301 + 0,001 + 0,440 + 0,008 = 0,750	4,20 kWh/kg

ÜHG kibocsátás: 1,394 kgCO_2E/kg
Villamosenergia-termelés (40%hatásfok): 1,596 kWh/kg
1kWh termelésre vetített ÜHG kibocsátás: 0,873 kgCO_2E/kWh
erőművi ÜHG kibocsátás mellett: 0,754 kgCO_2/kWh

Lignit kitermelése, eltüzelése

A nővény és a lignit összetételét ismerve, kalkulálható a szénülési folyamat termékeinek összetevői (lignit, metán, egyéb veszteség).

Az egész növény szénülési folyamatának termékei: /kg/kg/.

	C + H + O,N = Összesen	Fűtőérték (kWh/kg)
39% Lignit	0,265 + 0,020 + 0,105 = 0,390	3,00 (57%)
16% Metán	0,120 + 0,040 + ... = 0,160	2,22 (43%)
45% CO_2,O_2,N_2	0,115 + ... + 0,335 = 0,450	–
100% Növény	**0,500 + 0,060 + 0,440 = 1,000**	**5,22 (100%)**

Feltételezem, mivel a külfejtéssel kitermelt lignit, közel van a felszínhez, a termelődött 16% metán már a lignit kitermelése előtt a szabadba került, ezért az ÜHG kibocsátásában nem vettem figyelembe. A lignitnek a felszín közelében a metángáz abszorpciós kötődése gyakorlatilag nulla. [5]

A kitermelés során a lignit 20%-a a földben marad.

ÜHG kibocsátás: 0,777 kgCO_2E/kg
Villamosenergia-termelés (40% hatásfok): 0,960 kWh/kg
1 kWh termelésre vetített ÜHG kibocsátás: 0,809 kgCO_2E/kWh
erőművi ÜHG kibocsátás mellett: 0,809 kg CO_2/kWh

Földgáz kitermelése, szállítása,eltüzelése

A szénülési folyamat vizsgálatánál – az antracit végtermék mellett – 5000–6000 méter mélységben a legtöbb metánkeletkezés változatot választottam.

Az egész növény szénülési folyamatának termékei: (kg/kg)

	C + H + O,N = Összesen	Fűtőérték (kWh/kg)
23% Antracit	0,216 + 0,005 + 0,009 = 0,230	2,16 (41%)
22% Metán	0,165 + 0,055 + ... = 0,220	3,06 (59%)
55% CO_2,O_2,N_2	0,119 + ... + 0,431 = 0,550	–
100% Növény	**0,500 + 0,060 + 0,440 = 1,000**	**5,22 (100%)**

A vizsgálatomban feltételezem, hogy a növény 20%-a nem vesz részt a szénülési folyamatban, illetve az nem termelhető ki. A metán 5%-a kitermelés, 3%-a szállítás során a levegőbe kerül. A földgáznak a csővezetéken történő szállításához az energiát a csővezetékből vételezi, mely 5000 km távolság mellett a metán 20%-a felhasználódik.

A Mecsekben elvégzett vizsgálatok alapján 700 m feletti mélységben 1 tonna szén kitermelésekor 70 köbméter metán abszorpciósan kötődik a szénhez. Az egész növény a szénülési folyamata – antracit végtermék mellett – 4000 m feletti mélységben az abszorpciósan kötött metánon felül jelentős mennyiségű szabad metán is termelődik. A szabad metán a földben lévő üregekben, porózus kőzetekben tárolódik, annak felszabadítása alkalmával jelentős metántermelést eredményez. Vizsgálataim alapján ez a szabad metán mennyisége közel 15-szöröse az abszorpciósan kötött metánnak. A metán kitermelése a szénrétegekből, a kőzetekből eredményes lehet, ezt igazolja Amerikában és már máshol is alkalmazott „palagáz” termelés.

ÜHG kibocsátás: 0,769 kgCO_2E/kg
Villamosenergia-termelés (50% hatásfok) 0,901 kWh/kg
1 kWh termelésre vetített ÜHG kibocsátás: 0,853 kgCO_2E/kWh
erőművi ÜHG kibocsátás mellett: 0,395 kgCO_2/kWh

Kőszén kitermelése, eltüzelése

A kőszén szénülési folyamatának termékei: (kg/kg)

	C + H + O,N = Összesen	Fűtőérték (kWh/kg)
29% Antracit	0,242 + 0,015 + 0,033 = 0,290	2,72 (52%)
18% Metán	0,135 + 0,045 + ... = 0,180	2,50 (48%)
53% CO_2,O_2,N_2	0,123 + ... + 0,407 = 0,530	–
100% Növény	**0,500 + 0,060 + 0,440 = 1,000**	**5,22 (100%)**

A kőszén a kitermelés során 20%-a földben marad. A kőszén kitermelésével 600-800 m mélységben a kőszénnek a metángáz abszorpciós megkötő képessége a – Mecsekben elvégzett vizsgálatok alapján – 1 tonna kitermelt kőszén mellett 70 köbméter metán. Ez az érték – az előbbi táblázatban szereplő 18% helyett – 1,4%-nak felel meg. Az ÜHG kibocsátás ezen érték alapján került meghatározásra. [5] A metán kibocsátás a metánlecsapolással (70%), annak energetikai felhasználásával jelentősen csökkenthető.

Az elvégzett vizsgálatok eredményének táblázatos bemutatása

	ÜHG kibocsátás		Villamosenergia-termelés		Fajlagos kibocsátás	
	$kgCO_2E/kg$	CH_4 %	kWh/kg	%	**$kgCO_2E/kWh$**	$kgCO_2/kWh$
1. Növények természetes bomlása	3,792	90%	–	–	**–**	–
2. Növények eltüzelése	1,932	10%	1,987	38	**0,972 (111%)**	0,877 (100%)
3. Növények fermentálása, eltüzelése	1,394	13%	1,596	31	**0,873 (116%)**	0,754 (100%)
4. Lignit kitermelése, eltüzelése	0,777	–	0,960	18	**0,809 (100%)**	0,809 (100%)
5. Földgáz kit.,száll., eltüzelése	0,769	42%	0,901	18	**0,853 (216%)**	0,395 (100%)
6. Kőszén kitermelése, eltüzelése	0,821	11%	0,931	18	**0,882 (112%)**	0,788 (100%)
– kőszén	0,710		0,870		0,816	0,816
– metán	0,111		0,061		1,824	0,393

	Kőszén	**Metán**	**Összesen**
ÜHG kibocsátás: ($kgCO_2E/kg$)	0,710	0,111	0,821
Villamosenergia-termelés (40% hatásfok) (kWh/kg)	0,870	0,061	0,931
1 kWh termelésre vetített ÜHG kibocsátás: ($kgCO_2E/kWh$)	**0,816**	**1,820**	**0,882**
Erőművi ÜHG kibocsátás mellett: ($kgCO_2/kWh$)	0,816	0,393	0,788

Összefoglaló értékelés

Az elvégzett vizsgálatok eredményének táblázatos bemutatása:

A nagymértékű ÜHG kibocsátás a „Növények természetes bomlása” változatban jelentkezik, ahol annak összetételében a metán tartalom a legnagyobb. A metán 23szor károsabb közeg, mint a széndioxid. A növény energia tartalma 5,22kWh/kg, A táblázat egyértelműen bemutatja, hogy az energiatermelés szempontjából a legkedvezőbb változatok a növény, a fermentált növény eltüzelése.

A feltett kérdésekre a válasz

- Az eddig elvégzett kutatások alapján a metán kibocsátás hatása, 100 évre vonatkoztatva 23 szorosa a széndioxidnak. Az utóbbi 100 évben a CH_4 mennyisége a légtérben jelentősen megnőtt. Már az alacsony metán tartalom is jelentősmértékben hozzájárul a $kgCO_2E/kg$ növeléséhez.
- A növények természetes bomlását követően a magas metán tartalom következtében a kibocsátott ÜHG 3,792 $kgCO_2E/kg$. Ugyan ez az érték a növény, a fermentált növény eltüzelés mellett jóval kedvezőbb. Megállapítható, a növény energetikai felhasználását célszerű választani.
- A táblázat utolsó két oszlopa egyértelműen igazolja, hogy az ÜHG kibocsátás meghatározásához a tüzelőanyag kitermelése, szállítása, eltüzelése során jelentkező gázokat is figyelembe kell venni. Az erőművi kibocsátáshoz képest a teljes érték a földgáznál 216%, a kőszénnél csupán 112%.
- A szénülési folyamat utolsó fázisában /antracit/ a metán tartalom eléri a 22%-ot, mely a növényi energiának 59%-a.

A földgáz kitermelésnél, a szállításnál jelentkező veszteségek tovább csökkentik az energetikailag felhasználható metánt, melynek eredményeként a villamos energiatermelés 0,901 kWh/kg, fajlagos ÜHG kibocsátás 0,853 $kgCO_2E/kWh$. A szállítási költségek és veszteségek csökkentése érdekében – a nagy távolságok esetén – a folyadék halmazállapotú tengeri szállítást választják. A földgáz energetikai felhasználása, az ÜHG kibocsátása a változatok közül nem a legkedvezőbb.

A bánya mellé települt kőszéntüzelésű erőműben a metán lecsapolás a gazdálkodást javítja, csökkenti az ÜHG kibocsátást. A forszírozott metán lecsapolás jelentősen csökkenti az ÜHG kibocsátást.

Hazánk jelentős lignit vagyonnal rendelkezik, 0,809 kg CO_2E/kWh mutatója alapján kondenzációs villamosenergia-termelésre alkalmas.

Hivatkozások

[1] Klímaváltozás Hatásai –tanulmány
[2] Dr. Kamarás Béla Bányagépészeti Konferencia 2011, 2013, 2015, 2016
[3] Dr. Kapros Tibor: Energiagazdálkodás 2013/6
[4] K. Raznjevic: Hőtechnikai Táblázatok
[5] Kiss József: A mecseki gázlecsapolás történeti áttekintése és a fúrólyukas gázfeltárás lehetőségeivel kapcsolatos kutatások 1995

Köszönjük, hogy gondol ránk!

1%

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület adószáma:

19815637−2−43

A jövő energiahordozói

Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

Az energetikai kutató intézetek sorra készítik a prognózisokat az energiahordozók jövőjéről. Egyre több tényezőt, változást kell figyelembe venni, és 20-30 évre előretekintésnél nem árt rögzíteni azokat a feltételezéseket is, amelyekkel az egyes jövőképek készültek. A gyakori változások miatt prognózisokat akár évente frissítik. Most két kutató intézet az ERI RAS és az U.S. EIA elemzőinek hosszú távú kilátásait tekintjük át, amelyet 2017-ben tettek közzé. Az új prognózisokba már beépítették a közelmúlt sok változását: a palaolaj-palagáz kutatás sikereit, OPEC döntést a kőolaj termelés visszafogásáról, az arab térség háborúját, az új amerikai elnök klímavédelmi nyilatkozatát, az ENSZ törekvését a légkör védelmére.

Az orosz állami kutató intézet, az ERI RAS prognózisa [1] és az amerikai EIA [2] is 2040-ig vállal becsléseket. Mindkét kutató intézet hasonló feltételezésekkel készített három jövőbeli változatot:

Az oroszok:

- kedvező változat (favourable scenario)
- valószínű változat (probable scenario) (ezt elemezzük a továbbiakban)
- szélsőséges változat (critical scenario)

Az amerikaiak az egész energia piac meghatározó tényezőjéhez, az olajárhoz kapcsolják a jövő alternatíváit:

- magas olajár változat,
- a valószínű változatot „reference case”-nek nevezik,
- alacsony olajár változat.

A referencia változatot elemezzük a továbbiakban.

A valószínű/referencia változat feltételezései:

- a ma látható technológiák, fejlődési tendenciák, állami szabályozások érvényesülnek a jövőben is,
- a gazdasági növekedés a Föld minden térségére jellemző lesz,
- a Föld egyes térségeiben a jövőbeli változások lényegesen eltérő tendenciákat mutathatnak,
- a Föld népessége folyamatosan nő,
- a Föld klímaváltozásának tendenciája tíz éven belül nem fordítható meg, így számoltak a klímaváltozás még évtizedekig mérhető hatásával, ami egyrészt az energia felhasználásban másrészt a károsanyag kibocsátás elleni küzdelemben hozhat változásokat,
- a mai lokális háborúk nem eszkalálódnak.

Kiegészíthetjük még a perem feltételeket további, az energia ipart közvetlenül érintő tényezőkkel:

- minden ország első sorban a saját energia hordozó készleteire és kitermelésére akar támaszkodni,
- a szén szerepe a világ egészében csökkenni fog,
- az elektromos autók elterjedése az olaj piacot lényegesen befolyásolja,
- a palaolaj-palagáz kutatások eredményeként, valamint a metánhidrát kutatások alapján olaj- és földgáz bőségre kell számítani, ennek következménye az, hogy a kőolaj ára (Brent) hordónként szorosan 60 USD körül lesz.
- a földgáz piacon az LNG forgalom szerepe tovább nő, újabb országok kapcsolódnak be a földgáz nemzetközi kereskedelmébe, az LNG kőolajat tud kiváltani
- Kína fejlődése az energia piac egyik legfontosabb tényezője

Természetesen az egyes tényezők mértéke az egyes országokban eltérő lehet.

Nyilván minden energetikai kutató intézet valamilyen mértékben figyelembe veszi az őket működtető kormányzat stratégiáját, céljait is, az országuk adottságait.

A kutató intézetek nem szokták a saját prognózisaikat nyilvánosan összevetni másik kutató intézetével. Most az ERI RAS mégis készített egy összehasonlítást a hosszú távú primer energia felhasználásról (Mtoe):

	2014	**2030**	**2035**	**2040**
ERI RAS	13700	16050	16800	17700
OPEC 2016		18100	...	19900
BP 2017		16040	17100	...
IEA 2016		16000	17000	17800
EIA 2016		18000	19200	19900
ExxonMobil 2016				17600

A Föld népességének alakulását az EIA két csoportban vizsgálja: OECD országok és nem OECD országok. A 2015-2040 közötti időszakban az OECD országokban átlagosan 0,4% évenkénti népesség gyarapodással számolnak, a nem OECD országokban ugyanez a szám 0,95%. Az OECD országok közül átlag feletti népesség gyarapodást Ausztráliától, Új Zélandtól, Mexikótól, Chilétől várnak. A nem OECD országcsoportban Afrika és Közép Kelet népessége fog rohamosan gyarapodni. (Nem kalkulálják a népesség alakulásában a tömeges elvándorlást.)

Az oroszok is készítettek becslést a Föld népességének alakulásáról (valószínű változat, milliárd fő):

Év	**2014**	**2030**	**2035**	**2040**
Népesség	7,4	7,8	8,5	9,2

A prognózisok készítésénél fontos tényező a GDP várható alakulása. Az ERI RAS előjelzése szerint a valószínű változatban, %:

Időszak	**2015-2040**	**2015-2020**	**2020-2030**	**2030-2040**
Növekedési ütem	2,8	3,3	3,0	2,5

Az EIA is ad prognózist a GDP alakulására, (10^{12} USD, 2010-es árfolyamon):

Időszak	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**
Nem OECD	58	72	88	108	125	145
OECD	48	52	58	60	67	74

A kőolajtermék termelés és a felhasználás nagyon közeli adatok, a kettő különbségét a felszíni készletek változása adja. Ma a felszíni készletek kb. 90 napos felhasználással azonosak. Az EIA a számítását azzal indítja, hogy a napi olaj fogyasztás a világ egészében 2015-ben 95 millió hordó volt naponta. Ez az érték 2040-re 115 millió hordóra nőhet. 2015-ben az OECD országok fogyasztása 46 millió hordó/nap, a nem OECD országoké 49 millió hordó/nap. Az arányok 2040-re eltolódnak: az OECD országok olaj fogyasztása csökken, 44 millió hordóra, a nem OECD országoké pedig nő 71 millió hordó/nap értékre.

A kőolaj termékek felhasználási céljaiban is lesz némi változás 2040-ig: a szállítás (és közlekedés) részesedése 54 %-ról 56 %-ra nő, az ipari felhasználás aránya közel azonos lesz (36%), az épületek energia ellátásában kis előrelépés lesz (6%-ról 5%-ra csökken), a villamos energia termelésben a kőolaj részesedése 4%-ról 2%-ra esik vissza.

Mindkét elemző intézet elválasztja a fejlett országok energia felhasználását a fejlődő országoktól, praktikusan az OECD és nem OECD országok csoportosítással.

A világ energia fogyasztására az EIA a következő prognózist adja (10^9 kWh):

	Összesen	OECD	nem OECD
2015	169,8	68,8	101,0
2020	175,7	65,9	109,8
2030	185,9	68,2	117,7
2040	215,2	71,5	143,7

Az energiahordozónkénti megoszlás az EIA szerint a következő (10^5 Mtoe):

	2015	2040
Kőolaj termék	4750	5625
Földgáz	3250	4500
Szén	3875	3870
Megújulók	1750	3125
Nukleáris	675	1000

Az ERI RAS is ad prognózist az energiahordozók karrierjéről az egész világon (Mtoe):

	2015	2040
Kőolaj	4200	4700
Földgáz	3000	4200
Szén	3950	4500
Nukleáris energia	750	1150
Vízenergia	400	500
Bioenergia	1500	2000
Egyéb megújulók	250	700

Markáns a fosszilisek súlyának emelkedése az ERI RAS prognózisban. A megújulók súlyának impozáns emelkedése nem az orosz energetikai stratégia leképezése.

A szén jövőjét az EIA mértéktartással fogalmazza meg, tekintettel van a klímavédelmi törekvésekre, és a világ országainak ezzel kapcsolatos felelősségére. Ugyanakkor számításba veszi az USA azon törekvését, hogy 2020-ra lehetőleg energiahordozó import nélkül elégítsék ki az ország energia igényét.

A szénfelhasználás várható alakulása (Mtoe) [2]:

2015	2020	2025	2030	2035	2040
3875	4050	4000	3875	3800	3750

Az oroszok a szénfelhasználás jövőjét kissé eltérően látják (Mtonna) [1]:

2015	2020	2025	2030	2035	2040
5550	5950	6005	6215	6345	6555

Az orosz prognózisból az vélhető, hogy a szénben gazdag országok (Kína, Oroszország) még jóideig nem kívánják visszafogni a szén termelést és felhasználást.

A szénfelhasználás legnagyobb része Kínában jelenik meg, ahol 2020 után a szénfogyasztás csökkenésével számolnak. India szénfelhasználása töretlenül nő 2040-ig. Észak Amerika és Európa élen jár a szénfelhasználás csökkentésében.

Nem képvisel nagy súlyt a nukleáris energia, de a becsült növekedése mégis figyelemre méltó. Európában említhetjük Németország terveit: 2023-ig be akarják zárni az atomerőműveiket. Elegáns döntésnek tűnik ez az elhatározás, de máris árnyaltabb a kép, ha figyelembe vesszük hogy: egyrészt a német energiaigények kb. 7%-át fedi a nukleáris energia, másrészt a megújulók használata (mindenek előtt a napelem és a szélgenerátor) állami támogatása megteremtette azt a helyzetet, hogy 2016 őszén a két megújulóval termelt villamos energia pár napra fedezte az ország teljes szükségletét, és éppen az okozott gondot, hogy a többi erőmű meg álljon le? A megújuló eredmények mögött a német energetikai ipar lobbi erejét lehet vélni. Tudhatjuk azt is, hogy a bezárt atomerőmű teljes eltakarítása többe kerül, mint egy új atomerőmű építése. Nálunk meg éppen a Paks II. erőmű bővítés van napirenden.

Az ERI RAS áttekintést ad a világ nukleáris erőműveiről 2016. végén:

a világ 450 atomerőművéből tíz évnél fiatalabb 50,
11-20 éves 43,
21-30 éves 108,
31-40 éves 182,
41 évesnél régebbi 67.

Az atomerőművek kora figyelmeztet a megújítás vagy a megszüntetés hatalmas költségeire. Ezzel együtt a nukleáris energia felhasználás növekedésére számíthatunk az ERI RAS szerint:

Villamosenergia-termelés nukleáris erőművekben (TWh) [1]:

2015	2020	2025	2030	2035	2040
680	795	875	1000	1090	1170

Ebben a növekedési ütemben szerepe van az orosz nukleáris energetikai ipar piacszerzési törekvéseinek is.

A kutató intézetek ritkán foglakoznak a villamos energia jövőjével, mert ez az energia fajta nem tartozik a primer energiahordozókhoz. Ugyanakkor mindenki számára világos az, hogy a villamos energia az az univerzális energia hordozó, amelyet bárhol, bármire

tudunk már hasznosítani. Az ERI RAS készített előretekintést az elektromos energia igényekre (TWh):

2015	2020	2025	2030	2035	2040
25000	27100	30100	33000	35000	38500

A villamos energia igény alakulásában a fejlődő Ázsia szerepe a legjelentősebb, azzal együtt, hogy a Föld minden térségében nő a villamos energia igény. A villamos áram termelés technológiája is rohamos fejtődésen megy át. Talán a napenergia hasznosítás területén várható a legnagyobb fejlődés.

A villamosenergia-termelés forrásaira is készült előjelzés [1]. A legvalószínűbb változat szerint 2040-ben a villamos energiát 2%-ban olajból, 26%-ban földgázból, 31%-ban szénből, 12%-ban nukleáris energiahordozóból, 15%-ban vízenergiából, és 13%-ban egyéb megújulóból fogják előállítani. 2015-höz képest az olaj és szén felhasználás fog csökkenni, és a megújulók szerepe markánsan nő.

Az EIA is készített előrejelzést a villamos energia piacról (TWh):

2015	2020	2025	2030	2035	2040
20600	25500	27200	28900	31600	34100

Az oroszokat határozottan a kőolaj- és földgáz exportja motiválja az energia piacon. Oroszországban a nem hagyományos kőolaj- és földgáz kutatás még el sem indult, részben azért, mert az ehhez szükséges fejlett technológiákat a kereskedelmi bojkott miatt Oroszország nem tudja megvásárolni. A Gazprom európai földgáz exportja 2016-ban mintegy 201,5 milliárd m^3 volt, az NRG report szerint [3]. Fő vásárlói: Németország (57,9 milliárd m^3), Hollandia (27,5), Nagy Britannia (25,7).

A földgáz felhasználás jövőjét két nagyon fontos tényező határozza meg:

- megindult az LNG szállítása azokból az országokból is, ahol a jelentős földgáz készleteiket a helyi felhasználás nem köti le, például: Malajzia, Új Zéland, Indonézia, Peru, Vietnam. Az LNG technológia kellően fejlett ahhoz, hogy olcsó legyen. A tengeri szállítás pedig olcsó a vezetékes szállításhoz képest. 2016-ban érkezett már LNG az USA-ból is Európába.
- A „palagáz" kutatás eredményei (első sorban az Egyesült Államokban) lehetővé tették a versenyképes árú, új technológiájú földgáz termelést, ipari méretekben. Még felmérni sem lehet a tengerek partmenti sávjában talált metánhidrát készleteket, amelyek a földgáz piacokat lényegesen átalakíthatják.

Az EIA a földgáz jövőjét egyértelműen felfelé ívelőnek látja, és ebben a nem hagyományos földgáz készletek és kitermelés szerepe a meghatározó. Az USA mellett Kína és Kanada nem hagyományos földgáz termelését emeli ki (Md m^3):

USA	2015	2030	2040
shale gas	360,2	558,0	606,0
tight gas	112,0	140,0	196,0
coalbed methane	42,0	42,0	42,0
hagyományos	252,0	240,0	220,0
Összesen	**766,2**	**980,0**	**1064,0**

Kína	2015	2030	2040
shale gas	-	105,0	176,0
tight gas	-	3,5	28,0
coalbed methane	2,0	3,0	5,0
hagyományos	134,1	134,5	183,0
Összesen	**136,1**	**246,0**	**392,0**

Kanada	2015	2030	2040
shale gas	-	5,0	10,0
tight gas	72,0	94,5	154,0
coalbed methane	5,0	5,0	5,0
hagyományos	72,1	63,5	55,0
Összesen	**149,1**	**168,0**	**224,0**

Az ERI RAS a földgáz jövőjét térségenként mutatja be, kiemelve néhány országot (földgáz fogyasztás, Md m^3):

	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Észak-Amerika	958	994	1030	1076	1116	1157
USA	779	794	813	841	865	873
Közép-Dél-Amerika	170	175	202	233	264	294
Európa	495	508	529	512	510	502
EU 28	435	422	427	401	381	364
CIS*	636	624	656	679	699	717
Fejlett Ázsia	211	193	191	199	196	189
Fejlődő Ázsia	494	679	853	999	1116	1225
Kína	211	324	428	502	542	566
Közép-Kelet	470	534	595	643	686	726
Afrika	128	152	176	199	223	247
Világ összesen	3562	3860	4231	4541	4809	5037
Oroszország	452	454	483	502	512	516

*CIS: a volt FÁK országok

Néhány megjegyzés a földgáz prognózishoz:

- Észak Amerikában (USA, Kanada, Mexikó) folyamatosan nő a földgáz felhasználás.
- Európában talán már el is indult a földgáz kiváltása, első sorban megújulókkal.
- Fejlett Ázsia térség alatt Japánt és Dél Koreát értjük, ahol szintén elindult a földgáz kiváltása
- Fejlődő Ázsiához sorolják Indiát, Indonéziát, Kínát, Malajziát: ezekben az országokban a földgáz karrierje hatalmas ütemben nő.
- A világ 2040-ig nem tud lemondani a földgázról, bármilyen környezetvédelmi elhatározások is szülessenek.

A megújuló energiahordozók használatában az EU tagországok fognak az élen járni a következő húsz évben is, de az USA is határozott fejlesztési programot indított. A következő táblázat a megújulók szerepét mutatja be a primer energia termelésben (Mtoe), az ERI RAS szerint:

	2015	2020	2025	2030	2035	2040
geotermikus és egyéb	80	120	160	220	280	350
szél	50	80	110	160	200	250
napenergia	35	50	80	135	170	220
foly. bio	55	65	80	115	175	260
szilárd bio	1580	1685	1710	1800	1735	1750
vízi	250	260	270	300	320	350
összesen	2050	2260	2410	2730	2880	3180

A folyékony bio üzemanyagok gyorsabb elterjedését a mezőgazdasági termelés még jól viselné, de a járműpark állapota még nem teszi lehetővé a 4…6%-nál nagyobb bio üzemanyag hányadot.

Az ERI RAS a megújulók markáns térnyerését becsüli 2040-ig a fejlődő ázsiai országokban, de ebben a térségben is főleg a szilárd bio tüzelőanyagok fognak terjedni.

A két kutató intézet elemzés alapján megállapíthatjuk, hogy az áttekintett időszakban:

- a világ energia igényét biztonsággal fedezik a készletek és a kitermelés
- a klímavédelmi törekvések látványos eredményei hosszabb távon várhatók
- a fosszilis energiahordozók adják a biztos alapját az energia igények kielégítésének
- a megújuló energiahordozók használatát támogatásokkal kell erősíteni, bár a megújuló hasznosítás technológiái hatalmas fejlődésben vannak.

Hivatkozások

[1] The Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences (ERI RAS): Global and Russian Energy Outlook 2016

[2] U.S. Energy Information Administartion (EIA): International Energy Outlook 2017. September 14, 2017

[3] NRG report/MTI

A környezetbarát villanyautó

Szilágyi Zsombor

mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A közlekedés adja a légkör szennyezésének mintegy felét. Az egész világon napirenden van a levegő széndioxid tartalmának csökkentése. Ennek a programnak fontos eleme a környezetbarát gépjárművek terjesztése. A cikkünkben főleg a személyautók szerepéről lesz szó.

A Föld népessége folyamatosan nő, a lakosok közlekedni akarnak, ehhez tömegközlekedési eszközöket és személyautókat használnak. A közúti teherszállítás is egyre elterjedtebb lett. Minden autó gyártó cég folyamatosan fejleszti a gyártmányait, cél, hogy a jármű olcsóbb, biztonságosabb és környezetbarátabb legyen. A jármű fejlesztések eredménye a hibrid és a villamos hajtás, amely járművekkel a közlekedést takarékosabbá és tisztábbá lehet tenni.

A gépkocsi állomány néhány térségben és országban 2014. végén [1]:

EU	14 millió, ebből tehergépkocsi 11%
Kína	22 millió, ebből tehergépkocsi 6%
Japán	5 millió, ebből tehergépkocsi 14 %
USA	15 millió, ebből tehergépkocsi 40 %

2016 végén a világban 1,4 milliárd autó gurult az utakon [4]. A világ autó állománya most évente 5%-kal nő. Ezt a rohamos járműszám emelkedést a következő évtizedekben már alacsonyabb szinten látják reálisnak a szakemberek, és 2050-re évi 1,6%-os növekedést várnak. (A továbbiakban az „elektromos” alatt a tisztán villamos hajtású és a hibrid járműveket értjük, a személygépkocsikat és a 3,5 tonna alatti haszonjárműveket is.)

Nagyléptékű bejelentések hangzottak el 2017 végén a járműállomány összetételéről: a Volvo cég 2019-től csak elektromos és hibrid autókat fog gyártani, a francia és a brit környezetvédelem kormányzati vezetői pedig kijelentették, hogy 2040-től megszüntetik a benzines és a dízel járművek forgalmazását országukban. A két állam terveihez több EU tagország is csatlakozni akar. Összességében megállapíthatjuk, hogy nagyon pozitív a törekvés a közlekedési károsanyag kibocsátás csökkentésére, a járműállomány korszerűsítésére és a villamos hajtás gyorsabb elterjesztésére.

A világban 2016-ban 88,1 millió új autót adtak el, és ebből 773 ezer volt elektromos (0,9%). Európában 15,1 millió autó kelt el, ebből elektromos volt 255 ezer (1,7%) [4]. Az elektromos autók vásárlásában a norvégek járnak elöl: 154 ezer összes autó vásárlásból 19,9% volt elektromos.

A közúti gépjármű állomány 2016. végén, Magyarországon [7]:

motorkerékpár	162 ezer
személygépkocsi	3 313 ezer
autóbusz	18 ezer
tehergépkocsi	460 ezer
vontató	68 ezer

2017. novemberben 3 ezer elektromos autó üzemelt az országban (trolibuszok nélkül).

Ehhez a teljes jármű állományhoz még pár százat adhatunk hozzá, a telephelyeken üzemelő szállító és rakodó gépeket.

Az elektromos autók jelentőségét a környezetünk védelme szempontjából általában a légkörbe kibocsátott káros anyagok mennyisége alapján értékelik. Mi most az értékelésünket kiegészítjük még az autók gyártása és a megsemmisítése során keletkező környezetkárosítás áttekintésével is.

A járművek gyártása

A hagyományos és az elektromos autók gyártása során keletkező káros anyagok szempontjából nincs lényeges különbség. Ami a hagyományos autó gyártásból elmarad az elektromos autókhoz képest (robbanómotor és vezérlése, sebességváltó, üzemanyag ellátó rendszer, üzemanyag tartály), azt bőven ellensúlyozza az elektromos autó akkumulátor telepe.

Milyen anyagok kerülnek egy autóba, és ezek gyártása milyen környezet szennyeződést jelent?

- *Kohászati termékek: acél, alumínium., réz, ötvözetek*
  Amíg az ércből fém-fémötvözet lesz, addig fosszilis energiát használnak fel, salak keletkezik, a légkörbe porszennyezés, szén-

dioxid nagy mennyiségben kerül. A megmunkálás során fém részecskék kerülnek a levegőbe, amely még a tüdőnkbe is eljuthat.

- *Galvanizálás*
  A fém alkatrészek fémes bevonata készítése (a galvanizálás) során veszélyes folyadék keletkezik, amit csak veszélyes hulladék lerakóban lehet elhelyezni.
- *Hegesztés*
  A hegesztés során veszélyes gázok és fém részecskék kerülnek a levegőbe.
- *Műanyag- és gumialkatrészek*
  A tartozékok, alkatrészek gyártása során leszabási hulladék keletkezik, amit csak veszélyes hulladék lerakóban szabad elhelyezni.
- *Üveg*
  Az üveg alkatrészek gyártása erősen energia igényes, az üveggyártás fosszilis tüzelőanyagok felhasználását jelenti.
- *Festés*
  Az egyes alkatrészek és a gépkocsi szekrény festése oldószerek és festék alkotó szilárd szemcsék légkörbe kerülésével jár, a festék maradékok pedig veszélyes hulladékok.
- *Kenőanyagok*
  A kenőanyagok jellemzően szénhidrogének, hulladékuk veszélyesnek minősül.
- *A gyártás energia szükséglete*
  A gépkocsi gyártás jellemző energia igénye a villamos energia, amely az országos ellátási rendszerből szerezhető be.

Megjegyezzük, hogy a veszélyes hulladék lerakóba kerülő anyagok sorsa a lerakással azért nincs lezárva, a veszélyes hulladék lerakóval is majd valamit kell csinálni.

A járművek üzemeltetése

A járművek levegő felhasználása [2]:

- benzin üzemű járművek: 1 kg benzinhez 15 kg (12 m^3) levegőt,
- dízel motorok: 1 kg gázolajhoz 18-26 kg (14-20 m^3) levegőt használnak el.

A belső égésű motorok kipufogógázának összetétele [2]:

komponens	benzinmotor	dízelmotor	hatás
nitrogén	74-77 tf%	76-78 tf%	nem szennyező
oxigén	0,1-3 tf%	2-14 tf%	nem szennyező
vízgőz	3-6 tf%	0,5-6 tf%	nem szennyező
széndioxid	5-12 tf%	1-6 tf%	szennyező
szénmonoxid	0,5-10 tf%	100-2000 ppm	mérgező
nitogénoxidok	500-3000 ppm	200-5000 ppm	mérgező
szénhidrogének	100-10000 ppm	10-500 ppm	mérgező
aldehidek	0-200 ppm	0-50 ppm	mérgező
korom	0-2 mg/m^3	10-11000 mg/m^3	mérgező
benzopirén*	10-20 µg/m^3	0-10 µg/m^3	mérgező
*benzopirén: kondenzált gyűrűs, öt benzolgyűrűt tartalmazó aromás szénhidrogén, rákkeltő hatású [3]			

A légkört szennyező anyagok közül rendre a széndioxidot emeljük ki, mert ez a fő felelős a klímaváltozásért, a Föld átlag hőmérséklete emelkedéséért, bár a belső égésű motorok égéstermékei több közvetlen egészség károsító, mérgező komponenset is tartalmaznak. 2015-ben Magyarországon 46 778 ezer tonna széndioxid került a levegőbe. Ebből a közlekedés 12 042 ezer tonnáért felelős. A második legnagyobb kibocsátó az energiaipar: 13 816 ezer tonnával. Az ipar, amelyik a gépkocsik gyártását és a gépkocsi ipar beszállítóit is magában foglalja, 9 074 ezer tonnával a harmadik legnagyobb légkör szennyező [6].

A villamos áram termelés

2016-ban a bruttó villamosenergia-termelés hazánkban 31 698 GWh volt, ez az összes felhasználás 71,4%-át fedezte [5]. A hazai termelésből 51% az atomerőműből származik, 18% szénből, 20% földgázból előállított energia. A 11% megújuló energiahordozó részesedése a villamos energia termelésben nem túlságosan nagy. A megújulók között örvendetesen nő a háztartási léptékű kiserőművek (naperőművek) termelése. A naperőművek átlagos kihasználása 13,9% volt. A legnagyobb villamos teljesítmény az országos rendszeren 6749 MW volt.

Az elektromos autók villamos energia felhasználása valóban környezetbarát, de az elektromos energia előállítás környezeti hatásait nem szabad figyelmen kívül hagyni. A villamos autók energiaigényét az országos villamos hálózatról elégítik ki. Csak a megújuló energiahordozókkal előállított villamos áramot tekintik környezetbarátnak, tehát a villamos autók energia felhasználásának 11%-át.

A járművek megsemmisítése

A járművek megsemmisítése fém, üveg, gumi, műanyag alkatrészek és veszélyes folyadékok kezelését kívánja meg. Az anyagok újra hasznosítása a fém és műanyag alkatrészek nagyobb részénél megoldott, a gumi és az üveg anyagok kis része kerül vissza tovább feldolgozásra.

- A megsemmisítés energia szükséglete
  A gépjármű megsemmisítéséhez is energiára van szükség: darabolás, sajtolás, rakodás stb. Az ehhez szükséges energia többsége villamos áram, aminek eredetét az előzőekben már áttekintettük.
- A megsemmisítéssel járó környezet károsítás
  A bontás után egyes anyagok a hulladék lerakókba kerülnek, ahol ezek egy része több száz év alatt bomlik el.

Az elektromos autók vitathatatlanul védik a környezetet, a hagyományos benzinüzemű és dízel autókhoz képest. A villamos áram előállításával járó környezet károsítás mindenképpen kisebb, mint a robbanómotorok légszennyezése. (Most ne értékeljük a nukleáris erőművek környezeti hatásait.) Az elektromos autók gyártási költségeinek csökkentése elősegítheti ezeknek a járműveknek a gyorsabb elterjedését, és hosszabb időtávon a légköri károsanyag kibocsátás csökkenését is mérhetővé teszik.

Mit várunk a közeljövőtől?

Az elektromos személyautó legyen:

- lehetőleg olcsóbb, mint az azonos jellemzőjű robbanómotoros autó,
- hatótávolsága érje el az 500 km-t,
- 100 km-ként legyen töltési lehetőség,
- gyorsan tölthető legyen (kb. fél óra),
- sebessége, gyorsulása legyen hasonló a robbanómotoroséval,
- fenntartása ne kerüljön többe.

Ezeket az igényeket minél több gyártó elégítse ki, az elektromos autók piaca legyen széles, a választék bőséges. Jó lenne, ha ezeket a vágyakat már 2030 előtt maradéktalanul teljesítenék.

[1] The International Council on Clean Transportation: European Vehicle Market Statistics 2016/17
[2] dr. Barótfi István: Környezettechnika. Mezőgazda Kiadó
[3] wikipedia.org
[4] gorulohordo.blog.hu 2017. 12. 31.
[5] nrgreport.com 2017. 12. 21.
[6] ksh.hu/stadat 5.3.1.
[7] ksh.hu/stadat 6.4.6.2.

Léghűtő optimalizálási lehetőségei

dr. Balikó Sándor
okl. gépészmérnök, sbaliko@t-online.hu

Egy léghűtéses feladatot a szokásos bordáscsöves léghűtők különböző kialakításával: más-más csősorszámmal, egy vagy több járatszámmal és közegsebességekkel lehet megoldani. Ezekhez a változatokhoz más-más beruházási költség és más-más ventilátor teljesítmény tartozik még akkor is, ha méretezési állapotban ugyanazt a hőteljesítményt adják. A járatok száma a csövek és a csősorok száma is csak egész változó lehet, ezért a lehetséges változatok száma is diszkrét, és nem túl nagy számosságú. Ezeknek a változatoknak a megtalálásához kíván segítséget nyújtani az alábbi cikk.

*

An air-cooling problem can be solved by different arrangements/ design of air coolers by ordinary finned tubes with different numbers of tube-rows, one or more passes, and flow velocities. These variants have different investment costs and different fan power, even when they produce the same heat output in the design state. The number of passes and tube-rows can only be an integer variable, so the numbers of possible variants are also countable, and not so numerous. The article below wants to give help to find these variants.

* * *

Léghűtőnek egy hűtési feladatra történő egyedi tervezésnél nehézséget okoznak a szigorú kötöttségek: a levegőáramnak az előre ismeretlen homlokfelülettől függése, a hossz- és szélességi méretek arányának korlátai, a hatásosság csősoroktól függő változása még azonos járatban is stb. Ha adott hőátadócső típussal és kötött csőosztással dolgozunk, akkor az ilyen kötöttségek miatt rendszerint csak néhány csőelrendezési változattal tudjuk kielégíteni a tervezési igényeket, és még ezen megoldások között is lehetnek olyanok, amelyeket konstrukciós, gyártási vagy éppen elhelyezési problémák miatt el kell vetni. A kevés számú lehetőség viszont alkalmat ad arra, hogy tetszőleges optimalizáló algoritmussal egyenként megvizsgáljuk a szóba jöhető változatokat és kiválasszuk a legkedvezőbb megoldást.

A következőkben a léghűtőket a KÖRNYEY és társai által kidolgozott modellel [1], illetve annak véges differenciákra kidolgozott változatával [2] számítjuk. Az itt ismertetett módszer tehát akkor alkalmazható, ha ezek a modellek elegendő pontosságot adnak a hőfokmező és a hőteljesítmény számításához.

Kiinduló feladatként olyan n sorból és z_1 soronkénti, L hosszúságú csőből álló léghűtő blokkot keresünk, amelyik a hűtendő közegből

$$Q = W_1\,\Phi\,(t_{1be} - t_{2be}) \qquad (1)$$

stacioner hőáramot von el, ahol W_1 a kisebbik hőkapacitás-áram, t_{1be} és t_{2be} a hűtött és a hűtő közeg belépő hőmérséklete, Φ pedig a hatásosság[1], amit a

$$\Phi = \Phi\left(\frac{kF}{W_1}, \frac{W_1}{W_2}\right) \qquad W_1 \le W_2 \qquad (2)$$

összefüggéssel számíthatunk ki, ahol k a hőátviteli tényező[2] és F a teljes hőátadó felület. A Φ-tényező számításánál csak a szakirodalomra utalunk, illetve ma már kaphatók olyan szoftverek is, amelyek alkalmasak a hatásosság meghatározására.

A méretezés általában a legkedvezőtlenebb állapotra, a figyelembe vett legmagasabb levegő hőmérsékletre történik, ilyenkor van szükség a legnagyobb levegő áramra. Ezért a legnagyobb megengedhető levegő sebességet tervezési paraméternek tekintjük. Így a levegő hőkapacitás-árama csak a homlokfelület függvénye. Ha a hűtendő közeg sebességét is felvesszük, a két sebesség gyakorlatilag meghatározza a hőátviteli tényező értékét, így azt is tervezési paraméternek tekinthetjük.

A homlokfelület sem lehet tetszőleges, hiszen előtte vagy mögötte a ventilátorokat el kell tudni helyezni. Ezért úgy számolunk, hogy a csövek hossza a léghűtő szélességének csak – kis eltérésekkel – a p-szerese lehet, ahol p a ventilátorok száma:

$$L = (p \pm \delta)\, z_1\, t_x$$

ahol z_1 az egy csősorban lévő csövek száma és t_x a levegőáramra merőleges csőosztás, p értéke rendszerint 1...4 közötti, δ pedig 10-20%-nál nem nagyobb.

Fontosabb jelölések

j	járatok száma
n	csősorok száma összesen
m	csősorok száma járatonként
z_1	egy sorban lévő csövek száma
F	összes hőátadó felület, m^2
A_h	homlokfelület, m^2
V_l	a ventilátor(ok) összes légszállítása, m^3/s
k	átlagos hőátviteli tényező, kW/(m^{2}K)
Q	a léghűtő hőteljesítménye, kW
W	hőkapacitás-áramok, kW/K
p	ventilátorok száma a csőhossz mentén
w	áramlási sebesség, m/s
c_p	fajhő, kJ/(kg K)
ρ	sűrűség, kg/m^3

Index nélkül a hűtendő közeget, l indexszel a levegő oldalt jelöljük. Dimenzió nélküli kilépő hőmérséklet:

$$\vartheta_{ki} = \frac{t_{be} - t_{ki}}{t_{be} - t_{l,be}}$$

Hatásosság:

$$\Phi = \begin{cases} \vartheta_{ki} & \text{, ha } W \le W_l \\ \dfrac{W}{W_l}\vartheta_{ki} & \text{egyébként} \end{cases}$$

[1] Használatos a Bosnjakovic-féle Φ-tényező elnevezés is.

[2] Az újabb szakirodalomban a hőátviteli tényező jelölésére az U betűt, megnevezésére pedig a hőátbocsátási tényező elnevezést is használják.

Kondenzátor

Kondenzátoroknál mindig a levegő hőkapacitás-árama a kisebb, így

$$\Phi = 1 - e^{-\frac{kF}{W_l}} \tag{3}$$

A hőátadó felület:

$$F = z_1^2 t_x p n f_1$$

ahol f_1 a csövek méterenkénti hőátadó felülete.
A levegő hőkapacitás-árama:

$$W_l = z^2 t_x^2 p w_l \rho_l c_{pl}$$

Behelyettesítve:

$$\frac{kF}{W_l} = \frac{f_1}{t_x \rho_l c_{pl}} \frac{n}{w_l} k$$

azaz Φ értéke független a léghűtő geometriai méreteitől, csupán a csősorok számától függ.

Mivel a szükséges hőteljesítmény adott, az (1) és (3) összefüggésbe a csősorok számának és a ventilátorok számának függvényében megkapjuk az egy sorba beépítendő csövek számát, amit természetesen egész értékre fel kell kerekíteni:

$$z_1 = \mathrm{int}\left(\frac{1}{t_x}\sqrt{\frac{1}{w_l \rho_l c_{pl}} \frac{Q}{\Phi(t_{be} - t_{lbe})}}\right) + 1$$

Így minden csősor értékhez kapunk p számú megoldást.

Az 1. ábra egy 1000 kW névleges hőteljesítményű apróbordás léghűtő számított soronkénti csőszámait mutatja a csősorok számának függvényében. A hűtendő közeg R 140A hűtőközeg, a kondenzáció hőmérséklete 40 °C. A méretezési levegő hőmérséklet 35 °C. A csövek és a csősorok számának ismeretében a főbb jellemző paraméterek: hőátadó felület, levegőszállítás, hidraulikai ellenállás és a $V\Delta p$ ventilációs teljesítményigény, számítható.

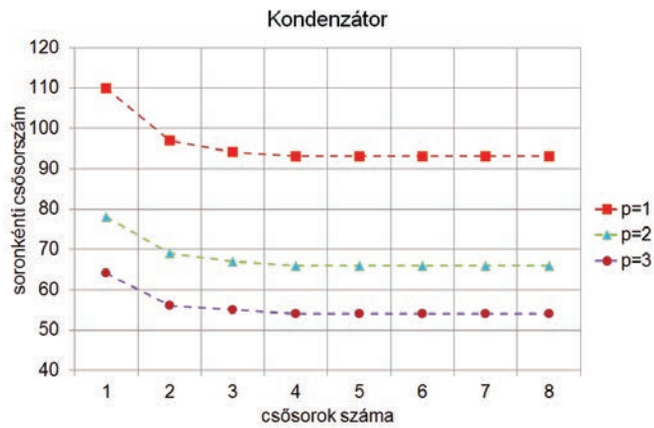
A 2. ábra ugyanennek a kondenzátornak a számított hőátadó felületeit mutatja a csősorok számának a függvényében. Látható, hogy a csőköteg p hossz/szélesség aránya nincs hatással a szükséges felületre. Példánkban p változásától függetlenül nincs jelentős különbség a levegőáram, a hidraulikai ellenállás és a ventilációs teljesítmény értékeiben sem.

Ugyanakkor a csőköteg szélessége az első és második esetben is túl nagyra adódik, ezért csak a $p = 3$ esetet vizsgáltuk tovább, ahol a szélesség 3,3…3,8 m körüli.

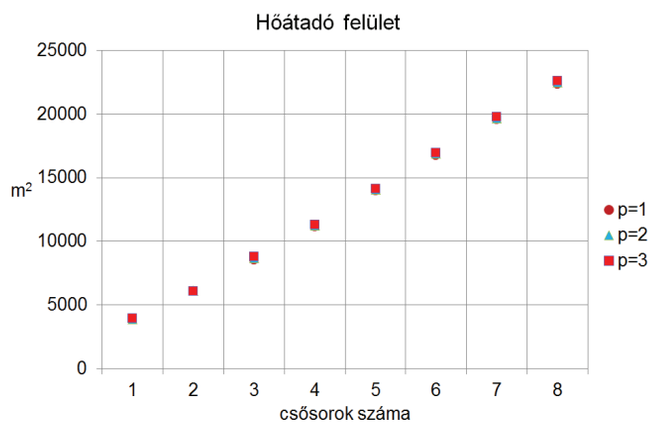
Az 1. táblázat mutatja a háromventilátoros blokk többi paraméterét a szóba jöhető három változatra. Jól látható, hogy mind a hőátadó felület, mind a ventilációs teljesítmény szempontjából az egycsősoros csőköteg a legkedvezőbb, de lehetséges, hogy a beépíthető nyomás-légszállítás összetartozó értékei, vagy a helyigény, illetve a gyártási lehetőségek miatt másik változatot kell keresni.

1. táblázat

Csősorok száma	Csőköteg szélessége	Hőátadó felület	Ventilátor légszállítása	csőköteg ellenállása	Vent. teljesítmény igény
	m	m²	m³/s/db	Pa	kW/db
1	3,84	3697	73,7	75	5,5
2	3,36	6074	56,4	149	8,4
3	3,3	8788	54,5	224	12,2



1. ábra. **1000 kW hőteljesítményű apróbordás kondenzátor csőszámának meghatározása**



2. ábra. **A kondenzátor számított hőátadó felülete a csősorok számának függvényében**

Általános eset

Kondenzátoroknál – amíg a hűtendő közeg sebességének változása nem befolyásolja lényegesen a hőátviteli tényező értékét – tetszőleges járatszámot alakíthatunk ki[3], ez nem módosítja a csőköteg hőtechnikai viselkedését. Ha nincs fázisváltozás, akkor a csőköteg hatásossága a csősorok számától és a járatok számától is függ, ami megnöveli a lehetséges változatok számát, és a számítást is bonyolítja.

Mivel itt nem cserélhetők fel a közegek, az egyértelműség kedvéért a hatásosság helyett mindig a hűtendő közeg dimenzió nélküli kilépő hőmérsékletével számolunk, amit ugyanúgy két dimenzió nélküli két paraméter ír le:

$$\vartheta_{ki}\left(\frac{kF}{W_l}, \frac{W_l}{W}\right) = \frac{t_{be} - t_{ki}}{t_{be} - t_{lbe}} = \frac{Q}{W(t_{be} - t_{ébe})} \tag{4}$$

Ennek értéke a hűtési feladattal adott, viszont a két paraméter értékét a léghűtő adatai határozzák meg:

$$\frac{kF}{W_l} = \frac{f_1}{t_x \rho_l c_{pl}} \frac{jm}{w_l} k \qquad \text{és} \qquad \frac{W_l}{W} = \frac{1}{W}(z_1 t_x)^2 p w_l \rho_l c_{pl}$$

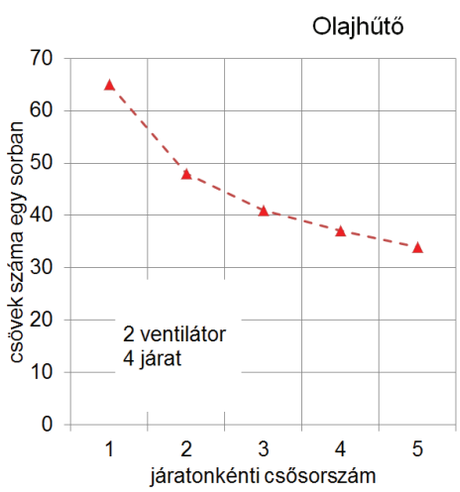
[3] Lehetőleg csőíves forduló kamrával, mert így remélhető, hogy a gőz és a folyadék fázis áramlása nem válik nagyon külön, és a modellünk még alkalmazható marad.

A járatok *j* száma rendszerint 1, 2, vagy 4, és a járatonkénti *m* csősorszám is csak néhány értékre korlátozódik, nem okoz nagy gondot valamennyi esetre kiszámolni a kF/W_l paramétert. Ezekkel az értékekkel már, mint egyismeretlenes-egyenlet megoldásával tudjuk kiszámítani a hozzájuk tartozó W_l/W paramétert, ami viszont néhány felvett *p* értékre – kerekítés után – megadja a z_1 soronkénti csőszámot. Célszerű ezek után mindjárt kiszámítani a hűtendő közeg sebességét, mert annak alsó vagy felső korlátja csökkentheti a lehetséges változatok számát.

A *j, m* és *p* független változók felvételével tehát a léghűtő csőkötegének valamennyi tulajdonságát megkapjuk, aminek ismeretében választhatjuk ki a legkedvezőbbet. Ha *Φ*-táblázatokat használunk, vagy szoftvert, akkor a *Φ* értékeket át kell számolni:

$$\vartheta_{ki} = \begin{cases} \Phi\left(\dfrac{kF}{W_l}\dfrac{W_l}{W}, \dfrac{1}{W_l/W}\right) & \text{ha} \quad \dfrac{W_l}{W} \geq 1 \\ \dfrac{W_l}{W}\Phi\left(\dfrac{kF}{W_l}, \dfrac{W_l}{W}\right) & \text{egyébként} \end{cases}$$

A 3. ábra egy 500 kW hőteljesítményű olajhűtő néhány számított csőszámát mutatja a járatonkénti csősorszám függvényében. Itt már számítás közben kiderült, hogy egy vagy két járattal nem érdemes próbálkozni a nagy szélességi méretek miatt, ezért csak négy járatra dolgoztunk ki változatokat.



3. ábra. **500 kW-os olajhűtő méreteinek megválasztása**

A 2. táblázat a vizsgált változatok főbb paramétereit mutatja kétventilátoros esetre.

Látható, hogy – mint a kondenzátoroknál – a csőszám növelésével erősen növekszik a hőátadó felület és annak ellenére hogy csökken a légszállítási igény, a növekvő ellenállás miatt a ventilátorok teljesítmény igénye is növekszik. Ezért célszerű a kevesebb járatonkénti csőszámot választani, ennek viszont a túlságosan nagy helyigény és a túlzott nagy közegsebesség szabhat határt.

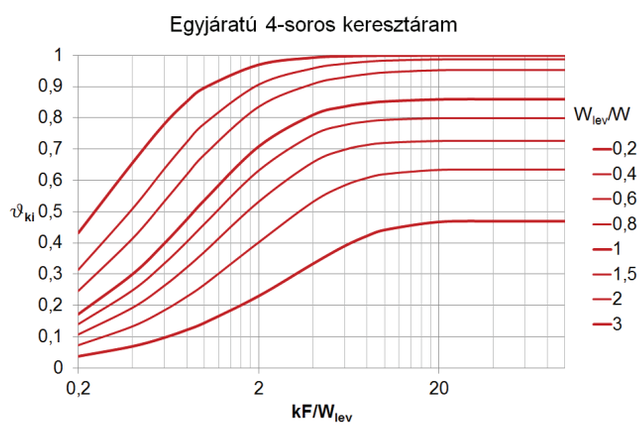
Optimalizálás

Láttuk, hogy energetikai szempontból az a legkedvezőbb, ha a lehető legkevesebb csősorunk van.

Beruházási költség szempontjából már nem egyértelmű ez az előny, mert a csőköteg nagy költségét ellensúlyozhatja a nagyméretű tartószerkezet és a nagy átmérőjű ventilátorok költsége, amihez még a gyártási és szállítási költségek is hozzá járulhatnak.

Figyelembe kell venni azt is, hogy a méretezési paraméterek között a léghűtő évente csak néhány órát üzemel, a levegő hőmérséklete még akkor is változni fog, ha a hűtési igények változatlanok. Ezért érdemes néhány változatra a levegő hőmérsékletének a függvényében is a teljesítményeket, a szükséges levegőáramot és a ventilátor leállításához tartozó hőmérsékleteket is vizsgálni. Ezekhez a számításokhoz egy-egy változatnál már használhatjuk a könnyebben hozzáférhető szimulációs programokat vagy a *Φ*-táblázatokat.

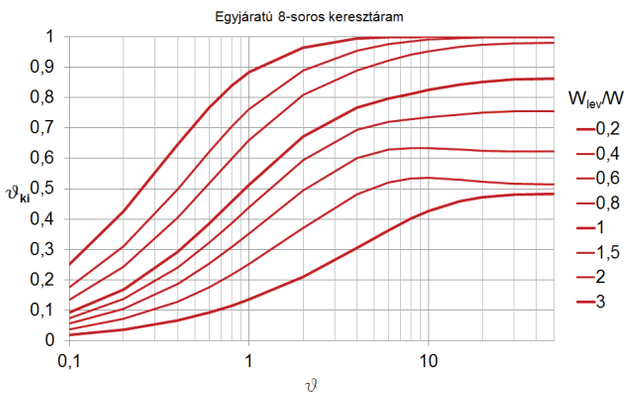
Állandó fordulatszámú ventilátorok esetén, ha a közegek sebessége nem változik, J_{ki} értéke nem változik – a léghűtő teljesítménye és a kilépő hőmérséklet a két közeg belépő hőmérsékletének különbségével arányosan változik. Ha viszont a levegőáram megváltozik, akkor a teljesítmény számításához iterációra van szükség, annál is inkább, mert ilyenkor a hőátviteli tényező értéke is változik. Gyakran elegendő pontosságú, ha (pl. egy szimulációs program segítségével) kinyomtatunk mindegyik konstrukciós változathoz egy J_{ki}-diagramot. amin a változásokat követni tudjuk. A 4. ábra egy négysoros, az 5. ábra pedig egy nyolcsoros, egyjáratú léghűtőre mutat be ilyen diagramokat.



4. ábra. **Négysoros léghűtő jelleggörbéje**

2. táblázat

Járatonkénti csősorszám	Csőköteg szélessége	Hőátadó felület	Ventilátor légszállítása	csőköteg ellenállása	Ventilátor teljesítmény igény	Hűtött közeg sebessége
	m	m²	m³/s/db	Pa	kW/db	m/s
1	3,38	241,8	45,70	122	5,58	1,19
2	2,50	357,1	24,92	244	6,08	0,80
3	2,13	457,6	18,18	366	6,66	0,63
4	1,92	550,6	14,81	488	7,23	0,52
5	1,77	632,4	12,50	610	7,63	0,45



5. ábra. **Nyolcsoros léghűtő jelleggörbéje**

Léghűtőket – az esetleges bérhűtést kivéve – soha nem használunk önmagában, azok mindig valamilyen technológia részei. A léghűtő és a technológia paramétereinek együttese határozza meg a rendszer hő- és villamosenergia-fogyasztását amit aztán az energiagazdálkodás optimalizálásánál figyelembe vehetünk.

Vannak olyan esetek, mint pl. a gépi hűtés, ahol értelmetlen lenne a kondenzáció hőmérsékletét állandó értéken tartani, hiszen hűvösebb időben az alacsonyabb kondenzációs hőmérséklettel több villamos energiát takaríthatunk meg, mint a ventilátorok fordulatszámának csökkentésével. Más esetekben, mint pl. egy desztilláló technológiánál a hűtés hőmérsékletének állandó értéke mellett a kapacitást tudjuk a hidegebb időszakban növelni, amivel javul a rendszer hatékonysága.

Ezek a példák is azt mutatják, hogy nagyobb ipari létesítmények tervezésénél nem szabad a névleges paraméterek megadásával a léghűtő tervezését a gyártó cégre bízni. Ezért jelen cikk is csak azt tűzhette ki céljának, hogy segítséget nyújtson a lehetséges változatok megtalálásához. Az optimális változat kiválasztása továbbra is a technológus feladata marad.

Irodalom

[1] KÖRNYEY – MÁTÉ – TASNÁDI: Keresztáramú hőcserélők méretezési összefüggései, BME Hőenergetika Tanszék Közleményei, 5. sz. (1970)

[2] BALIKÓ S.: Léghűtők méretezése, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

Homola Viktor (1929-2018)

Elment a magyar energetika meghatározó egyénisége, a hazai mérnöktársadalom kiemelkedő mintaképe, az erőműves fejlesztés örök ösztönzője, a vasdiplomás gépészmérnök, a sokszoros dédapa. Közel kilenc évtizeden át élt a hármas célért: haza – család – szakma.

Debrecenben született, de meghatározóbb volt a másik vidéki nagyváros, Pécs az életében. Ott járt 1936–1940 között általános iskolába, majd a Nagy Lajos Gimnáziumba, ahol a centenáriumi évben, 1948-ban érettségizett. Tanulmányait Budapesten a Műegyetemen folytatta, és az energetikai szakot választotta, ahol két híres professzor, Lévai András és Heller László tanítványaként örökre elkötelezte magát az energetikában.

A diploma megszerzése után rövid ideig a Magyar Tudományos Akadémia műszaki osztályán dolgozott az energiaügyek előadójaként, majd 1953-ban az ERŐTERV szakembere lett. Közel négy évtizeden át tervezte a hazai és részben a külföldi erőműveket is – előbb osztályvezetői, majd főosztályvezetői beosztásban, végül az erőműves gépész technológia szakági főmérnökeként. Nevéhez fűződik többek között a pécsi, a bánhidai, az oroszlányi, a Dunamenti, a Mátrai, a Tiszai és a paksi erőművek tervezése, de részt vett több kisebb-nagyobb hazai és külföldi (finn, román, török) erőmű kialakításában is.

Nyugdíjba vonulása (1992) után egyéni vállalkozó lett, és még évtizedekig az iparágban maradt. Az új erőművek használatbavételi engedélyét megelőző műszaki és biztonságtechnikai felülvizsgálatok szakértője lett. Két éven át tagja volt a Magyar Villamos Művek Rt. igazgatóságának.

Tanított a Műegyetemen, részt vett a posztgraduális szakmérnök-képzésben, – tapasztalatait megosztva az egyetemi oktatókkal és a diákokkal.

Már a hatvanas évek elején foglalkozott a számítógépekkel, és kidolgozott egy erőműi hősémát számító programot az akkori legkorszerűbb gépekre.

Számos szakcikket írt az energetika területéről, de később egyre többet foglalkozott a környezetvédelemmel is. Részt vett nagy, területeket meghatározó szakkönyvek megírásában (Hőerőművek, Vegyészmérnökök kézikönyve). Nagyon sok előadást tartott itthon és külföldön – főleg Erdélyben – az energetika és a környezetvédelem időszerű kérdéseiről. Beszélt németül és angolul, és ezt a tudását messzemenően hasznosította Európában, összeköttetést szerezve cégének és a hazának.

Tagja volt az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesületnek (ETE). A Magyar Energetikai Társaságnak (MET) három cikluson át elnökségi tagja volt. Aktívan részt vett a Magyar Mérnöki Kamara (MMK) munkájában. Több szakmai kitüntetés birtokosa volt, amelyet e három civil társaságtól kapott.

Kiemelkedő magas személyiségét elsősorban a „család” témakörében irigyelték. Pécsett házasodott, neje – Rihmer Mária – felmenői a pécsi szénbányászat fejlesztésében jeleskedtek. Négy fia született, így a családnevet apjuk szellemében tovább öregbíthetik. Majd 12 unoka és – jelenleg – 9 dédunoka jelzi, hogy milyen szép családi környezet vette körül. Családjával sokat foglalkozott, sportolt, síelt, és mintát adott hosszú életével arra, hogy mi a legfontosabb elfoglaltság minden korosztályban hazánkban a jövő szépítéséhez.

Nem lehet elfelejteni Homola Viktort, a barátot, a munkatársat, a jövőt mutatót, és sokan még majdnem úgy is szerették, mint a családtagjai.

Dr. Stróbl Alajos – az ERŐTERV nevében

Az abszorpciós gépek jelzőszámai és ezek kapcsolata

L. Szabó Gábor
l.szabo.gabor@eng.unideb.hu

In this article, the quantitative and qualitative indicators of absorption machines were analysed. The relation between the generator temperature, the thermochemical performance ratio and the quantitative and qualitative indicators was investigated.

* * *

Az ózonpajzs károsító hűtőközeg gázok újabb korlátozása miatt, célszerű megvizsgálni olyan technikai megoldásokat is, amelyek eddig háttérbe szorultak. [1]

Az egyik ilyen megoldás az, ha az elterjedt, az ózonpajzs-károsító HFC hűtőközegeket használó mechanikus kompresszoros hűtőgépek helyett a hőenergiával működő abszorpciós hűtőket alkalmazzuk.

Ezen gépek üzemeltetéséhez elektromos áram nem, vagy alig szükséges. Működésükhöz magas hőmérsékletű fűtőközeg kell, mely előállítható megújuló energiaforrásokból is. [2-6]

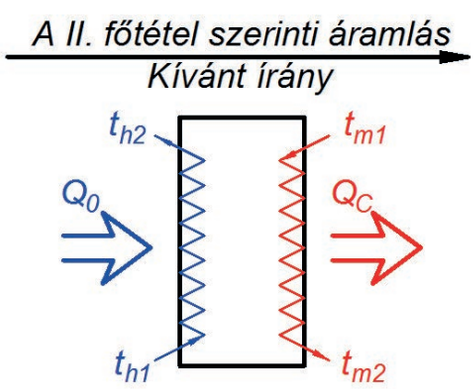
Egy másik megoldás az, ha a készüléket teljes hőhasznosítással üzemeltetjük. Ez azt jelenti, hogy nem csak hűtésre használjuk, hanem egyidejűleg fűtünk is vele (pl. használati melegvíztartályt) a kondenzátor felőli oldalon. Ezáltal nem egy hűtőtoronyban szabadulunk meg a készülék működtetése során (a mechanikus kompresszoros gépekhez képest sokkal több) felszabaduló hőtől, hanem hasznosítható formában.

A foglalkozó szakirodalom jellemzően csak a hűtési hatékonyságát vizsgálja. [7-10]

Emiatt szükséges összegyűjteni és rendszerezni a teljes hőhasznosítással üzemelő abszorpciós gépek mennyiségi és minőségi jelzőszámait. Fontos megvizsgálni, hogy az egyes paraméterek változtatása milyen hatást gyakorol egyidejűleg az egyes jelzőszámokra. Ezzel foglalkozik ez a cikk.

Elméleti összefoglaló

A termodinamika második főtételét célzottan megvalósító, legegyszerűbb gépészeti berendezés a hőcserélő. A készülékben, a hűtendő közegtől („$t_{h,1}$”) hőenergiát vonunk el („Q_0”) és azt átadjuk a melegítendő közegnek („$t_{m,1}$”). A hőleadás folytán a hűtendő közeg hűtött közeggé („$t_{h,2}$”), míg a felvett hőenergia („Q_H”) miatt, a melegítendő közeg melegítetté („$t_{m,2}$”) vállik. Ezt mutatja az 1. ábra. [11]



1. ábra. **A hőcserélő viszonyai**

A készülék akkor a leghatékonyabb, ha az elvont és leadott hőenergia (illetve a hőáram is) megegyezik. Azaz, ha:

$$\frac{Q_0}{Q_H} = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_H} = 1 \tag{1}$$

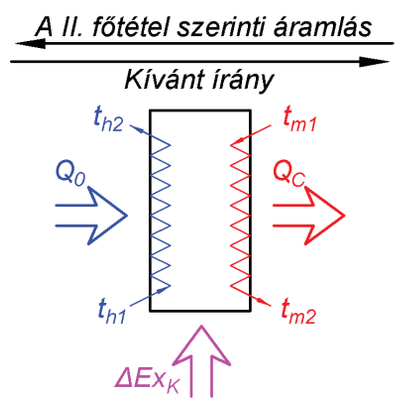
Nem nehéz belátni, hogy a működés feltétele az, hogy a hőmérsékletek között az alábbi egyenlőtlenségek álljanak fenn:

$$t_{h,2} \le t_{h,1} \tag{2a}$$

$$t_{m,1} \le t_{m,2} \tag{2b}$$

$$t_{m,1} \le t_{h,1} \tag{2c}$$

A három feltételből, ha az utolsó nem áll fenn, akkor egy olyan berendezésre van szükség, mely segítségével mesterségesen, a természetes hőáramlás irányát megfordítására leszünk képesek. Ezek a berendezések a hűtőgépek-hőszivattyúk. A megfordításhoz szükséges külső exergia bevitel („ΔEx_k”). Ennek segítségével érjük azt el, hogy a hidegebb közeggel fűtjük a melegebb közeget. Ezt mutatja a 2. ábra.



2. ábra. **A hűtőgép/hőszivattyú viszonyai**

A külső exergiát kétformába vihetjük be. Elektromos munkaként mechanikus kompresszor esetén, és hőenergiaként termikus kompresszornál.

Ezen készülékek mennyiségi hatásosságának leírására az a szám szolgál mely a hasznos hőáramot (hűtésnél a „Q_0”, fűtésnél a „Q_H”) osztja a bevezetendő külső exergia fedezésére szolgáló elektromos teljesítménnyel („P_K”), illetve hőárammal („Q_G”). Mechanikus kompresszoroknál ezt az értéket fajlagos hűtő-, illetve fajlagos fűtőteljesítménynek nevezzük [12]:

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}_0}{P_K} \tag{3a}$$

$$\varepsilon_f = \frac{\dot{Q}_H}{P_K} \tag{3b}$$

A termokémiai kompresszorral működő gépeknél pedig hűtési illetve fűtési hőviszonynak [12]:

$$\xi_K = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_G} \tag{4a}$$

$$\xi_H = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_G} = \frac{\dot{Q}_C + \dot{Q}_A}{\dot{Q}_G} \tag{4b}$$

Utóbbiak maximuma a fordított Carnot-körfolyamatból meghatározható, ez az úgy nevezett Carnot-féle hőviszony [12]:

$$\xi_{KC} = \frac{T_0}{T_G} \cdot \frac{T_G - T_A}{T_C - T_0} \tag{5a}$$

$$\xi_{HC} = \frac{T_A \cdot (T_C - T_0) + T_C \cdot (T_G - T_A)}{T_G \cdot (T_C - T_0)}$$

$$\xi_{HC} = \frac{T_C \cdot T_G - T_A \cdot T_0}{T_G \cdot (T_C - T_0)} \tag{5b}$$

Ahol „T_0" a hűtőközeg elpárolgási, „T_A", az elnyelési, a „T_G", a kiűzési és a „T_C" a lecsapódási hőmérséklet.

Ha a hőviszonyt az elméleti maximumhoz hasonlítjuk, kapunk, egy másik, kevésbé elterjedt mennyiségi jelzőszámot, a termokémiai hatásfokot [12]:

$$\eta_{TK,K} = \frac{\xi_K}{\xi_{KC}} \tag{6a}$$

$$\eta_{TK,H} = \frac{\xi_H}{\xi_{HC}} \tag{6b}$$

Ezek a számok csak a mennyiségi viszonyokról tájékoztatnak minket. Ha a hőmérséklet viszonyokat is figyelembe akarjuk venni, szükséges a készülék minőségi jelzőszámait, az úgy nevezett exergetikai hatásfokait is megvizsgálni. Ennek meghatározásánál a munkaközeg által, a kompresszorban felvett exergia-változással (hűtésnél, „ΔEx_K") osztjuk vagy az elpárologtatóban (hűtésnél, „ΔEx_E"), vagy a kondenzátorban (illetve szorpciós gépeknél a kondenzátorban és az abszorberben) (fűtésnél, „ΔEx_H") bekövetkező exergia-változását [14]:

$$\eta_{EX,C} = \frac{\Delta Ex_E}{\Delta Ex_K} \tag{7a}$$

$$\eta_{EX,H} = \frac{\Delta Ex_H}{\Delta Ex_K} \tag{7b}$$

A munkaközeg az elpárologtatóban „T_0", a fűtőegységben „T_H" hőmérsékleten adja át a hőt. A bekövetkezett exergia-változást „T_X" környezeti hőmérsékleten a következő összefüggések adják meg. [14].

$$\Delta Ex_E = \dot{Q}_0 \cdot \left(\frac{T_X - T_0}{T_0} \right) \tag{8a}$$

$$\Delta Ex_H = \dot{Q}_H \cdot \left(\frac{T_H - T_X}{T_H} \right) \tag{8b}$$

Termokémiai kompresszornál a fűtési exergia-változás megegyezik az abszorberben és a kiűzőben bekövetkező exergia-változás összegével:

$$\Delta Ex_H = \Delta Ex_A + \Delta Ex_C \tag{8c}$$

Melyek értéke:

$$\Delta Ex_A = \dot{Q}_A \cdot \left(\frac{T_A - T_X}{T_A} \right) \tag{8d}$$

$$\Delta Ex_C = \dot{Q}_C \cdot \left(\frac{T_C - T_X}{T_C} \right) \tag{8e}$$

Így a (8c) egyenlet a következőt jelenti:

$$\Delta Ex_H = \dot{Q}_A \cdot \frac{T_A - T_X}{T_A} + \dot{Q}_C \cdot \frac{T_C - T_X}{T_C} \tag{8f}$$

A kompresszorban felvett exergia két forrása alapján, két értéket vehet fel. Mechanikus kompresszornál:

$$\Delta Ex_K = P_k \tag{8g}$$

A termokémiai kompresszornál pedig megegyezik a munkaközegnek a kiűzőben bekövetkező exergia változásával:

$$\Delta Ex_K = \Delta Ex_G = \dot{Q}_G \cdot \left(\frac{T_G - T_X}{T_G} \right) \tag{8h}$$

Ha a (8)-as egyenleteket visszahelyettesítjük a (7)-esbe, a következőt kapjuk az exergetikai hatásfokokra. Mechanikus kompresszornál:

$$\eta_{EX,C} = \frac{\dot{Q}_0}{P_K} \cdot \frac{T_X - T_0}{T_0} = \varepsilon \cdot \frac{T_X - T_0}{T_0} \tag{9a}$$

$$\eta_{EX,H} = \frac{\dot{Q}_H}{P_K} \cdot \frac{T_H - T_X}{T_H} = \varepsilon_f \cdot \frac{T_H - T_X}{T_H} \tag{9b}$$

Mint látjuk a minőségi és a mennyiségi jelzőszám egymással lineáris kapcsolatban van. A két érték termokémiai kompresszorban a következő:

$$\eta_{EX,C} = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{Q}_G} \cdot \frac{T_G}{T_0} \frac{T_X - T_0}{T_G - T_X} \tag{10a}$$

$$\eta_{EX,H} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_G} \cdot \frac{T_G}{T_H} \frac{T_H - T_X}{T_G - T_X} \tag{10b}$$

$$\eta_{EX,H} = \frac{\dot{Q}_A}{\dot{Q}_G} \cdot \frac{T_G}{T_A} \cdot \frac{T_A - T_X}{T_G - T_X} + \frac{\dot{Q}_C}{\dot{Q}_G} \cdot \frac{T_G}{T_C} \cdot \frac{T_C - T_X}{T_G - T_X} \tag{10c}$$

A lineáris kapcsolat itt is megfigyelhető a két jelzőszám között.

A továbbiakban a termokémiai kompresszorokat alkalmazó az abszorpciós gépeket vizsgálom. Elsőnek foglaljuk össze, amit erről a gépről fontos tudni.

Az abszorpciós gép, egy olyan készülék melyben a munkaközeg sűrítését az elpárologtató *(„E")* után egy termokémiai kompresszor végzi. Ezt úgy éri el, hogy előbb az abszorberben *(„A")*, az úgynevezett szegényoldatban elnyeleti az elpárologtatóból érkező hűtőközeg gázt. A felszabaduló hő *(„Q_A")* elvezetéséről gondoskodni kell. Az elnyelődés után a szegény oldat, gazdag oldattá vállik, melyből a kiűzőben *(„G")* a fűtőközeg hőleadásának *(„Q_G")* hatására távozik a hűtőközeg gáz a kondenzátor *(„C")* felé. [2]

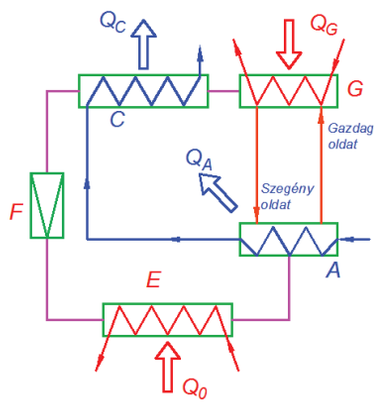
A termokémiai kompresszort, tehát két hőárammal *(„Q_A"; „Q_G")* és két hőmérséklettel *(„T_A"; „T_G")* jellemezhetjük. A két hőáram viszonya a termokémiai teljesítmény viszonyszám:

$$\beta = \frac{\dot{Q}_A}{\dot{Q}_G} \tag{11}$$

A készülék fűtőteljesítménye megegyezik az abszorberben és a kondenzátorban leadott hőáram összegével. Mivel az elnyelődés

során felszabaduló hőt ugyanazzal a közeggel szállítjuk el, mellyel a kondenzátort is visszahűtjük (lásd 3. ábra):

$$\dot{Q}_H = \dot{Q}_C + \dot{Q}_A \tag{12}$$



3. ábra. **Az abszorpciós gépek elvi felépítése**

Az abszorpciós gépek jelzőszámai

A 3. ábra alapján fel tudjuk írni ezen gépek hőáram-mérlegegyenletét [2], [15]:

$$\dot{Q}_0 + \dot{Q}_G = \dot{Q}_A + \dot{Q}_C \tag{13}$$

A termodinamika második főtétele szerint az entrópia egyensúly is fenn áll (entrópia-mérlegegyenlet) [15]:

$$\frac{Q_0}{T_0} + \frac{Q_G}{T_G} = \frac{Q_A}{T_A} + \frac{Q_C}{T_C} \tag{14a}$$

Ha ezt egységnyi időre vonatkoztatjuk (d/dτ), akkor is megmarad:

$$\frac{\dot{Q}_0}{T_0} + \frac{\dot{Q}_G}{T_G} = \frac{\dot{Q}_A}{T_A} + \frac{\dot{Q}_C}{T_C} \tag{14b}$$

A (13)-as és a (14)-es egyenletet felhasználva, a gép bármely hőteljesítménye felírható az egyenletekben szereplő másik kettővel és a működési hőmérsékletekkel.

Ha ezt kihasználva fel akarjuk írni a hűtési és fűtési hőviszonyt a termokémiai teljesítmény viszonyszám függvényében, a következőt kapjuk:

$$\xi_K = \frac{T_0}{T_A} \cdot \frac{T_C - T_A}{T_C - T_0} \cdot \beta + \frac{T_0}{T_G} \cdot \frac{T_G - T_C}{T_C - T_0} \tag{15a}$$

$$\xi_H = \frac{\dot{Q}_A}{\dot{Q}_G} \cdot \frac{T_0}{T_A} \cdot \frac{T_C - T_A}{T_C - T_0} \cdot \beta + \frac{T_C}{T_G} \cdot \frac{T_G - T_0}{T_C - T_0} \tag{15b}$$

A termokémiai hatásfok is felírható a viszonyszámmal:

$$\eta_{TK,K} = \frac{T_G}{T_A} \cdot \frac{T_C - T_A}{T_G - T_A} \cdot \beta + \frac{T_G - T_C}{T_G - T_A} \tag{16a}$$

$$\eta_{TK,H} = \frac{T_0 \cdot T_G}{T_A} \cdot \frac{T_C - T_A}{T_C \cdot T_G - T_A \cdot T_0} \cdot \beta + \frac{T_C \cdot (T_G - T_0)}{T_C \cdot T_G - T_A \cdot T_0} \tag{16b}$$

Az abszorpciós gépek harmadik fontos jelzőszáma, az exergetikai hatásfok is felírható a termokémiai teljesítmény viszonyszámmal:

$$\eta_{EX,C} = \frac{T_G}{T_A} \cdot \frac{T_C - T_A}{T_C - T_0} \cdot \frac{T_X - T_0}{T_G - T_X} \cdot \beta + \frac{T_G - T_C}{T_C - T_0} \cdot \frac{T_X - T_0}{T_G - T_X} \tag{17a}$$

$$\eta_{EX,H} = -\frac{T_G}{T_A} \cdot \frac{T_C - T_A}{T_G - T_X} \cdot \frac{T_X - T_0}{T_C - T_0} \cdot \beta + \frac{T_G - T_0}{T_C - T_0} \cdot \frac{T_C - T_X}{T_G - T_X} \tag{17b}$$

A termokémiai hatásfok és az exergetikai hatásfok közötti kapcsolat szintén felírható:

$$\eta_{EX,C} = \eta_{TK,K} \cdot \frac{T_G - T_A}{T_G - T_X} \cdot \frac{T_X - T_0}{T_C - T_0} \tag{18a}$$

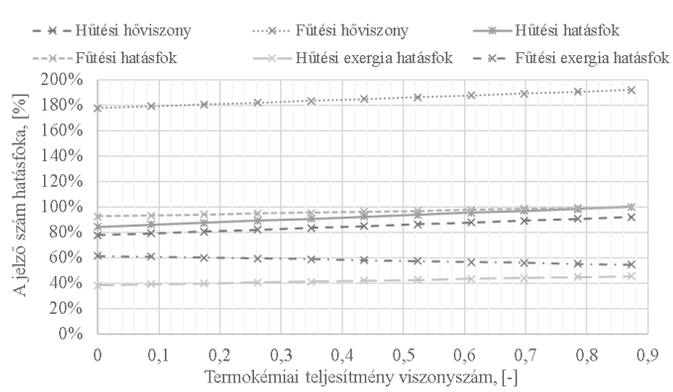
$$\eta_{EX,H} = \eta_{TK,H} \cdot \frac{T_C \cdot T_G - T_A \cdot T_0}{T_C \cdot (T_G - T_X)} \cdot \frac{T_C - T_X}{T_C - T_0} - \frac{\dot{Q}_A}{\dot{Q}_G} \cdot \frac{T_G \cdot T_X}{T_A \cdot T_C} \cdot \frac{T_C - T_A}{T_G - T_X} \tag{18b}$$

Eredmények

A felírt egyenletek ábrázolhatóságához szükséges rögzíteni néhány hőmérsékletet.

Legyen az elpárolgási hőmérséklet *(„T_0")* 4 °C, a környezeti hőmérséklet *(„T_X")* 20 °C, az elnyeletési hőmérséklet *(„T_A")* 35 °C, a kondenzációs hőmérséklet *(„T_C")* 43 °C, és végül a kiűzési hőmérséklet *(„T_G")* 80 °C

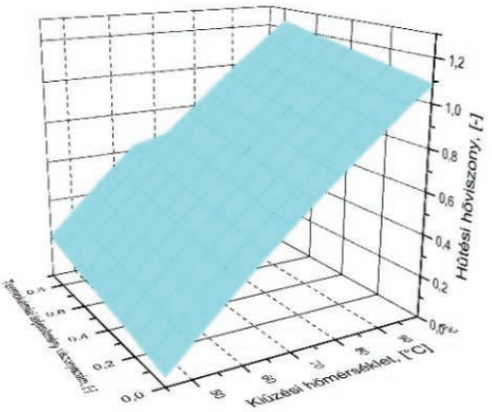
Ha a (15)-ös, a (16)-os és a (17)-es összefüggések alapján ábrázoljuk az abszorpciós gépek mennyiségi és minőségi jelzőszámait a termokémiai teljesítményviszonyszám függvényében a 4. ábrát kapjuk eredményül.



4. ábra. **Az abszorpciós hűtők és hőszivattyúk mennyiségi és minőségi jelzőszámainak alakulása a termokémiai teljesítmény viszonyszám függvényében**

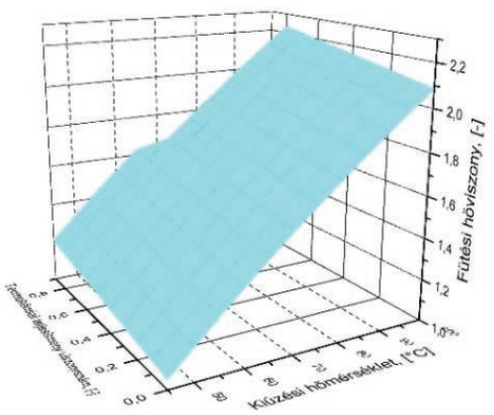
Érdemes a vizsgált összefüggésekben még egy paramétert „felszabadítani". Kézenfekvő a kiűzési hőmérsékletet, melyet a külső hőforrással hozunk létre a kiűzőben.

A hűtési hőviszonyt mutatja a termokémiai teljesítmény-viszonyszám és a kiűzési hőmérséklet függvényében az 5. ábra:



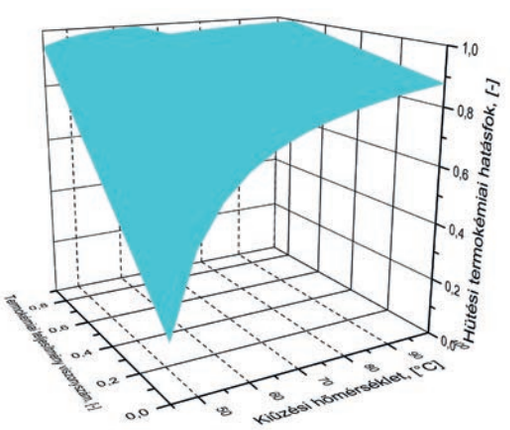
5. ábra. **A hűtési hőviszony a két vizsgált paraméter függvényében**

A fűtési hőviszony a két vizsgált paraméter esetén a 6. ábra szerint alakul:



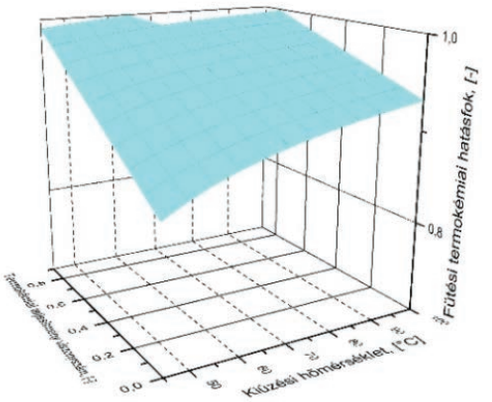
6. ábra. **A fűtési hőviszony a két vizsgált paraméter függvényében**

A termokémiai hatásfok hűtési állapotban a 7. ábra szerint alakul:



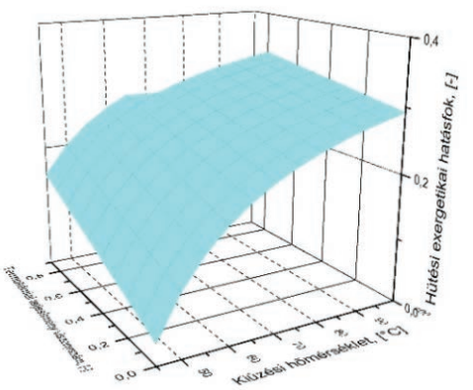
7. ábra. **A hűtési termokémiai hatásfok a két vizsgált paraméter függvényében**

Fűtési állapotát a 8. ábra mutatja:



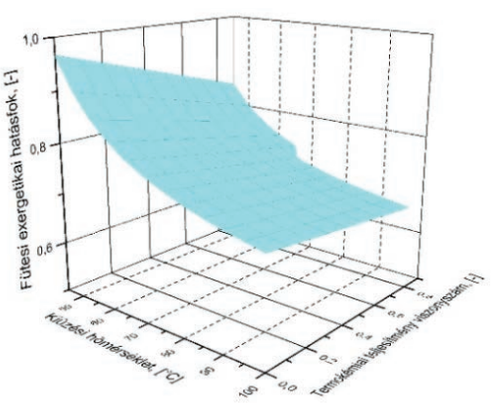
8. ábra. **A fűtési termokémiai hatásfok a két vizsgált paraméter függvényében**

A vizsgált paramétereknél az exergetikai hatásfok hűtésnél a 9. ábra szerint változik:



9. ábra. **A hűtési exergetikai hatásfok a két vizsgált paraméter függvényében**

Míg a fűtési a 10. ábra szerint:



10. ábra. **A fűtési exergetikai hatásfok a két vizsgált paraméter függvényében**

Kiértékelés

A fűtési és hűtési termokémiai hatásfok (16)-os egyenletét vizsgálva, kijelenthető, ahhoz, hogy a készülék, elérje a 100%-os hatásfokot, a kondenzációs *(„T_C")* és az abszorpciós hőmérsékletnek *(„T_A")* meg kell egyeznie. Ez pedig azt jelenti, hogy a valós hűtési és fűtési hőviszony csak ekkor éri el maximumát, azaz a Carnot-féle hőviszonyt.

A 4. ábrát vizsgálva kitűnik, hogy a termokémiai teljesítmény viszonyszámnak két szélsőértéke van. Az egyik, az mikor az abszorberben nem történik hőelvonás. A másik látszólag az, amikor az abszorberben akkora hőt vonunk el, mint amekkorát a kiűzőben bevittünk. De, a valós hőviszonynak a maximuma a Carnot-féle hőviszony. Ebből visszaszámolva kapjuk a termokémiai teljesítmény viszonyszám valós felső szélsőértékét:

$$\beta \leq \frac{T_A}{T_G} \tag{19}$$

Az 5-10. ábrák alapján kijelenthető, hogy a növekvő kiűzési hőmérséklet mindegyik jelzőszám értékét növeli.

A termokémiai teljesítményviszonyszám esetén, viszont ez nem ilyen egyértelmű. A vizsgált jelzőszámoknál növekvő értékéhez növekvő hatékonyság társul, egyedül a fűtési exergetikai hatásfok csökken. További érdekességként figyelhető meg, hogy a fűtési és hűtési exergetikai hatásfokok összege pontosan 100%, függetlenül a külső hőmérséklettől vagy a termokémiai teljesítmény viszonytól. Ezt felhasználhatjuk az exergetikai mérlegegyenlet felírásához.

Tehát a következő állítás tehető:

$$\eta_{\mathrm{EX,H}} + \eta_{\mathrm{EX,K}} = 1 \tag{20a}$$

A (7)-es, a (8)-as egyenletek alapján ez a következőt jelenti:

$$\frac{\Delta Ex_C + \Delta Ex_A}{\Delta Ex_G} + \frac{\Delta Ex_0}{\Delta Ex_G} = 1 \tag{20b}$$

Ez az exergetikai-mérlegegyenlet, rendezve:

$$\Delta Ex_A + \Delta Ex_C + \Delta Ex_0 = \Delta Ex_G \tag{21}$$

Elsőre nem ezt várnánk, a hőáram- és az entrópia-mérlegegyenlet alapján. Viszont pont ezek alapján bizonyítható. A két mérlegegyenlet ((13)-as és (14)-es összefüggés) alapján felírható:

$$\dot{Q}_0 \cdot \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_C}\right) - \dot{Q}_A \cdot \left(\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_C}\right) = \dot{Q}_G \cdot \left(\frac{1}{T_C} - \frac{1}{T_G}\right) \tag{22a}$$

Ezt rendezzük, úgy át, hogy a zárójelben ne szerepeljen tört mennyiség:

$$\frac{\dot{Q}_0}{T_0 \cdot T_C} \cdot (T_C - T_0) - \frac{\dot{Q}_A}{T_A \cdot T_C} \cdot (T_C - T_A) = \frac{\dot{Q}_G}{T_C \cdot T_G} \cdot (T_G - T_C) \tag{22b}$$

Mindkét oldalt szorozzuk fel „T_X” környezeti hőmérséklettel:

$$\frac{\dot{Q}_0}{T_0 \cdot T_C} \cdot (T_X \cdot T_C - T_X \cdot T_0) - \frac{\dot{Q}_A}{T_A \cdot T_C} \cdot (T_X \cdot T_C - T_X \cdot T_A) =$$
$$= \frac{\dot{Q}_G}{T_C \cdot T_G} \cdot (T_X \cdot T_G - T_X \cdot T_C) \tag{22c}$$

Használjuk fel az alábbi azonosságot:

$$a \cdot b - a \cdot c = a \cdot b - b \cdot c + b \cdot c - a \cdot c = b \cdot (a - c) + c \cdot (b - a)$$

A következőt kapjuk:

$$\dot{Q}_0 \cdot \frac{T_C - T_X}{T_C} + \dot{Q}_0 \cdot \frac{T_X - T_0}{T_0} - \dot{Q}_A \cdot \frac{T_C - T_X}{T_C} -$$
$$- \dot{Q}_A \cdot \frac{T_X - T_A}{T_A} = \dot{Q}_G \cdot \left(\frac{T_G - T_X}{T_G} + \frac{T_X - T_C}{T_C}\right) \tag{22d}$$

Elvégezve az egyszerűsítéseket és a „T_C”-t tartalmazó tagokat egy oldalra rendezve:

$$\dot{Q}_0 \cdot \frac{T_X - T_0}{T_0} + \dot{Q}_A \cdot \frac{T_A - T_X}{T_A} - \dot{Q}_G \cdot \frac{T_G - T_X}{T_G} =$$
$$= \frac{T_C - T_X}{T_C} \cdot \left(-\dot{Q}_G + \dot{Q}_A - \dot{Q}_0\right) \tag{22e}$$

Ha ebbe behelyettesítjük az egyes részegységeknél bekövetkező exergia-változásokat visszakapjuk a (21)-es exergia-mérlegegyenletet. Vagyis a kiűzőben a munkaközeg által felvett exergia-változás megegyezik az elpárologtatóban felvett és az abszorberben, valamint a kondenzátorban leadottak összegével.

Összegzés

A cikkben egységbe fogtam és rendszereztem az abszorpciós hűtőgépek és hőszivattyúk legfontosabb mennyiségi és minőségi jelzőszámait. Bevezettem ezen gépek termokémiai kompresszorát jellemző viszonyszámot *(„β”)* annak érdekében, hogy a jelzőszámokat függetlenítsem a teljesítményektől. Ennek segítségével bizonyítottam, hogy a mennyiségi jelzőszámok csak akkor veszik fel maximumokat, ha a kondenzációs *(„T_C”)* és az elnyeletési *(„T_A”)* hőmérséklet megegyezik. Megvizsgáltam, hogy a termokémiai teljesítményviszonyszám változása, valamint a viszonyszám és a kiűzési hőmérséklet együttes változása milyen hatást gyakorol a mennyiségi és minőségi jelzőszámokra. Ennek segítségével felírtam, ezen gépek exergetikai mérlegegyenletét.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció/prezentáció/poszter elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

[1] 517/2014 EU rendelet
[2] Ferenc Kalmár – Gábor Szabó: Analysis of thermal compressor efficiency in case of geothermal energy sources; Building Services Engineering Research and Technology, Vol 35, Issue 3, pp.1-7; ISSN: 0143-6244 1477-0849
[3] Anand-Gupta – Tyagi-Anand: An Absorption Chiller System Using Lithium Bromide and Water as Working Fluids: Exergy Analysis; ASHRAE Transactions, Volume 120, Part 2, 2014
[4] Osman Wageiallah Mohammed – Guo Yanling: Comprehensive Parametric Study of a Solar Absorption Refrigeration System to Lower Its Cut In/Off Temperature; Energies 2017, 10, 1746, pp1-26, ISSN 1996-1073
[5] Szabó, G. Napenergiát hasznosító abszorpciós hűtőgép elméleti modellezése, Értékteremtő épületgépészet konferencia, Gödöllő 2012, 2012. május 24-25. ISBN 978-963-269-287-6 pp: 11-26
[6] L. Szabó Gábor: Geotermikus energiával működtetett abszorpciós hűtési rendszer modellezése, 2014, Economica 7:3, pp. 84-91, ISSN: 1585-6216
[7] Zöld András (szerkesztő): Épületgépészet 2000, I. kötet: Alapismeretek, Budapest: Épületgépészet Kiadó Kft, 2000 ISBN: 963 03 97102
[8] Hamid Saffari – Saeed Sedigh: Exergy Analysis of Series Flow Double Effect Water-Lithium Bromide Absorption Cycle Along with Boiler and Cooling Tower; Archives Des Sciences Vol 65, No. 7;Jul 2012, ISSN 1661-464X
[9] Prof. ing. Cornel Stamatescu: Tehnica Frigului Vol. 1., Editura Tehnica, Bucuresti, 1972
[10] Dr. Láng Lajos – Dr. Jakab Zoltán: Hűtéstechnika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984, ISBN: 963 10 5165 X
[11] Hommonay Györgyné, dr. (szerk.) Épületgépészet 2000 II. kötet Fűtéstechnika, Budapest: Épületgépészet Kiadó Kft, 2000 ISBN: 963.00.8367.1
[12] Rechnagel – Sprenger – Schramek – Fűtés- és klímatechnika 2000 II. kötet, Dialóg-Campus Kiadó, Budapest-Pécs, 2000. ISBN: 96391235600
[13] Kalmár Ferenc: Központi fűtési rendszerek exergetikai elemzése, 2006. Debreceni Műszaki Közlemények 5:2, p.23-31., ISSN: 1587-9801
[14] Halász Györgyné, dr. – Kalmár Tünde: Különböző hőtermelővel ellátott fűtési rendszerek exergetikai összehasonlítása I. rész; Magyar Épületgépészet LVI évfolyam; 2007/12, pp. 3-7. ISSN:1215-9913
[15] Dr. Komondy Zoltán – Dr. Halász László: Hűtőgépek, Tankönyvkiadó Budapest, 1981, ISBN: 9631745511

A szennyvíz hőjének hasznosítása fűtési és hűtési igény ellátására[1]

Kovács Zsófia
egyetemi hallgató, zsofikovacs6@gmail.com

Napjainkban a háztartási szektor felelős a globális üvegházhatású gázkibocsátás feléért, a globális villamosenergia-fogyasztás kétharmadáért és a hulladék(hő) termelés egyharmadáért. A környezetvédelem érdekében az elmúlt években egyre elterjedtebbek lettek az alacsony hőmérsékletű energiaforrások hasznosításán alapuló technológiák. Cikkemben szennyvíz hőforrású hőszivattyús rendszer vizsgálatát mutatom be felépítési, kivitelezési, működési, hatékonysági és gazdasági szempontból. Vizsgáltam a hőszivattyúk alapvető működési elvét, sorra vettem a hőszivattyúk egyes típusait, azok jellegzetességeit. Végül megtérülési és gazdasági számításokat végeztem el egy megvalósult projektre, majd kockázatelemzést készítek a hatékonyabb fenntartás érdekében.

*

The building sector is responsible for 50% of all fossil fuel emissions and for two thirds of electricity consumption in the European Union. Because of these reasons, such innovations and researches appeared that can make other technologies competitive such as the utilization of heat pumps. In this paper I summarize the structure, the operation, the processes and the technical parameters of heat pumps. I make elaborated research about a technology for sewage heat utilization and with heat pumps. I reckon the potential energy savings and financial savings while using this technology and I am developing a risk assessment framework for a project evaluating the potenital risk factors, their likelihoods and effects.

* * *

A környezetvédelem, a környezetterhelés csökkentése és a fenntartható energiagazdálkodás kialakítása az energetikai szektor jelenlegi három fontos, elérendő célkitűzése. A fenntartható energetika kialakítása és a megújuló erőforrásokból előállított energia részarányának további növelése elengedhetetlen ahhoz, hogy ezeket a célokat elérhessük.

Az épületek energiaellátása jelenti az energiafogyasztás egyik legnagyobb – 25,3%-os - forrását az Európai Unióban, továbbá egy átlagos európai lakos a legtöbb energiát fűtési célokra használ fel – a háztartás által felhasznált energia 64,7%-át. Mindezek miatt jelenleg a háztartási szektor felelős a globális üvegházhatású gázok kibocsátásának feléért, a globális villamosenergia-fogyasztás kétharmadáért és a hulladék(hő) termelés egyharmadáért. A környezetvédelem érdekében az elmúlt években egyre elterjedtebbek lettek az alacsony hőmérsékletű energiaforrások újrahasznosításán alapuló technológiák. Ezek közé az energiaforrások közé soroljuk a lakossági (szennyvíz), kereskedelmi és az ipari (kondenzációs hurkokból, hőerőművekből származó) hulladékhőt is. Jelenleg a hulladékhő a legtöbbször a környezetbe távozik, eltávolításra kerül egy további technológia által (pl. hűtőtorony) vagy elveszik a szennyvízzel. A lakossági szektorban a szennyvíz hőjének hasznosítása egy nyereséges és megbízható forrása lehet a fűtési és hűtési energiaigények kielégítésének. További ágazatok - amelyekben nagy lehetőséget jelent a hulladékhő hasznosításának technológiája -, lehetnek az ipari és kereskedelmi ágazatok (erőművek, vegyipari művek, hotelek, szupermarketek), ahol hatalmas fűtési-hűtési igényt kell kielégíteni és ahol a hő sok esetben kondenzációs hurkokon keresztül a környezetbe távozik. Ezzel a technológiával elérhető egyrészt a primer energiaigények csökkentése, másrészt a környezetterhelés mérséklése is.

A környezeti károk csökkentése mellett a fenntartható energiagazdálkodás kialakítására is egyre nagyobb figyelmet szentelnek az Európai Unióban. Az ellátásbiztonság kialakítása, majd fenntartása a legtöbb iparosodott ország energiapolitikájának egyik alapköve. Az energiapolitikai célháromszög egyik szempontja a tüzelőanyag/villamosenergia-ellátás biztonsága, folyamatossága és megbízhatósága a környezet/éghajlatvédelem és a gazdaságosság mellett. A fenntartható energiagazdálkodás kialakítását segíti elő a megújuló energiaforrásokból termelt energia részarányának növelése és az energiahatékony technológiák elterjedésének támogatása is, annak érdekében, hogy csökkentsük a fosszilis energiaforrások felhasználását.

E célokat is kielégítően kiszolgálja a hulladékhő hasznosításának technológiája, hiszen a hő közel állandó minőségben és mennyiségben rendelkezésre áll, az energetikai függetlenséget biztosítja, és a nem megújuló energiaforrások használatának mértéke csökkenthető ezzel a megoldással.

Elméleti összefoglaló

A hőszivattyú – mely az energiaellátó rendszereknek csupán egy eleme, mégis az egész rendszer meghatározója –, egy olyan eszköz, amely hőenergiát szállít alacsonyabb hőmérsékletű szintről magasabb hőmérsékletű szintre, energiabefektetés árán. A hőszivattyú működése közben villamos energia felhasználásának a segítségével, a környezet energiáját igénybe véve képes ellátáshoz szükséges energiát szállítani. A hőszivattyú működési elve lényegében megegyezik a háztartási hűtőkészülék működési elvével, ennek köszönhető, hogy a hőszivattyú nem csak fűtésre és használati melegvíz-előállítására alkalmas, hanem nyáron az épületek hűtését is ki tudja elégíteni, a munkaközeg áramlási irányának megváltoztatásával.

A hőszivattyú elméleti működését a Sadi Carnot nevéhez fűződő Carnot-féle körfolyamat írja le, amely során hőenergiát nyerünk ki egy alacsonyabb hőmérsékletű forrásból, annak magasabb hőmérsékleten való hasznosításával. A magasabb hőmérséklet eléréséhez energiát kell befektetnünk, amelynek a mértéke a teljes körfolyamat alatt alacsonyabb, mint a kinyert hőenergia mértéke. A Carnot-féle körfolyamat a lehető legmagasabb hatásfokú körfolyamat, de a valóságos hőerőgépek hatásfoka mindig rosszabb, mint a Carnot-hatásfok, hiszen a közeg entrópiája változik a hőmérséklet függvényében, illetve a valóságos állapotváltozások irreverzibilisek

[1] A cikk a KLENEN '18 konferencián elhangzott előadás alapján készült

a közeg belső súrlódása, keveredése és egyéb, a belső energia átalakíthatóságát csökkentő hatások miatt.

A hőszivattyú négy fő elemből áll: elpárologtató, kompresszor, kondenzátor és fojtószelep. Kezdetben az elpárologtatóban a megfelelően alacsony hőmérsékletű és nyomású munkaközeg elpárolog és gőzzé alakul, miközben hőt von el a hűtött közegtől. Az érkező gőzt az igényelt hőmérsékletszintnek megfelelő nyomásra – melyen végbe tud menni a kondenzáció – komprimálja a kompresszor. A munkaközeg a kondenzátorban cseppfolyósodik, majd a folyadék halmazállapotú közeg a fojtószelepen keresztül jut vissza az elpárologtatóba, elérve kiindulási paramétereit. A hőszivattyúkat a teljesítménytényezőjükkel jellemezzük, mely a hasznosított hőenergia és a befektetett energia hányadosát adja meg. Teljesítménytényező definiálható fűtési (COP), hűtési (EER) üzemre is.

Szennyvízhőt hasznosító hőszivattyús rendszer

A vizsgált rendszer felépítése a következők szerint alakul: a szennyvíz egy része egy vasbeton kamrába áramlik, ahol a szennyvíz dobszűrőn áthaladva, perforált lemez segítségével – amely szűrőként szolgál a részletezett technológiában – megszabadul a szennyeződésektől. A leválasztott szennyeződést csiga emeli az elfolyási szintre, és a szűrőfelületet a csiga peremére erősített kefe tisztítja. A tisztítóberendezés működése lehet folyamatos és szakaszos, de a működési igényeknek az említett technológia esetében a szakaszos üzem felel meg jobban. A szűrőegységen keresztül a szilárd szemcsék kiemelésre kerülnek, majd a felfűtött-lehűtött visszaáramló szennyvíz vízárama visszamossa azokat a főgyűjtő csatornába. A szennyvíz kivétele és a szennyvíz visszavezetése is gravitációsan történik. Ha a csatornahálózatban a szennyvíz szintje eléri a rács-szűrő magasságát, akkor a visszaduzzasztás miatt nem lehet a rácsszemetet visszamosni a csatornába. Ilyenkor az átemelőt ki kell zárni az elöntés megakadályozása érdekében. A csatornahálózatban lévő szennyvíz állandóan változó térfogatáramából azonos mennyiség kivitelének biztosításához motoros szabályozószelep beépítése szükséges. A szabályzószelepet az átemelő szintjéről irányítják. Amennyiben tele van az átemelő, vagy a gravitációs csatorna vízszintje túl magas, akkor a bevezető vezetéket el kell zárni. Másodlagos védelemként kézi tolózár is beépítésre kerül, hogy a tolózárral kézileg is fojtható legyen a bevezető csövön érkező vízmennyiség. Továbbá az átemelőben szünetmentes elzáró és visszaáramlást akadályozó szerelvények vannak beépítve.

Tekintettel a teljesítményigények és az átlagos szennyvíz terhelések időbeli egyenlőtlenségére, puffertároló tartály beépítésére van szükség a kinyerhető hőteljesítmény és a hőfelhasználás különbségeinek áthidalására.

A szűrt szennyvizet nagyteljesítményű hőcserélőkbe juttatják, melyek eltömődésének megakadályozása miatt van szükség a szennyvíz megszűrésére. A hőcserélők primer oldalán a szűrt szennyvíz, míg szekunder oldalán kezelt, technológiai közeg kering (víz, glykolos-víz). A hőcserélő feladata ezen áramló közegek megfelelő elválasztása egymástól és a környezettől, illetve az energia megfelelő átadásához megfelelő körülmények biztosítása. A rendszer kialakítása során többfajta hőcserélő beépítésére lehetőség van. A gyártási költségek optimalizálásának és a különböző teljesítményigények kielégítésének érdekében ellenáramú, egymásra építhető hőcserélő tornyokat alkalmaznak. A hőcserélőt ellenáramúnak tekintjük a közegek egymáshoz viszonyított áramlási irányai alapján. A keresztáramú hőcserélőben a közegek egymásra merőlegesen haladnak, azok áramlási elrendezését tekintve lehet egyszeres vagy többszörös huzamú. Kisebb telepítési helyigénnyel bíró, spirál járatú hőcserélő alkalmazása is lehetséges, melyek telepítési feltételei a szennyvízzel szemben szigorúbbak – homogénebb, kisebb szennyezőanyag mérettel terhelt szennyvíz minőséget igényel.

A szűrt szennyvíz minden esetben a csőtérben áramlik, a hőcserélők tisztítása a végfedelek megbontásával lehetséges. A hőcserélő szekunder oldalán keringő technológiai közeg – jelen esetben víz – felmelegszik, ennek a hőjét vonja el a hőszivattyú elpárologtatója. A hőszivattyú kondenzátora által leadott hő felmelegíti az épület fűtési rendszerében keringő vizet, így kielégítve a fűtési hőigényeket.

Nyári időszakban, hűtési igény esetén elzáró szerelvények segítségével a technológiai körfolyamat némiképp módosul, és a szennyvíz a rendszerből való távozásakor magasabb hőmérsékletű lesz, mint az érkezéskor. Hűtési igény fellépésekor a gépház hidraulikus körei kerülnek konfigurálásra – az elzáró szerelvények nyitásának vagy zárásának köszönhetően – úgy, hogy a kondenzátor kapcsolódik a szennyvíz hőcserélőhöz, míg az elpárologtató a fogyasztókhoz. Télen a kapcsolódás éppen fordítva van: az elpárologtató kapcsolódik a szennyvíz hőcserélőhöz és a kondenzátor a fogyasztóhoz.

Habár a szennyvíz hőforrású hőszivattyús rendszerek alkalmazhatóságát elsősorban a városi közcsatorna hálózat felépítése határozza meg, hasonló rendszerek kialakításához mind a környezetnek, mind pedig a kiszolgálni kívánt épületegységnek számos feltétellel rendelkeznie kell.

A rendszer megépítéséhez szükséges egy megfelelően nagy vízhozamú főgyűjtő csatorna a környező utcában, melynek csatlakozási pontja akadálymentesen kiépíthető és a szennyvíz elvezethető a megfelelő épületekhez. Továbbá a rendszer kivitelezéséhez elengedhetetlen a megfelelő hőmérsékletű és mennyiségben rendelkezésre álló szennyvíz a csatornában. A szennyvíz műszaki paramétereinek vizsgálata minden esetben szükséges ahhoz, hogy a rendszer teljesítménye, illetve a rendszerből kinyerhető hőteljesítmény meghatározható legyen. A rendszer megfelelő kiépítéséhez az is szükséges, hogy a szennyvízből kinyerhető hőteljesítmény nagyobb legyen, mint a szennyvíz hőjével ellátandó épületek teljes fűtési és hűtési hőteljesítmény-igénye.

Meglévő épület esetében szükséges vizsgálni a belső fogyasztói rendszert is. Ott célszerű alkalmazni hőszivattyús rendszert, ahol a fűtési rendszer előremenő vízhőmérséklete 50-55 °C-nál nem magasabb vagy ennél melegebb fűtővíz csak a fűtési idény 10-15 %-ban fordul elő, mert alacsonyabb hőmérsékletű fűtővizes rendszerek esetében lényegesen javul a rendszer teljesítménytényezője. Továbbá fontos, hogy az épület rendelkezzen magas – 18/20 °C-os – hőfoklépcsőjű hűtési igénnyel, hogy a hűtési teljesítménytényező értéke is kedvezőbben alakuljon. A hőszivattyú mindkét termikus oldalának hasznosítása érdekében optimális, ha egyidejűleg hűtési és fűtési igény is fennáll.

Megtérülési számítások

A vizsgált épületegyüttes fűtési és hűtési igénye rendre 1,67 MW és 1,57 MW, melyek a rendelkezésre álló szennyvízzel biztonságosan kielégíthetők. A hőszivattyús rendszer kiépítésével – és a jelenleg üzemben lévő földgáztüzelésű gázkazánok és folyadékhűtők rendszerben tartásával – a beruházási költségek 5,4%-át tudnánk várhatóan minden évben megtakarítani, ami nem túl magas értéknek számít az energiahatékonyság növelését célzó energetikai projektek esetében.

A bekerülési költség, az élettartam alatt várható többletköltségek és többlethozamok ismeretében kiszámolható a projekt megtérülési

ideje. A beruházások élettartama általában több év, tehát a pénzáramok időben jelentősen eltolva jelennek meg, ezért ezeket egyszerűen összegezni nem lehet. Erre a problémára nyújt megoldást a nettó jelenérték számítás, mely figyelembe veszi a pénz időértékét. A diszkontálási módszert alkalmazva a projekt a 12. évben térül meg, a további években jelentkező diszkontált hozamok már nyereségként könyvelhetők el. Tekintve, hogy a projekt műszaki élettartama magasabb, mint 12 év, így elmondható, hogy az elemzett projekt gazdaságosan kivitelezhető.

Kockázatelemzés

Egy projekt tervezésének megbízhatóságát bizonytalansági tényezők terhelik, amelynek figyelembevételét kockázatelemzés során tudjuk biztosítani. A kockázatot a különböző tudományterületeken eltérően definiálják, de fontos kiemelni, hogy a kockázat nem egyenlő a bizonytalansággal. Bizonytalanság esetén nem rendelkezünk semmilyen információval egy adott kimenetre vonatkozóan, míg a kockázat esetén információink hiányosak vagy egyszerre több, előre nem látható kimenet is lehetséges. Ezen meghatározás alapján a bizonytalanság nem mérhető kockázat, míg a kockázat a mérhető bizonytalanság. Mindezek miatt a kockázati tényezők hatása kvantitatív módon is kifejezhető, összehasonlíthatók egymással és számszerűsíthetők. Mivel a kockázati tényezők sikeres feltárása és kezelése hozzájárulhat a projekt sikerességéhez, így a kockázatelemzés ma már egy szokásos eljárás a projektek működése közben. Azonban a kockázatelemzés sem képes megszüntetni a kockázati tényezőket, csak számszerűsíti azokat, javaslatot tesz hatásainak alakítására és megfelelő kiindulási alapot szolgál a kockázati politika kialakításához. A kockázatelemzés nem egy egyszeri tevékenységet rejt magában, hanem egy ciklikusan ismétlődő folyamatot, amelyet a vállalat munkavállalói időszakosan hajtanak végre.

Az elemzett projekt kockázatait elemezve, a kockázati tényezők és azok forrásainak feltárásával, majd a tényezők hatásainak számszerűsítésével megállapítható, hogy a projekt egészen alacsony kockázatú. Csupán két kritikus kockázati tényező állapítható meg, melyek a hőszivattyú és a védelmi rendszer károsodása.

Összefoglalás

A fűtési-hűtési hőigények ellátása hőszivattyús rendszerrel a kommunális szennyvíz hőjét hasznosítva egy megbízható megoldás lehet, azonban gazdaságossága és hatékonysága még fejlesztésre szorul. A hőszivattyús rendszerek megfelelően leszigetelt, energetikai szempontból korszerűnek tekinthető házakba építhetők be gazdaságosan. Azonban bíztató, hogy a fosszilis energiahordozók felhasználásának kiváltására egyre több lehetőség kínálkozik – melyek nem mindegyike reális gazdasági szempontból –, így energiaigényünk egyre nagyobb részét fedezhetjük megújuló energiaforrásokkal és a fenntartható energetika kialakítható, de előreláthatólag a fosszilis energiahordozók kitermelésének csökkenő tendenciájára még több évtizedig várnunk kell.

Irodalom

[1] Bihari P.: Műszaki Termodinamika. Kézirat, 2001.
[2] Eurostat Adattár.
[3] Görög M.: Projektvezetés a szervezetekben. Aula Kiadó, 2013.
[4] Gróf Gy.: Hőközlés. Ideiglenes jegyzet, 1999.

Rendelet a szabálytalan vételezésről

A jogszabály célja, hogy világos és egyértelmű eljárási szabályokat rögzítsen a szabálytalan villamos energia vételezés megállapításának rendjéről, valamint biztosítsa a jogok és kötelezettségek egyensúlyát a felhasználók és az elosztói engedélyesek között.

A 18/2017. (XII. 21.) számú MEKH rendelet (a hálózathasználati szerződés felek általi megszegésének egyes eseteire vonatkozó jogkövetkezmények mértékéről és alkalmazásáról) rögzíti azokat az eljárási szabályokat, amelyek a mérési rendszer felhasználási helyen történő ellenőrzésének, a mérő szakértői vizsgálatának, továbbá a felhasználó értesítésének előírásait tartalmazzák.

A rendelet új szankciórendszert vezet be, amely a szolgáltatók számára kötelezővé teszi a fokozatosság elvének alkalmazását. A szabálytalan vételezés ismétlődése esetén a – rendeletben szereplő kötbéralap kétszeresével, illetve három, vagy annál több alkalommal felelősségre vont felhasználó esetén – ötszörösével sújtható a szerződésszegésért visszatérően felelős fogyasztó.

A rendelet főbb újdonságai:

- mérőberendezések és a mérési rendszer felhasználási helyen történő ellenőrzésének kezdetén az elosztónak szóban és írásban is részletes tájékoztatást kell adnia az ellenőrzés céljáról;
- a felhasználót egyértelműen tájékoztatni kell arról, hogy az ellenőrzésen mindvégig jelen lehet, továbbá nyilatkozatot tehet az ellenőrzéssel összefüggésben;
- az elosztónak az ellenőrzést követő eljárása során a rendelet által meghatározott határidők betartásával kell tájékoztatást adnia a felhasználók számára;
- amennyiben az elosztók szakértői vizsgálatot rendelnek meg, azon a felhasználó jelenlétét lehetővé kell tenni, továbbá lehetőséget kell biztosítani arra, hogy a felhasználó az általa megbízott más személyekkel együtt vegyen részt a vizsgálaton. A vizsgálat eredményéről az elosztó jegyzőkönyvet köteles átadni a felhasználónak, amelynek tartalmaznia kell a vizsgálat során feltárt tényeket, adatokat;
- az elosztó jogosult arra, hogy a teljes körűen bizonyított szabálytalan vételezés esetében a rendelet által meghatározott mértékű kötbér és kártérítés megfizetésére kötelezze a felhasználót.

A rendelet nem változtat azon az előíráson, hogy a szabálytalan vételezés feltárása érdekében a felhasználók kötelesek együttműködni az elosztóval. E körben a felhasználónak lehetővé kell tennie a mérési rendszer helyszíni ellenőrzését, az elosztó által szabályosan küldött értesítéseket pedig – a saját érdekében is – köteles átvenni. A mérési rendszer ellenőrzését az elosztók valamennyi helyszíni munkavégzés vagy tevékenység során jogosultak ellenőrizni, amely ellenőrzési tevékenység nem jelenti önmagában a szabálytalan vételezés gyanúját.

Továbbra is alapvető fontosságú, hogy a felhasználók tartózkodjanak a mérőberendezésekbe és mérési rendszerekbe történő mindennemű beavatkozástól, hiszen az élet- és balesetveszélyes.

A felhasználók kötelezettsége a mérési rendszerek épségének megőrzése, azok sérülése esetén pedig a területileg illetékes elosztó haladéktalan értesítése. Amennyiben a felhasználó bizonyítottan megsértette állagmegóvási kötelezettségét, az elosztó jogszerűen szabhatja ki vele szemben a rendelet szerinti pénzügyi szankciókat.

Mit jelent a szabálytalan vételezés?

Szabálytalan vételezésnek minősül, ha

- a fogyasztó nem jelenti be haladéktalanul a szolgáltatónak a fogyasztásmérő vagy a mérési rendszer plombáinak, jelzéseinek sérülését vagy hiányát;
- eltávolítja, meghamisítja, megrongálja a készülék vagy a mérési rendszer plombáit, jelzéseit, és ezáltal lehetővé válik a méretlen vételezés (lopás) műszaki feltétele;
- méretlenül veszi igénybe a szolgáltatást, a fogyasztásmérő vagy a mérési rendszer megbontásával vagy megkerülésével;
- a szolgáltató engedélye nélkül rácsatlakozik a vezetékrendszerre vagy visszakapcsolja a szolgáltatást a felhasználási helyen.

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal 18/2017. számú rendelete elolvasható a Dokumentumtár, MEKH rendeletek rovatban.

„Energiahulladék”, avagy energia hatékonyság a termelésmenedzsmentben[1]

Molnár Szabolcs
szabolcs.molnar@poyry.com

Energia és környezet. E két szó első olvasásra talán különösen hangzik egymás mellett, azonban szoros kapcsolatban álló fogalmak! Napjainkban egyre fontosabbá válik a fejlődés fenntarthatóságának biztosítása, ennek egyik előfeltétele a megfelelő mennyiségű és minőségű energia rendelkezésre állása. Az energia és a környezet kapcsolatának kiemelten két folyamata jelentős. Az egyik, hogy az energetika a természeti környezetből veszi erőforrásait, legyen szó akár a kimerülő fosszilis vagy nukleáris energiahordozókról, illetve a megújuló energiákról. A másik folyamat, hogy az energiaátalakítás során az ökoszisztémát terhelő anyagok a természeti környezetbe jutnak vissza.

*

Energy and Environment. These two words might first sound strange, but they are closely related! Today, it is becoming increasingly important to ensure the sustainability of development, one of the prerequisites being the availability of adequate quantity and quality of energy. The two processes of the relationship between energy and the environment are significant. One is that energy takes its resources from the natural environment, whether it’s exhausting fossil or nuclear energy or renewable energies. The other process is that during the energy transformation, the ecosystems burst into the natural environment.

* * *

Az energiafelhasználásunk fejlődése

Az emberiség történelme során a technológiai fejlődésünkkel együtt, az energiafogyasztás és a környezetszennyezés kapcsolata mindvégig együtt haladt egy képzeletbeli időskálán. Hozzávetőleg 10 000 évvel ezelőtt, a neolitikum kezdetén végbement első technológiai forradalomnak a mezőgazdaság kialakulását vehetjük, mely alapjaiban megváltoztatta az ember és a természet kapcsolatát. Az ember az egyszerű gyűjtögető életmódról áttért a földművelő, termelő életmódra és ettől kezdve az ember képes volt az élelmezésükre szelektált növényfajtákat termelni. Birtokba vette tehát a napenergiából a növények által előállított anyagok nagy részét, elkezdte kiaknázni a természet adta lehetőségeket.

Ehhez szorosan kapcsolódik az energiafogyasztásunk is. A középkorig az energiafelhasználásunk elsősorban emberi, állati erőre támaszkodott, illetve a közlekedésben a megújuló energiaforrások – hajózásnál a szélenergia – jelentették a fő erőforrásokat. Az ipari forradalom óta – melyet energetikusként energetikai forradalomnak titulálok – az energiatermelés és annak felhasználása jelentősen megváltozott. Igény jelentkezett a megtermelt energiára, melynek felhasználása robbanásszerűen megnőtt. Az idő előrehaladtával az energia előállítással szembeni követelmények is változtak. Az energiatermeléssel kapcsolatban egyre növekvő elvárás volt a minél nagyobb hatásfokú előállítás.

A XIX. század közepén kezdett kialakulni az ipari civilizáció. Ezen időszakig a természetes ökoszisztémák szinte érintetlenek maradtak, mivel az ember csak csekély mértékben befolyásolta a környezetét. Az iparosítás a fosszilis energiahordozókból (kőolaj, földgáz és szén), illetve az atommaghasadásból nyert energia folyamatosan növekvő felhasználásával járt. A XX. század jelentős változásokat hozott az emberiség történetében. A válságok, háborúk és politikai események jelentős hatással voltak az energetikára is. A hetvenes évek elején kialakult olajválság óta szemléletünk energiaközpontúvá vált. A káros szennyezőanyag-kibocsátás radikális csökkentését elsődlegesen környezetvédelmi szempontok indokolják. Másodlagosan szükség van felelős gondolkodásra is. A mérnököknek feltétlen biztosítaniuk kell a fenntartható fejlődést szakterületük minden szegletében: az ökológiai lábnyom mérséklését, a környezetet kevésbé terhelő megoldások tervezését, a gazdaságosan fenntartható technológiákra való igényt és a felelős, az elérhető legjobb technikákon és eljárásokon alapuló hulladékgazdálkodást, mind szem előtt kell tartsák.

A történelmi időskálán, az idő változásával az energia felhasználásunkkal hasonlóan a hulladékkezelés is nagymértékben megváltozott. Amíg a természetes ökoszisztémákban az elhalt szerves anyag formájában lévő hulladékot a lebontók leépítik, addig az ember által szervezett ökoszisztémákban a hulladék összegyűlik, ami alapjaiban véve határozza meg a hulladékgazdálkodást. A történelem előtti ember volt az első „Homo Recyclicus”: Amit a neandervölgyi ősember felhasznált, azt csaknem kompletten hasznosította is. A nem fogyasztható maradékot elásta vagy a meleget adó tábortűzébe vetette. Ma a hulladékgazdálkodás rendkívül összetett feladatmegoldást jelent.

Hulladékok termelődése

A települések és az ipartelepek hulladéka folyamatosan termelődik újra. A fejlettebb országokban a hulladékok keletkezésének mennyisége ugyan csökkenő tendenciát mutat, azonban a fejlődő országokban – részben a népesség számának növekedése miatt – a megvált, elhasznált termékek bővülő újratermelődéséről, vagyis a hulladék mennyiségének növekedéséről beszélhetünk. A periodikus újratermelődés miatt a települések hulladékának elhelyezése, megsemmisítése vagy hasznosítása egyre fontosabb feladat.

Napjaink egyik legsúlyosabb környezetvédelmi kihívása – mondhatni veszélye – a túlnépesedés kérdése. 2005 óta a világtörténelemben először él több ember a világon városban, mint falvakban. Az urbanizálódott területekre történő „beköltözés” folyamatosan tart, ezért ez rendkívül nagy hatással van a bolygónk erőforrásaira [1]. Kiemelten a fejlődő országokban az emberek nagy számban tömörülnek metropoliszokba elsősorban a jobb élet reményében.

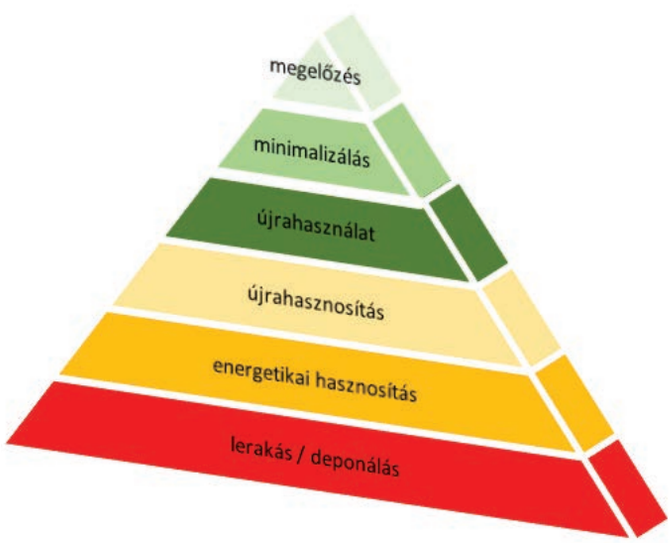
A metropoliszok növekedésének ütemét nagyon nehéz megjósolni. A Forbes 2008-ban készített szcenárióját az 1. táblázat tartalmazza. Az adatokból látható, hogy a 10 évvel ez előtti előrejelzést, a 2025-re előrevetített a nagyvárosok várható népesség adatait már napjainkra több helyen meghaladták. Azt a megállapítást azonban levonhatjuk, hogy a metropoliszok növekvő lélekszámával arányosan a koncentráltan keletkező hulladékmennyiség is növekedni fog.

[1] A cikk a KLENEN ‘18 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

1. táblázat. Nagyvárosok népessége és várható alakulása [2]

Város (ország)	Népesség 2008-ban [ezer fő]	Jelenlegi népesség [ezer fő]	Várható népesség 2025-ben [ezer fő] 2008-as becslés alapján
Tokió (Japán)	35 200	34 500	36 400
Mumbai (India)	18 200	20 900	26 400
Delhi (India)	15 000	23 200	22 500
Dhaka (Banglades)	11 900	14 100	22 000
Sao Paulo (Brazília)	18 300	21 200	21 400
Mexikóváros (Mexikó)	19 200	23 300	21 000
New York (USA)	18 700	21 500	20 600
Kalkutta (India)	14 700	15 700	20 600
Shanghai (Kína)	14 500	25 500	19 400
Karachi (Pakisztán)	11 600	21 700	19 100

Ezen oknál fogva a hulladékmennyiségének kezelése szükségszerű és ezen belül az energetikai célú hasznosítás, mint egyik lehetőség vetődik fel. Nagyon fontosnak vélem kiemelni, hogy nem az energetikai célú hasznosítás a legcélszerűbb megoldás! A fenntartható fejlődés miatt, a napjainkban kialakult integrált, hierarchikus hulladékkezelési rendszer szerint kell lehetőleg eljárni. Az ajánlott hulladéksorsot a 2008/98/EK irányelv [3] szerint kell kialakítani, melyet az 1. ábrán láthatunk.

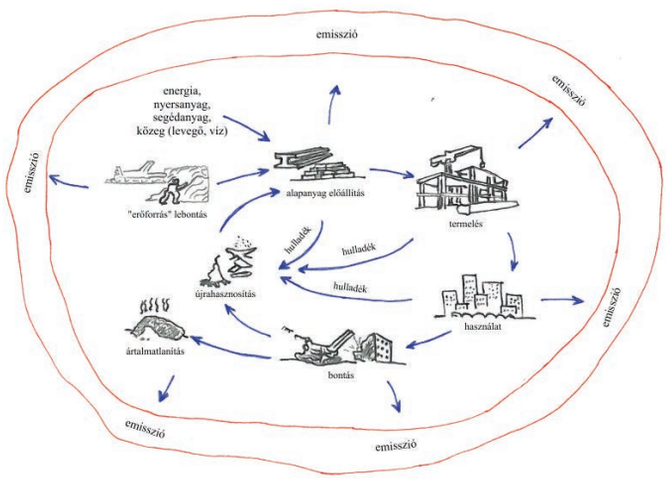


1. ábra. **Hulladéksors sematikus ábrázolása [3] alapján**

A hulladéksors piramisából következik, hogy természetesen a „meg nem termelt” hulladék a legjobb hulladék, azonban utópisztikus elképzelés lenne olyan technikákban, technológiákban és olyan termelési folyamatokban gondolkodni, amelyek egyáltalán nem termelnek hulladékot.

A maradékanyagok folyamatos termelődése miatt 50%-ban megújuló energiaforrásnak tekintjük. A 2. ábrán a hulladékok keletkezésével járó anyag-emisszió-körfolyamatát láthatjuk. Az ember tevékenysége alapvetően a fenntartásainak a szükségleteinek kielégítésére irányul, amely a termelés és a fogyasztás folyamatában valósul meg, e folyamat létfenntartásunk alapvető feltétele [4].

Látható a nevezett ábrán, hogy termelés-fogyasztási folyamatban minden esetben megjelenik a hulladék. Ezen felül környezetvédelmi és hulladékgazdálkodási szempontból célszerű a melléktermékekre is figyelmet fordítanunk, melyek sokszor piaci, gazdasági okok miatt válnak hulladékká. Törekednünk kell, hogy folyamatainkat – és kiemelten a gyártástechnológiai eljárásainkat – úgy alakítsuk ki, hogy a környezetvédelmet a termelési folyamat szervesen hozzá kapcsolt részének tekintsük. Az így kialakult gyártási eljárásokat termelésintegrált környezetvédelemnek nevezzük, melynek célja, hogy a termelés során csak az elkerülhetetlenül szükséges minimális mértékben keletkezzen maradékanyag vagyis hulladék [5].



2. ábra. **Hulladék keletkezésével járó anyag – emisszió-körfolyamat**

Könnyen belátható, hogy a melléktermékek keletkezése, illetve olyan anyagok amelyek maradványanyagként jönnek létre az anyag-körfolyamataink természetes velejárói. A gyártási folyamatok tervezésénél a termékek környezetvédelemi szempontjai szerint történő kialakítását – a termelésintegrált környezetvédelem fogalmával szorosan összefüggésben – termékintegrált környezetvédelemnek hívjuk. E fogalom célja, hogy a termékeket oly módon alakítsuk ki, hogy a használatuk után és a szükséges előkezelést követően az anyagi komponenseiket (fém, műanyagok, üveg, fa, papír) a termelési folyamatba vissza lehessen vezetni, ez által nem száműzve az értékes anyagokat a körforgásos gazdaságból.

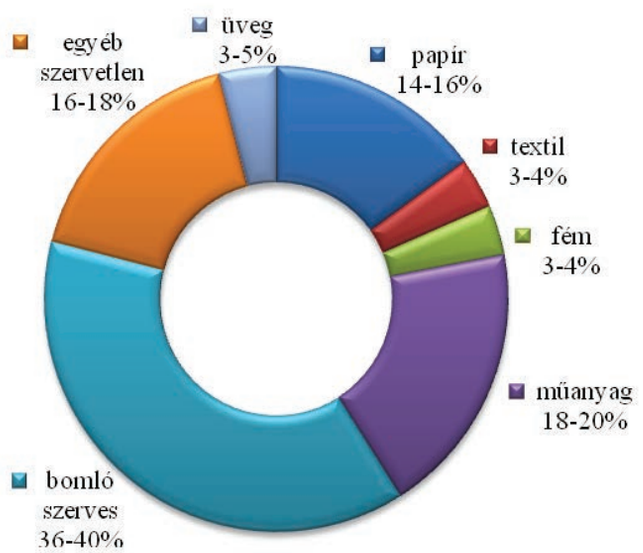
Hulladékok összetétele

A hulladékok keletkezési mennyisége (és minősége) függ egy adott ország termelési kultúrájától, egy országon belül függ az egyes részterületek életszínvonalától, életviszonyaitól. Befolyásoló tényező még a települések társadalmi munkamegosztásban elfoglalt helye, a város beépítettsége, de még a nappali és állandó népessége is meghatározza a települési szilárd hulladék mennyiségét. A kezelendő szemét minőségére is hat az, hogy városban, vagy falvakban keletkezik. A községek kommunális hulladékában a biológiailag lebomló arány alacsonyabb, hiszen sok helyütt, még a háztáji gazdálkodásban hasznosítani tudják, akár az állatok etetésében, akár a kézi komposztálás során, tehát a gazdaság körforgását képezik a biológiailag lebomló maradék anyagok. Természetesen a városi környezetben a lakosságtól begyűjtött kommunális hulladék biológiailag lebomló aránya sokkal magasabb. Azt is említeni kell, hogy

a települési szilárd hulladék összetétele egy naptári éven belül is periodikusságot mutat. Ennek egyik legkézenfekvőbb példája a hulladékok emelkedett nedvességtartalma a nyári hónapokban, mely a háztartási gyűjtő edényekbe helyezett nagy mennyiségű dinnyehéjra vezethető vissza.

A maradék anyagokból kinyerhető energia mértékének a fluktuációja, kiváltképp igaz a falu-város viszonyára is. A városokban, illetve ahol nagyobb az ipari kommunális hulladék mennyisége, ott nagyobb a műanyag alkotók százaléka, több a papír hulladék. A nagyobb városokban a lakótelepen élők aránya is a legtöbb esetben magasabb A felsorolt tulajdonságok mind növelik a háztartási szemétből egységnyi tömegéből kinyerhető energiát, vagyis a fűtőértékét.

A települési hulladékok energetikai hasznosítására jelentős befolyással van az összetételük, illetőleg a vegyesen gyűjtött települési hulladékok anyagösszetételében rejlik a lehetőség az égetésre.



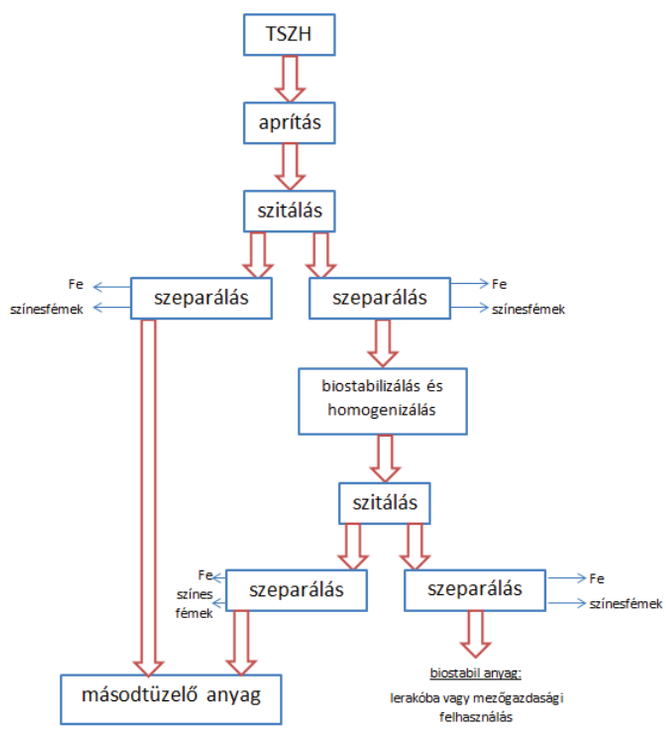
3. ábra. **A vegyesen gyűjtött települési hulladék összetétele Magyarországon**

Az írásom készítése során számos publikációt, statisztikai adatot elemeztem és az adatokat összevetve a 3. ábrán látható anyagösszetételt állapítottam meg. A hulladékok kémiai összetételükben az energetikailag hasznosítható alkotók átlagos részaránya a következőképpen alakul: cellulóz 44%, lignin 13%, pektin 8%, fehérje, zsír és gyanta 5%, a nem hasznosítható rész pedig mintegy 30% [6].

A fentiekben bemutatott anyag- és kémiai összetétel alkalmassá teszi a hulladékokat arra, hogy azt válogatás és bárminemű előkezelés nélkül fel lehet használni égetésre. A vegyesen gyűjtött települési hulladék fűtőértékére 7,5-10,5 MJ/kg közötti értéknek vehető. Természetesen ez az érték célirányos válogatással növelhető.

A települési hulladékok hasznosításának egyik lehetősége a magas(abb) fűtőértékű, égetésre szánt másodtüzelő anyag előállítása, melynek egy előkészítési technológiai folyamatábráját láthatjuk példaként a 4. ábrán. A települési szilárd hulladékot fizikai feltárás (aprítás) után, méret szerint szétválasztjuk egy szita, vagy más néven rosta segítségével. A biológiailag lebomló frakció jellemzően egy adott mérettartományban van, ami Magyarországon karakterisztikusan a 60-100 mm közötti szemcse méretű tartományban helyezkedik el. Ha a méret szerinti szétválasztást ezen tartományban végezzük el – vagyis a hozzávetőleg 60-100 mm-es lyukméretű szitát alkalmazunk –, akkor elmondható, hogy a „szita felső maradéka”, vagyis az az anyagfrakció, ami fent marad a rostálás után az sajátságosan az energetikailag jól éghető anyaghalmazt jelenti. Az éghető és nem éghető halmazokra szétválasztott anyagáramot mindkét esetben nemesítés (szeparálás) követi, amikor is a fémtartalmat leválasztják az anyagáramokból, mely a tovább feldolgozás során mindkét részfolyamatban káros. A biológiai stabilizálásra szánt frakcióban a fémtartalom gátolja, fékezi a lebontási folyamatot, a másodtüzelő anyagban található fémtartalom pedig a fluid ágyas tüzelést lehetetleníti el.

A nagyobb szemcseméretű hulladékfrakciót ezek után másodtüzelő anyagként lehet értékesíteni. A biológiai lebomló halmazrészt pedig biológiai stabilizálást követően, ismételten szitálni, majd szeparálni szükséges, a célból, hogy a biológiai degradációs folyamatot követően a további éghető tüzelőanyag tartalmat (szintén a szita felső maradék frakciót) másodtüzelő anyagként lehessen hasznosítani.



4. ábra. **Másodtüzelő anyag kinyerésére irányuló eljárástechnikai minta folyamat**[2]

A másodtüzelő anyagként nem hasznosítható biostabil frakciót vagy mezőgazdasági felhasználásban (elsősorban talajjavító anyagként) vagy lerakóban, deponálva lehetséges hasznosítani.

Energiahatékonysági lehetőségek a termelésmenedzsmentben

A települési hulladékok energetikai hasznosításának (is) több útja lehetséges. A szemét elégetése a gőztermelésre, s ennek bázisán a hőhasznosításra, a hőellátásra, a villamosenergia-termelésre vagy

[2] TSZH jelentése: **T**elepülési **SZ**ilárd **H**ulladék

a kapcsolt energiatermelésre ad lehetőséget. Energetikai hasznosítási lehetőség a biogáztermelés és ehhez kapcsolódva gázmotorok, gázturbinák és gáz/gőzerőművek alkalmazása is.

2. táblázat. Hulladékok energetikai hasznosításainak eljárásai [8]

	Oxigén jelen van a folyamatban	**Oxigén kizárásával megy végbe a folyamat**
fiziko-kémiai átalakítás	termikus oxidáció: égetés	hőbontás: száraz lepárlás, elgázosítás, pirolízis
mikrobiológiai átalakítás	aerob erjedés: komposztálás	metános erjedés: metanolízis, biogáz előállítás alkoholos erjedés: etanol-előállítás

A 2. táblázatban látható, hogy a hulladékok energetikai hasznosítása nem csak annak elégetését jelenti. Mindenképpen szót érdemel a műanyag hulladékok frakciója a hulladékokban. Összességében az elmondható, hogy a szemét minőségváltozásban ma Magyarországon a papír mennyisége csökken (talán a környezettudatosabb – szelektív hulladékgyűjtés - magatartásunknak köszönhetően), a bioanyagok mennyiségében a változás elhanyagolható, viszont a műanyagok aránya folyamatosan növekszik. Energetikusként meg kell állapítsam, hogy a háztartási hulladékok szintetikus polimertartalma a szemét égetése során kifejezetten előnyös. A műanyagszemét átlagos energiatartalma ugyanis 34 MJ/kg feletti, mely jóval meghaladja a szelektálás nélküli városi hulladék fűtőértékét. Azonban az 1. ábrán bemutatott hulladéksors értelmében törekednem kell a minél nagyobb mértékű újrahasznosításra, újrafeldolgozásra. A különfélébb polimertermékek (hőre lágyulók és térhálósak egyaránt) alkalmasak lehetnek vegyipari pirolitikus bontás útján (a makroláncok kontrollált tördelése révén) kismolekulás szerves vegyületek előállítására. Új szintézishez alkalmazható közbülső termékek, intermedierek állíthatóak így elő például PMMA-ból (poli(metil-metakrilát) hétköznapi nevén plexi) a metilmetakrilát (MMA) monomer 450 °C-on végzett pirolízisben 97%-ban visszanyerhető, vagy a polisztirol (PS) 580 °C-os pirolízise közel 65%-ban tiszta sztirol monomert eredményez. [7]

A fenntartható termelésmenedzsment tervezési alapelvei között kell szerepeljen, hogy a folyamatokban keletkezett hulladékok a lehető legkevesebbek legyenek. Nem csak a kézzel fogható – „anyagszerű” - hulladékokra kell gondolni, hanem az energiahulladékok minimalizálására is törekednünk kell! Ennek egy jó példája lehet, ha a technológiákat úgy tervezzük meg, vagy akár a meglévő folyamatokat úgy módosítjuk, hogy azok lehetőleg szobahőmérsékleten és atmoszférikus nyomáson játszódjanak le. Általánosságban elmondhatjuk, hogy minél kevesebb energia kell egy termék előállításához, annál versenyképesebb, részint mert az előállítási költsége alacsonyabb lesz, részint az energia árának változása, nem érinti a termék árát.

Összefoglaló

A körforgásos gazdaság és az energetikai hasznosítás együtt járó fogalmak, hiszen a hulladékok újrafeldolgozásának eljárástechnika tervezése során a minőségi újrahasznosításra (quality recycling) kell törekednem [7]. A hulladékok eltüzelése, azok újrafeldolgozása egymást kiegészítő eljárások. Gyakran előfordul olyan eset, amikor anyagtudományi szempontból a keletkezett maradékanyag újra feldolgozható lenne, azonban szennyezettsége miatt arra alkalmatlanná teszi, mert például egy esetleges mosás során oly mennyiségű szennyezett víz keletkezne, mely további kezelendő – folyékony – hulladékot termel. Vagyis az ökológiai lábnyomunkat mélyebbre süllyesztenénk vizes tisztítási eljárást alkalmazva.

Energetikusként, hulladékgazdálkodási szakemberként nem csak a jelenért, hanem a jövőért is felelős vagyok. Amennyiben nem történik hulladékfeldolgozás, akkor azok számos esetben végleges lerakóba kerülnek. Az így deponált kommunális szemét bomlása során metán keletkezik, mely a legtöbb esetben a Föld légkörébe távozik, mely mindenképpen kerülendő. Nem csak a termelési folyamatainkat, hanem minden napi életünket is úgy kell megtervezni, hogy a termékek ne kerüljenek a környezetbe, ha mégis oda kerülnek, akkor viszonylag rövid idő alatt a környezetre ártalmatlan összetevőkre bomoljanak le.

A környezetünk védelme minden mérnöki tevékenység hangsúlyos gondja. Erkölcsi és szakmai kötelességünk, hogy a megtermelt energiával és a rendelkezésünkre álló alapanyagokkal a lehető legtakarékosabban bánjunk, biztosítva ezzel a fenntartható fejlődést.

Irodalmi hivatkozások

[1] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PUBLICATIONS FOR WORD ENVIRONMENT DAY (2005)

[2] WWW.FORBES.COM NYOMÁN

[3] 2008/98/EK AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS IRÁNYELVE

[4] LAJOS TAMÁS (2004): Az áramlástan alapjai, Műegyetem kiadó, Budapest ISBN 963 420 798 7

[5] HANDBUCH DES UMWELTSCHUTZES UND DER UMWELTSCHUTZTECHNIK. BAND 2, SPRINGER, BERLIN, 1995

[6] BÜKI GERGELY (1997): Energetika, Műegyetem kiadó, Budapest ISBN 963 420 533 X

[7] CZVIKOVSZKY – NAGY – GAÁL (2006): A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest ISBN 963-420-621-2

[8] OLESSÁK DÉNES – SZABÓ LÁSZLÓ (1984): Energia hulladékból, Műszaki Könyvkiadó, Budapest alapján

Helyreigazítás

Az Energiagazdálkodás Folyóirat 2017. 4-5. számában jelent meg „Településfejlesztés megújuló energiaforrások alkalmazásával” című cikkünk, melynek angol nyelvű összefoglalójában az alábbi téves mondat olvasható: „In these days the extensive use of fossil fuels (e.g. coal, oil, uranium) leads to the disappearrance of these energy sources as well as to the continuous increase in CO_2 emission.” Természetesen a fosszilis energiaforrások felsorolásában hiba volt feltüntetnünk az uránt, illetve ennek említésével ezen energiaforrásokat „nem megújuló energiaforrások”-ként kellett volna megneveznünk. A téves szóhasználatért elnézést kérünk.

Dr. Péter Szabó István

Energiahatékonyság növelése visszatáplálással a közlekedési vállalatoknál[1]

Vajda Szabolcs
erősáramú villamosmérnök, vajdasz@bkv.hu

A BKV Zrt. villamos vontatási célra jelentős mennyiségű villamos energiát fogyaszt. Egy-egy százaléknyi megtakarított energia önmagában is hatalmas mennyiség, a megtakarított energia a vállalat költségvetésében közvetlenül megjelenik. Az energia visszatáplálásra képes villamosok megjelenésével az infrastruktúra tervezése és az átalakítások során 2005-től figyelembe vettük, hogy a visszatáplálható energia minél nagyobb százalékban tudjon hasznosulni. Jármű- és áramátalakító-mérések segítségével vizsgáltuk a megtakarításra kerülő, és a továbbiakban még megtakarítható villamos vontatási energia mennyiségét. Az alábbi cikkben az elért eredményeket foglaljuk össze.

*

BKV Zrt. consumes a considerable amount of electricity for powering trams. Energy savings of 1-2% can be a huge amount in itself and also directly influence the budget of the company. Since the adoption of trams with regenerative systems in 2005, we have focused on utilizing regenerated power to the highest extent when designing infrastructure and restructuring. The amount of traction electricity already saved and to be saved were examined through tram car and inverter measurements. The following article proposes to summarize the results.

* * *

A villamosenergia-felhasználás

A BKV Zrt. villamos vontatási célra jelentős mennyiségű villamos energiát fogyaszt. Éves szinten mintegy 110 GWh vontatási célú villamos energiát használunk fel a villamos, trolibusz és MFAV területén. Ezen járművek egységesen 600V-os egyenfeszültségről üzemelnek, melyet jelenleg 38 db áramátalakító segítségével állítunk elő.

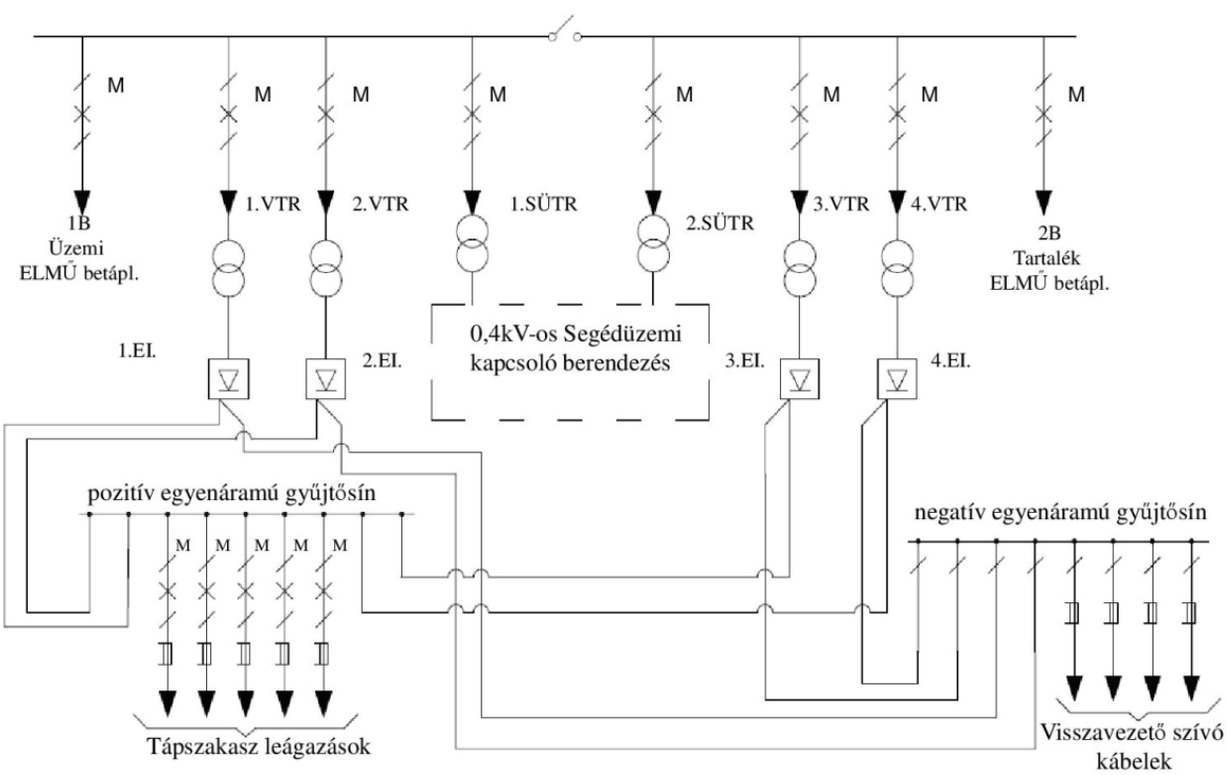
A szükséges energiát (Budapest) 11kV-os feszültségszinten vételezzük, melyet transzformálás és egyenirányítás után juttatunk 1,5-5 km-es tápszakaszokra.

A villamos vontatás teljesítmény-felvételére a dinamizmus jellemző. A lökésszerűen megjelenő 1000-1500A erősségű indítási áramokat kifutási és fékezési szakasz követi. A negyedórás átlagáram és a pillanatnyi vontatási csúcsáram között a 3 szoros szorzó a mérési tapasztalatunk.

A viszonylagosan nagy vontatási áramok követelményei – valamint a forgalmi helyzet szükségszerűségei (visszafogási és szakaszolási lehetőségek stb.) – miatt a teljes hálózat közel 200 vontatási tápszakaszra van felosztva.

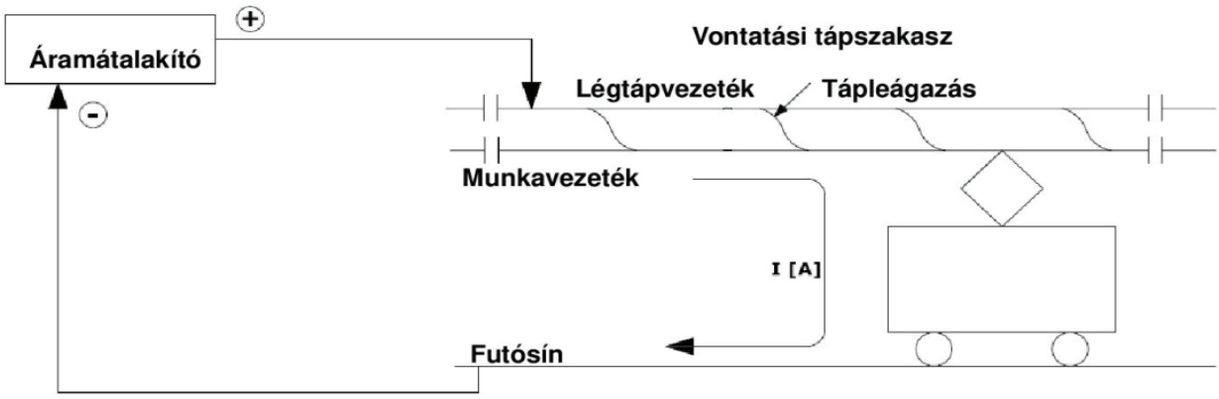
A villamosenergia-visszatáplálás

Az energia visszatáplálásra képes villamosok megjelenésével az infrastruktúra tervezése és az átalakítások során 2005-től figyelembe



1. ábra. **Áramátalakító blokkvázlata**

[1] A cikk a KLENEN ‘18 konferencián elhangzott előadás alapján készült.



2. ábra. **Vontatási tápszakasz séma**

vettük, hogy a visszatáplálható energia minél nagyobb százalékban tudjon hasznosulni. Egy-egy százaléknyi megtakarított energia önmagában is hatalmas mennyiség, a megtakarított energia ára a vállalat költségvetésében közvetlenül meg tud jelenni.

A budapesti Nagykörút áramellátási felújítása, és a beszerzésre került Combino villamosok üzemeltetése során jelentős mennyiségű tapasztalatot tudtunk gyűjteni az infrastruktúra és a jármű együttes, valamint egyenkénti hatásáról a villamos energia megtakarítás terén.

A tervezés során fő elvnek tűztük ki, hogy a fékezéskor visszatáplálható energia minél közelebb – lehetőleg ugyanabban a tápszakaszban – hasznosuljon. Szerencsés esetben a fékező villamossal egy időben gyorsító villamos is van a közelben – így a „megtermelt" energiát a legkisebb veszteséggel fel lehet újra használni.

A4-6-os villamos vonalán ezért megnöveltük a tápszakaszhosszokat (több jármű tartózkodjon egyszerre egy vontatási tápszakaszban), kapcsolástechnikai változtatásokat végeztünk, és jelentős kábelkeresztmetszet-növeléseket hajtottunk végre.

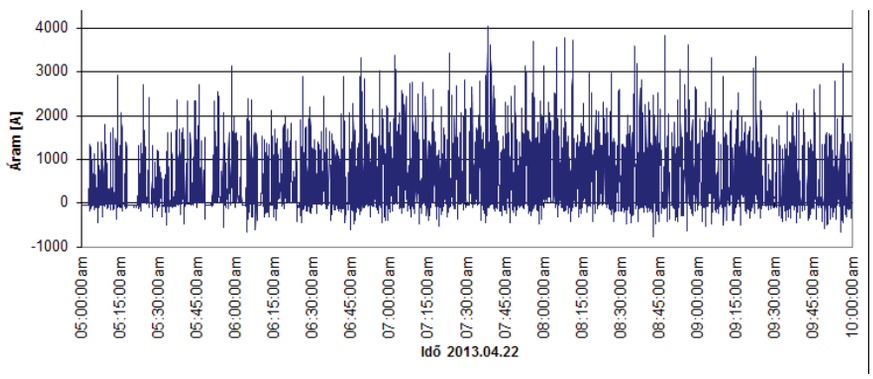
A keresztmetszetnövelés két okból is rendkívül fontos. A több villamos jelenthet akár több, egyszerre „együtt-indulást" is (forgalmi helyzettől függően) – erre a vontatási áramerősségre is fel kell készülni a rendszernek –, továbbá az adott vezetékszakaszt nem csak a gyorsításkor megjelenő áramerősség melegíti, hanem a fékezéskor felszabaduló és a rendszerbe visszatáplált áramerősség is.

A megjelenő negatív áramértékek mutatják, hogy az összes villamos energia nem tudott helyben hasznosulni, hanem az áramátalakító egyenáramú gyűjtősínjein megjelenve másik tápszakaszban hasznosult.

A visszatáplálásra képes villamosok mellett (Combino, TW6000, CAF, korszerűsített Tátra, korszerűsített GANZ) lényegében az összes forgalomban lévő trolibusz is képes visszatáplálásra. A közös vonatási feszültség – és közös áramátalakítóból történő táplálás – miatt sok esetben előfordul, hogy a villamos által visszatáplált energiát épp egy induló trolibusz tudja hasznosítani, vagy éppen fordítva.

A hasznosítható villamos energia mennyiségére (jármű oldalról) bár rendelkeztünk gyári adatokkal, mégis próbaméréseket végeztünk, hogy áramátalakítón keresztül mekkora elvi villamos energia megtakarítást tudunk elérni.

A vizsgálat célja elsősorban az volt, hogy felmérjük, ideális és azonos körülmények között mennyi villamos energia takarítható meg.



3. ábra. **Margit körút pillanatnyi áramterhelése (Combino villamos)**

Ezen mérési eredmények, valamint a nagykörúti tapasztalatok (villamos típusváltás és infrastruktúra átalakítás) egybecsengve mutatják, hogy a visszatáplálásra képes járműhöz igazított infrastruktúra segítségével 25-30%-os villamosenergia-megtakarítás lehetséges.

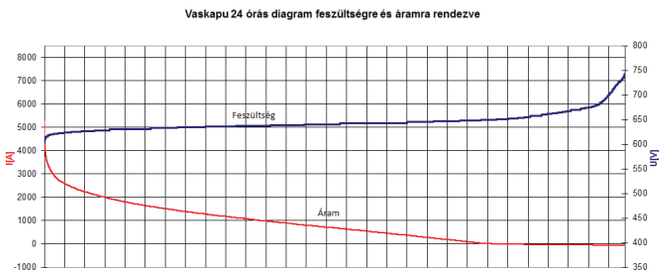
Foglalkozni kell azonban azokkal a nem ideális esetekkel, amikor a fékező jármű közelében sehol nincs gyorsuló (vagy egyáltalán működő) jármű, vagyis kérdéses, hogy az idő hány százalékában van olyan eset, amikor – bár a jármű vissza tudna táplálni, de – fogyasztó hiányában ez az energia elveszik (fékellenálláson hővé alakul).

Visszatáplálás során a jármű az üresjárati (~660V) fölé emeli a feszültséget – így biztosítva, hogy akár a gyűjtősíneken keresztül is másik jármű számára az energiát el tudja juttatni.

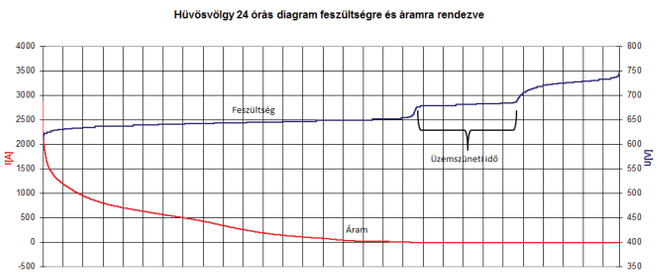
A feszültségmérések alapján biztonsággal megállapítható, hogy azon „súlyponti" áramátalakítók körzetében, ahol a járművek követési ideje kicsi és a járművek darabszáma jelentős, ott a vissza-

1. táblázat. Egyedi vizsgálat speciálisan kialakított próbapályán

Jármű típusa	Felvett villamos energia (kWh)	Visszatáplált villamos energia (kWh)	Visszatáplálási arány [%]
ZIU (nosztalgia)	7,69	0	0
IK 280	8,82	-1,58	17,89
IK 435	9,67	-1,53	15,8
MAN	7,35	-1,56	21,16
Skoda	8,33	-2,12	25,44
Solaris-Skoda Trollino 12	3,77	-0,87	22,94
Solaris-Skoda Trollino 12	6,49	-1,87	28,74



4. ábra. **Központi (nagy forgalmú) áramátalakító feszültség viszonya**



5. ábra. **Végponti (kis forgalmú) áramátalakító feszültség viszonya**

táplált energia jelentős mértékben tud hasznosulni. Ugyanezek a mérések viszont kimutatták, hogy a végponti – külső területeken megtalálható – villamos áramátalakítók körzetében a visszatáplálható villamos energia egy jelentős része nem tud hasznosulni. (A fenti diagrammok jellegzetessége, hogy a másodperc alapú feszültség- és árammérések a feszültség nagyságára vannak sorba rendezve, és nem időrendbe. A 4. és 5. ábra „x” tengelye 24 órás időtartamot jelenít meg. Ennek megfelelően 675V-750V közötti „időtartományban” áll rendelkezésre visszatáplálható energia, ami 24 órára vetítve ~17% időtartamot jelent).

A villamos vontatási energia ára jelentős tétel a BKV Zrt. éves költségvetésében. A ciklikus mérések végzése, valamint a forgalmi változások követése energia felhasználás szempontjából mindenképpen indokolt. A jövőbeni tervezéseknek és vizsgálatoknak ki kell térnie azon kisebb teljesítményű (és kevesebb villamos energia fogyasztású) áramátalakítók – és a hozzájuk tartozó tápszakaszok – hatékonyság javítására, melyekben a visszatáplált villamos energia megtakarítása további lehetőségeket hordoz magában.

Összefoglalás

A Budapesti Nagykörút áramellátási felújítása és a beszerzésre került Combino villamosok üzemeltetése során jelentős mennyiségű tapasztalatot tudtunk gyűjteni az infrastruktúra és a jármű együttes, és egyenkénti hatásáról a villamos energia megtakarítás terén.

Ezen tapasztalatokat felhasználva a további beruházások tervezési folyamatának kezdetétől célunk volt a megtakarítható energia minél magasabb arányú kihasználásra. Az infrastruktúra hálózat módosításaival elértük, hogy a belső villamos- és trolibusz hálózaton a visszatáplálható energia közel 90%-a hasznosulni is tud. További mérésekkel vizsgáljuk, hogy a nagyobb követési távolsággal és a központi területtől távolabb eső vonalakon milyen további energia megtakarítási lehetőség rejlik – azt hogyan, milyen ráfordításokkal tudjuk kiaknázni.

Energetikai szakirányú továbbképzés

A képzést azok figyelmébe ajánljuk, akik fel akarják frissíteni energetikai ismereteiket, vagy bár más műszaki területen szereztek oklevelet, de az energetika szektorban tevékenykednek. Az órákat kéthetente, pénteken tartjuk.

Jelentkezési határidő: 2018. szeptemberben induló képzésre: 2018. augusztus 31.
A képzés költsége 275 eFt/félév, kezdete: 2018. szeptember 10.
A jelentkezési lap letölthető: www.energia.bme.hu

A szak megnevezése:
- Energiatermelési szakirányú továbbképzési szak
- levelező képzés BSc (főiskolai) végzettségűek számára

Az oklevélben szereplő szakképzettség megnevezése:
- Energiatermelési szakmérnök

A választható ágazatok megnevezése:
- Hő- és villamosenergia ágazat
- Megújuló energia ágazat
- Távhőellátás ágazat
- Hőszivattyú és hűtéstechnika ágazat

A jelentkezés feltételei:
- Legalább főiskolai vagy BSc szintű végzettség műszaki képzési területen.
- Legalább három éves szakirányú szakmai gyakorlat.

A képzési idő:
- a félévek száma: 4 félév, a kontaktórák száma: 480 (kéthetente péntek-szombat)
- az oklevél megszerzéséhez szükséges kreditek száma: 120.

A szakért felelős oktató, kapcsolattartó:
- Dr. Ősz János egyetemi docens, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, osz@energia.bme.hu, 06-1/463-2558

A képzés során elsajátítandó kompetenciák, tudáselemek, megszerezhető ismeretek, személyes adottságok, készségek, a szakképzettség alkalmazása konkrét környezetben, tevékenység-rendszerben:

Az energiatermelési szakirányú továbbképzési szak két ágazatának oktatási célkitűzése olyan, kiemelkedő energiastratégiai, technológiai tudással és naprakész gazdasági, jogi információkkal rendelkező szakemberek képzése, akik a hő és villamos energia valamint a megújuló energia szakterületének átfogó hazai és nemzetközi kérdéseinek elmélyült ismeretével rendelkeznek.

A végzett hallgatók képesek lesznek a különböző energetikai problémákat felismerni, azokat az energiahatékonyság és a fenntartható energetika hazai adottságainak megfelelően megoldani. Olyan, új energetikai szemléletmóddal és speciális ismeretekkel rendelkező szakmérnökök képzését szeretnénk megvalósítani, akik a korábban megszerzett mérnöki végzettségük és felsőfokú szakismeretük birtokában ismerik az energetika hazai és nemzetközi problémáit, megoldási módszereit, képesek a változatok feltárására, hatásuk elemzésére, valamint a fenntartható energetika követelményeivel harmonizáló műszaki technológiák alkalmazására, a létesítmények szakszerű megtervezésére, üzemeltetésére. Ezért alapvető fontosságúnak tartjuk a fenntartható energetika új szemléletének kialakítását.

Ennek érdekében az általános alaptárgyakat oktató és közös programú első tanévet követően a szakirányú továbbképzés az alábbi négy ágazatban folytatódik:

- Hő- és villamosenergia ágazat
- Megújuló energia ágazat
- Távhőellátás ágazat
- Hőszivattyú és hűtéstechnika ágazat

Mit csinált az egyesületünk szenior klubja az elmúlt évben?

Nos! Folytattuk a 35 évvel ezelőtt az elődeink által elindított irányvonalat, hogy az idősebb korosztály részére is biztosítsuk az adott kor energetikai és társadalmi irányzatainak megismerését.

Az elmúlt évben 28 nívós előadást hallgattunk meg, zömében olyan előadóktól, akik az adott szakma területén naprakész, és mély ismeretekkel rendelkeznek. Nem igen van példa arra, hogy a felkért előadók kérésünket visszautasítanák. Ez a szervezet ma is ténylegesen egy klub, zömében állandó résztvevőkkel, akik szívesen hallgatják az együtt összeállított programunkban szereplő előadásokat, de e mellett egy baráti jellegű találkozásnak is tartják összejövetelünket.

Hosszan lehetne részletezni az elmúlt évben szerzett ismereteinket.

Ezen alkalommal egy találkozásunk bemutatására koncentrálnék. Mint minden évben szervezünk egy szakmai kirándulást is. Talán elismertségünket az is bizonyítja, hogy általában a felkért üzemek ezt biztosítják is számunkra. Ezúttal az Ajka Erőműbe látogattunk a tulajdonos és Németh Frigyes vezérigazgató úrnak köszönhetően.

Felületesen lehetne mondani, miért pont Ajkára, hisz ez a bio (zömében fa tüzelésű) öreg erőmű a jelenlegi hazai villamos energia igények kielégítésében komoly szerephez nem jut. Igen ez így van, de a látogatás során emlékeztünk a múltra, különösen azok, akik onnan indultunk. vagy a régi berendezések gyártásában részt vettek.

Így dióhéjban azt szeretném megosztani az olvasókkal, hogy Ajka a magyar villamosenergia-termelés egyik bölcsője.

Az Egyesült Izzó és Villamossági Rt. tulajdonában 1912 augusztus 8-án helyezték üzembe az Ajka – Csingervölgyi „kis erőművet". Ebben 2 db kétkamarás vízcsöves kazán, kettő db 720 LE, 13 atm. nyomású turbina, két turbógenerátor 530, illetve 424 kW teljesítményű 3000 fordulatszámú gépek működtek. A kazánokat és a turbinákat a Skoda gyár, míg a generátorokat a magyar Siemens Schuckert művek készítették. Később az erőművet bővítették. A fő cél a bányák ellátása volt. A húszas évek végén 3 kV feszültség szinten kiépítették az akkori járási székhely Devecser villamos energia ellátását szolgáló távvezetéket.

Ez a részvénytársaság Aschner Lipót irányításával, akinek fő tanácsadója Dr. Heller László volt, 1940 engedélyt kért az akkori ipari minisztertől, hogy Ajka község határába villamos energia fejlesztő telepet létesítsen. A létesítés célja. hogy az ajka környéki széntermelésre alapozva átvegye azon területek ellátását, amelyeket addig a Csingervölgyi kiserőmű biztosított, illetve kiszolgálja a vele egy időben létesített timföld és aluminium gyártást gőzzel és villamos energiával.

1943. május 13-án az első blokk üzembe lett helyezve. Ez az erőmű nemzetközi viszonylatban is nagyon korszerű paraméterekkel rendelkezett, a 6 db kényszeráramlású nagynyomású kazánt a svájci Gebrüder-Sulcer cég szállította. A két darab kétházas turbinára az Escher-WYss cég kapott megbízást. A harmadik turbinát a Láng L Gyár készítette. De a bombázások miatt, szállítás közben megsérült. Később 1945-ben a kijavítás után jóvátételként a Szovjet hadsereg lefoglalta.

1949 évtől ez az erőmű 120 kV-os hálozaton együttműködött a magyar villamos energia rendszerrel. Az ötvenes évek elején a timföldgyár bővítése a városiasodó Ajka tervezett távfűtése szükségessé tette a meglévő erőmű kazánjainak bővítését 7. kazánnal és egy negyedik ellennyomású turbina beépítésével. A gép villamos teljesítménye 10,7 MW volt. A turbinát a Láng Gépgyár tervezte és szállította, a generátor szintén magyar szállítású volt. **Itt meg kell jegyeznem, hogy látogatásunkkor jelen volt az 90 éves Dr. Iring Rezső, akinek a turbina tervezésében komoly része volt.**

A hazai villamosenergia-igények gyors növekedése és az Ajka környéki viszonylag gyenge minőségi barnaszén megléte adta a lehetőséget a már meglévő telephelyen egy új ún. Ajka II. erőmű megépítésére.

A határozat szerint 5 db 100t/h kazán és 3 db 32 MW teljesítményű turbina és generátor került beépítésre. Az erőmű teljes mértékben magyar tervezésű és gyártású. Az első blokkot 1960. október 16-án helyeztük üzembe nagy örömmel. A látogató csoportban többen voltunk, akik ezekre a percekre visszaemlékeztünk. Mi akkor nagyon sokat tanultunk, különösen a középvezetőktől, művezető szakemberektől. Az a tény, hogy a timföldgyár és alumíniumkohó folyamatos működése az erőműtől függött, szakmailag nagyon felkészült szakembereket igényelt.

Befejezésül emlékezem mindazokra, akik az elmúlt 100 évben a maguk posztján sokat tettek azért, hogy a magyar villamosenergia-ipar megfeleljen az adott kor kihívásainak.

Szabó Benjamin
a Szenior Energetikusok Klub elnöke

Hozzájárulás a virtuális erőmű
építéséhez:
15,9 kW

Fűtőanyag csere megújuló energiákkal[1]

László Tamás
okl. bányamérnök; tamas_laszlo@chello.hu

A jászberényi Flex-Coop Kft két csarnokának fűtését és az üzem HMV igényét PB gázzal elégítette ki. Egy új csarnok megépítése mellett a drága gáz igényének egy részét hővisszanyeréssel, hőszivattyú telepítésével és faaprítékos tüzelés megvalósításával lényegesen csökkentette. Villamosenergia-fogyasztását pedig 10 kW kapacitású napelem telepítése révén csökkentette. A projekt megvalósítása révén 158,2 MWh/év energia megtakarítása vált lehetségessé.

*

The Flex-Coop Ltd. at Jászberény the heating of the existing two halls was met by PB gas. Besides building a new hall with the help of heat recuperation and by implementing of heat pump and wood chip boiler it was possible to decrease substantially the consumption of PB gas. The power consumption was decreased by implementation of solar elements of capacity 10 kW. By the implementation of the energy efficiency project 158,2 MWh/y energy was saved.

* * *

A Flex-Coop jászberényi telepén a meglévő két csarnok fűtése és a HMV előállítása kizárólag PB gázzal történt. A HMV előállítása az üzemcsarnokokban decentralizáltan elektromos bojlerek biztosították. A KLF Energo Kft. javasolta, hogy a vállalat hozzon létre egy központi hőenergia ellátó egységet, amelyet a 2. csarnok emeleti szintjének hátsó traktusába célszerű letelepíteni, mert a központ közel van a sok HMV felhasználást igénylő vizes blokkhoz és a nyílt víztárolóhoz. Javasolta ezen kívül még az 1. csarnokban keletkező technológiai hő visszanyerését és felhasználását a HMV előállítás során, a termoventillátorok célszerűbb elhelyezését

Az újonnan megvalósítani tervezett 3. csarnok hőigényének kielégítésére az energetikai tanácsadó egy faaprítékos kazán letelepítését javasolta, amelynek a fűtési teljesítményét 148 kW-ban állapította meg.

Az energiahatékonyság beruházás megvalósítása

A Flex-Coop Kft. Jászberényi telepén anyagmozgató rendszerek gyártásával foglalkozik. Az 1. sz. csarnokban nagy villamosenergia-igényű extrudáló gépek, a 2. sz. csarnokban görgőgyártáshoz szükséges berendezések, a 3. sz. csarnokban egyedi gépek gyártásához szükséges berendezések vannak.

A Flex-Coop Kft. a jászberényi telepének energiahatékonysági beruházását a Szécsényi Terv keretében (ÉÁOP-'.1.1/D) elnyert 196 333 771 Ft-ból valósult meg, amelyből 96 333 771 Ft vissza nem térítendő támogatás.

Az energiahatékonysági és a PB gázfogyasztás csökkentését az extrudálónál keletkező hulladék hő visszanyerése, a hőszivattyú és a faaprítékos kazán telepítése tette lehetővé.

A víz-víz hőszivattyút az olasz HIDROS cég gyártotta (1WSA..026.D-1A). Az üzemeltetéséhez a vizet a 850 m^3 térfogatú nyílt víztározó és az üzem alatti csőkígyó rendszer biztosítja. Az 55 °C fokos vizet a hőszivattyú 3 db. egyenként 350 m^3 térfogatú HMV tárolóra termeli rá. Éjszakánként rásegít a fűtési körre is. A HMV tárolók a 2. sz. csarnok emeleti szintjének hátsó traktusában kerültek elhelyezésre.

A fűtési rendszert még annyiban korszerűsítették, hogy a termoventillátorokat a fal mentén helyezték el a gépek közelében és a termoventillátorok a a csarnok közepe felé fújják a meleg levegőt. Csak azokat a termoventillátorokat kapcsolják be, amelyeknél az elhelyezkedő berendezéseknél munka folyik. A termoventillátorokat termosztátokkal vezérlik.

A 3. sz. csarnokot az ECO-KARBON 150 kW teljesítményű kazán fűti, amelyben nemcsak faapríték, hanem szén is eltüzelhető. Szenet az üzemben csak rendkívüli esetekben használnak.

Telepítésre került még egy 10 kW teljesítményű napelem telep, amelynek termelése az év bármely hónapjában kisebb, mint a vállalat helyi villamosenergia-igénye.

Az energiahatékonysági projektet legfőképpen 2012. év során valósították meg. Ezért az energetikai számításoknál a 2012. évi fogyasztások kihagyásra kerültek.

Energetikai számítások

A vállalati energiamérleg az alábbiak szerint alakult.

Év	Szén (kg/év)	Pellet (kg/év)	PB gáz (kg/év)
2010	0	0	22 570
2011	7720	0	17 602
2012	20 000	0	15 825
2013	10 000	0	8921
2014	0	11 230	8408
2015	1250	16 660	16 270

A táblázatban lévő adatok PB gáz esetében 45,72 MJ/kg, szén esetében 17 MJ/kg és fapellet esetében 15 MJ/kg-al primer hőfelhasználássá konvertálható át.

Év	Szén (GJ/év)	Pellet (GJ/év)	PB gáz (GJ/év)	Összesen (GJ/év)
2010	0	0	1031,9	1031,9
2011	131,2	0	804,8	936,0
2012	–	–	–	–
2013	170,0	0	407,9	577,9
2014	0	168,5	384,4	552,9
2015	21,3	250,1	743,9	1015,3

[1] A cikk a Virtuális Erőmű Program megbízásából készült.

A bázis év fogyasztásait úgy vettük figyelembe, mintha a 3. sz. csarnok már a bázis év alatt is üzemelt volna így a kapott értékeket 1,367-el növeltük.

Év	Éves energia-fogyasztás (GJ/év)	Hőfokhíddal korrigált energia-fogyasztás (GJ/év)	Területtel korrigált energia-fogyasztás (GJ/év)
2010	1039,1	933,0	1275,4
2011	936,0	993,9	1358,7
Bázis évek átlaga	–	–	1317,1
2013	577,9	641,6	641,6
2014	552,9	715,5	715,5
2015	1015,3	1140,6	1140,6
Fejlesztés utáni évek átlaga	–	–	790,8

Hőoldali fejlesztések során nyert energia megtakarítás:
1317,1 – 790,8 = 526,3 GJ/év = 146,2 MWh/év

A Flex-Coop éves villamosenergia-felhasználása 185 778 kWh. A havi felhasználás olyan mértékű, hogy a villamosenergia-hálózatba még a nyári hónapokban sem történik visszatáplálás.

A 10 kW kapacitású napelem telep megtakarítását a hazai átlagos napsütött óraszám 1200 óra/év-el vettük figyelembe, így a megtakarítást 12 MWh/évvel vettük figyelembe.

A fentebb ismertetett két fejlesztés megtakarításának összege: 158,2 MWh/év

Az energiatakarékosság eredményeinek bevitele a Virtuális Erőmű Program számításába

Az összegezett villamosenergia-megtakarítás 146,2 MWh.

A VEP szempontjából elfogadható villamos teljesítménycsökkenés:

PVEP = $Q_{VE} \times \eta / \tau_{CS}$ = 146,2 MWh : 6000 h = **12,18 kW**

ahol:

PVEP – a VEP szempontjából értékelt villamos teljesítmény csökkenés,

Q_{VE} – a teljesítmény számítás alapját képező hőenergia megtakarítás,

η – átlagos erőműi hatásfok

τ_C – erőműi éves csúcsidei üzemóraszám

A napelem, mint primer villamosenergia-termelőt 3,68 kW-al járul hozzá a virtuális erőműhöz.

Összegezve a Flex-Coop Kft.-nél megvalósított energiahatékonysági beruházások 15,9 kW értékkel járultak hozzá a Virtuális erőmű építéséhez.

Szemléletformálás

Az energiahatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény előírja, hogy "az energetikai szakreferens feladata az energiahatékonysági szemléletmód, energiahatékony magatartásminták meghonosításának elősegítése az igénybevételére köteles gazdálkodó szervezet működésében és döntéshozatalában."

Feltételezésem szerint a szakreferensi feladatokat vállaló kollégák hozzám hasonlóan elgondolkodtak azon, miképpen lehet ezt a feladatot teljesíteni.

Nem egyszerű feladat, de egyik lépés lehet a teljesítése felé, ha szakreferensként elfogadjuk és megbízóinknak javasoljuk a Hivatal által közzétett plakátok céglogóval történő kiegészítését és közzé tételét.

A Hivatal a törvény által számára előírt feladat teljesítésére törekedve kialakította „Energiahatékonyság" honlapját és azon (a http://enhat.mekh.hu/index.php/plakatok/ címen) plakátjavaslatokat tett közzé a következő kísérő szöveggel:

1. „Elsősorban vállalatok és közintézmények számára hasznosak azok az energiahatékonysági plakátok, amelyeket pár kattintással a saját logójukkal egészíthetnek ki a szervezetek."
2. „A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal elkötelezett az energiahatékonyság és a klímavédelem mellett, az energiatudatosság növelését pedig kiemelten fontosnak tartja. Ennek érdekében készítette el azokat az energiahatékonysági plakátokat, amelyek az erőforrások hatékony és takarékos használatra hívják fel a figyelmet, és bárki számára letölthetők."

A fenti címen jelenleg 10 plakát található. Ezek közül mutatóba az ETE logójával kiegészítve a mellékeltet választottuk.

Annak idején, amikor úgy döntöttünk, hogy az Energiagazdálkodás bel íveit fekete fehéren nyomtassuk, a döntést elsősorban gazdasági okok befolyásolták. Tekintsük ezt a döntést most úgy, hogy a minél kisebb ökológiai lábnyom érdekében történt.

Ehhez kapcsolódva vetődik fel a kérdés. Igénylik Olvasóink a nyomtatott formában történő megjelenést, vagy térjünk át csak elektronikus megjelenésre?

Kérem, küldjék el ezzel kapcsolatos véleményüket szerkesztőségünk enga@ete-net.hu címére.

Dr. Zsebik Albin

ETE Székesfehérvári Csoport

Megalakulás – történet

A székesfehérvári ETE tagok 1979-ben létrehozták a Székesfehérvári Csoportot, melynek kezdeményezője és első elnöke Lukács József (1938-1998) villamosmérnök, a Videoton Elektronikai Vállalat (akkoriban Villamossági- Televízió és Rádiókészülékek Gyára) Energia Főosztály vezetője volt.

A Székesfehérvári ETE Csoport tagjai az energiaszolgáltató vállalatok, valamint az ipari fogyasztók energiagazdálkodással foglalkozó munkatársai voltak. A taglétszám még 2002-ben 67 fő körül ingadozott.

Kezdetben Gázszolgáltatási, Hőszolgáltatási, Üzemi Energiagazdálkodási és Mezőgazdasági Szakbizottságok működtek, majd ezek megszüntetését követően országos szakosztályokban folyt a szakmai tevékenység. Említésre méltó, az1980-ban rendezett sikeres Energetikai és Környezetvédelmi Konferencia Székesfehérváron, amelyen Zipper Gyula KGM államtitkára elnökölt.

1990-től a tagság Kovács Zoltánt a DDGÁZ székesfehérvári igazgatóját választotta elnöknek, titkára Warvasovszky Tihamér lett.

1994-ben Kovács Zoltánt felkérték a Fejér Megyei Területi Energetikai Bizottság elnökének, ezért a tisztújításon már nem jelöltette magát.

2004-től a megválasztott elnök-és titkár személyében az újraválasztások miatt nem történt változás. 2013-ban az elnök és titkár megköszönve a tagság bizalmát, lemondtak.

Az új vezetőség nagy elánnal kezdett a munkához. Azonban az elnök váratlan távozása miatt a csoport tevékenysége eseménytelenné vált. Ezért a 2017-es választáson a korábbi elnök új vezetőséggel, ismételten vállalta a megbízatást.

Célok, feladatok

A Székesfehérvári Csoport célja, hogy az Egyesület Alapszabályával összhangban a helyi állami energetikai közfeladatok megoldását, a gazdaságos és környezetkímélő energiagazdálkodást elősegítse az energetika különböző szakterületein dolgozó szakemberek tudományos és szakmai együttműködésének megszervezésével. Feladatunknak tekintjük továbbá a tagok energetikai tudásának bővítését, az energiatudatos gondolkodás népszerűsítését, fiatalok nevelését szaktanfolyamok, szakmai utak és egyéb rendezvények megszervezésével.

Szoros kapcsolatot tartottunk a MTESZ Fejér Megyei Szervezetével, a MEE Székesfehérvári Szervezetével közösen szerveztünk szakmai előadásokat.

Szakmai tevékenységek

Megbízásos munkák közül kiemelkedő volt a Székesfehérvári Önkormányzati létesítmények energia veszteségfeltáró vizsgálata, ahol több millió Ft értékben mutattunk ki megtakarítást, valamint, néhány kisebb, energiacsúcs csökkentésre, valamint energetikai szótár készítése.

Oktatás

A helyi igényeknek megfelelően Kazánkezelő tanfolyamot rendeztünk 1983-ban az Ipari Minisztérium engedélye alapján. 1985-ben és 1986-ban Kazánfűtő tanfolyamokat rendeztünk, az Állami Energetikai és Energiabiztonságtechnikai Felügyelet engedélye alapján.

2017-ben négy szakmai előadást rendeztünk, a MEE székesfehérvári Szervezettel közösen szervezve. Kiváló előadókat hívtunk meg, mint Dr. Molnár László főtitkárt és Dr. Stróbl Alajos elnökhelyettest. Kiemelendő, Dr. Aszódi Attila államtitkár előadását a Városháza Dísztermében tartottuk, az érdeklődő városlakók részvételével.

A tagság részére az elmúlt években 20 szakmai tanulmányutat szerveztünk a hő és villamaosenergia termelő és felhasználó létesítményekben. Szinte minden lehetséges termelési technológia szerepelt, kiemelt létesítményekben is tettünk látogatást. (Paksi atomerőmű, Bősi Vízerőmű, Szabadegyházi Biótüzelés, Pálhalmai Biogáz erőmű, Kulcsi Szélerőmű, Csepeli Gázturbinás erőmű, Gázmotoros erőművek, Magyar Villamosenergia-irányító, Szekunder tartalék gázturbina-Litér, MOL gázátadó-Kápolnásnyék, Mátra Erőmű, Győri Hőszolgáltató stb.)

Feladatainknak tekintjük az energiatudatos gondolkodás fejlesztését, fiatalok energetikai ismereteinek bővítését. Erőmű látogatással egybekötött ismertető foglalkozásokat tartottunk szakképzős, és általános iskolás tanulók részére. Elmúlt évben hat osztály, összesse 160 fő részére. Ebben két tagtársunk kiemelkedő tevékenységet végzett.

Rendezvényeink tervezett programjait, a beszámolókat, valamint a rendezvényeinken készített fotókat szeretnénk megjelentetni az ETE honlapján. Tervezzük a saját honlap indítását.

Jövőre jubilálunk, ez most jutott eszembe!

Ignáczy Elek
ETE Székesfehérvári Csoport elnöke

Energetikai Szakkollégium – Energetikai Tanulmányi verseny 2018 beszámoló

Az Energetikai Szakkollégium a 2017/18 as tanévben rendezte meg jubileumi, 10. Energetikai Tanulmányi versenyét. A 2009 óta minden évben megrendezésre kerülő háromfordulós versenyen idén is középiskolás tanulókból álló csapatok mérhették össze tudásukat.

Az első fordulóra idén 171 háromfős csapat jelentkezett, köztük több határon túli is. Ez a forduló a korábbi évekhez hasonlóan három miniforduló ból állt, és heti rendszerességgel kiküldött online tesztsorok formájában valósult meg. Ezek során általános energetikai témájú feleletválasztós kérdéseket, valamint a középiskolai fizikatudásra építő rövid számolási példákat kellett megoldaniuk a csapatoknak.

A legjobb 26 csapat juthatott tovább a második fordulóba, amelyben a versenyzőknek komplex tervezési feladatot kellett megvalósítaniuk. Egy hurrikán által lerombolt fiktív trópusi sziget, ESZKland energiaellátását és villamos hálózatát tervezték meg az ellátásbiztonság jegyében. Eredményeiket esszé formájában és online videókonferencián keresztül mutatták be a szervezőcsapatnak. Munkáik értékelése során a fő szempont az ellátásbiztonság volt, emellett értékelésre került az erőművi technológiák megvalósítása, a hálózat kidolgozottsága, valamint a környezetvédelmi és társadalmi kérdésekre való válaszadás is.

A 2018. február 2-án, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen megrendezett döntőbe a tíz legjobban teljesítő csapat jutott be, ahol különféle energetikához kapcsolódó feladatokban mérhették össze tudásukat.

A délelőtt folyamán a versenyzők tanáraik kíséretében a BME tanreaktorát látogathatták meg két turnusban, majd egy, a hallottakról szóló kérdéssort válaszoltak meg. A reaktorlátogatással párhuzamosan zajlottak a feladatmegoldások, amely során energiafelhasználással kapcsolatos diagramokról szóló teszt mellett érvelési feladat, illetve egy „feladatváltó" várt a csapatokra. A felkészítő tanárok eközben a BME Roadshow-ról szóló workshopon vehettek részt Dr. Hornyánszky Gábor, a BME-VBK tehetséggondozásért felelős dékánhelyettese és a Roadshow program koordinálója vezetésével.

Egy rövid ebéd után, délután folytatódott a verseny, ahol – a délelőtthöz hasonlóan – szintén két helyszínen zajlottak a programok. A versenyzők fele a Villamos Energetika Tanszék laboratóriumaiban különféle elektromossággal kapcsolatos méréseket, számolásokat, jelenségmagyarázatokat oldott meg a Szakkollégium tagjainak vezetésével. Eközben a többi csapat a második fordulóra készített prezentációját egy extra feladattal kiegészítve mutatta be. A prezentációkat értékelő szakmai zsűri tagjai idén Dr. Zsebik Albin (BPMK - ETE), Szalai Szabolcs (Főtáv Zrt.), Locher László (Cothec Kft.) és Péter Norbert (ESZK pártoló tag) voltak.

A feladatok után a versenyzőknek lehetősége nyílt beszélgetni a szakkollégistákkal tanulmányaikról (energetikai- és villamosmérnöki szakok), az egyetemről, felvételiről, valamint a Szakkollégiumról. Bízunk benne, hogy ezáltal is sok középiskolás figyelmét sikerült felkeltenünk az energetika iránt.

Az eredményhirdetésre este került sor. A Budapesti és Pest megyei Mérnöki Kamara (BPMK) által minden csapat számára felajánlott könyveket Dr. Zsebik Albin, a BPMK elnökségi tagja egy rövid beszéd kíséretében adta át, amelyben felhívta a csapatok figyelmét, hogy aki a döntőig eljutott, az már mindenképpen győztesnek érezheti magát. Az első két helyezett nyereményét a Főtáv Zrt. támogatásával Szalai Szabolcs igazgató, a 3-6. helyezettekét a Cothec Kft. felajánlásával Putti Krisztián, a Szakkollégium elnöke, a 7-10. helyezettek ajándékát pedig az MVM Zrt. támogatásával Péter Norbert pártoló tagunk adta át. A legjobb iskola díját, a Manitu Solar Kft. által felajánlott napelemtáblát, Nagy Norbert üzletfejlesztési vezetőtől vehette át a legtöbb döntős csapatot nevezett iskola.

Az első három helyezést az alábbi csapatok érték el:

I. helyezett: Mágikus Félreszámológép – BMSZC Puskás Tivadar Távközlési Technikum Infokommunikációs Szakgimnáziuma, Budapest
Csapattagok: Gazsó Ákos, Papp Áron, Rieth László Dávid
Felkészítő tanár: Alapiné Ecseri Éva
II. helyezett: OriGo – Kecskeméti Bolyai János Gimnázium
Csapattagok: Csányi Dávid, Mamuzsics Gergő Bence, Szénási Attila
Felkészítő tanár: Sikó Dezső
III. helyezett: Saját Válasz – Türr István Gimnázium és Kollégium, Pápa
Csapattagok: Döbröntei Dávid Bence, Mészáros Márton, Tafferner Zoltán
Felkészítő tanár: Szilos Attila
Legjobb iskola: Türr István Gimnázium és Kollégium, Pápa

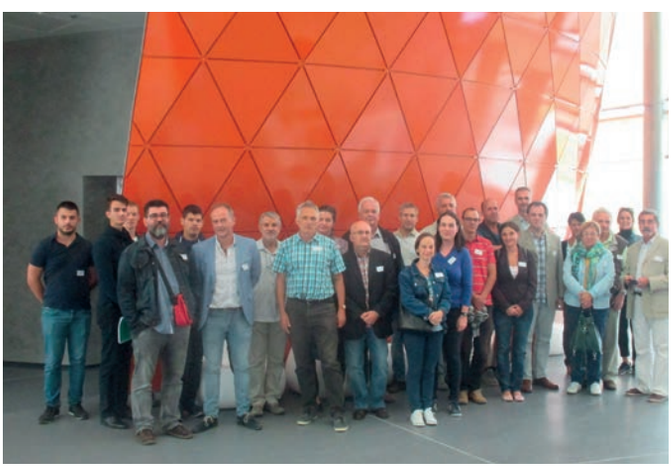
A cikk szerzői: Hadar Ádám, Jurásek Janka, Mihók Anna, Romero Adriana, Sőrés Milán

Egy kis energetika Szegeden

rövid összefoglaló a Csongrád megyei Csoport 2017. évi tevékenységéről

Mozgalmas évet tudhat maga mögött az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Csongrád megyei Csoportja. A Szegedi Tudományegyetem érdeklődő hallgatóinak köszönhetően néhány fővel növekedett a taglétszáma, amely reményeink szerint tovább bővül a 2018-as évben. Néhány üzemlátogatás is megvalósulhatott.

2017. szeptember 7-én az Építő KITT Klaszterrel közös szervezésben ellátogattunk a szegedi ELI-ALPS Kutatóintézetének Budapesti úti telephelyére, ahol a kutatóintézet építkezési fázisairól és az üzembe helyezendő nagy teljesítményű lézerekről tudhattunk meg szakmai információkat egy kétórás intézeti körbejárás keretében. A nagyteljesítményű lézerek idei üzembe helyezése után ismételten érdemes és hasznos lesz bepillantani a „lézerek világába” – tervben van egy tavaszi látogatás is.



Csoportkép a Kutatóintézet aulájában

2017. október 17-én az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. fogadta az ETE CSMCS tagjait és az SZTE Mérnöki Karának energetika iránt érdeklődő hallgatóit. A Látogatóközpont érdekes interaktív tájékoztatója után üzemi területen is megtekinthettük a villamosenergia termelés teljes folyamatát, majd a Karbantartó Gyakorló Központban zárult az üzemlátogatás, ahol – mint oktatási színtéren – reaktort, gőzfejlesztőt és más villamos energetikai berendezést is „szemügyre vehettünk”.

Folytatva az őszi tanulmányútjainkat, 2017. november 6-án a Magyar Földgáztároló Zrt. zsanai telephelyére utazhattunk, ahol több mint kétórás program keretében ismerhettük meg a földgáztárolás mechanizmusát, a teljes energetikai és gépészeti folyamatot, valamint a szigorodó földgázminőségi követelményeknek való megfeleléshez szükséges beruházások tervezetét.

Egy sikeres rendezvényt is magunk mögött tudhatunk, hiszen 2017. november 17-én az ETE CSMCS és az ETE Energiahatékonysági Szakosztály közös szervezésében a hosszú szünet után ismét megrendezhettük a Szegedi Energiagazdálkodási Konferenciát (SZENERG 2017). A rendezvénynek az SZTE Mérnöki Kara adott otthont a Moszkvai körúti épületében, fő támogatóként a Nemzeti Közművek bizalmát is élvezhettük.

Előadóink között tudhattuk Zsebik Albint (BME Budapest), Szőcs Mihályt (Advanced Power), Ábrahám Norbertet (Petrolterv Kft. Szeged), Anger Ottót (NKM Szeged), Hörömpő Zoltánt (NKM Szeged), Belgya Tamást (MTA Budapest), Mészáros Gergőt (ELI-ALPS Szeged), Gyurkó Csillát (SZTE MK hallgató Szeged), Molnár Tamást (SZTE MK Szeged), Vecseri Andrást (SZTE MK Szeged) és nem utolsó sorban Vezér Zsófiát (SZTE MK hallgató Szeged).

A rendezvényen elhangzott 11 érdekes szakmai előadás prezentációja megtalálható honlapunkon, illetve (kissé megkésve) el-

Csoportkép a zsanai telephelyen (teljes „menetfelszerelésben”)

készült a prezentációk anyagait összefoglaló SZENERG 2017 tanulmánykötet is, amely szintén fellelhető a hivatkozott linken: http://www.mk.u-szeged.hu/etecsmcs/konferenciak/szenerg-2017-ajanlo--

A sajtó képviselői is jelen voltak az eseményen, híradásuk az alábbi honlapon olvasható a rendezvényen készült sok-sok pillanatkép „társaságában”:
http://szinvilag.eu/index.php?page=post&id=652

SZENERG 2017 – megnyitó

SZENERG 2017 – megnyitó

Elérhetőségeink: ENERGIAGAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET CSONGRÁD MEGYEI CSOPORT 6725 Szeged, Moszkvai körút 9.; etecsmcs@mk.u-szeged.hu

Beszámoló az ETE Energetikai Tudományos Tanácsának 2018. január 31-i üléséről

Az ETE az EU villamosenergia-ellátás biztonságának és az áramárak alakulásának kérdéseiről tartott rendkívül sikeres vita-konferenciát, ahol több mint 60 résztvevő jelent meg, köztük a magyar energetika számos kitűnősége.

A konferencia programja

Dr. Molnár László (ETE): Megnyitó, előadás: Az EU áramellátás alakulása a jövőben.
Összefoglaló: az EU országok nagy része a 2020-as évek közepére importőrré válik. Eközben a zsinór áram ára 30 Euró/MWh-ról 100 Euró/MWh-ra nő, és rendszeressé válnak az extrém magas illetve a negatív árak.

Dr. Grabner Péter (MEKH): A jövő energetikájának szabályozása és támogatása, valamint a Téli Csomag aktuális fejleményei és hatása.
Összefoglaló: 2017. december 18-i ülésén az Energia Tanács elfogadott egy általános megközelítést (kompromisszumos javaslat) a villamos energia belső piacáról szóló irányelvről, a villamos energia belső piaci szabályokról szóló rendelettervezetről, az Energiaunió irányításáról szóló javaslatról és a megújuló energia támogatásáról szóló irányelvről.

Katona Zoltán (Uniper): Villamosenergia-piaci kihívások az EU-ban
Összefoglaló: A statisztikák szerint egyre több szenes és földgáztüzelésű erőművet állítanak le az EU-ban, míg ezen a területen alig van új beruházás. Tervbe van véve számos atomerőmű leállítása is. Emiatt az ellátásbiztonság gyorsan romlik, növekszik egy nagy „black-out” kockázata.

Nagy Zoltán (Linde): Az ipari villamosenergia-árak és árstruktúrájuk alakulása hazánkban és a környező országokban 2018 elején.
Összefoglaló: Bemutatja a hazai és nemzetközi villamosenergia-piac aktuális kérdéseit, az árak és az ipar versenyképességét az EU-ban; a végfelhasználói árak alakulását; a megújulók hatását az árakra Magyarországon; a költségek, pénzeszközök alakulását -- KÁT-METÁR, RHD; a beszerzés-politika és az ipari versenyképesség alakulását.

Kaderják Péter (REKK, helyettesítette Kácsor Enikő): A fotovoltaikus termelés térnyerésének várható hatása a piaci villamosenergia árakra.
Összefoglaló: A PV-k nagyarányú terjedése árcsökkenést de áremelkedést is okozhat; miért alakultak ki magas áramárak Magyarországon nyáron; az itthoni PV telepítés várható hatása; még magas PV penetráció mellett is magasabb a magyar ár, mint a német.

Briglovics Gábor (Alpiq) felkért hozzászóló
Összefoglaló: Megerősítette a Katona Zoltán által elmondottakat, és hangsúlyozta, hogy a szél- és napenergia erős támogatása miatt az árak torzak, nem tudják betölteni feladatukat, azt, hogy kellő üzenetet küldjenek a termelőnek és a fogyasztónak.

Az előadásokat sok résztvevős, intenzív vita követte. A vitázók többsége egyetértett az előadók által elmondottakkal.

Molnár László

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület 2018. évi munkaterve

Egyesületünk 2018. évi tevékenységét Magyarország energetikájának fejlesztési feladatai határozzák meg. Központi rendezvényeink és szervezeti egységeink munkaprogramjai egyaránt szolgálják egyesületi tagjaink ismeretszerzését, tájékoztatását és lehetőséget nyújtanak a szakmai észrevételek, javaslatok megtételére.

Munkaprogramunk fő feladata az Alapszabályban rögzített egyesületi célok megvalósítása. Központi rendezvényeink – amelyek nagy része már tradicionálisnak tekinthető – átfogják lényegében az energetika teljes területét. A KLENEN konferencia az energiagazdálkodás, az energiatakarékosság fő tennivalóival, jelentős részben a fogyasztói oldal feladataival foglalkozó rendezvény és vitafórum. A Távhő Vándorgyűlés ennek a fontos szakterületnek a vezetői és szakértői részére biztosít keretet a feladatok áttekintésére, egymás tapasztalatainak és eredményeinek megismerésére. A Nemzetközi Gázkonferencia a gázszakma ma már több évtizede működő fóruma, amelynek szakmai szervezésében vesz részt Egyesületünk. A Kárpát-medencei magyar energetikusainak találkozójának szervezésében közreműködünk. A rendezvény ma már tradicionális megrendezése szakmai kapcsolatok teremtésére és ápolására ad lehetőséget a határon túli energetikusokkal. A konferencia a MET-tel és a MEE-vel folytatott együttműködés keretében valósul meg.

Az ETE minden évben szervez egy kétnapos, önálló konferenciát az energetika egy-egy fontos szakterületének vagy az energetika teljes rendszerének elemzése céljából. 2018-ban ezt a „nagykonferenciánkat" az őszi időszakra tervezzük, a témát az első félév tapasztalatainak figyelembe vételével fogjuk meghatározni.

2018-ban is kiemelt szakmai feladat új ún. Tiszta energia" csomagjában szereplő feladatok végrehajtása, illetve a magyar lehetőségek, adottságok és érdekek figyelembe vételével történő értelmezése.

Az Egyesület Energetikai Tudományos Tanácsa – amelynek munkájába igyekszünk az energetika vezető személyiségeit, ismert és elismert szakembereit is bevonni – az energetika egy-egy fontos és aktuális kérdését tárgyalja meg vitafórumain. Az ETT-n elhangzottak alapját képezhetik egyes fontos kérdésekben egyesületi állásfoglalás kialakításának és a döntéshozók részére való megküldésének.

A tagok energetikai ismereteinek bővítése, szakmai és általános tájékozottságának növelése, a gazdaságos és környezetkímélő energiagazdálkodás elősegítése és ennek érdekében a közvélemény formálása mind az Egyesület vezető tisztségviselőinek, mind szervezeti egységeknek és vezetőiknek feladata. A szervezeti egységeink a 2018-as tevékenységükre vonatkozóan munkatervet készítettek és nyújtottak be. A munkatervekben szerepel vitadélutánok és előadások szervezése, termékismertetők tartása, oktatási tevékenység, egyetemekkel való együttműködés, helyi társadalmi és civil szervezetekkel való együttműködés, valamint véleményalkotás és javaslattétel.

A szakosztályok rendezvényei pedig szakterületük egy-egy sajátos kérdését tekintik át és vitatják meg.

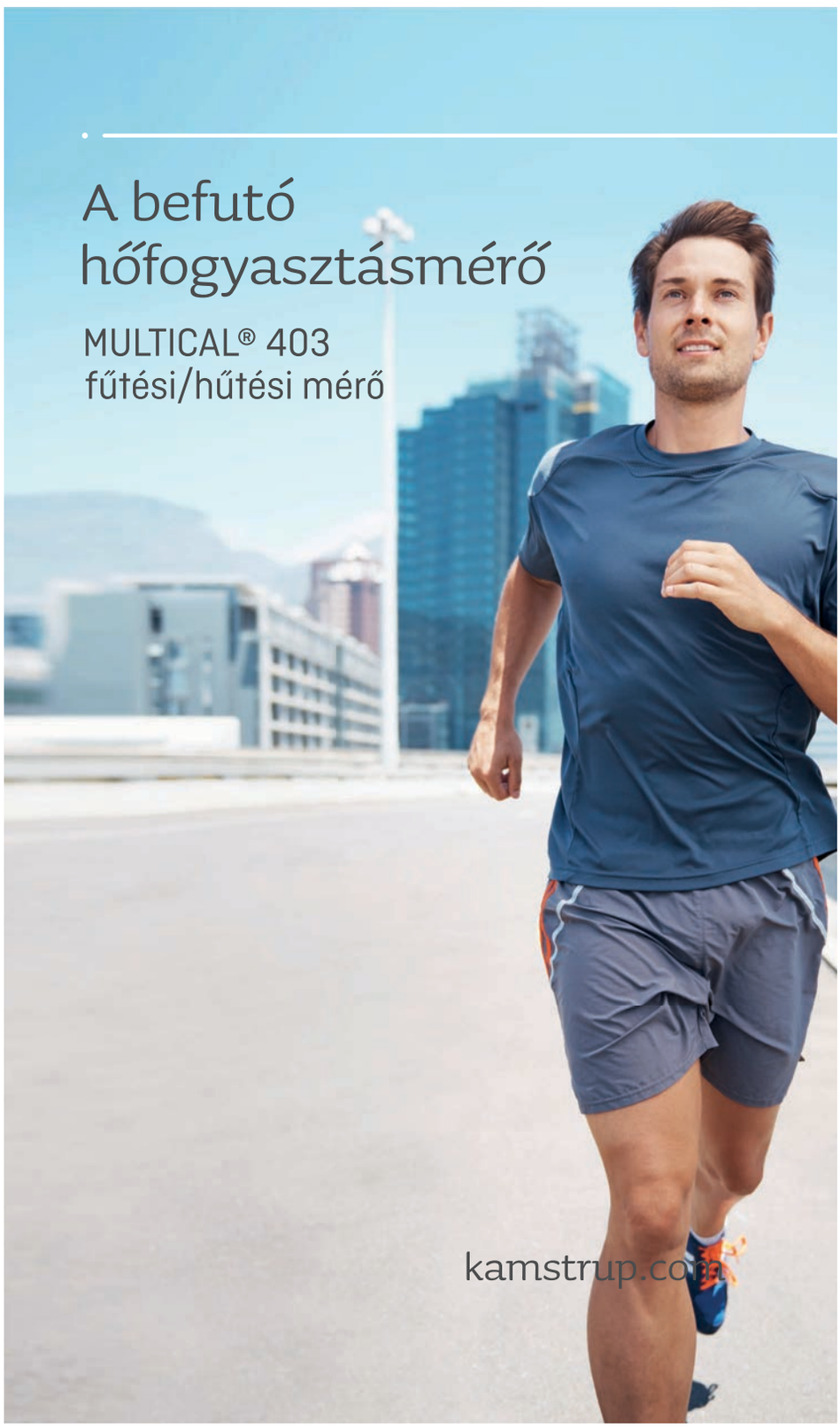
Egyesületünk az alábbi táblázatban szereplő kiemelt rendezvényeket tervezi 2018-ban, melyet hivatalosan a májusi küldöttközgyűlés hagy jóvá.

Bakács István s. k.
elnök

Jelmagyarázat: **ETE rendezvény (vastagbetű)**
ETE-vel közös rendezvény (vastag dőlt betű)

Időpont	A rendezvény tárgya	Rendező szerv	Hely
január 31.	**Energetikai Tudományos Tanács ülése**	**ETE**	**Budapest**
február 22.	**Elnök-titkári értekezlet**	**ETE**	**Budapest**
február 27-28.	***XXV. Nemzetközi Energia Innovációs Fórum***	***ETE, BKIK***	***Budapest***
március 7-8.	***Klímaváltozás, Energiatudatosság, Energiatakarékosság, KLENEN '18 Konferencia***	***AEE, ETE, Energetikai Szakkollégium***	***Gárdony***
április 18-19.	***26. Dunagáz Konferencia és Szakkiállítás***	***Dunagáz-ETE***	***Visegrád***
	Küldöttközgyűlés	**ETE**	**Budapest**
szeptember 11-12.	**31. Távhő Vándorgyűlés**	**ETE Hőszolgáltatási Szakosztály**	
	SZENERG Konferencia	***ETE-SZTE Mérnöki Kar***	***Szeged***
	Kárpát-medence magyar energetikusainak találkozója	***MET-ETE-MEE***	
	Nemzetközi Gázkonferencia	***Magyar Földgázkereskedő Zrt.-ETE***	
	Nagykonferencia	**ETE**	
	Acélipari szimpózium	***MVAE-ETE-TÜKI***	

kamstrup



- Mérsékelje költségeit a raktárkészlet redukálásával
- Minimalizálja a telepítési időt és a költségeket
- Csökkentse a teljes élettartamra vetített befektetését

Forgalmazó:

comptech
Mérnöki Szolgáltató és Kereskedelmi Kft.

Zipernovszky Ferenc emlékfélév

Az Energetikai Szakkollégium 2017/2018-as tanév tavaszi féléves programterve

2018. február 22.	**Erőművek komplex értékelése**	**Dr. Korényi Zoltán (BME-EGR)**
2018. február 22.	**Uniferro Kazán- és Gépgyára**	**ÜZEMLÁTOGATÁS**
2018. március 1.	**Erőművi nagykarbantartások Magyarországon**	***Medgyesy Domonkos (GE Power)***
2018. március 8.	**A blockchain technológia felforgatja az energiaszektort is?**	***Szegő Dániel (Blockchain tanácsadó)***
2018. március 14.	**M3-as metrólátogatás**	**ÜZEMLÁTOGATÁS**
2018. március 27.	**Turai geotermikus erőmű**	**ÜZEMLÁTOGATÁS**
2018. április 12.	**Erőművek és átviteli hálózat kiberfizikai védelme** (angol nyelven)	***Előadó felkérés alatt***
2018. április 19.	**Tehetséges hallgatók az energetikában**	***Az Energetikai Szakkollégium tagjai***
2018. április 26.	**A budapesti kötöttpályás közlekedés fejlődése**	***Vitézy Dávid (MMKM)***
2018. május 3.	**Paks II aktualitási**	***Prof. Dr. Aszódi Attila (államtitkár)***

Minden jog fenntartva
©Energetikai Szakkollégium

Előadásaink helyszíne, időpontja: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Q épület BF12-es terem, 18:00
Bővebb információ a www.eszk.org honlapon olvasható.
A programváltozás jogát fenntartjuk.