

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata

62. évfolyam 2021. 1. szám

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

Jegyezze elő naptárába! 2021. MÁJUS 26-27!

KLENEN'21

**KLÍMAVÁLTOZÁS ENERGIATUDATOSSÁG ENERGHATÉKONYSÁG
XVI. KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS**

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

Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer bevezetésének tapasztalatai – miképpen forgalmazható a hitelesített energiamegtakarítás

**VÁRJUK JELENTKEZÉSÉT
2021. ÁPRILIS 15-IG!**

További információ és jelentkezés:
www.klenen.eu



aecenter.org



ete-net.hu



eszk.org



mi6.hu



bpmk.hu



bkik.hu



mee.hu

design és technológia az ÉPÜLETAUTOMATIKÁBAN

- ✓ 20 év tapasztalatával
- ✓ energiatudatos megoldások
- ✓ a legkorszerűbb eszközökkel
- ✓ minden épülettípushoz

intelligens épületek

Okos mérési megoldások az energiahatékonyság nevében

- Mérjen könnyedén és precízen a Testo innovatív műszereivel
- Klíma- és légtechnikai, hűtéstechnikai, elektromos műszerek, hőkamerák, adatgyűjtők széles választéka
- Kényelmes és egyszerű dokumentáció az okostelefon applikációk és szoftverek révén
- Jegyzőkönyvek készítése és továbbítása Bluetooth-on vagy e-mailben, képekkel és megjegyzésekkel kiegészítve

Be sure. **testo**



ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata

62. évfolyam 2021. 1. szám

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

TARTALOM • CONTENTS • INHALT

Főszerkesztő:

Dr. Gróf Gyula

Olvasó szerkesztő:

Dr. Groniewsky Axel

Szerkesztőség vezető:

Kaposvári Regina

Szerkesztőbizottság:

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

Honlap szerkesztő:

Kierblewski Marius

www.ete-net.hu

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

Felelős kiadó:

Bakács István, az ETE elnöke

A szerkesztőség címe:

BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
1111 Budapest, Műgyetem rkp. 3.
D épület 208 sz.
Telefon: +36 1 463 2613.
Telefax: +36 1 353 3894.

E-mail: eng@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.
bukiantdras@t-online.hu

Nyomdai munkák:

EFO Nyomda
www.efonyomda.hu

Hidrogén * Hydrogen * Wasserstoff

Tóth László, Schrempf Norbert, Bércesi Gábor

A környezetbarát hidrogén,
mint energiahordozó 4

Environmentally friendly hydrogen

as an energy carrier

Umweltfreundlicher Wasserstoff als

Energieträger

Pakistani Electricity System Model with EnergyPLAN Program

Pakistanisches Stromsystemmodell mit EnergyPLAN-Programm

Csermely Ágnes, Fülöp Péter, Jaros Zoltán

Ártüskék a magyar villamosenergia-piacon

2020 decemberében 34

Price spikes on the Hungarian wholesale

electricity market in December 2020

Preisanstieg auf dem ungarischen

Stromgroßhandelsmarkt im Dezember 2020

Klenen * Klenen * Klenen

Gács Iván

Naphőerőművek

10

Solar thermal power plants

Sonnenwärmekraftwerk

Megújuló energiaforrások * Renewable Energy

Sources * Erneuerbare Energiequellen

Szilágyi Zsombor

A megújuló energiahordozók jövője

Magyarországon 37

The future of renewable energy sources

in Hungary

Die Zukunft der erneuerbaren Energiequellen

in Ungarn

Buzinkay Tamás

Indokolt-e már az e-mobilitás a nagyvárosi

közösségi közlekedésben? 16

Is e-mobility justified in metropolitan public

transport?

Ist E-Mobilität im öffentlichen Nahverkehr

gerechtfertigt?

Földgáz * Natural Gas * Erdgas

Szilágyi Zsombor

A földgáz szerepe

a világ energiaellátásában 40

The role of natural gas in the world's energy

supply

Die Rolle von Erdgas in der weltweiten

Energieversorgung

Rózsahegyi Barnabás

Benedetti LED cső robbanásveszélyes

terekben való alkalmazhatósága 21

Benedetti LED tube explosive applicability

in spaces

Benedetti LED-Rohr explosiv Anwendbarkeit

in Räumen

Hírek * News * Nachrichten

A Szenior Klub tervei

Senior Club Plans

Senior Club-Pläne

Könyvismertetések

Book review

Buchbesprechung

Energetikai Tanulmányi Verseny

Energy Study Competition

Wettbewerb für Energiestudien

Rátkay Gábor

Az almérési szabályozás első évének

tapasztalatai 25

Experience of the first year

of sub-measurement regulation

Erfahrungen aus dem ersten Jahr der

Submessungsregulierung

Villamos energia * Electric Power * Elektrizität

Aqsa Rana, Gróf Gyula

Pakisztáni VER modellezése

EnergyPLAN programmal 29

A folyóirat szerkesztésénél különös figyelmet fordítottunk a környezetvédelmi szempontokra!

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

Lapunkat rendszeresen
szemlézi a megújult

 OBSERVER

www.observer.hu

KLENEN '21

2021. május 26-27.

Tisztelt Olvasó!

Az Energiagazdálkodás szakfolyóiratunk első számának megjelenését a KLENEN konferencia napjára szoktuk ütemezni. Az ideit is így készítettük elő. Azt terveztük, hogy március 10-én a konferencia más dokumentumaival, a kiállításra jelentkező cégek termékismertetőivel együtt a résztvevőknek a regisztrálásnál átadjuk.

Terveinket a COVID '19 pandémia miatt csak részben tudjuk teljesíteni. Mivel a közvetlen tapasztalatcserére lehetőséget adó személyes részvétellel történő konferenciát eddig is nagyra értékelték a résztvevők, szervezőként továbbra is erre törekszünk. Az energiatakarékosági világnaphoz kapcsolt konferencia meghirdetett időpontját, a B változatot életbe léptetve, 2021. május 26-27-re módosítottuk.

Reméljük, hogy 2021. májusban már nem lesz akadálya a konferencia megrendezésének. A Szervező Bizottság továbbra is folyamatosan figyelemmel kíséri az intézkedéseket, és ezek értelmében fog eljárni. Ha a helyzet úgy kívánja, felkészültünk egy további halasztásra, „C” időpontban (2021. szeptember 8-9.) történő megrendezésre is, bár reméljük, hogy erre nem lesz szükség.

A konferencia részletes programja, az előadások rövid összefoglalói és további információk elérhetők a konferencia honlapján, (www.klenen.eu). Olvasóink tájékoztatására a szekcióvezetők felkérésünkre az alábbi ismertetőket állították össze a szekciójukról:

1.1. szekció: **Energihatékonyság növelés: kötelezés, ösztönzés és finanszírozás**

levezető elnök: Dr. Sztranyák József

Az energihatékonyság növelése érdek és kötelesség. Érdeklünk fűződik hozzá, hogy általa is csökkentsük az energiaköltségeket. Kötelességnek tekinthető, mert általa tudunk takarékoskodni a fogyasztó energiabiztonságával, kímélni a környezetet. A jogalkotók és a hatóságok szakpolitikai intézkedésekkel, többek között az energihatékonyság növelő intézkedések megvalósításának finanszírozását segítőkkel igyekeznek ösztönözni az országos szinten célul kitűzött értékek elérését. Ilyen szakpolitikai intézkedésnek tekinthető az energihatékonyságról szóló 2015. évi LVII. törvény decemberi módosításával elfogadott, az érintettek részéről még nem minden tekintetben egyértelmű Energihatékonysági Kötelezettségi Rendszer is.

A bevezetés gyakorlati kérdéseiről plenáris előadás és a kerekasztal beszélgetés mellett ezzel is foglalkoznak a szekció előadásai. A szekció nevével összhangban további előadások lesznek az energihatékonyság növelő intézkedések finanszírozásának módjáról, a TAO kedvezmény és az ESCO típusú finanszírozás előnyeiről és hátrányairól, kombinálhatóságának kérdéseiről.

1.2. szekció: **Megújuló energia és energiatárolás**

levezető elnök: László Tamás

Az energihatékonyság után a második legfontosabb téma a megújuló energia hasznosítás, amivel a mai energiapolitikának foglalkozni érdemes. A fel nem használt energiánál gazdaságosabb és környezetkímélőbb nincs. A megújuló energia hasznosítása fontos, mert ezen az úton váltható ki a fosszilis tüzelőanyagokból származó energia. Az időjárástól független megújuló energiával a korábbi KLENEN konferenciákon már számos előadás foglalkozott. A 2020. évre vállalt kvótát – az összes hazai megtermelt energiának 13%-a megújuló energiából történjen – Magyarország teljesítette. Ennek nagy része időjárás független megújuló energiabiztonságból történik. Az időjárás függő napelemes projektekről a 2020. évi KLENEN konferencián kaptunk tájékoztatást.

KLENEN '22

2022. március 9-10.

A 2021. évi KLENEN konferenciára három fontos kérdéshez kapcsolódó előadással jelentkeztek az előadók.

Az első előadaskör az energiatárolással foglalkozik. Az energiatárolás fontos mérföldköve az emissziómentes közlekedésnek, a hálózati túlterhelések elkerülésének, a biztonsági tartalékok megvalósításának. Ma az energiatárolás, ezen belül a villamosenergia-tárolás még kezdeti fejlődési szakaszában van, de már elmozdultunk a hagyományos technikától. Több ipari méretű projekt megvalósult Magyarországon is az elmúlt egy-két évben a lítiumos villamosenergia-tárolásra, ehhez kapcsolódva már a villamosenergia-tárolás stratégiája és biztonságtechnikája vetődik fel témaként.

Mintegy két évtizede valósulnak meg pár napos hőtárolást célzó projektek. Ennek az egyik legegyszerűbb módja a pakura tárolók átalakítása hőtárolókká, lehetővé téve pl. a kapcsoltenergia-termelés éjszakai hőjének tárolását.

A napelemes villamos energiával üzemeltetett hőszivattyúk alkalmazásával fosszilis bázisú hőtermelés váltható ki, a hőszivattyúk telepítése egyre terjed Magyarországon is, így a hőszivattyús rendszerek tervezéséről és szereléséről időszzerű beszélni.

A napenergián alapuló villamosenergia-termelés másik módja a naphőerőművek, amelyek a közbenső lépésben megjelenő hő tárolhatósága révén képesek a termelés és az igények jobb illeszthetőségét megvalósítani.

A napelemek változó villamosenergia-termelésének egyik emissziómentes módja a hidrogén tárolás és a belőle történő villamosenergia-termelés. A hidrogén termelés, a tárolás és a felhasználás fejlődőben, de az energetika és a hidrogén kapcsolatáról illetve a társadalmi kérdéseiről beszélni már időszzerű, mert kevés emissziómentes megoldás áll rendelkezésre. A hidrogén technológia alkalmazása már a Nemzeti Energiastratégia része.

2.1. szekció: **Épületek energetikája és energia ellátása**

levezető elnök: Sitku György

Az épületeink energia igénye a hazai energiafogyasztás jelentős részét képezi, ezért különös figyelmet érdemel.

Az Európai Unió épületenergetikai irányelvének 2018. évben módosított és 2021. évben bevezetésre kerülő közel nulla energiaigényű épületek kötelezettség alkalmazása új kihívásaival foglalkozó előadás előre vetíti az okos épületek térhódítását. Megismerhetjük az Európai Unió Erasmus+ programja támogatásával megvalósuló Hi-Smart (Közel nulla energiaigényű és okos épületekhez kapcsolódó képzési anyag kidolgozása) multidiszciplináris oktatási projektet, amelyet magyar, szlovák és német partnerek valósítanak meg.

Nemzetközi példákon keresztül mutatja be egy előadás az épület energiafelhasználás monitoringnak és az energiamedszem rendszer hatékony működtetésének fontos szerepét és eredményeit.

A kommunális hulladék energetikai hasznosításának lehetősége a jövő városának energiaellátásában a témája egy másik előadásnak. Bemutatja a városi hulladék minél nagyobb mértékű energetikai felhasználásának lehetőségeit, elemezi a hazai és nemzetközi energetikai célú hulladékkezelés lehetőségeit.

További előadás az épületautomatizálás MSZ EN 15232 szabványt, az épületek optimális használatával és üzemeltetésével elérhető energiamegtakarítást mutat be az épületautomatizálás kiépítésének függvényében. A szabvány alkalmazásával valós kép kapható arról, hogy az épületautomatizálás mekkora előnyt jelent a lakóépületek és középületek energiafelhasználásának csökkentésében.

A szekcióban lesznek előadások amelyek az okos épületek kialakításához alkalmazható Testo eszközöket, Terran megoldásokat mutatják be, szemléletes használati példákon keresztül. Egy iskola-épület műszaki és gazdaságossági szempontok szerinti energetikai vizsgálatát mutatja be az utolsó előtti előadás.

A záró előadás az Európai Unió hidrogénstratégiájában prioritást élvező karbonsemleges, zöld hidrogén előállításról szólva, bemutatja a hálózatról táplált elektrolízis berendezés működését a hazai vegyes energiamix mellett 2050-ig. A zöld hidrogén helyi felhasználásának elsődlegessége csökkenti a tárolási és szállítási költségeket.

A szekcióban elhangzó előadások összességében az új épület-energetikai követelményekkel kapcsolatos kihívásokkal és megoldási lehetőségeivel foglalkoznak.

2.2. szekció: **Tehetséges fiatalok az energetikában**

levezető elnök: Dr. Gács Iván

A szekcióban energetikai és villamos mérnök hallgatók előadásai hangzanak el. Az előadások alapja általában a hallgatók szakdolgozata, diplomaterve vagy TDK dolgozata. Valamennyi előadás a villamosenergia-ellátás aktuális problémáival foglalkozik.

Az előadások egy része a megújuló energiák alkalmazásával kapcsolatos kérdésekről szól. Ezen belül foglalkoznak a fotovillamos termelés előrejelzési módszereivel neurális hálózatok, ill. gépi tanulási módszerek segítségével. A termelési egyenletlenségek kiegyenlítésére alkalmas módszernek tűnik a hidrogén formájában való tárolás. Ennek költségei jelennek meg az egyik előadásban.

Másik központi téma az ellátásbiztonság. Evvel kapcsolatban az előadások a rendszertervezés, a piaci likviditás, a kiegyenlítő szabályozás és kiberbiztonság kérdéseit érintik.

Egy előadás témája a porleválasztás hatásosságának vizsgálata nagy portterhelés esetén.

A fiatalok meghallgatására azért is biztatom a konferencia résztvevőit, mert tapasztalatunk szerint ez lehetőséget teremt új, tehetséges munkatársak kiválasztására is.

3.1. szekció: **Alternatív járműhajtások**

levezető elnök: Tompa Ferenc

A konferencia már évek óta nagy figyelmet szentel az elektromos hajtású gépkocsik terjedésének és a hozzájuk kapcsolódó infrastruktúra kiépítési lehetőségeinek. Ebben az évben is foglalkozunk a nagy cégek (MOL, MVM) jövőbeli terveivel az elektromos autózás területén. Ugyancsak első kézből kaphatnak információt a résztvevők a töltőberendezések új generációjának kialakításáról. Ezen túl, az e-mobilitás nagyvárosi tömegközlekedésben várható alkalmazásának indoklásáról és a bevezetés terveiről lesz előadás. A Zöld Busz projekt eredményei és a közeljövő fejlesztési irányai is érdekesek a témával foglalkozó szakemberek számára. Már ez is jelzi, hogy megindult a fejlődés a nagyobb teljesítményű, városi közlekedésben használható e-gépjárművek bevezetésére a piacon. Ezek elterjedése is jelentősen csökkentheti a gépjárművek kibocsátását, javítva a városok levegőtisztaságát és csökkentve a zajkibocsátást is. A villamos energia mellett szóba kerül más potenciális üzemanyag felhasználása is. Jelentős szerepet játszhat a hidrogén az alternatív járműhajtásokban nem csak a szárazföldön, hanem a víziközlekedésben is. A hibridhajtás egyik lehetősége a hidrogén üzemanyagcella alkalmazása a jövőben.

Az elmúlt évi konferencia tapasztalata, hogy a szekción meghallgatott előadás vezetett elektromos autótöltőtelepítés partneri kapcsolathoz. Javasoljuk, ilyen alapon is mérlegeljék a részvételt a konferencián. Kérdéseinkre a szakma kiváló képviselőitől kaphatunk válaszokat.

3.2. szekció: **Világítás, almerés, adatgyűjtés**

levezető elnök: Nagy Péter

Napjainkban egyre nagyobb igény van energiahatékony eszközökre, technológiákra, valamint környezetkímélő, újrahasznosítható anyagokra és gyártási módszerekre. A szekció előadásai innovatív, új szemléletben mutatják be a világítás, almerés, adatgyűjtés témaköreit. Többek között megismerhetjük a robbanásveszélyes területek világításkorszerűsítését, valamint a világításban keletkezett elektronikai hulladék újrahasznosítási lehetőségeit. Megismerhetünk új stratégiákat egy világítástechnikai eszközöket gyártó piacvezető cég szemszögéből. Információkat kaphatunk a világítás korszerűsítések adókedvezményeiről, továbbá az egy éve érvényben lévő almerési szabályozás tapasztalatairól. Nem utolsó sorban bemutatásra kerül a LoRaWAN kommunikációs rendszer, melyből megtudhatjuk az új fejlesztésű távmérési, adatgyűjtési módozatokat. A szakma kiemelkedő képviselői tartanak a témákban előadásokat, akik részletes információkkal szolgálhatnak az érdeklődőknek.

4.1. szekció: **Az energiaveszteség csökkentésétől az Ipar 4.0-ig**

levezető elnök: Hunyadi Sándor

Az energiaveszteség csökkentésnek sokféle módja ismert, az emberi beavatkozástól a legkorszerűbb számítástechnikai eszközök segítségével végzett automatikus szabályozásig. Tapasztalt előadóink ezekből mutatnak érdeklődésre érdemes megoldásokat az energetika több területén: elsősorban a fűtési energiaellátásban az egyedi fűtési rendszerektől a távhőig, de szóba kerül a termelés és annak energiahatékonyasága is az Ipar 4.0 keretében. Kitekintésként vízkő keletkezés elleni megoldásokról és energiamegtakarítási mérésekről is szó lesz a szekció előadásain, így reméljük minél több résztvevővel oszthatják meg előadójuk a szakterületükön szerzett értékes tapasztalataikat. Korszerű és innovatív megoldások várják a szakembereket, látogassák meg szekciónkat, várjuk Önöket, hogy megosszassuk tapasztalatainkat.

4.2. szekció: **A tanúsított és tanúsító tapasztalatai a módosított ISO 50001-re történő átállásban**

levezető elnök: Tánczos Lajos

Ahogy azt a címe is jelzi, a szekcióban a tanúsítottak és tanúsítók számolnak be az átállás tapasztalatairól. Fontos téma annak a tapasztalatnak a meghallgatása, miként tudja segíteni az energetikai szakreferens a szabványos energiagazdálkodási rendszer kiépítését, tanúsítását és működtetését.

Kerekasztal beszélgetés:

moderátor: Czinege Zoltán

Kötelezettség, vagy lehetőség?

Haszontalan jelentésgyártás, vagy minőségi energetikai szakreferens szolgáltatás?

A napjaink fentebb feltett aktuális kérdéseit a konferencia résztvevőivel beszéljük meg.

A kerekasztal beszélgetés vitaindító előadójának a szakpolitikai intézkedések eredményeinek értékelésével foglalkozó kollégákat, gyakorló energetikai auditorokat, szakreferenseket és ISO 50001-es tanúsítókat kérünk fel.

Tisztelettel meghívjuk és várjuk olvasóinkat is a 2021. évi konferenciára!

Kérjük, jelentkezzenek és jegyezzék be naptárunkba, hogy

2021. május 26-27. KLENEN '21.

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

KLENEN Szervező Bizottsága

A környezetbarát hidrogén, mint energiahordozó

Tóth László

gépészmérnök, laszlotohdr@t-online.hu

Schrempf Norbert

gépészmérnök, schrempf.norbert@szie.hu

Bércesi Gábor PhD hallgató

PhD hallgató, bercesi.gabor@szie.hu

Cikkünkben, a hidrogéngazdaság kialakulásáról, annak feltételeiről és előnyeiről szólnunk. Szólunk a hidrogén előállításáról, főként az ún. hidrogén tüzelőanyag-celláról, a mobil és stabil használatáról. Bemutatjuk a járműtechnikában (elektromobilitás) fellelhető kezdeményezéseket, a fejlesztés, a gyártás és a piacra kerülés helyzetét. Napjainkban e rendszer kialakítását, elterjesztését, a tudomány, a gazdaság és az EU politikája is igen intenzíven támogatja.

*

In our article, we talk about the development of the hydrogen economy, its conditions and benefits. We are talking about the production of hydrogen, mainly about the so-called about fuel cells, their mobile and stable use. We present the initiatives found in vehicle technology (electromobility), the situation of development, production and market entry. Today, the development of this system is also very strongly supported by science, the economy and EU policy.

Áttekintés, uniós célok

Az EU-ban az ezirányú fejlesztés jól megismerhető az új Európai Iparstratégia („New Industrial Strategy for Europe”) és a Hidrogén Stratégia („A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe”) közleményekből, de ide sorolható Tiszta Hidrogén Szövetség („Clean Hydrogen Alliance”) nemrég történt megalakulása is.

Az EU hidrogénstratégiai célja, a kapcsolódó intézkedések magas szintű koordinálása. A nagyméretű hidrogéntechnológiák összhangban vannak az Európai Zöld Megállapodással (European Green Deal), a 2050. évre tervezett klíma-semlegességgel, a velük járó munkahelyteremtéssel és a szuverén energia ellátással.

A finanszírozás ütemtervének kidolgozása és koordinálása a Clean Hydrogen Alliance feladata. A megvalósításához várhatóan

rendelkezésre álló források: Next Generation EU, Invest EU, Európai Regionális Fejlesztési Alap, Kohéziós Alap, REACT-EU és az Igazságos Átmeneti Mechanizmus.

Ma Európában több mint 90 helyen foglalkoznak a hidrogénnel. Ilyenek: a gyártó vállalatok, kutatások, nemzeti szövetségek, nemzeti és az EU által finanszírozott projektek.

Hazai kezdeményezések

Mivel gazdaságunk jelentősen kapcsolódik a német autópárhoz célszerű figyelemmel kísérni a náluk lezajló folyamatokat. A német gazdaság 2030-ra, a saját céljára 90-110 TWh hidrogénigényt prognosztizál, amihez 5000 MW beépített elektronizáló teljesítmény szükséges (több milliárd euró ráfordítással).

Hazánkban e folyamatra is tekintettel 2020. április 27-én megalakult a Nemzeti Hidrogéntechnológiai Platform, a VALOR Hungariae Zrt., az Eötvös Lóránd Kutatói Hálózat (ELKH) és a Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület (MHTE) kezdeményezésével.

E platform munkáját az Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatja, mivel a kormányzat is fontos innovatív területnek tartja a hidrogéntechnológiákat, illetve a hidrogén előállítását, szállítást és tárolását. De a hidrogéntechnológiák megjelentek az új Nemzeti Energiastratégiaiban és a Nemzeti Energia- és Klíma Tervben (NEKT), de készül a Nemzeti Hidrogénstratégia is.

A hidrogén energetikai jelentősége

A hidrogént a villamos energiához lehet hasonlítani, nem primer energiaforrás, hanem másodlagos energiahordozó, tehát nem bányászható, hanem más energiahordozó felhasználásával lehet előállítani. Ipari (vegyipari) célokra ma is több helyen gyártják Magyarországon is.

Megkülönböztetett figyelmet érdemel, mivel a hidrogén, illetve a hidrogén-technológiák megjelentek a közlekedési és energetikai



1. ábra. A hidrogén előállítás- és felhasználás szektorai (forrás: [9. és 11.]
(a megújuló energia előállítás, vízbontás, tárolás, szállítás és felhasználások)

alkalmazásokban, ezért számos nemzeti és regionális program támogatja az előállító és vételező állomások kiépítését. Napjainkban 135 hidrogén töltő állomást telepítenek Európában, amelyekből 96 nyilvános.

A Világ fejlett országában már eddig is jelentős számban létesültek hidrogén üzemanyag-töltő állomások.

A kutatások és elemzések alapján a hidrogénnel kapcsolatos szektorok láncolatát a 1. ábra szemlélteti.

Az Európai Hidrogén Szövetség jelzése szerint Európában 2030-ig 430 milliárd eurót fordítanak a hidrogénnel kapcsolatos beruházásokra (gyártás – benne a megújulók is –, infrastruktúra és tárolás, felhasználás), amelyből 145 milliárd lesz a támogatás.

A hidrogénről

A hidrogén fűtőértéke az ismert energiahordozók közül a legmagasabb: 120 MJ/kg, közel háromszorosa a benzinének, kb. 2,4-szerese a földgáznak. Égésterméke a víz, ami elpárologva, gőz formában üvegház-hatású gáz, viszont még teljeskörű hidrogén-gazdaság esetén sem befolyásolhatja érdemben a légkör vízgőz koncentrációját.

Előállítás

Sokféle anyagból és technológiával is előállítható¹, meghatározók a fosszilis energiahordozók, de ezeknek környezeti kibocsátása van, pl. a CO₂.

Viszont „nulla” kibocsátással jár, ha megújuló villamos energiával végzett vízbontással állítjuk elő. Az elektromos energia hatására létrejövő vízbontás során a vízmolekulák (H₂O) alkotóelemeikre, hidrogénre (H₂) és oxigénre (O₂) bomlanak.

A vízbontásnál a PEM elektrolizálóban a protoncserélő (PEM – Proton-Exchange Membrane) membrán jelenti az elektrolitot. Valójában a PEM típusú tüzelőanyag-cella működésének a fordított folyamata. Katalizátorként platinát vagy platina-ötvözetet használnak. Ma már gyakoriak az ~1-3 MW-os egységteljesítményű PEM elektrolizálók, de áttelepíthető kivitelek is ismeretesek (5. ábra). A kisebb egységek közvetlen a töltőállomásokhoz is telepíthetők.

¹ Ennek és a többi típusának részletesebb leírásától terjedelmi okok miatt eltekintünk.

Tüzelőanyag cellák

Az elnevezésük az angol szakirodalomban „fuel cell – FC”, a németben „brennstoffzelle”. A magyarban több elnevezése is ismert: hivatalosnak tekinthető a „tüzelőanyag-cella – TC”, de a mobil alkalmazásokban „üzemanyag-cellának” is gyakori (de a „tüzelőanyag-elem” megnevezés is előfordul).

A tüzelőanyag-cellák elektrokémiai elven működő áramforrások, amelyek közvetlenül képesek az üzemanyagként betáplált anyagokban (például a hidrogénben) tárolt kémiai energiát elektromos energiává alakítani, miközben járulékosan hő is keletkezik. Folyamatosan szolgáltatják a villamos energiát mindaddig, amíg van üzemanyag betáplálás. Élettartamuk az akkumulátorokéhoz képest „végtelen”.

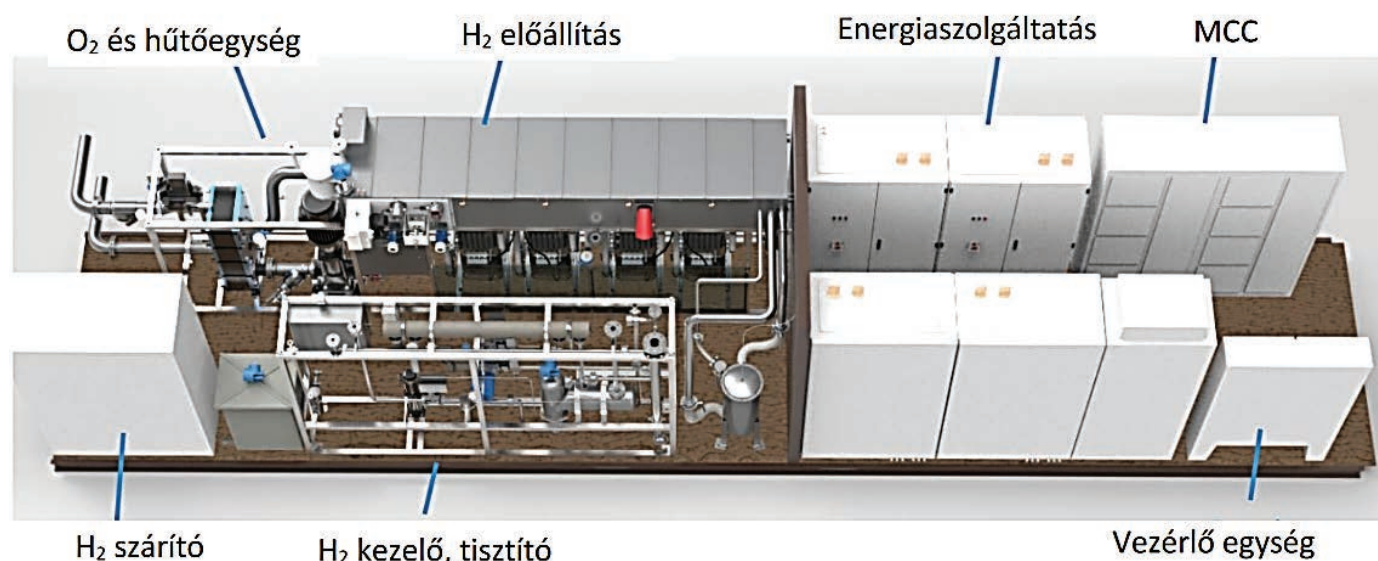
A hasznos energia (munka) főként az előállított villamos energia, de vannak típusok, amelyeknél a keletkező hő is számottevő, hasznosítható.

A folyamat lényege: az anódon, tehát a negatív elektródon oxidáció (elektronleadás), a katódon (a pozitív elektródon) redukció (elektronfelvétel) játszódik le (3. ábra). A leadott elektronok (az anódtól a katódig) az elektródokat összekötő fém vezetőkön jutnak el. Valamilyen fogyasztó (pl. elektromotor) bekötése révén az elektronok munkát végeznek. E munka mértéke a két elektród közötti potenciálkülönbségtől és az áthaladt töltésmennyiségtől függ. E reakció hatásfokát a Gibbs-féle szabadentalpia-változása (ΔG) határozza meg, amely kedvezőbb, mint ami hőerőgépeknél elérhető, amelyet a Carnot-körfolyamat limitál. Tehát előnyük: a kedvezőbb hatásfok és a nulla közeli környezeti emisszió.

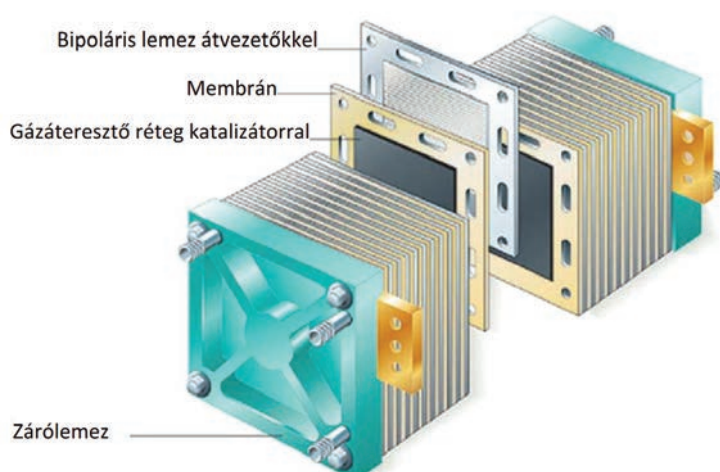
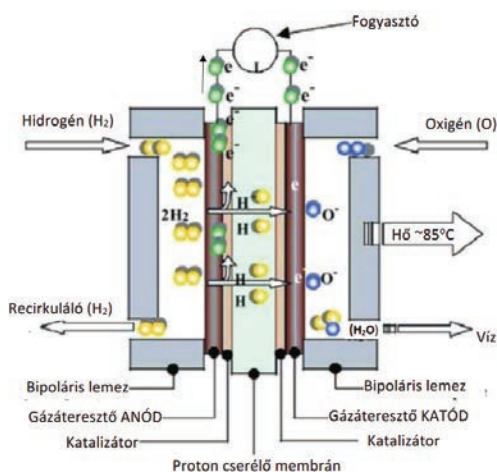
Protoncserélő-membrános tüzelőanyag-cella (PEMFC, Proton Exchange Membrane Fuel Cell): a cella alap egysége a 1,0 mm-nél is vékonyabb, hidratált protoncserélő membrán, amely csak a hidrogén-ionokat (azaz a protonokat) engedi át. A membrán mindkét oldalát porózus katalizátorral, általában platínával vonják be. A hidrogént és az oxigént (levegőt) a membrán két ellentétes oldalán vezetik a cellába. A hidrogén-ionok áthaladva a membránon, annak másik oldalán az ionokkal vízzé egyesülnek.

Tehát:

- Az anódon: $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$
- A katódon: $1/2 O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$
- A teljes reakció: $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$



2. ábra. Konténerbe telepített elektrolizáló berendezés (Forrás [11])
(Az egység a víz és a gáztárolókat nem tartalmazza.)



3. ábra. Protonáteresztő membrános tüzelőanyag cella elvi és a PEMFC felépítése (forrás [9])

A PEMFC: többszöri gyors be- és kikapcsolással működő, gyors teljesítmény ingadozásokat elviselő alkalmazásokra is megfelelőek. Nagy teljesítménysűrűség (kW/kg) a jellemző rájuk, emiatt jelenleg az összes HTC személy- és teherautóban ezek kerülnek alkalmazásra.

A 2018-ban értékesített ~74 ezer db tüzelőanyag-cellából a PEM típus közel ~60%-ot tett ki (de a teljesítmény vonatkozásában még magasabb az arány).

Többféle megoldást is fejlesztettek és használnak a gyakorlatban². Fontos előnyük, hogy modulárisan bővíthetők, tehát a teljesítmény-tartományuk növelhető.

Kapacitás szempontjából ma már többféle méretű energiatermelő TC rendszer ismeretes:

- háztartási („domestic”) léptékű: ~0,3 – 5 kW_e,
- kereskedelmi/ ipari („commercial/industrial scale”) léptékű: ~100 – 500 kW_e,
- közmű („utility scale”) léptékű: ~1 MW_e-től több tíz MW_e teljesítményig (a legnagyobb 59 MW_e kapacitású Dél-Koreában működik).

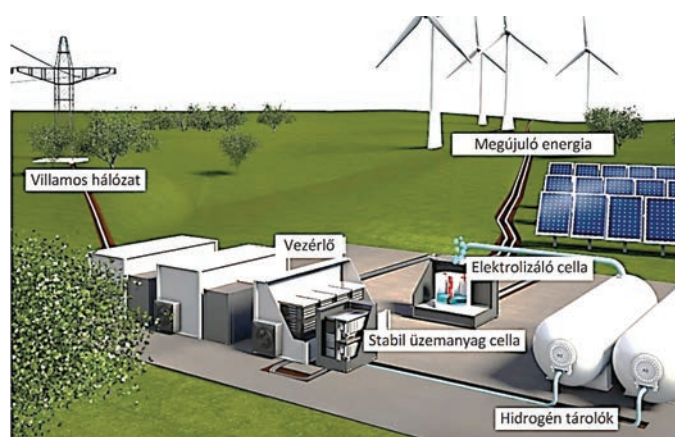
A helyhez kötött, telepített tüzelőanyag-cellás rendszerek fontos előnye a környezet- és klímavédelem területén is jelentkezik. Emiatt a decentralizáltan telepített egységek, akár nagyvárosi környezetben, pl. kórház udvarán is megvalósíthatók (megawatt méretben is).

Nem elhanyagolható előny, hogy a TC alapú decentralizált energiatermeléssel a megújulókkal „terhelt” VER rugalmassága javul, a hálózati veszteség pedig csökken.

A Daimler Truck AG és a Volvo Group közös vállalkozás, a brit Rolls-Royce plc. csoport által tervezett helyhez kötött üzemanyag-cellás rendszerek területén is. Megítélésük szerint az üzemanyag-cellák és a hajtásrendszerek az áramellátás dekarbonizálásában kulcsszerepet fognak játszani, mivel egyetlen másik technológia sem kínál ekkora megbízhatóságot, moduláris méretezhetőséget és a megújuló energiák előnyös használhatóságát anélkül, hogy függene a hagyományos energiapiactól.

Verseny

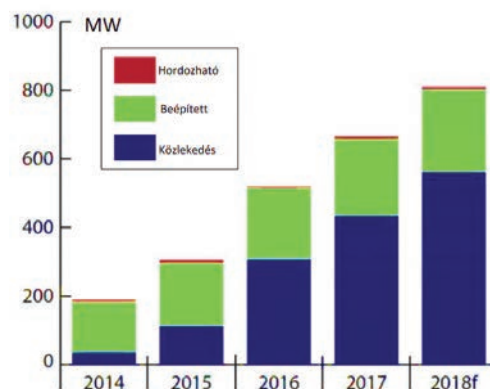
Sokan versenyt vélnek felfedezni a tisztán akkumulátoros és a tüzelőanyagcellás járművek között. Megítélésünk szerint mindkét megoldásnak megvan a helye és szerepe (ezért nincs értelme versenyre gondolni).



4. ábra. TC alapú decentralizált villamos energiatermelés a megújulókból (Source: <https://www.hydrogeneurope.eu>)

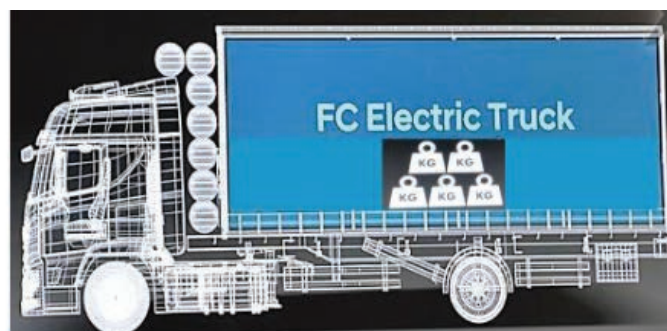
Összehasonlítva: az akkumulátoros járműveknek hátránya az akkumulátorok nagyobb tömege, ezért inkább rövidebb távra, városi, városkörnyéki közlekedésben előnyösek, ahol a töltési helyek száma gyakoribb és a telepítésük is egyszerűbben megvalósítható. Kétségtelen, hogy a szállítmányozásban a nagy távolságoknál és a nagy hasznos tömegeknél a tüzelőanyag cellás autók válnak gazdaságos megoldássá.

A tüzelőanyag cellák fejlődését jelzi, hogy 2019. évben világviszonylatban már 1.000.000 kW/év teljesítményt értékesítettek. A trendet lásd az 5. ábrán.



5. ábra. Tüzelőanyag-cellák értékesítésének változása a teljesítmény szerint (Forrás: E4Tech, 2019.)

² Pl: AFC: Aikálíkus-, a DMFC: Direkt-metanol-, PAFC: Foszforsavas-, MCFC: Olvadék-karbonátos-, SOFC: Szilárd-oxidos tüzelőanyag-cella.



6. ábra. Azonos méretű akkumulátoros és a FC H₂ üzemanyag cellás gépkocsik terhelhetősége

A közlekedésben való előnyösebb felhasználhatósága miatt az értékesített darabszámon belül a PEM típusú TC-k teszik ki az összes értékesítés ~57%-át, a teljesítmény (MW/év) alapján pedig a 73%-át.

U. Gackstatter (a Robert Bosch erőátviteli megoldások divíziójának elnöke) hangsúlyozta, hogy a közlekedésből származó CO₂-kibocsátás csökkentésének útja az elektromos hajtás. De feltette a kérdést: mennyire lehet gazdaságosan üzemeltetni pl. egy 40 tonnányi terhet szállító járművet nagy távolságon, csak akkumulátoros rendszerrel? A korszerű akkumulátoroknál is ~2,5–4,0 szeresen nagyobb pl. a metálhibrides H₂ tankok energiasűrűsége (kWh/kg). Összehasonlítva: az ilyen méretnél az akkumulátornak jóval nagyobb a tömege és hosszabb a töltési ideje, amelyek rotják a hatékonyságot és a termelékenységet. Ezek okán a nehéz teherautók (nagy energiaigényű, nehéz járművek) számára nem lehet előnyös a tiszta akkumulátoros megoldás.

Azonos méretű akkumulátoros és a H₂ üzemanyag cellás gépkocsik terhelhetőségét szemlélteti a 6. ábra. A tisztán elektromos kamionok a nagy akkumulátor tömeg miatt az 5 egységgel szemben csak 3 egységtömeggű áru szállítására alkalmasak, miközben az egy töltéssel megtehető szállítási távolságuk 2,0–3,0 szeresen nagyobb.

Biztonság

Tény, hogy a H₂ az oxigénnel érintkezve ég, és meghatározott arányon felüli keverékük robbanásveszélyes, ezért veszély esetén a beépített gázérzékelő segítségével a tároló palack lezárásra kerül. Meg kell jegyezni, hogy az önmagában is védelmet jelent, hogy a hidrogén ~14-szer könnyebb, mint a levegő, ezért rendkívül illékony. Ha a H₂ a jármű tankjából távozik (pl. töréssel járó veszélyhelyzet esetén), a szabad térben olyan gyorsan emelkedik, hogy nem képes reagálni a környezeti oxigénnel. Amerikai kutatók tüzelőanyag-cellás autóval végzett tűzvizsgálat során elektromos szikrával meggyújtották, de a fellobbanás után a láng azonnal kialudt. A jármű – lényegében – sértetlen maradt.

A hidrogéntartályokban a gáz különféle anyagokban (un. abszorbens anyagokban) kötött állapotban van és a H₂ kiáramlást korlátozza a disszociáció is.

Alkalmazás járművekben (H₂ mobilitás)

Napjainkra a H₂ üzemanyag cellás járművek, több nemzetközi autógyártó vállalatnál, hosszabb kísérletezések után szériaáretté váltak (egyeseknél ma is folynak a fejlesztések) és a gyakorlatban is kedvező jellemzőket produkálnak.

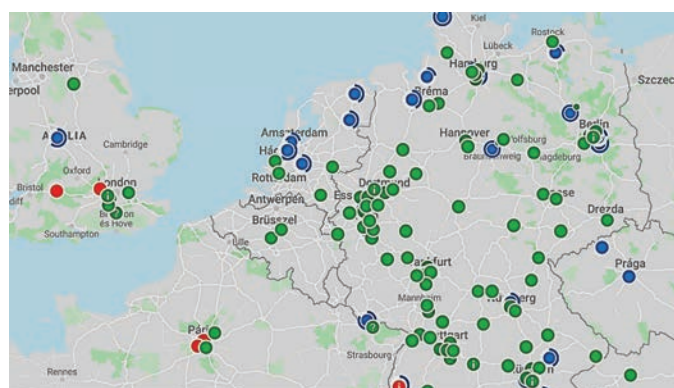
A hidrogén üzemanyagként való sikeres bevezetéséhez elengedhetetlen az átfogó hidrogén töltőállomás-hálózat létrehozása,

ez a H₂ MOBILITÁS elterjedésének a feltétele. A H₂ infrastruktúra fejlesztése és a megfelelő lefedettség céljából hat jelentős európai vállalat (Air Liquide, a Daimler, a Linde, az OMV, a Shell és a TOTAL társaság) 2014-ben megalapította a H₂ MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG-t. A fejlesztésben társult partnerként ma már a BMW, a Honda, a Toyota és a Volkswagen is részt vesz.

A finanszírozók között találhatók:

- a Nemzeti Hidrogén- és Üzemanyagcella Technológiai Innovációs Program (NIP),
 - a Szövetségi Közlekedési és Digitális Infrastruktúra Minisztériumon (BMVI - n keresztül),
 - az Európai Bizottságtól a FCH 2 JU Közös Vállalkozás közreműködésével,
 - a Hydrogen Mobility Europe (H2ME) projektből és a transzeurópai közlekedési hálózat (TEN-T CEF), valamint
 - a hidrogén-utántöltő állomások (COHRS) projekt részeként.
2020. év végére Németország rendelkezik a világ legnagyobb – közel 100 egységből álló – hidrogén-töltőállomás-hálózatával (H₂ MOBILITY).

Európa egy részén működő és építés alatt álló töltőállomásainak helyeit a 7. ábra szemlélteti



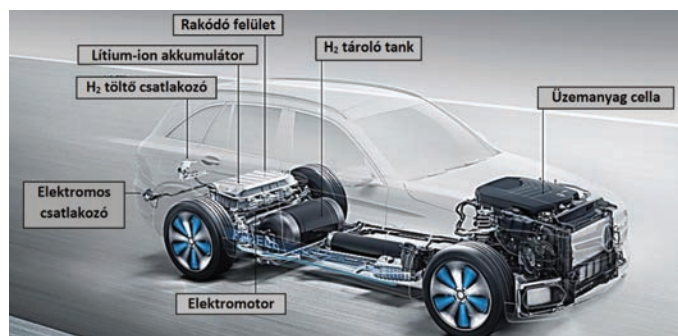
(az ábra jelei ● működő, és próbaüzem, ● tervezés, építés alatt)

7. ábra. Európa részének H₂ töltőhálózata (forrás[3])

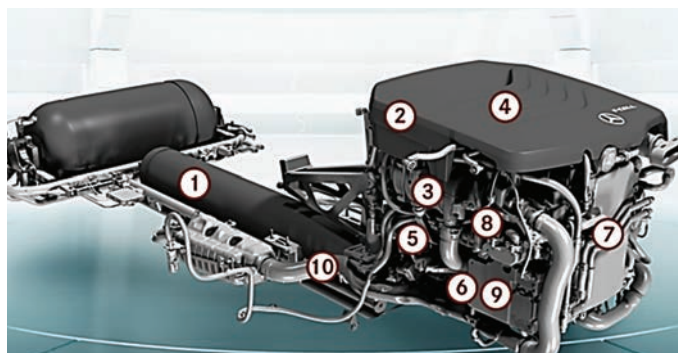
Ahol lehetséges, a hidrogén állomásokat a meglévő, hagyományos töltőállomások mellé építik. A 700 Bar-os rendszerek kialakítása kompakt, helytakarékos, szabványosított alkatrészekből áll (kompressziós és a feltöltő szivattyúk stb.). A H₂ MOBILITY felelős főként a megújuló energiaforrásokból származó hidrogén beszerzéséért.

A járművek kivitele

A hidrogénnek nagy az energiasűrűsége, ennek következtében egy kilogramm hidrogén ~3,3 liter gázolaj energiataralmával egyenlő. 100 km-en a személygépkocsi ~1,0 kg-ot fogyasztanak, viszont egy 40 tonnás teherautóhoz legalább 7 kg kell.



8. ábra. A Daimler H₂ üzemanyag cellás autó rendszerének egységeinek elhelyezkedése (forrás [13])



9. ábra. Az üzemanyag tárolók és a H₂ üzemanyag cella és -részei [1 - Hidrogén tartályok a betöltő vezetékkel, 2 - A hidrogén beléptetése a rendszerbe, 3 - A szűrt levegő turbó rendszere (oxigén oldal), 4 - Levegő beléptetése és a finomszűrő rendszer, 5 - Levegő hűtése, 6 - Levegő párasítása, 7 - Üzemanyag cella a be- és kitéppal, 8 - Energia elosztó, 9 - Villamos energia (feszültség) konverter, 10 - Levegő kezelő (vízleválasztó)]



10. ábra. A H₂ üzemanyagcellás erőforrás részei [1-Vezérlő elektronika, 2 - Levegő bevezetés szűrő, 3 - Hidrogén nyomásvezérlő, érzékelő, 4 - A kiadott villamos energia vezérlése, 5 - Turbóvezérlő a levegőhöz, 6 - Párasított levegő bevezetése, 7 - Üzemanyag cella blokk]

Személyautókból példaként a Daimler H₂ üzemanyag cellás autót mutatjuk (7., 8. és 9. ábrák). Az autó (Daimler Truck Fuel Cell) PEM (Proton Exchange Membrane) H₂ alapú üzemanyagcellával működik. A levegőből származó oxigén felhasználásával működnek.

A BMW (TOYOTA kooperációban) első, sorozatgyártású hidrogén hajtású személyautója 2022-ben lesz piacon (BMW X5 iNext Hydrogen). 700 Bar-os hidrogéntartályokkal lesznek felszerelve, amelyek a mai töltőállomások mellé elhelyezett tankokból, vagy elektrolizálótból tölthetők. Egy ~10 kWh-s lítium-ion puffertank tárolja el a lassítások során visszanyert energiát. A tartályokba hat kilogramm hidrogén fér, amellyel vegyes használat esetén 500 kilométeres hatótáv érhető el. Az üres H₂-tartály feltöltése a dízel-, vagy a benzinmotoros járművekhez hasonlóan csak néhány percet vesz igénybe, ami a tisztán akkumulátoros kivitelekénél 0,5-4,0 órát is igénybe vehet.

A nemzetközi szakirodalomból és a cégek jelzéseiből egyértelműen következik, hogy **számottevően a tüzelőanyagcellás járművek gyors terjedése a nagyobb rakományokat és napi sok-sok kilométert megtevő kamionoknál valósul meg.**

Szinte az összes vezető nehézgépjárműgyártó már közel piac-képesre fejlesztette a saját gyártmányát, amelyeknél egy töltéssel 800-1000 km hatótávolságot jelölnek meg.

A Daimler Truck AG többéve intenzíven dolgozik az üzemanyagcellák fejlesztésén (Stuttgart) és a Daimler Truck Fuel Cell GmbH & Co. KG-vel folyamatosan végzi az üzemanyagcellák sorozatgyártását. A cég vezetője szerint (Andreas Gorbach): „... óriási versenyelőnyt jelent számunkra, hogy már most az egyik legfontosabb területen, az üzemanyagcellás rendszerek sorozatgyártásának technológiáján, ipari léptékben dolgozunk”. Céljuk, hogy a Daimler Truck AG és a Volvo Group a jelen évtized második felében, a nagy teherbírású üzemanyagcellás haszongépjárművek



11. ábra. A Mercedes GenH₂ koncepció kamion és a valós szeméttgyűjtő autó (a településen a saját bázisán a tankolási lehetőséggel) (forrás [5])



12. ábra. H₂ tüzelőanyag cellás kamion töltése mobil tankból, és egy kisméretű transzporter töltés közben

típusait kínálja sorozatgyártásban, az igényes és nagy teherbírású távolsági fuvarozáshoz. A GenH2 Truck, 1000 km-es és annál nagyobb hatótávolságra képes üzemanyagcellás teherautójának –folyékony hidrogént (LH₂) használ – a sorozatgyártását az évtized második felében megkezdik (már 2023-ban elvégzik a termék széleskörű üzemi használatának próbáját).

Az EU által támogatott H₂Haul projektben a Bosch jelenleg más vállalatokkal együtt dolgozik a tüzelőanyagcellás teherautó-flotta felépítésén.

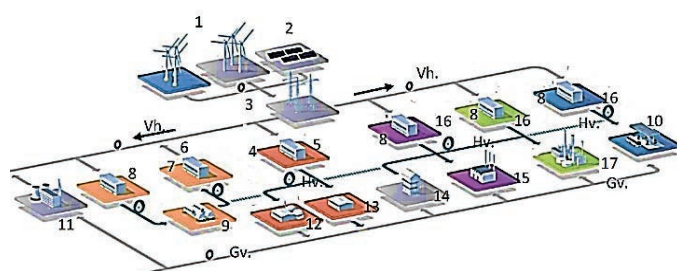
A H₂ technológiára a közúti közlekedésen (11. és 12. ábrák) túl további számos ígéretes mobilitási alkalmazás van (HTC drónok, pilóta nélküli repülési eszközök, a belvízi és tengeri hajózás, városi autóbuszok, mozdonyok stb.) a piacérettség közelében.

A hidrogénnel hajtott járműnek nulla káros emissziója van. Ezt, 2018-ban, a Budapesten tartott hidrogén-mobilitás bemutatón, a keletkezett, a kipufogóból kiáramló víz iható minőségével, a helyszíni fogyasztással demonstrálták (<https://www.hfc-hungary.org/>).

Komplex értékláncok, szektorális integráció

A hidrogén-technológiák sokrétű előnyei széleskörben és a valóságban is akkor realizálhatók, ha komplex projektekként, komplex értékláncokként valósulnak meg. A HTC technológiák lehetőségeit a 13. ábra szemlélteti.

Komplex projekt alatt azt értjük, ha egy technológiai értéklánc nem kizárólag csak egy célt szolgál. Jó példa, ha a hidrogén előállítása is a helyszínen (on-site) történik (elsősorban megújuló energiát felhasználó elektrolízissel) a villamos rendszerrel együttműködésben. Az így megtermelt hidrogén pedig nem csak mobilitási célra használható, hanem esetleg ipari alapanyagként és/vagy energiatárolási célokra is. Jó hír, hogy ilyen (az ábrát megközelítő) demonstrációs projektek ma már ~1,0 MW, illetve ~10-50 MW léptékben is működnek néhány országban. Előkészítési, illetve megvalósítási tanulmány fázisában vannak egyenként 100 MW_e léptékű projektek is³.



13. ábra. A jövő hidrogén gazdasága (átszerkesztve)

1 – szélerőművek (parkok), 2 – naperőművek (több MW-os kapacitásokkal), 3 – villamos hálózat, 4 – elektrolizáló, 5 – H₂ betáplálás a H₂ hálózatba, 6 – villamos energia betáplálás a hálózatba, 7 – üzemanyagcella, 8 – elektrolizáló, 9 – hidrogén tárolása, 10 – hidrogén töltőállomások (járművek részére), 11 – hagyományos erőmű, 12 – H₂ földgázzá alakít, 13 – H₂ a földgáz hálózatba, 14 – földgázból H₂ előállítás, 15 – ipari felhasználás, 16 – H₂ a H₂ hálózatba és a töltőállomáshoz, 17 – kémia ipar felhasználása, Vh – villamos hálózat, Hv – H₂ hálózat, Gv – földgáz hálózat (forrás: [9. és 11])

Felhasznált közlemények

- [1] COM(2020) 102 final – A New Industrial Strategy for Europe. https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/communication-eu-industrial-strategy-march-2020_en.pdf
- [2] COM(2020) 299 final – Powering a climate-neutral economy: An EU Strategy for Energy System Integration. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/energy_system_integration_strategy.pdf
- [3] COM(2020) 301 final – A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf
- [4] http://www.kontakt-elektro.hu/hu/fuel_cell/fc_fejlesztet.html
- [5] <https://fuelcellworks.com/news/worlds-largest-fuel-cell-heavy-truck-rollout-underway/>
- [6] https://www.autoblog.hu/zold_auto/munkaba-allnak-a-toyota-kenworth-hidrogen-uzemu-nyerges-vontatoi/
- [7] <https://www.electrive.com/2020/03/23/toyota-hino-developing-new-fuel-cell-truck/>
- [8] <https://www.h2haul.eu/h2haul-welcomes-its-new-partner-bosch/>
- [9] <https://www.hfc-hungary.org/> (magyar hidrogén szövetség)
- [10] <https://www.naturalgasworld.com/natural-gas-and-the-hydrogen-economy-Ing-condensed-69968>
- [11] <https://www.thyssenkrupp.com/en/company/innovation/technologies-for-the-energy-transition/water-electrolysis.html>
- [12] <https://newsroom.porsche.com/en/2020/company/porsche-consulting-hydrogen-economy-21951.html>
- [13] Tompos A: 2009 Katalizátor-kutatás hidrogén energetikai célú előállítására, Környezetvédelem, 5. sz. 23 p.
- [14] Tompos A: 2013 Az MTA TTK kutatási tevékenységei és eredményei: elektrokatalizátorok, Magyar Hidrogén és tüzelőanyag-cella Egyesület Budapest, május 17. (előadás)
- [15] Tóth L.: 2016 Hagyományos és megújuló energia rendszerek, Könyv, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, ISBN 978-615-5224-70-6, 267p.

³ Megjelent: EU Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Közös Vállalkozása (FCH 2 JU) 2020-as pályázat (HORIZON2020 Framework Program) 24 témakör

Naphőerőművek

Gács Iván

ny. egyetemi docens, BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, gacs@energia.bme.hu

A naphőerőművek száma, villamosenergia-termelése jelenleg csekély, pedig van egy rendkívül előnyös tulajdonságuk: a villamosenergia-termelésük bizonyos korlátok között eltérhet a beeső napsugárzás időbeli változásától, ezért jobban illeszthető a fogyasztói igényekhez. A cikk a naphőerőművek energiaátalakítási folyamatát, technikai megoldási lehetőségeit, helyzetképét tekinti át, továbbá a naphőerőművekben megvalósítható hőtárolás nyújtotta üzemviteli lehetőségeket.

*

The number of solar power plants and their electricity production are currently small, although they have an extremely advantageous feature: their electricity production can vary within certain limits from the change in the daily and random change of the solar radiation, and can therefore be better adapted to consumer needs. The article reviews the energy conversion process, technical solution possibilities and situation of solar thermal power plants, as well as the operational possibilities provided by the heat storage that can be implemented in solar thermal power plants.

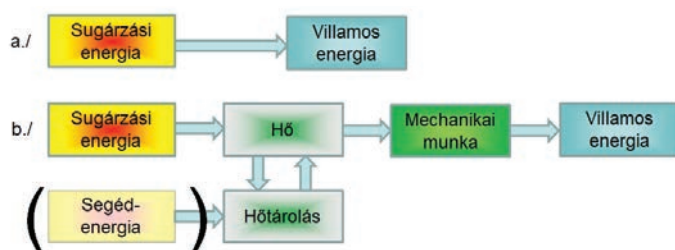
A naphőerőművek és a fotovillamos átalakítás

Az energiaátalakítási folyamatok

A magyar szakirodalomban a naphőerőműveket először [1] mutatta be 2012-ben. Azóta jelentős fejlődés következett be, mind a mennyiségüket, mind a működési módjukat tekintve. A fotovillamos átalakítás és a naphőerőművek energiaátalakítási folyamatait hasonlítja össze az 1. ábra. Az ábra azt mutatja, hogy szemben az egylépéses fotovillamos energiaátalakítással, a naphőerőműben ez alapesetben is három lépéses. Az alap energiaátalakítási láncot kiegészíti egy hőtároló, amely a hőbegyűjtés és felhasználás időbeli eltérítését teszi lehetővé, és esetenként lehetséges külső (fosszilis) forrásból is hőbevitel a hőtároló rendszerbe. Ezt igen ritkán építik be, ezért szerepel az ábrában zárójelbe téve.

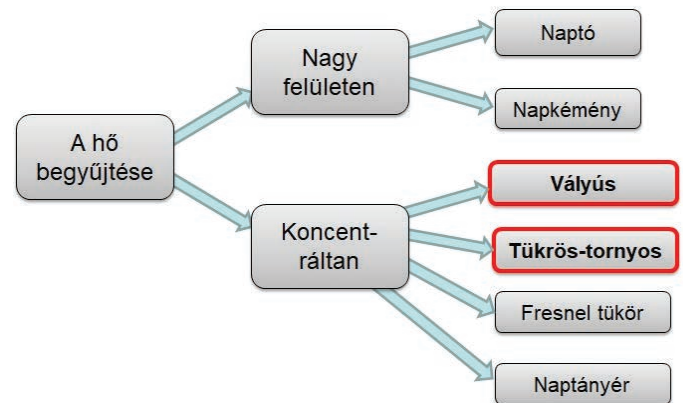
Kezdetben a fejlesztők igen sokféle megoldással próbálkoztak. A lehetőségeket a 2. ábrában rendszereztük.

A lehetséges megoldások közül az első időkben a koncentráció nélküli, ezért nagyon nagy hőbegyűjtő felületet igénylő megoldásokkal (naptó, napkémény) kezdtek próbálkozni. A naptó csak elméletben létezett. Ez egy nagy felületű mesterséges tó lett volna, fekete



1. ábra. A fotovillamos és a naphőerőműves energiaátalakítási folyamatai a./ fotovillamos erőmű, b./ naphőerőmű

hőelnyelő fóliával kibélelve. A fólián elnyelődő sugárzás a vele érintkező magas sótartalmú vizet felmelegíti, akár 100 °C fok közelébe. Ez lett volna a hozzá kapcsolt körfolyamat meleg hőforrása, a hűtést a felette levő hideg víz vagy a környezet valamely más eleme biztosította volna. Könnyen érthető, hogy ilyen hőmérsékleti viszonyok mellett a beeső sugárzás hasznosítási foka igen alacsony.



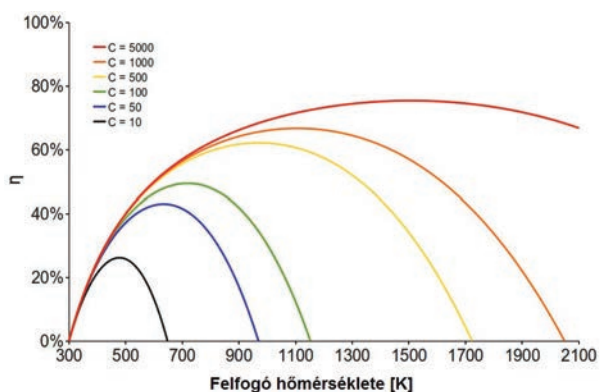
2. ábra. Naphőerőművek lehetséges megoldásai

A koncentrátoros megoldások (CSP, Concentrated Solar Power) nagy felületre beeső sugárzást kis felületű hőgyűjtőre koncentrálnak, evvel annak felszínén jóval magasabb hőmérsékletet lehet elérni. Nagyon magas felületi hőmérséklet esetén viszont megnő a hőfelvevő konvektív és sugárzásos hővesztesége. És létezik olyan magas hőmérséklet, amelynél a hőveszteség teljesítménye megegyezik a felfogott teljesítménnyel, azaz a hatásfok nullává válik¹. Minden koncentrációfokhoz tartozik egy optimális hőmérséklet, amelynél a legjobb hatásfokot lehet elérni (koncentrációfok a napsugárzást begyűjtő, visszaverő felület és a hőfelfogó felület aránya).

A 3. ábra [2] alapján az idealizált viszonyok között elméletileg elérhető hatásfokot mutatja a koncentrációfok (C) és a hőfelfogó ernyő hőmérsékletének függvényében. Az idealizált viszonyok a következő feltételezéseket jelentik:

- a beeső sugárzás intenzitása 1000 W/m²,
- a környezeti hőmérséklet 300 K,
- a felfogó ernyő és a sugárzást begyűjtő tükrrendszer felületének aránya legyen egy C változó,
- a tükrrendszer veszteségmentes,
- a felfogó ernyő feketeségi foka 1,
- a felfogó ernyő hővesztesége csak sugárzásból adódik, a konvektív veszteség elhanyagolható,
- a hasznosító körfolyamat egy ideális Carnot körfolyamat, amelynek hőbevezetési hőmérséklete azonos a felfogó ernyő hőmérsékletével, vagyis nincs sehol hőfokrás.

¹ Ez a nulla hatásfok 1000 W/m² sugárzási teljesítménysűrűség mellett egy lefedetlen sík kollektornál már 80 °C alatt előáll, szelektív sík kollektornál 160 °C környékén, vákuumosnál kb. 220 °C-nál következik be (www.naplopó.hu)



3. ábra. Az elméletileg elérhető maximális hatásfok

Könnnyen belátható, hogy a feltevések többsége reális vagy legalábbis elfogadható közelítés, de az utolsó feltevés nagyon távol áll a realitástól. Először is Carnot körfolyamatot reális munkaközeggel nem lehet csinálni. Minél magasabb a felfogó ernyő hőmérséklete, annál messzebb esik a lehetséges körfolyamat az ideálstól.

Másodsor: hőátvitel kell a felfogó ernyő külső felületétől a munkaközegbe. Ha erős koncentrálást akarunk elérni, kis felfogó ernyő felület kell, ami nagyon nagy hőáramsűrűséget tételez fel. Ehhez viszont a hőátvitel során nagy hőfokrés tartozik.

A villamosenergia-termelés hatásfoka

Első ránézésre a soklépcsős energiaátalakítás a hátrányosabb, mert több lépcsőben több helyen lépnek fel veszteségek. Az első lépésben, a sugárzás koncentrálásában veszteséget okozhat a tükröző felület nem tökéletes fényvisszaverő képessége és a tükröző felület és a hőgyűjtő közötti levegő fényelnyelése. A tükröző felület vesztesége nem csak a fényelnyelő képességből adódhat, hanem a felület egyenetlenségeiből (pl. karcosság) is, mert a szóródva visszavert fény már nem hasznosítható. A visszavert fénysugár elnyelődése a levegő átlátszóságát megzavaró tényezők (porosság, köd) miatt következhet be. Miután a naphőerőműveket általában sivatagos területekre telepítik, a köd esélye elhanyagolható, porosság előfordulhat. Evvel együtt ennek a lépésnek a hatásfoka általában meghaladja a 90%-ot.

A következő veszteséget okozó lépés a hőfelfogó-kazán rendszer. Itt a hatásfok a munkaközegnek átadott hőteljesítmény és a hőfelfogó felületre beérkező hőteljesítmény arányaként értelmezhető. A kettő közötti különbség a hőfelfogó felület fényvisszaveréséből, a konvektív és sugárzásos hőelvitelből adódik. E háromból az utolsó, a sugárzási veszteség a legjelentősebb. Ennek mértéke döntően a hőfelfogó felületi hőmérsékletétől függ. Minél magasabb ez a hőmérséklet, annál alacsonyabb lesz a hatásfok, viszont ha alacsony a hőmérséklet, az utána következő – általában vízgőz – körfolyamat lesz alacsony hatásfokú. Ezért ennek a felületi hőmérsékletnek energetikai optimuma van, aminek értéke a koncentrálási foktól függ.

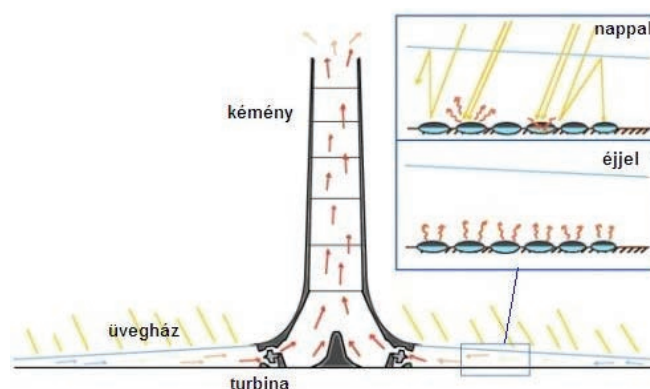
Mindent összevetve a sok átalakítási lépés végén az eredő hatásfok 20-30% körül várható. És mi a helyzet a PV erőművel? Egyetlen átalakítási lépés, amely a gyakorlatban 12-15% hatásfokkal megy végbe. Igaz, hogy laboratóriumi körülmények között már sikerült 30-40% hatásfokú fotocellákat is produkálni, de azok ára a nagy ritkaföldfém igény és a bonyolultabb előállítási eljárások miatt igen magas. A hétköznapi gyakorlatban használt szilícium fotocellák sem produkálnak jobb hatásfokot, mint a soklépcsős naphőerőművi átalakítás. Sőt!!

Mi a jelentősége a hatásfoknak, amikor a kiinduló energiaforrást nem kell fizetni? Az, hogy egy adott területre beeső sugárzási energia mekkora hányadából lesz villamos energia. Másképp fogalmazva: egy adott hasznos energia kinyeréséhez mekkora területre beeső sugárzást kell begyűjteni, azaz mekkora lesz a létesítmény területigénye. A napenergia hasznosításának minden eljárás esetén nagyon nagy a területigénye, ezért nem mindegy, melyik oldható meg kisebb területen.

A naphőerőművek típusai

Napkémény

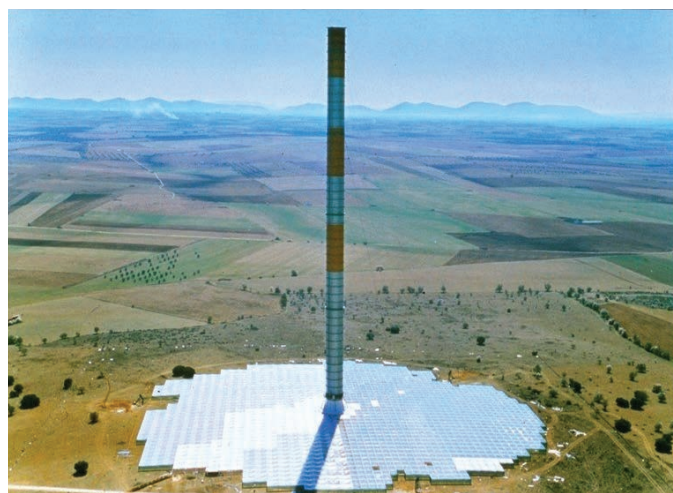
A napkémény egy kürtővel ellátott nagy üvegház, amelyben felmelegszik a levegő és a meleg levegő a kürtőben olyan feláramlást hoz létre, amellyel szélkerekeket meghajtva termel áramot. Működési elvét [1] alapján a 4. ábra mutatja.



4. ábra. A napkémény működése

A szélturbina lehet függőleges tengelyű a kéményben vagy több szélturbina a kémény belépésénél egy kör mentén elhelyezve. A hőtárolást a fényáteresztő tető alatti fényelnyelő talaj biztosítja. Ez kiegészíthető vízzel töltött tömlőkkel, ami megnöveli a hőkapacitást, biztosítva a sugárzás megszűnése utáni hosszabb működést.

A prototípust Manzanaresben (Spanyolország, Madridtól 150 km délre) építették meg 1982-ben (5. ábra). A kémény 195 m magas 10 m átmérőjű volt, a kollektor átmérője 240 m, területe 46 000 m². Zavartalan napsütés esetén kb. 30 fokkal volt magasabb a kéménybe lépő hőmérséklet a környezetinél, a maximális teljesítmény



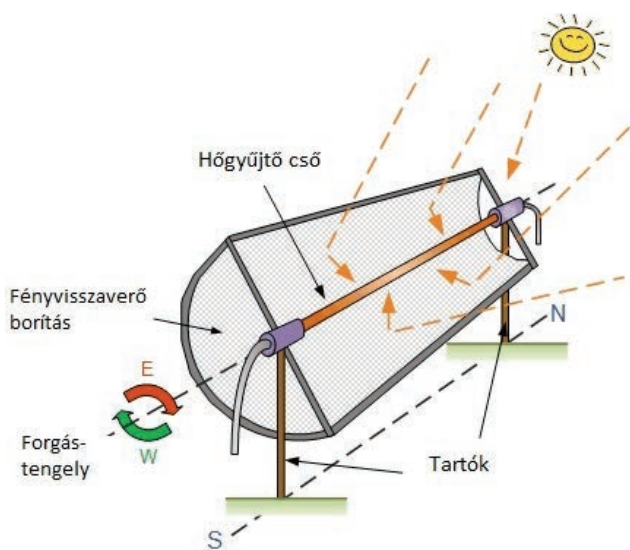
5. ábra. Manzanaresi (Spanyolország) napkémény [3]

50 kW volt. A naptorony 1989 februárjáig működött, amikor egy vihar megrongálta [4].

Kínában (Belső-Mongoliában) egy 200 kW-os kezdett üzemelni 680 ha kollektorfelülettel. Azóta számos további elképzelés született pl. Botswanában, Chilében, Törökországban. A legnagyobb létesítményeket Ausztráliában és Namíbiában tervezték felépíteni. Az előbbi 200 MW-os lett volna 1000 m magas kéménnyel, 32 turbinával, a namíbiai 400 MW-os 1500 m magas és 280 m átmérőjű kéménnyel és 37 km² kollektorfelülettel. Sem ezek, sem a további tervek nem valósultak meg.

Parabolavályús erőművek

A parabolavályús erőművekben a sugárzás begyűjtése sok párhuzamosan elhelyezett parabola keresztmetszetű vályúban történik (6. ábra). A vályúk az észak-dél irányba tájolt tengelyük körül forgathatók, hogy tudják követni a Nap mozgását. Egy naphőerőmű parabolacsatorna-rendszerét a 7. ábra mutatja be [5]. A rendszer méretét jól mutatja a csatornák között járkáló emberek mérete.



6. ábra. Parabola vályú

A parabolavályús koncentráció egy egydimenziós koncentráció (felületről vonalra), amellyel az elérhető koncentrációfok (a tükrület és a hőgyűjtő felületének aránya) 50 és 100 közötti értéket érhet el. Evvel gazdaságosan 350–400 °C hőmérséklet érhető el. Ehhez a hőmérséklethez célszerűen termoolaj használható közvetítő közegként.

A hőmérséklet-tartománynak megfelelően mérsékelt gőzparaméterek alkalmazhatók, általában 40–100 bar nyomás és 320–380 °C



7. ábra. Egy naphőerőmű parabolacsatorna-rendszere

gőzhőmérséklet. Ez körülbelül a XX. század második negyedére jellemző erőművi paramétereknek felel meg.

A párhuzamosan elhelyezett vályúk távolságának növelése nagyobb területigénnyel jár, és több csővezeték teszt szükségessé, míg kis távolság esetén a reggeli és esti időszakban nagyobb árnyékot vetnek egymásra.

Ebbe a típusba tartozik a világ első jelentős naphőerőműve, a kaliforniai Solar Energy Generating System (SEGS), amelynek kilenc egysége, egyenként 30–80 MW teljesítőképességgel 1984 és 1990 között került üzembe. A parabolacsatornák teljes hossza 369 km, az elfoglalt terület kb. 6,5 km² (1,6 ha/MW). Az összességében 394 MW bruttó és 354 MW nettó teljesítőképességű erőmű évente átlagosan 600 GWh villamos energiát termelt napenergiából, de földgáz tüzelésű kiegészítő hőforrással is képes működni. Több mint két évtizedig a világ legnagyobb naperőműve volt. Már megkezdtek az első egységek leszerelését.

A jelenleg üzemelő legnagyobb ilyen típusú erőművek a Mohave Solar Project és Genesis Solar Energy Project Kaliforniában ill, a Solana Generating Station Nevadában. Mindhárom 280 MW bruttó és 250 MW nettó teljesítőképességű, a nevadait 2013-ban, a kaliforniaiakat pedig 2014-ben helyezték üzembe [2].

Ugyanilyen elven működő 50 MW-os blokkokat sorozatban építenek Spanyolországban, telephelyenként 1-4 blokkal (50...200 MW). Jelenleg már több mint 2000 MW összkapacitású ilyen erőmű működik. Ezek közül az elsők egyike a 8. ábrán szereplő Andasol erőmű, amely 3 egységével 150 MW névleges bruttó teljesítőképességű, 0,6 km² területű (4 ha/MW). Teljes beruházási költsége az építés idejében (2008-2011) 1140 millió USD volt (7600 USD/kW). Ez tartalmazza a 7,5 órás kapacitású hőtárolót is, amellyel 495 GWh-t tud termelni évente (3300 h/év kihasználási óraszám).



8. ábra. Andasol naphőerőmű Spanyolországban [7]



9. ábra. Fresnel tükör [1]

Ezekon felül még Kína, India, Izrael, Dél-Afrika, Marokkó, Szaud-Arábia, Kuvait és Abu Dhabi is létesített ilyen erőműveket.

Lényegében ugyanilyen egydimenziós koncentrációt valósít meg a Fresnel tükör, amely a Fresnel lencse elvét alkalmazza (9. ábra). Ennek előnye, hogy nem kell a teljes gyűjtőrendszert a Nap járásának megfelelően mozgatni, csak a tükörszeleteket kell elforgatni.

Tükrös-tornyos naperőművek

A hőgyűjtő felületet egy tükrözött közepén vagy szélén álló magas (általában 100 méternél magasabb) toronyban helyezik el. A több tengely mentén mozgatható siktükrök (heliosztátok) verik vissza a beeső sugárzást a hőfelfogóra. A hőgyűjtő torony magasságának arányosnak kell lennie a heliosztát mező méretével, mert a rálátási szög nem csökkenthető egy ésszerű határ alá, mert akkor vagy nagyon ritkán kell a tükröket elhelyezni vagy leárnyékolják egymást. Ennek az a következménye, hogy ha nagyteljesítményű berendezést akarnak készíteni, akkor a torony nagyon magas lesz.

A kétdimenziós koncentrációnak megfelelően a koncentrációfok ennél a megoldásnál már jóval meghaladhatja a százat, ebből adódóan 500–800 °C is elérhető. Emiatt itt már nem alkalmazható termoolaj hőközvetítő közegként, mert annak hőmérséklettűrése ennél alacsonyabb. Általában sóoldatokat használnak, leggyakrabban kálium- vagy nátrium-nitrátot, vagy a kettő keverékét.

A hőtárolókat, a gőzfejlesztőt, turbinát és villamos berendezéseket a torony mellett, a talajszinten helyezik el. A gőzkörfolyamati paraméterek közelítik a korszerű, de szubkritikus hagyományos erőművekéit, többnyire 100–160 bar körüli frissgőznyomást és 500–565 °C gőzhőmérsékletet alkalmaznak, sokszor újrahevítéses körfolyamatban.

A tükrök legnagyobb ellensége a szél. Erős szélben a tükröket vízszintesbe kell állítani a szélnyomás csökkentése érdekében, mégpedig a tükröfelülettel lefelé, hogy a szél által hordott homok kevésbé károsítsa a tükrözött felületet. Ugyanis annak elmatulása lényegesen csökkenti a hőbegyűjtés hatékonyságát.

Az első, kísérleti tornyos naphőerőműveket 10 és 20 MW-os méretben építették. Az USA-ban a Solar One és Solar Two Kaliforniában (1982 és 1995), illetve Spanyolországban a PS10 és PS20 Sevilla közelében (2007 és 2009).



10. ábra. A PS10 (távolabb) és a PS20 (közelebb) erőművek [8]

A 19,9 MW teljesítményű Gemasolar naphőerőmű 2011-ban létesült Spanyolországban. Nagyméretű, 15 órás sóoldat, két-tartályos hőtárolója van, ami évi 110 GWh villamos energia megtermelését teszi lehetővé. Ez 63%-os kihasználási tényezőnek felel meg, ami kiemelkedően magas érték egy naperőmű esetén.

A jelenlegi legnagyobb teljesítményű naphőerőmű, az Ivanpah (Kalifornia, Mohave sivatag) is naptornyos. Érdekessége, hogy a tornyokban sóoldat közvetítő közeg használata nélkül, direkt gőzfejlesztést valósítanak meg. A 2014-ben üzembehelyezett erőmű három egysége összesen 392 MW bruttó és 377 MW nettó teljesítményt képvisel. A tervezett évi villamosenergia-termelése 976 GWh (2490 h/év kihasználási tényező), de az elmúlt években általában 700-800 GWh/év (1800-2050 h/év) termelést ért el, úgy hogy nem rendelkezik hőtárolóval. Az erőmű beruházási költsége 2,2 milliárd USD (5600 USD/MW), területe 14,2 km² (3,6 ha/MW).

Azóta naptornyos erőművek között szintén az USA-ban 2015-ben elkészült a 125 MW-os Crescent Dunes, a 120 MW-os Megalim (Izrael, Negev sivatag), és egy sor 50 MW-os Kínában, és egy szintén 50 MW-os Dél-Afrikában.



11. ábra. Ivanpah naphőerőmű [9]

Naptányér

A naptányér egy forgási paraboloid tükör, a fókusz pontjában helyezik el a hőgyűjtőt, amely össze van építve a hőt hasznosító hőerőgéppel. Ez általában Stirling motor, mert viszonylag kicsi a teljesítménye és ebben a maximum 20-30 kW mérettartományban ez ad elfogadható megoldást. A méret- és teljesítménykorlát abból adódik ilyen szűkre, mert az egybeépített szerkezetet egy állványon egyben kell mozgatni a Nap mozgásának követésére (12. ábra).



12. ábra. Naptányér Stirling motorral [1]

Előnye a naptoronnyal szemben, hogy nem kell százezres nagyságrendű heliosztát összehangolt mozgatásáról gondoskodni, hátránya a kis egységteljesítmény. Emiatt közhasznú erőműként nem építik.

Hőtárolás

A hőtárolás legelterjedtebb módja a kéttartályos hőtároló felépítés (13. ábra). Nagy beérkező hőteljesítmény esetén a felmelegített közvetítőközegnek csak egy részáramát vezetik a kazánba, amelyben megtalálhatók a hagyományos kazánokban is szokásos hőátadó felületek. A közvetítőközeg másik részárama a hideg tartályból átszivattyúzott tárolóközeget (a 13. ábrában olvadt só) melegíti, amely így forró állapotban kerül a meleg tartályba. Kisütéskor a folyamat fordítottja megy végbe: a hőtároló biztosítja a gőzkazán hőforrását egyedül, vagy a kisebb teljesítményt adó hőbegyűjtő rendszerrel párhuzamosan kapcsolva.

A tárolt hő mennyiségét üzemidőben szokták megadni. Pl. 3 h tárolási idő azt jelenti, hogy a tárolt hő 3 órányi névleges teljesítményű turbinaüzemet tesz lehetővé újabb hőbegyűjtés nélkül.

A 8. ábrán már bemutatott Andasol erőmű 7,5 óra kapacitású hőtárolója két darab 36 m átmérőjű és 14 m magas tartályból áll, amelyekben 28 500 tonna 60% nátrium-nitrát, 40% kálium-nitrát összetételű sóolvadékot tárolnak. A meleg tartály hőmérséklete 400 °C. A hőtároló rendszer költsége a teljes (2008-2013 évi árszinten kb. 300 millió EUR) beruházási költségnek a 13%-át tette ki.

A Sener spanyol cég a Valle 2 naphőerőműben egytartályos hőtárolórendszerrel próbálkozik. Ez az egy tartály mindig tele van az olvadt só tárolóközeggel. A két különböző hőmérsékletű közeget egy függőleges irányba mozgó gát választja el. Ennek a gátnak a mibenlétét a források nem részletezik. Ez a megoldás csökkenti a hőtároló rendszer hőveszteségét és létesítési költségét. A tároló beruházási költségének várható csökkenését 25%-ra teszik.

A hőtárolók létesítése megnöveli a naphőerőművek fajlagos beruházási költségét. Ez nem csak abból adódik, hogy a tároláshoz

többlet berendezések építése szükséges, hanem ehhez járul még a névleges teljesítmény csökkenése is. Ugyanis csak úgy van értelme a tároló beépítésének, ha ugyanolyan teljesítményű hőbegyűjtő rendszerhez kisebb teljesítményű villamos rendszert építenek, hogy a nagy besugárzások időszakában legyen fel nem használt hőteljesítmény, amivel a tárolót lehet tölteni. A tároló miatti többletköltségek azonban meghaladják a kisebb teljesítményű turbógenerátoron és villamos részen elért megtakarítást.

Már egy 4 órás tárolási idő is lényegesen megnöveli a naphőerőmű értékét a villamosenergia-rendszer szempontjából, mert legalább alkalmassá válik az esti csúcsgények kielégítésében való közreműködésre. Hosszabb (6-8 órás) tárolási idővel megtarthatja termelőképességét az éjszakai völgy kezdetéig. Még hosszabb tárolási idővel eltárolható hő arra is, hogy részt vegyen a reggeli teljesítményfelfutás kielégítésében a napkelte előtti vagy közvetlenül napkelte utáni időkből.

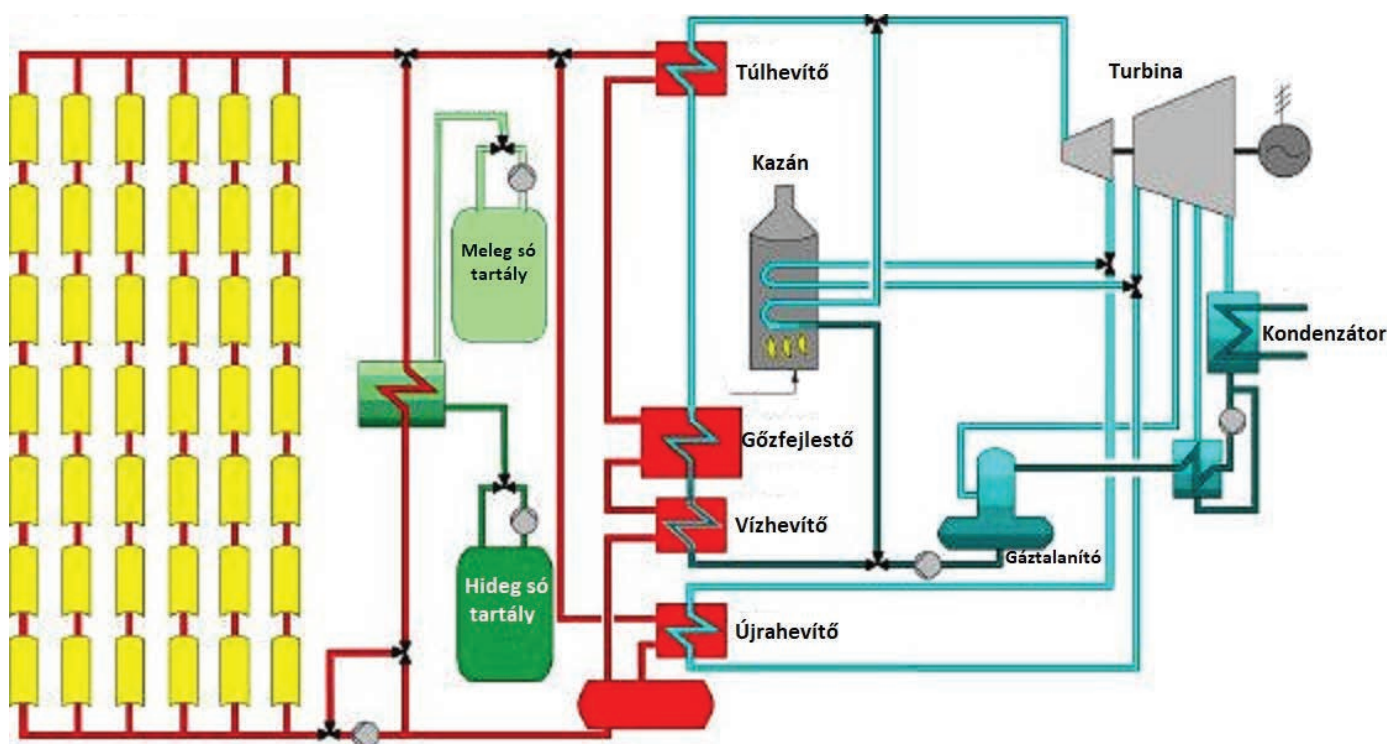
Az utóbbi időkből épített létesítmények általában 7-8 óra, de esetenként 12 óra tárolási idővel épültek.

Naphőerőművek szerepe a világ Villamosenergia-ellátásában

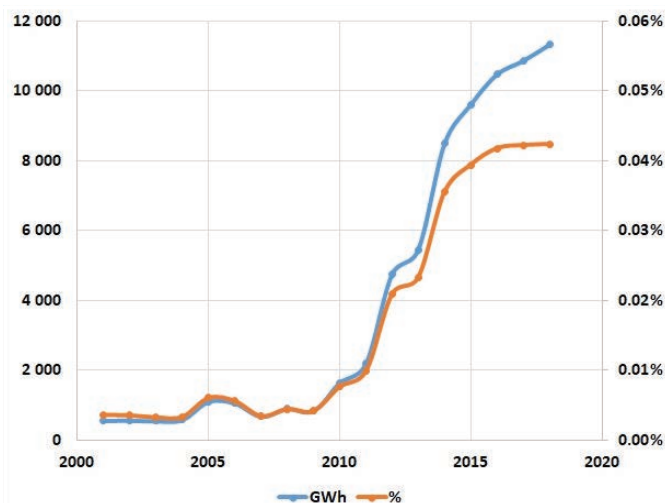
2002-ig több villamos energiát termeltek a naphőerőművek, mint a fotovillamos (PV) naperőművek, azóta a sorrend megfordult, 2018-ban már a PV termelés 50-szerese volt a CSP termelésnek és azóta is rohamosan nő. Egyelőre a naphőerőművek szerepe a világ energetikájában nem jelentős.

Jelenleg összesen 6275 MW naphőerőmű üzemel. A naphőerőművek viszonylag csekély elterjedésének több oka is van:

- drága,
- kevés olyan hely van a Földön, ahol célszerűen telepíthető,
- a rugalmas üzemvitelére jelenleg nincs nagy szükség, mert a villamosenergia-rendszerek rugalmasságát a fosszilis tüzelésű és a vízerőművek biztosítják.



13. ábra. Kéttartályos olvadt sós hőtároló



14. ábra. A naphőerőművek villamosenergia-termelése (GWh bal tengely) és aránya a világ összes termelésén belül (% , jobb tengely)

A sok hátrány ellenére a 2010-es évek első felében mégis gyors növekedést láthattunk a 14. ábrában, ami az évtized második felére jelentősen lelassult. Áttekintve a közeljövőre vonatkozó terveket a 2020-as években ismét sorozatos üzembehelyezések várhatók. 2021 végéig további, már épülő 1200 MW üzembehelyezését tervezik. Ebből a legjelentősebb tétel a Dubaiban tervezett 700 MW (3×200 MW parabolavályús, egy 100 MW-os naptornyos egységből álló) naphőerőmű. Ezen felül elsősorban Kínában találunk épülő naphőerőműveket. Még további országok is jelentettek be létesítési terveket, de az előrehaladásukról kevés az információ. A legimpozánsabb tervekről Chiléből érkeznek hírek. Ott több mint 1000 MW naphőerőművet terveznek építeni az Atacama sivatagban.

A jelenleg még nem versenyképes, 0,17-0,2 USD/kWh LCOE érték ellenére is viszonylag gyors terjedésük arra mutat rá, hogy mind a fejlesztők, mind az üzemeltetők olyan technológiát látnak benne, amelyre a jövőben nőni fog az igény. A várható igénynövekedés az időjárásfüggő megújuló alapú villamosenergia-termelés növekedéséből és a fosszilis tüzelésű erőművek kivezetésének szándékából adódik.

A beruházási költsége a sorozatgyártás kialakulásával nyilván csökkenni fog. Ezt segíti majd elő, hogy a jelenlegi sokféle kivitelből ki fog kristályosodni az a típus, amelyik a gazdasági, üzemviteli, anyagtakarékossági szempontoknak leginkább megfelel. Egy ilyen folyamatra láttunk példát az atomerőművek fejlődésénél, ahol az

1950-es, 1960-as években igen sokféle reaktortípussal próbálkoztak, azután a '70-es, '80-as évekre kiderült, hogy leginkább az LWR (könnyűvízes) reaktorok a fejlesztésre érdemesek. (Mellettük csak a CANDU létesült nagyobb arányban, az is kizárólag Kanadai fejlesztésként.)

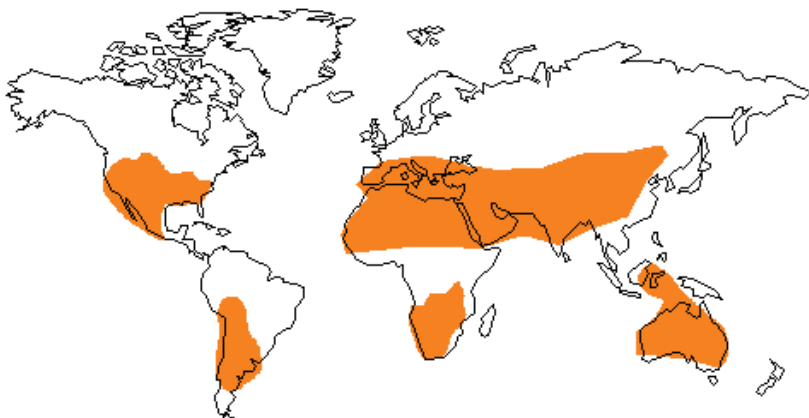
A költségcsökkenési trend már az elmúlt évtizedben is kézzelfogható volt. Az átlagos fajlagos beruházási költség – a növekvő hőtároló kapacitások ellenére – 2010-től 2019-ig közel 9000 USD/MW-ról 5800 USD/MW alá csökkent. Evvel együtt az elérhető kihasználási óraszám is növekedett. E kettő hatás együttesen eredményezte a teljes élettartalomra számolt aktualizált (diszkontált) költségekből számolt egységköltség (LCOE, levelized cost of electricity) csökkenését, amely ezalatt az idő alatt közel a felére csökkent, de még mindig több mint duplája a PV erőművékének.

Más a helyzet a földrajzi lehetőségekkel. Abban nem következhet be javulás. Minden naperőműnél (így a PV-nél is) a telephelyválasztás fontos követelménye, hogy jelentős legyen az évi besugárzás. Emellett a koncentrátoros naphőerőműveknél az is lényeges, hogy minél nagyobb legyen a direkt besugárzás aránya. Ugyanis a szórt sugárzást a PV erőmű tudja hasznosítani, de a tükörendszert nem. Az ebből a szempontból kedvező területek a sivatagok, ahol a besugárzás általában direkt (ritkák a felhők, a párásság). Az is lényeges, hogy a sivatagi övezet közel fekszik az Egyenlítőhöz, ezért a besugárzásban nincs jelentős évszak szerinti változás és a sugárzás időbeli eloszlása jól előre jelezhető. Ugyanis a hőtároló képesség óra nagyságrendű, a napszak szerinti ingadozás kiegyenlítésére alkalmassá tehető, de az évszak szerinti ingadozást nem tudja kivédeni.

Az alkalmas területeket [2] alapján a 15. ábra mutatja.

Összefoglalás

A cikk bemutatja a naphőerőművek lehetséges megoldásait és a két perspektivikus megoldás felépítését és a már megépült ilyen erőművek tipikus példányait. Összehasonlította a fotovillamos és a naphőerőművek villamosenergia-termelési folyamatait. Kiemelte a naphőerőművek legfontosabb előnyét, a termelés és fogyasztás összehangolási lehetőségét a hőtárolás révén. Ha el akarjuk érni a megújuló energiatermelés magasabb arányát, a fosszilis energiaforrások csökkentését, akkor egyre inkább rászorulunk a rugalmasan üzemeltethető, megújuló energiaforrást alkalmazó technológiák létesítésére. Ez a jelenleg is használatosak közül elsősorban a vízenergia és a biomaszra lehet. Ezeknek az alkalmazhatósága azonban korlátos, így nem engedhető meg, hogy lemondjunk erről a harmadik lehetséges technológiáról.



15. ábra. A Föld naphőerőmű telepítésre alkalmas területei

Irodalom

- [1] Gács I.: Naphőerőművek. Magyar Energetika XIX. (2012) 4. sz. p. 8-12. ISSN 1216-8599
- [2] Concentrated solar power – Wikipedia
- [3] Manzanares solar chimney in Spain [3] (researchgate.net)
- [4] Solar updraft tower - Wikipedia
- [5] Study Sees Ecological Risks as Solar Expands | Climate Central
- [6] https://en.wikipedia.org/wiki/Andasol_Solar_Power_Station
- [7] Andasol solar power station – Google Kereső
- [8] PS20andPS10 – PS20 solar power plant – Wikipedia
- [9] The Ivanpah Solar Electric Generating System Download Scientific Diagram (researchgate.net)

Indokolt-e már az e-mobilitás a nagyvárosi közösségi közlekedésben?¹

Buzinkay Tamás

fejlesztési és koordinációs igazgató – BKV Zrt.; buzinkayt@bkv.hu

A cím meglehetősen tűnhet a mai fő irányvonal mellett, hiszen ma közlekedés kapcsán szinte kizárólag a „zöldítés”, az elektromos meghajtás kizárólagossá tételéről beszélünk. És ez jól is van így, csak néha érdemes szembesíteni magunkat a realitásokkal is. Ma kevés szó esik arról, hogy az, ami a ma már igen komoly piaci részesedéssel bíró e-személyautózásnál a legtöbb esetben nem probléma, a személy- és áruszállításban még messze nem teljesértékű alternatívát jelent: a hatótáv és a töltési idő. Mert amíg a legtöbb személyautós napi 50 km-t, vagy annál is kevesebbet tesz meg és a teljes éjszaka rendelkezésre áll a töltéshez, a közösségi közlekedés autóbuszai gyakran 250-300 km-t tesznek meg és az éjszakai üzemzsinet is sokszor csak 5 óra, amikor a napi karbantartásokat is el kell végezni. Ilyen paraméterű autóbust ma még elektromos meghajtással nem lehet találni a piacon. Ennek a kérdéskörnek próbál a cikk/ előadás utánajárni.

*

The title may seem astounding in nowadays main stream, since today – in the context of transport – we are talking almost exclusively about ‘going green’ and electric propulsion. And that’s fine, but sometimes it’s worth confronting ourselves with reality. Today, there is little mention of the fact that what is not a problem in most cases with e-cars, which now have a very strong market share, is far from a complete alternative to passenger and freight transport: range and charging time. While most passenger cars travel 50 km or less per day and the full night is available for charging, public transport buses often travel 250-300 km and the night outage is often only 5 hours, when daily maintenance is also required. A bus with this parameter can not be found on the market today with electric propulsion. This is the issue the article/lecture is trying to look into.

A közösségi közlekedés részesedése és szerepe a fővárosi közlekedésben

Budapesten a – COVID vírus okozta veszélyhelyzetet megelőzően – a motorizált, városhatárt át nem lépő utazásokon belül a közösségi közlekedés és az egyéni közlekedés aránya 50-50% volt. Ez az arány egy kissé eltolódott a veszélyhelyzetben az egyéni közlekedés irányába, de a várakozás az, hogy a veszélyhelyzet megszűnése követően az arány majd vissza fog állni az eredeti szintre.

Ezen arányszámhoz képest viszont a közösségi közlekedés üvegházhatású gáz (ÜHG) kibocsátása a motorizált közlekedés által okozott ÜHG-n belül már most is csak 12-15%-ra (ami a fővárosi teljes ÜHG kibocsátásra vetítve mindössze 2,5%-ra) tehető.

Ezen adatokból látszik, hogy önmagában a közösségi közlekedés zöldítése nem tud érdemben változtatni a fővárosi levegőszennyezettségi szinten, csak akkor, ha ezzel párhuzamo-

san a közösségi közlekedés aránya (az ún. modal split) is jelentősen megnő. Ehhez vonzóbbá kell tenni a közösségi közlekedést, és ennek viszont már lehet egy eszköze a járművek „zöldítése”.

Mindezzel együtt kiemelendő, hogy a BKV Zrt. által nyújtott forgalmi teljesítmények kétharmadát már ma is elektromos meghajtású és így zero kibocsátású járművek (villamos, metró, trolis és e-busz) biztosítják, és csak az egyharmadát belső égésű motorral hajtott autóbuszok. Igaz ugyanakkor, hogy ezen elektromos hajtású járművek nem autonóm, azaz nem önjáró, hálózattól független járművek (kivéve a korszerű trolibuszokat, melyek korlátozottan, legalább 4 km hatótávra alkalmasak autonóm üzemre is), azaz hálózatszervezési és fejlesztési szempontból nem egyenértékűek az elektromos meghajtású autóbuszokkal, annál sokkal rugalmatlanabbak.

Mindezeket túl az is megállapítható, hogy – függetlenül attól, hogy autonóm vagy sem – az elektromos hajtás esetében a fajlagos energiafelhasználás az egyharmada (0,2-0,25 kWh/férőhelykilométer) a belsőégésű motoros járművekhez (0,6-0,8 kWh/fhkm) képest.

De nézzük mindezt a költségek oldaláról is: mivel az autonóm elektromos hajtás mód esetében teljes életciklusra vetített tapasztalat Európában még nincs, így ezen kérdéskör kapcsán vannak tények és vannak rövidebb távú tapasztalatokból felállított becslések, várakozások.

Tény, hogy az elektromos meghajtású autóbuszok jelenlegi beszerzési ára még mindig legalább 50-80%-kal magasabb, mint a belsőégésű motorral meghajtott járműké, viszont az is tény, hogy az egy megtett kilométerre vetített üzemanyagköltségük (a mai üzemanyagárak mellett) a harmada a dízelüzemének.

Emellett vélelmezhetjük, hogy egy teljes életciklusra nézve a karbantartási költség hasonló lehet a két meghajtási mód esetében, azaz összességében az alacsonyabb költségű és mértékű üzemanyag felhasználás áll csak szemben, mint megtérülési faktor a magasabb beszerzési költségekkel (legalábbis egy operátor társaság szintjén; társadalmi szinten, az externális hatásokkal már más megtérülési faktorok is megjelenhetnek).

Persze azt is látni kell, hogy az elektromos meghajtás kapcsán a legnagyobb kérdés az energiatárolás, hiszen a közlekedésben maga az elektromos hajtás mód egyidős a belsőégésű motoros járművekkel (sőt, Budapesten az első autóbusz elektromos hajtású volt), azaz a hajtás technológia kellően kiforrott. Az energiatárolás kapcsán pedig rohamléptekben történik a fejlesztés és a fejlődés: az akkumulátorok kapacitása évente láthatóan növekszik (az energiasűrűség növekedésével, illetve a méret és a tömeg csökkenésével), és ezzel párhuzamosan a hidrogéncella is ígéretesen fejlődik. Csak pont ez a rohamos fejlődés, azaz az energiaforrás kiforratlansága teszi nehezzé a döntést: a két energiatárolási mód teljesen eltérő háttérinfrastruktúrát igényel, és emellett egy beszerzési döntéstől a járművek forgalomba állásáig minimum egy, de inkább másfél év telik el, azaz a ma meghozott döntés a járművek átvételének időpontjában már lehet, hogy elavult lesz.

¹ A cikk a KLENN '21 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

Fentiek alapján kellene megadni a választ a címbe li kérdésre: Szükséges-e már az e-mobilitás a nagyvárosi közösségi közlekedésben?

Kik adhatnak választ a címbe li kérdésre?

Látva a kérdéshez kapcsolódó szerteágazó szempontokat, a választ mindenki a saját helyzetéből adódó látásmódja szerint tudja megadni.

A politikusok nyilván a ma elvárt „zöldítés” jegyében maximálisan sürgetik a helyi emissziót nem okozó járművek beszerzését, és nyilván ebben partnereik a fejlesztők, gyártók is (hiszen ők el szeretnék adni a terméküket).

Ennél kissé összetettebb, illetve óvatosabb véleményt fogalmaznak meg a kutatók, tudományos szereplők, de nyilvánvalóan az ő szemszögükből is a fejlődés és fejlesztés az elsődleges.

A következő fontos szereplő a közlekedésszervező, aki ebben a tekintetben már felemás helyzetben van: egyrészt, mint megrendelő, szeretné követni a társadalmi/politikai elvárásokat a környezetvédelem irányában, illetve attraktívabbá kellene tennie a közösségi közlekedést; másrészt, mint költségviselő, nehezebben hoz olyan döntést, melynek következménye a ma megítélhető módon az, hogy többet kell költeni.

És itt kerülnek képbe a közlekedési operátorok: végül is egy operátornak megszabott költségszinten kell működnie, melybe vagy belefér a „zöld” jármű, vagy nem. Ennek a dilemmája tehát nemcsak a közlekedésszervezőnél jelenik meg, hanem az operátornál is. Ebben a cipőben jár ma a BKV Zrt. is.

A végére maradtak az utazók és a város lakók. Az ő érdekük nyilvánvalóan az, hogy megfizethető áron magas színvonalú, környezetbarát közösségi közlekedést kapjanak, mely szempontok a fentiekből adódóan ma még nem egy irányba mutatnak; de alapvetően az ár és a szolgáltatás minősége a fontosabb számukra, és csak ezt követik a környezetvédelmi szempontok.

A fenti sok szereplős kérdéskörben egyértelműen a politikusok/döntéshozók azok, akiknek feltétel nélküli érdekük a zöld közlekedés megteremtése; és egyben lehetőségük is, hogy ennek feltételeit mind jogszabályi, mind finanszírozási oldalon biztosítsák.

Ennek következménye a közösségi közlekedés tekintetében az EU Tiszta jármű direktívája, mely a beszerzendő járművek darabszáma alapján fokozatosan szigorodó elírásokat tartalmaz a tagállamok felé 2026-ig, és ennek a megvalósulása a Kormány Nemzeti Buszstratégia koncepciója (és az ennek részét képező Zöld Busz Mintaprojekt), illetve Hazai Elektromobilitási Stratégia (Jedlik Ányos Terv 2.0). Ezen döntések egyrészt szabályozási oldalról próbálják kikényszeríteni a zöld járművek használatát, másrészt támogatást is nyújtanak a zöld járművek beszerzéséhez (melyből a BKV Zrt. jelenleg nem tud részesülni sajnos, mivel a támogatások célpontja nem a központi régió). De ugyanebbe a körbe tartozik a 2018-ban a Fővárosi Közgyűlés elfogadott budapesti klímastratégiai program is, amely a 2018-2030-as időszakra érvényes. A klímastratégiai programban megfogalmazott intézkedések között szerepelnek az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának csökkentése, dekarbonizációs, mitigációs és szemléletformálási célkitűzések.

A BKV válaszai

az e-mobilitás múltja és tapasztalatai a BKV-nál

Ne feledjük, hogy a közúti e-mobilitásnak a BKV-nál már idén 88 éves múltja van, a troliközlekedés 1933-ban indult meg a Fővárosban, és az összbudapesti autóbussz állomány 10%-át teszik ki a trolibuszok.

Az autonóm elektromos buszok terén pedig a BKV – a legtöbb közlekedési operátort megelőzve Európában – már 2015-ben elindított egy elektromos autóbussz beszerzési programot, mely 20 darab, az akkori technológiai fejlettségi szint által determináltan még csak midi méretű, tisztán elektromos hajtású autóbusszra vonatkozott. A beszerzett járművek, a hazai gyártású Modulo C68e típusú buszok 2016. tavaszán álltak forgalomba. A járműveknek már a kezdeti elméleti hatótávja (160 km) is csak korlátozottan tette alkalmassá a teljes napi közlekedtetésre, mára ez az érték a degradáció és bizonyos szükség szerű konstrukciós módosítások miatt már 100 km körüli értékre csökkent. Mivel a BKV 10 éves élettartamra szerzi be az autóbusszait, így ez a tendencia nyilván nem teszi alkalmassá ezt a járművet az elméleti élettartamig való használatra, csak akkucsomag csere mellett. A járművek teljes töltési ideje pedig 2-6 óra, feltéve, hogy nem indul egy balanszírozó ciklus, mert akkor ennek a többszöröse is lehet. Ez a töltési idő egy további problémát is felvet: a jármű karbantartására is pont ugyanaz az időkeret (éjszakai üzemszünet) áll rendelkezésre, de karbantartást csak feszültségmentesítés mellett lehet végezni, azaz a töltés és a karbantartás tevékenységei kizárják egymást.

A BKV-nál közlekedő midi méretű járművek fogyasztása hűtéssel együtt az 1 kWh/km értékhez közelít, de ma már majdnem ugyanezt a szóló méretű járművek is el tudják érni.



Modulo C68e elektromos midibusz (Fotó: BKV)

a tapasztalatok alapján felmerülő kérdések, megoldandó feladatok

A fentiekből természetesen adódik a kérdés, hogy milyen is lenne az ideális, vagy elvárható elektromos jármű. Röviden válaszolva nyilván olyan, mint a belsőégésű motorral hajtott jármű, azaz legalább 300 km hatótáv, és 10-15 perc teljes töltési idő. Ezen felül ma még nincs tapasztalat, és a folyamatosan fejlesztett akkumulátoroknál pláne nincs, hogy az idő múlásával a tárolókapacitásuk hogyan degradálódik. Látható, hogy a járműgyártók e terén óvatosabbak, és 5-6 éves vállalást tesznek a 80%-os kapacitás megmaradásra, de a fentebb említett 10 éves élettartamhoz ez még nem elég.

A hatótáv növelésnek két lehetősége van: vagy nagyobb energiasűrűségű akkumulátorok, vagy jelentősen alacsonyabb fogyasztás.

A szóló és csuklós autóbusszoknál már ma is komoly kihívások elé állítja a gyártókat a maximális közúti tengelyterhelés betartása,

és az akkumulátor csomagok tömege ezt még inkább nehezé teszi. Emiatt nem lehet már tovább növelni a jelenlegi energiasűrűség mellett az akkumulátorok mennyiségét (illetve lehet, de az a férőhely drasztikus rovására történhetne csak), azaz az energiasűrűség a kulcskérdés e tekintetben. E tekintetben, és a tekintetben is, hogy a fogyasztást csökkentsék. Az elektromos meghajtás hatékonysága már ma is igen magas, abban nagyságrendi javulást már nehéz elképzelni, így a fogyasztás csökkentésének legkézenfekvőbb módja a tömeg csökkentése.

A töltési idő az átvitt energia mennyiségétől függ, azonban az elektromos járművekben használatos feszültségek mellett ennek növelése már nehezebb kérdés, mert már ma is igen komoly hűtést igényelnek a gyors töltőberendezések és a töltőkábelek, amennyiben pedig ezt növelni szeretnénk, ezt a kérdést is meg kell oldani.

Természetesen ez a technológia „naponta” fejlődik, hiszen az elektromos hajtás iránti igény mára olyan mértékűvé vált, hogy a fejlesztőknek szinte minden pénzt megér egy hatékony technológia kifejlesztése. Emiatt látható, hogy javul mind az akkumulátorok energiasűrűsége, mind a töltési idők csökkennek, de talán azt is ki lehet jelteni, hogy a ma fejlesztett Litium technológiájú akkumulátorok fejleszhetősége véges, és valami egészen új technológia fogja megadni a megoldást.

Nyilván ezek a kérdések nem egy tömegközlekedési operátor feladatai. Nekünk az a feladatunk, hogy megtaláljuk a ma elérhető technológia mellett azt, hogy hogyan tudjuk azt úgy használni, hogy a jelzett hátrányokat minimalizálni lehessen. Mert azt mindenki tudja, hogy olyan mértékű – társadalmi és ennek nyomán már jogszabályi – elvárás az elektromobilitás alkalmazása, hogy ezt el kell fogadnia mindenkinek, még akkor is, ha az kicsit nehezebb – és jól érzékelhetően drágább –, mint a belsőégésű hajtásmód üzemeltetése.

A BKV is figyeli és teszteli folyamatosan az elektromobilitás fejlődését, és az látható, hogy ma már a nagyobb jármű méretekben, azaz a szóló és csuklós autóbuszok esetében is elérhető a 220 km körüli hatótáv, akár hűtés-fűtés mellett is, de a töltési idő még mindig 4-6 órát vesz igénybe ebben az akkumulátor mérettartományban.



BKV-nál tesztelt Mercedes Benz eCitaro (Fotó: BKV)

Ez tehát azt jelenti, hogy az éjszakai töltés és az éjszakai karbantartás közötti ellentétet még mindig nem sikerült feloldani, mely az alacsonyabb kocsikiadási arányokban bizonyosan meg fog jelenni az elektromos buszoknál.

Természetesen lehet megoldás a vonali töltő-infrastruktúra kiépítése is, mellyel napközben is lehetne valamelyest visszapótolni az elfogyasztott energiát, mely irányba szintén jelentős fejlesztések folynak. Ennek azonban mind a közterülethasználat, mind az energia megtáplálás oldalán komoly korlátai vannak, melynek átfogó megoldása még szintén várat magára.

Realitás-e ma egy teljes járműflottát e-mobilitásra alapozni, azaz valós alternatívája-e ma az e-mobilitás a hagyományos meghajtású járműveknek?

A fentiekben bemutatottak alapján látható, hogy ma még nem realitás egy Budapest méretű város teljes közúti gumikerekes közlekedését elektromos meghajtású járművekre alapozni, de a folyamat megkezdése mindenképpen aktuális.

Mindemellett ne felejtjük, hogy az elektromobilitás a közúti gumikerekes közlekedésben ma is jelen van Budapesten, hiszen a trolibusz is ezt képviseli, és létező, jól bevált technológia. A mai realitás közlekedési operátori oldalról, hogy a trolibusz hálózatot érdemes fejleszteni olyan módon, hogy egyrészt a járműveket jelentős, 10-20 km-es önjárásra kell alkalmassá tenni (ez ma már realitás, a BKV állományában is van 21 db Solaris Skoda Trollino típusú, akár a 4 km-es elméleti hatótávolságot jelentősen meghaladó önjárásra is képes trolibusz), másrészt a trolivonalakat úgy fejleszteni, hogy minimális hálózati infrastruktúra fejlesztések mellett az önjáróképesre alapozva a vonalakat hosszabbítani, leágazásokat létesíteni benne. És evvel a megoldással a járművek vonali töltése is egyben megoldódik, hiszen a felsővezeték alatti közlekedés idején töltődnek, így a meglévő vonalakra csatlakoztatva – az önjáróképesre optimalizált – vezeték nélküli vonalszakaszok létesíthetők.

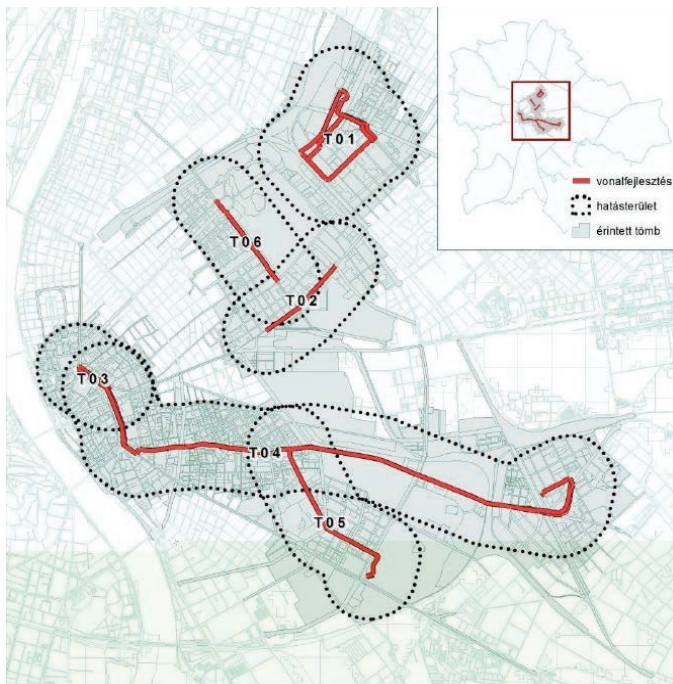


Solaris Skoda Trollino 12 IV gen. (Fotó: BKV)

Mik a továbblépés mai lehetőségei egy közlekedési operátornál:

az e-járművek esetében?

Ahogy a fentiekben is jeleztük, az egyik lehetséges továbblépés a trolihálózat önjáróképesre optimalizált fejlesztése, ill. a járműállomány lecserélése/bővítése önjáróképes trolikkal. Ezen a területen a BKV és a BKK 2021-ben is tervez lépéseket tenni, mind a hálózat fejlesztésében, mind az érvényes szerződés-



Trolibusz hálózat fejlesztési terv (Fotó: BKV)

ben szereplő, lehívható opciós mennyiségű 50 db korszerű, nagy önjáró képességű trolibusz beszerzési forrásának megteremtése érdekében.

Természetesen itt nem lehet megállni a fejlesztésben, így a BKV ezen felül tervez az idei évben egy kisebb, de legalább 40 darabos e-busz flotta beszerzést is, mely újabb tapasztalatokat adhat ezen hajtásmód széleskörű alkalmazhatóságáról. Azonban azzal számolunk, hogy minimum 60%-kal magasabb áron kerülhet sor az elektromos járművek beszerzésére, mint a dízelüzeműeké, mely ártöbbet a mai energiaárakkal számolva nem térül meg egy 10 éves futamidő alatt az üzemanyag költség különbségén. A jelenlegi piaci kínálatban mindezen túl ilyen hosszú akkumulátor élettartamot nem garantálnak, így könnyen előfordulhat, hogy a jármű akkumulátor csomagját is cserélni kell a tervezett élettartam alatt (és várhatóan 6-8 év múlva már a most beszerelt akkumulátort nem fogják gyártani, így a vezérlő menedzsment elektronikát is cserélni kell, azaz több 10 mFt-ra becsülhető költségű lesz). Mindez együtt azt jelenti, hogy az akkumulátoros elektromos járművek esetében nemcsak a beszerzési ár, hanem az életciklus alatti üzemeltetési költségek is jelentősen, 30-50%-kal drágábbnak tekinthetők (és jelenértéken számolva még annál is jelentősen többnek). Emiatt is szükséges, hogy az állam a fenntarthatóság jegyében támogatásokkal kompenzálja ezt a felmerülő többletköltséget az operátorok felé, mert egy ekkora többlet terhet a közösségi közlekedés finanszírozása nem tud elviselni, hiszen már ma is általános európai tapasztalat, hogy az utazóközönség fizetőképessége alapján a jegyárak az üzemeltetésben felmerülő költségek 1/3-át tudják csak fedezni, mely arányon a fentiek miatt az elektromos autóbuszok még tovább rontanának.

Mindaddig csak a hálózatról tölthető akkumulátoros energiatárolással ellátott járművekben gondolkoztunk, pedig hasonló erővel fejlesztik a hidrogéncellás energia előállítás módját, melynek alapanyaga szinte korlátlanul áll rendelkezésre, szemben a most alkalmazott és kutatott lítiumos akkumulátor technológiákkal, csak még elterjedtségük és ebből eredően tapasztalatok ezzel a tech-

nológiával nagyon korlátozottan vannak. De nemzetközi kitekintésünkben azt is látjuk, hogy több nagy európai közlekedési operátor is legalább olyan súllyal tekint ezen technológiára, mint a már most alkalmazott akkumulátorosra, és pont emiatt „kivárást” is alkalmaz, hogy melyik technológia lesz a nyertes.

az energiaellátásban?

Az energia ellátás kérdésköre két szempontból is érdekes: egyrészt hogy honnan szerzi be egy operátor, másrészt hogy mekkora kapacitás igényre kell készülnie.

Természetesnek vesszük, hogy amennyiben többlet elektromos energia igény merül fel, azt egyszerűen igényelni kell a szolgáltatótól. De a helyzet ma már nem ilyen egyszerű: míg a 2015-ben beszerzett 20 db elektromos autóbusz kiszolgálásához a szükséges 1500 kW többlet kapacitást viszonylag egyszerűen és ésszerű határidőre be lehetett szerezni, ma azt látjuk, hogy a többletkapacitás kérelmekre nem kap a BKV ilyen rövid időben pozitív választ. Tehát felmerül az elektromos energiaigény saját előállításának kérdése is. A BKV el is indult ezen az úton, a Kelenföldi buszgarázs területén 2020-ban fedett busztároló kialakításával egyidejűleg egy majd 1200 m²-es napelemes tetőszerkezet létesült, mely 650 db panelt tartalmaz, és éves tervezett energiatermelése összesen 220 000 kWh/év, ami a cikk elején szereplő, legoptimálisabb 1 kWh/km fogyasztási adatot tekintve 220 000 km megtételét teszi lehetővé, mely nagyságrendileg 3 db átlagos futásteljesítményű autóbusz éves üzemeltetését biztosítja. Tekintettel arra, hogy a BKV autóbuszgarázsainak szabadtéri tárolóterülete meghaladja a 300 000 m²-t, már a mai fejlettség mellett akár a BKV teljes buszflottájának elektromos áramigényét is elő tudná állítani a BKV saját naperőművel. És ha a napelemek hatásfoka továbbra is olyan ütemben fejlődik, mint az elmúlt évtizedekben, akkor ez azt is jelentheti, hogy ennél lényegesen kevesebb napelemmel is elérhető lenne ugyanez a teljesítmény.



Kelenföld buszgarázs napelemes fedett busztároló (Fotó: BKV)

A beszerzendő kapacitás nagyság is sok kérdést vet fel, hiszen a fejlődés egyaránt érinti a járművek tárolási és fogyasztási értékeit, de ugyanígy a gyorstöltések fejlődése is egészen más kapacitást igényelnek. Mivel ez a terület még az akkumulátoroknál is gyorsabban fejlődik, e tekintetben is nagy a bizonytalanság egy felhasználónál, hogy mikor érdemes az elektromos járművek irányában elindulnia, és melyik töltési technológiát részesítse előnyben. Mivel a fejlődés rohamléptékű, tapasztalat kevés alakulhat ki e téren is, így nincs „jó piaci gyakorlat”, melyet segítségül lehetne hívni, ezért minden üzemeltető maga keresi az optimális megoldás felé vezető kompromisszumot a töltési teljesítmény (és így a töltési idő) és a lekötendő vagy előállítandó kapacitások között.

Mindezen kérdések és lehetőségek persze csak akkor jelenthetnek kitörési pontot, ha az elektromos járművek meghajtásához szükséges energia biztosítására az akkumulátorok járművön való hordozása marad az irányadó technológia, és nem más, mint például a jelenleg is versenyben lévő hidrogéncellás energiatermelés, mely teljesen más háttérinfrastruktúrát és üzemeltetési feltételek kíván meg, és amely energiaelőállítási mód működőképességéről és végleges, szériaérett technológiájának hosszabb távú üzemeléséről még ennyi tapasztalatunk sincs ma.

Tanulság, azaz ki ad helyes választ a címbe li kérdésre?

A fentiekben értelemszerűen a működésbiztonságban és a költségoptimalizálásában érdekelt operátor szemszögét mutattuk be

részletesebben. Ebből az a végkövetkeztetés is kiolvasható lenne, hogy ma még nem annyira kiforrott az autonóm elektromos jármű technológia, hogy érdemes lenne komolyabb beszerzéseket, vagy egy teljes autóbusszfloottát erre a hajtásmódra alapozni. És ez ebből a nézőpontból ma így is van, nem véletlen, hogy az európai autóbussz üzemeltetők jelenleg nem gondolkodnak a teljes járműflottájuk rövidtávú lecserélésén elektromos meghajtású autóbusszokra.

Mindazonáltal egy társadalom, vagy a bolygó egésze szempontjából mégis szükség van arra, hogy ez irányban határozott lépéseket tegyenek az országok, mert a jövő útja egyértelműen az elektromos meghajtású járművek felé mutat, és a fejlesztők is csak akkor ruháznak be komolyabb összegek a technológiai fejlesztésbe, ha egyértelmű jelzést kapnak, hogy erre szükség és kereslet van vagy lesz.

Mivel azonban ez a fejlődés – eltérően az organikus, a felhasználói igények által kikényszerített fejlődéstől – nem a tényleges felhasználók keresletén alapul jelenleg még, hanem társadalmi és ökológiai igényből merül fel, a jövőbe mutató választ alapvetően a társadalmi döntéshozók tudják megadni: szabályozási és támogatási döntésekkel. Csak arra kell vigyázni, hogy a régi magyar mondás hibájába ne essünk: a kocsi ne előzze meg a lovakat, azaz a technológiai fejlődés szinkronban tudjon maradni a döntéshozói elvárásokkal!

A címbe li kérdésre tehát a válaszuk: egy közlekedési operátor oldaláról nem indokolt ma még, de kell!

Hatvani György 80 éves

Hatvani György 1941. január 9-én született Nyíregyházán. Villamosmérnöki diplomáját 1964-ben szerezte a Budapesti Műszaki Egyetemen. Szakmai pályafutása szorosan összekapcsolódott az energia-iparral. A diplomaszerezés után mintegy 30 éven át a Magyar Villamos Művek-ben (MVM) dolgozott, ahol a ranglétrán előrehaladva 1883-tól műszaki vezérigazgató helyettes, majd 1987-91 között vezérigazgató volt.

E pozícióban aktív szerepet vállalt az európai műszaki színvonalú hazai villamos energia rendszer kialakításában, üzemeltetésében és fejlesztésében, valamint a villamosenergia iparág részvénytársasági formába való átalakításának előkészítésében. 1991-97 között miniszteri szaktanácsadó, a Transelektro Rt. energetikai vezérigazgató helyettese, az MVM Rt. Igazgatóságának elnöke volt, majd 1997-99 között a Magyar Energia Hivatal főigazgatói posztját töltötte be. 1999-2002-ig a Magyar Külkereskedelmi Bank főtanácsosa, majd 2002-2006 között a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium energetikáért felelős helyettes államtitkára volt. E minőségében legfontosabb feladata és felelőssége a hazai villamosenergia- és földgázpiac működése törvényi feltételeinek kidolgozása, a vonatkozó EU Irányelvek hazai adaptálása, a piacnyitás végrehajtása és működésének beindítása volt. 2006-10 között a MAVIR Zrt. Igaz-

gatóságának elnöke volt. 2006-tól a Biztonsági Földgáztároló Zrt. Igazgatóságának elnöke.

Számos szakmai publikációja jelent meg, igen sok előadást tartott hazai és nemzetközi fórumokon. Több mint tíz éven át meghívott előadó volt a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskolán. Több főiskolai jegyzet, valamint országos szakközépiskolai tankönyv szerzője, ill. társszerzője.

Számos hazai és nemzetközi szakmai szervezet vezetőségében vállalt szerepet. 1984-90 között a Magyar Elektrotechnikai Egyesület alelnöke, 1990-92 között elnöki feladatait látta el, 1990-1992 között az Energiapari Vállalkozók Szövetségének elnöke, 1991-1997 között a Villamosenergia-termelők és Elosztók Nemzetközi Szervezete végrehajtó bizottságának volt tagja. A Magyar Mérnök Akadémia alapító tagja.

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Energetikai, majd Műszaki Tudományos Tanácsában vállalt aktív szerepet.

Munkásságát a számos szakmai díjai mellé 2006-ban a Magyar Köztársasági Érdemrend Középkeresztje kitüntetéssel ismerték el.

Kedvelt hobbiiban (vitorlázás, sélés és teniszezés) a pandémia akadályozza.

Az ETE elnöksége és lapunk szerkesztősége nevében 80. születésnapja alkalmából gratulálunk, további tevékenységéhez jó erőt, egészséget kívánunk.



Benedetti LED cső robbanásveszélyes terekben való alkalmazhatósága¹

Rózsahegy Barnabás

munkahelyi fény-, és megvilágításmérési szakértő, robbanásbiztos berendezés felülvizsgáló, info@benedetti.hu

A szabadalmaztatott technológia lehetőséget nyújt, hogy vállalata költséghatékonyan korszerűsítsen. Ezzel az egyszerű megoldással nagy lépést tesz vállalata az innovatív világítás kiépítése felé.

*

Patented technology provides an opportunity for your company to upgrade cost-effectively. With this simple solution, your company is taking a big step towards building innovative lighting.

Miért akarunk korszerűsíteni?

Cél meghatározása

Röviden válaszolva: a cél az energiamegtakarítás, és az ebből következő profit.

Az Európai Unió azt a nagyratörő célt tűzte ki, hogy 2020-ig 20%-kal növeli az energiahatékonyságot, ami CO₂ kibocsátás-csökkenést eredményez. A világítás kb. 45%-át teszi ki a városok villamos energia felhasználása, ezen belül a legnagyobb fogyasztók az ipari üzemek.

Az utóbbi években a LED-es technológia gyors fejlődését tapasztalhatjuk. Ennek következtében a felhasználási területe is egyre bővül. Az energiamegtakarításban rejlő lehetőségek számos vállalkozásnál igényként merülnek fel.

A tanulmány két kérdésre keresi a választ:

1. Retrofit LED csővel gazdaságosabban lehet-e világítani, mint a fénycsővel?
2. Használható-e a retrofit T8 LED cső robbanásveszélyes helyeken?

A LED látványos fejlődésének eredményeképpen kisnyomású, kisülő elven működő fényforrások fokozatosan háttérbe szorulnak. Ezt a folyamatot nem csak a technológia fejlődése idézi elő, hanem a vállalatok energiamegtakarítási igényei, és környezettudatos szemléletmódja is.

A megkezdett folyamat eredményeként az üzemeltetők egyértelműnek tartják a fénycsövek LED-del való kiváltását.

Meggyőződésem, hogy a folyamatot nem lehet feltartóztatni, és a félvezetésen alapuló technológia már a jelen fényforrása, amelyben a világítástechnikai szakma szigorú kritériumait is figyelembe vesszük.

Írásomban elfogulatlanul próbálok vizsgálni a LED-ek tényerésének előnyeit és esetleges hátrányait egy ténylegesen megvalósított beruházáson keresztül.

A robbanásveszélyes környezetben működő vállalatok elsősorban az olajipar, a gázipar, a gyógyszeripar, a festékipar területén található, és általánosságban elmondható, hogy ezekben a gyárakban, üzemekben folyamatos vagy több műszakos termelés zaj-

lik. Magyarországon hozzávetőleg 3-400 ilyen körülmények között működő, kisebb-nagyobb gyár van. A Z1 térségben döntően, nagy darabszámban fénycsöves világítást használnak.

Ezért ez olyan terület, ahol a jó megtérülés garantálható.

Korszerűsítés kritériumai:

Minden tulajdonos szeretné az üzemét költséghatékonyan üzemeltetni. Ezért folyamatosan keresi azokat a műszaki megoldásokat, amelyek ezt lehetővé teszik.

A korszerűsítés kritériumai a meglévő feltételek és körülmények, valamint az elérni kívánt állapot figyelembe vételével az alábbiak szerint foglalhatók össze:

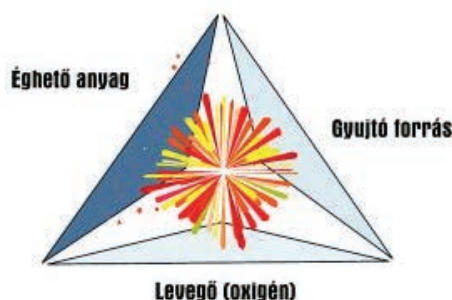
1. Az üzemeltető szeretné a világítási rendszert egyszerűsíteni és gazdaságosabbá tenni.
2. Az üzemekben növelni szeretnék a megvilágítási szintet, többlet-fényforrás beépítése nélkül.
3. Az átalakításnak költséghatékonyan kell lenni, és jó megtérülési mutatóval kell rendelkeznie, lehetőleg 1-2 éven belül meg kell térülnie.

A robbanásveszélyes környezetben használt világítótestek legdrágább eleme az elektronikus előtét. Az ezekben a térségekben használt világítótestek akár 20-30-szor is többé kerülhetnek, mint a nem Ex-es tanúsítással rendelkező lámpák.



Robbanásbiztos lámpa elektronikus előtétje

A robbanásbiztonság alapvető fogalmai



¹ A cikk a KLENN '21 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

Az égés lassú oxidációs folyamat. A láng terjedési sebessége 10 m/s, és maximális nyomása 0,1 bar.

A **robbanás** gyors energiaátalakulással járó folyamat, mely hirtelen következik be és nagy terjedési sebesség jellemzi. Ennek következtében az üzemi épületekben és berendezésekben jelentős károkat okoz. A láng terjedési sebessége több 100 m/s, a robbanási nyomás 5-10 bar.

A **detonáció** igen intenzív robbanás. A láng terjedési sebessége több 1000 m/s, a robbanási nyomás 10-80 bar.

A robbanásveszélyes területekre bevihető villamos berendezések megfelelőségét nagyon szigorú kritérium rendszer alapján, országoként egy államilag ellenőrzött vizsgáló állomás ellenőrzi. Ezek a vizsgáló állomások állítják ki az Ex-es típusvizsgálati tanúsítványt, amely lehetővé teszi egy adott termék zónán belüli felhasználhatóságát.

A robbanásbiztos környezet osztályozása

A 3/2003. (III.11.) FMM-ESzCsM együttes rendelet előírja, hogy a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben lévő munkahelyekre, ahol veszélyes mennyiségű és koncentrációjú éghető gáz, gőz, köd, vagy gyúlékony por fordulhat elő, zónabesorolást kell készíteni.

Robbanóképes keverék valószínűségének előfordulási ideje

Ahhoz, hogy a zónabesorolásokat pontosan meghatározhatassuk ismernünk kell a robbanóképes keverék valószínűségének előfordulási idejét.

Besorolás	Robbanóképes keverék jelenlétének valószínűsége /év	A veszély időtartama/év
0	$P > 10^{-1}$	$t > 1000$ h
1	$10^{-1} \geq P > 10^{-3}$	$1000 \text{ h} \geq t > 10$ h
2	$10^{-3} \geq P > 10^{-5}$	$10 \text{ h} \geq t > 0,1$ h

Gázok, gőzök, ködök zónái

Zóna	Meghatározás	Jelölés
0-ás zóna	Olyan térségek (övezetek), ahol a veszélyes robbanóképes gázközeg állandóan, vagy hosszú ideig jelen van. Ide tartoznak a tartályok, csővezetékek belső terei, tartályok és nyílt felületkezelési (sztatikus festés, lakkozás) eljárások	
1-es zóna	Olyan térségek, ahol azzal kell számolni, hogy a veszélyes robbanóképes gázközeg a technológia velejárója, előfordulása esetleges. Ide tartoznak a szokásos tűz- és robbanásveszélyes technológiai folyamatok berendezései, ahol a karimás kötések, forgó berendezések (szivattyúk, kompresszorok) tömítetlenségei, valamint a villamos szerelvényeknél (mágnesszelep, elzáró szerelvények) fellépő szivárgások következtében robbanásveszély állhat elő.	
2-es zóna	Olyan térségek, ahol azzal kell számolni, hogy a veszélyes robbanóképes gázközeg csak ritkán és akkor is csak rövid ideig fordulhat elő. Ez a zóna általában az 1-es zónával határos térrész, valamint többnyire raktár, tárolótéri technológiai részekre terjed ki. Normálállapotban, üzemi körülmények között nincs robbanás veszély.	

Porok által veszélyeztetett térségek besorolása

Zóna	Meghatározás	Jelölés
20-as zóna	Olyan térségek (övezetek), ahol a veszélyes robbanóképes porközeg állandóan, vagy hosszú ideig jelen van. Ide tartoznak a port tartalmazó tartályok, port továbbító csővezetékek belseje.	
21-es zóna	Olyan térségek, ahol azzal kell számolni, hogy a veszélyes robbanóképes porközeg a technológia velejárója, előfordulása esetleges. Ide tartoznak a porszűrők, leürítési helyek környékei, porleválasztók.	
22-es zóna	Olyan térségek, ahol azzal kell számolni, hogy a veszélyes robbanóképes porközeg csak ritkán és akkor is csak rövid ideig fordulhat elő. Ezek általában azok a helyek, ahol porlerakódással kell számolni. Pl.: malmok	

[1]

Védelmi módok

Készülékek védelme „d” nyomásálló tokozással.
 Készülékek „e” fokozott biztonságú védelemmel.
 Készülékek védelme „p” túlnyomásos tokozással.
 Készülékek védelme kiöntéssel, „m”.
 Készülékek „o” olaj alatti védelemmel.
 Készülékek védelme kvarchomok töltéssel „q”.
 Gyártmányok védelme „n” típusú védelemmel.
 Gyártmányok gyújtószikra mentes védelemmel „i”.
 Különleges védelem „s”.

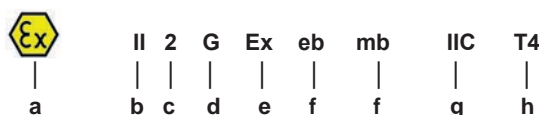
Alkalmazási csoportok

I. csoport: sújtólég-biztos gyártmányok sújtólégveszélyes bányák számára történő alkalmazásra.
 II. csoport: robbanásbiztos gyártmányok robbanóképes gázközeg tartalmazó helyeken történő alkalmazásra, a sújtólégveszélyes bányák kivételével.
 III. csoport: robbanásbiztos gyártmányok sújtólégveszélyes bányakon kívüli robbanóképes poros közeget tartalmazó helyeken történő alkalmazásra.

Védelmi jelölési rendszer

Az ATEX (2014/34/EU, 35/2016. (IX. 27.) NGM rendelet) direktíva hatálya alá tartozó termékek azok a berendezések, védelmi rendszerek, alkatrészek vagy biztonsági, vezérlő vagy szabályozó eszközök, amelyek robbanásveszélyes környezetben üzemelnek, és rendelkeznek CE-jelöléssel.

Az általunk kifejlesztett, és Szabadalmaztatott robbanásbiztos LED cső védelmi jelölése:



Az egyes részek jelentései:

- a: A hatszögben levő „Epsilon x” felirat azt jelenti, hogy a gyártmány rendelkezik egy vizsgálóállomás típusvizsgálati tanúsítványával.
- b: ATEX alkalmazási csoport. Itt föld feletti üzemekre készítettük a gyártmányt.
- c: ATEX kategória. Zóna 1

- d:** A veszélyforrás légnemű gáz. Ha poros közegre terveztük volna, itt „D” (dust) lenne.
- e:** A védelmi mód szabványos jelölése.
- f:** Védelmi mód megjelölése: „e” fokozott biztonságú.
- f:** Védelmi mód megjelölése: „m” kiöntéses védelem.
- g:** Esetünkben föld feletti (II) és hidrogén a reprezentáns gáz (C).
- h:** Hőmérsékleti osztály. Esetünkben a gyártmány felületi hőfoka max. 135 °C.



Retrofit” kialakítás ismertetése

Az angol „retrofit” szó átalakítást, modernizálást jelent. A világítástechnikában ez a világítótest átalakítását jelenti, amely során a régi lámpatestet meghagyják, de a fényforrását LED-re cserélik. A retrofit termékek alkalmazása éppen ezért viszonylag olcsó. A szakmailag is jó döntés meghozatalához viszont számba kell venni az esetleges problémákat is. Vegyük számításba a lehetséges előnyöket és hátrányokat, és ezek alapján határozzuk meg, hogy jó döntés-e az, ha ehhez a korszerűsítéshez ilyen retrofit megoldást választunk.

A retrofit megoldásokkal szemben az alábbi kifogások merülhetnek fel:

1. Az új, LED-del szerelt világítótest fényeloszlása megváltozik.
2. A régi világítási berendezést ezáltal hosszú időre konzerváljuk.
3. Elektromos bekötési problémák merülhetnek fel.
4. A lámpatestnek megszűnik a biztonsági minősítése.

Most, mielőtt továbbmennénk, térjünk ki ezen kérdések megválaszolására.

1. A LED-es fényforrások fényárama és fényeloszlása is eltér a régi fénycsöves világítótest fénytechnikai paramétereitől. Ez azt eredményezi, hogy az új megvilágítási és fényerősségi szintek következtében ún. „foltosság” jöhet létre. Ez a legtöbb robbanásveszélyes technológiát alkalmazó gyárnál azért nem következik be, mert a technológiai csővezetések miatt a lámpatestek kiosztása mindig technológia függő, és közel vannak elhelyezve egymáshoz, sok esetben alacsony a fénypontmagasságuk. Általánosan mindenhol egyenletesen növekedett a megvilágítási szint és így el tudtuk érni a kívánt 300 lx-ot.
2. A szigorú ATEX direktíva megköveteli a lámpatesteknél alkalmazott anyagok kiválóságát. Több évig tartó mérések, és vizsgálatok elvégzése után nagy határozottsággal állítható, hogy ezeken a helyeken használt lámpaházak, burák gondos tisztítás után tökéletesen alkalmasak arra, hogy további éveket használják. A bura kialakítása olyan, ami a rendszeres karbantartásnak köszönhetően nem elhasználandó, a fényt jó hatásokkal – kialakításának köszönhetően – káprázásmentesen engedi át.
3. Az ATEX előírás, és az átszereléseket végző személyek, cégek szigorú ellenőrzésének köszönhetően, nem fordulhat elő az, hogy olyan személyek végezzenek átszereléseket,

akik nincsenek szakszerűen kioktatva, felkészítve, vizsgáztatva ezen terület ismertéből. Sőt, tapasztalat alapján elmondható, hogy a robbanásveszélyes térségben villamos szereléseket végző szakembergárdának ez az átszerelés semmilyen gondot nem okoz.

4. A speciális gyártókra vonatkozó ATEX direktíva ezt a kérdést is részletesen taglalja, és külön fejezetben tárgyalja az alkatrészek utánpótlási kötelezettségét. A rendszeres és körültekintő karbantartás ezeket a régi lámpákat jól konzerválja, és elmondhatom, hogy szinte újszerű állapotban tartja.

Összességében megállapítható tehát, hogy a robbanásveszélyes területen működő gyárak, üzemek világításkorszerűsítéséhez Retrofit megoldást alkalmazni célszerű, mert több előnnyel jár, mint hátránnyal.



Retrofit LED-Ex cső

Átszerelésről készült képek:



Összefoglalás

Az eredményeket figyelembe véve elmondhatjuk, hogy a korszerűsítés által megvalósultak a kitűzött célok, a megvilágítási eredmények igazolják a modernizáció szükségességét.

A korszerűsítés eredményeit az alábbiakban így foglalhatjuk össze:

1. A Robbanásbiztos LED cső vitathatatlan előnye, hogy a foglalat megtartása mellett, minimális átalakítással üzembe helyezhető. Az elektronikus előtetet ki kell szerelni, és a lámpatesten belül kell a vezetőkeket átkötni. Ami kb. 1 óra munkát vesz igénybe lámpánként.
2. A LED cső működtetése, a fénycsőhöz képest 60%-kal kevesebb energiát igényel.



Ilyen volt



Ilyen lett

3. A régi fénycsöves lámpa legdrágább elemére (elektronikus előtét), nincs a továbbiakban szükség, mert a LED cső direkt 230VAC igényel.
4. A feleslegessé vált elektronikus előtét szabadon felhasználható. Esetlegesen a régi lámpáknál a pótlásokhoz vagy értékesíthető. Általában egy gyár a korszerűsítéseket több lépcsőben hajtja végre, így saját maga is fel tudja használni a kiszertelt előtétet, növelve így a megtérülési időt.
5. Nőtt a munkahelyeken az általános megvilágítási érték, elérhetővé vált a minimális 300 lx. Kb. 15%-kal növekedett a megvilágítási szint.
6. Rendkívül jó megtérülési idő érhető el, mert az elektronikus előtétet hasznosítani tudjuk. **Az előtét bekerülési költsége magasabb, mint a teljes LED korszerűsítési folyamat.**



Irodalom

[1] Fejes János: Robbanásbiztos berendezések, Oktáv Zrt. 2015

Új államtitkár irányítja hazánk energia- és klímapolitikájának megvalósítását

2021. január 15-étől új szervezeti felépítésben irányítják hazánk energia- és klímapolitikáját.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium volt a felelős az új Nemzeti Energiastratégia és a hozzá tartozó cselekvési tervek kidolgozásáért amelyet Kaderják Péter irányított. A Minisztérium szerint a következő időszak kihívása az elfogadott és megindított programok, nemzetközi vállalások és kötelezettségek megvalósítása. Ehhez, az elsősorban uniós egyeztetéseket igénylő feladatokhoz célszerűnek mutatkozott új szervezet kialakítása, és irányítására új államtitkár kinevezése.

Erre a feladatra az Igazságügyi Minisztérium eddigi európai uniós ügyekért felelős államtitkárát Steiner Attilát találták alkalmasnak.

Steiner Attila
körforgásos gazdaság fejlesztéséért, energia- és klímapolitikáért felelős államtitkár



1982-ben született Mórton. A pannonhalmi, majd a meschedei (Németország) Bencés Gimnázium elvégzése után a Corvinus Egyetemen okleveles közgazdász diplomát szerzett 2007-ben. Az egyetemről Európa vezető stratégiai tanácsadó cégéhez, a Roland Berger vállalatához került gyakornokként, és még ugyanebben az évben a MOL Nyrt.-nél stratégia és üzletfejlesztő szakértőként

kezdte meg szakmai karrierjét. Három év után, 2010-ben politikai tanácsadóként folytatta pályafutását Brüsszelben, az Európai Parlamentben. Tanulmányait 2013-2014-ben a Firenzei Szabályozási Iskola energiaszabályozási szakképzésével, 2015-ben pedig a Német Szövetségi Biztonságpolitikai Akadémia biztonságpolitikai szemináriumával egészítette ki. Miután Brüsszelből hazatért, tapasztalatait kamatoztatva 2014 és 2018 között főosztályvezető-helyettesként, illetve politikai tanácsadóként segítette a Miniszterelnökség munkáját. 2015-től 2018-ig a Paks II. Atomerőmű Zrt. felügyelő bizottsági, majd 2018-tól 2019 júliusáig igazgatósági tagja volt.

2018-tól a Miniszterelnökség európai uniós kapcsolatért felelős helyettes államtitkára.

2019 júliusától az Igazságügyi Minisztérium európai uniós ügyekért felelős államtitkára.

2021. január 15-étől az Innovációs és Technológiai Minisztérium körforgásos gazdaság fejlesztéséért, energia- és klímapolitikáért felelős államtitkára.

Államtitkár úr kinevezéséhez gratulálunk, felelősségteljes munkájához sok sikert kívánunk!

Az almérési szabályozás első évének tapasztalatai¹

Rátkay Gábor

okl. gépészmérnök, energetikai auditor, rtkgbr@argenting.hu

A 2020 januárjában megjelent MEKH szabályozás és annak júliustól hatályos módosítása egy jó alap, amelynek végrehajtását – reméljük – rugalmasan kezeli a hatóság, hiszen néhol indokolatlanul szigorú, máshol pedig hatalmas méretlen fogyasztásokat enged ki a hatálya alól. A határidők hatására sok találkozónk volt az érintettekkel (cégvezetők, műszaki vezetők, energetikusok, szakreferensek), akik megosztották véleményüket a rendeletről. A szolgáltatói oldalról közel 100 telepítés tapasztalatait (műszaki, üzleti, kivitelezési) osztom meg a konferencia résztvevőivel. Érdekes adatokat osztok meg a különböző iparági cégek mérőrendszereinek áráiról és az egy-, illetve többlépcsős megvalósítás költségeiről. A 2020-as évet tekintve kikerülhetetlen téma, hogy a mi munkánkat miként befolyásolta a COVID-vírus. Végül felülvizsgálom egy évvel ezelőtti prognózisomat a kivitelezhetőségre a kivitelezési kapacitások és a megrendelők hozzáállása alapján.

*

The MEKH regulation published in January 2020 and its amendment effective from July is a good basis, the implementation of which we hope will be handled flexibly by the authority, as in some cases it is unreasonably strict and in others huge non-measured consumptions are left unregulated. As a result of the deadlines, we had many meetings with stakeholders (company executives, technical managers, energetics, external energy rapporteurs) who shared their views on the regulation. From the service provider side, I share the experiences of nearly 100 installations (technical, business, implementation) with the conference participants. I will share interesting data on the prices of metering systems of companies from different industry-field and the costs of single- and multistage implementation. Looking over 2020, how our work has been affected by the COVID virus it is an unavoidable topic. Finally, I review my forecast for feasibility after a year based on implementational capacity and customers attitudes.

A téma szinte kimeríthetetlen időkeretű beszélgetéshez elegendő tapasztalatot, információt és sztorit adott az elmúlt egy év során. Megkísérlem a szerteágazó kérdéseket valamiképpen rendszerbe foglalva megosztani az olvasókkal. A kályhától, gyökerektől indulva megnézzük mit is lehetne még a rendeleten javítani.

Miként élték meg az érintettek – kötelezett cégtulajdonosok, ügyvezetők, műszaki-energetikai vezetők, szakreferensek – az első év nehézségeit?

A már telepített almérő rendszerek milyen hibákra hívták fel a figyelmet, jelentős megtakarításokat katalizálva.

A megvalósítás során egy- vagy kétütemű kivitelezést választottak a cégek jellemzően? Ragaszkodtak-e a kötelező szinthez, vagy felülteljesítettek a mérők számában? Megijedtek-e kellőképpen a cégvezetők az esetleges büntetéstől?

Hogyan alakultak a mérőrendszerek elemeinek árai? Milyen elvárásokat támasztottak a megrendelők a garanciák, a finanszírozás

és a minőség terén? Milyen új fejlődés indult meg a mérőrendszerek eszközeiben?

Milyen problémákat okozott a járványhelyzet a kivitelező cégek üzletmenetében?

Gondolatok a rendeletről

Adattárolás: ezentúl nem szükséges, hogy a mérőegység magában tudjon adatot tárolni, elegendő, ha egy rendszerbe integrálva működik, és a rendszer másik eleme (pl. data logger, hub, mögöttes szoftver) tárolja az adatot.

További változás, hogy specifikálva lett, az almérőnek váltóáramú hatásos villamos energia mérésére szolgáló fogyasztásmérőnek kell lenni – tehát az áramerősség mérése önmagában (egy data logger nélkül, ami tudna cos fi-t és ezáltal hatásos teljesítményt számolni) nem felel meg az előírásoknak.

A mérők minőségének meghatározásában „B-osztályú” pontosságot ír elő a rendelet. Ez a besorolás azonban olyan szabályozásban található meg ahol a MID tanúsítvánnyal rendelkező mérők alkalmazásáról van szó. Álláspontunk szerint az almérések során szükséges ún. összehasonlító-, trendeket vizsgálni szándékozó alkalmazásban erre semmi szükség sincsen. Itt nem kell pontos, hivatalos elszámolást, számlázást végezni a fogyasztott energia mennyisége alapján.

Az új szabályozás gyakorlatilag kimondja, hogy kiváltható az almérő telepítése akár a meglévő elszámolási mérővel is, ha az az almérőre vonatkozó feltételeket teljesíti, illetve a szervezet az elszámolási mérőn mért adatokat közvetlenül megkapja és nyilvántartja, vagy legalább havi rendszerességgel a szolgáltatótól átveszi és nyilvántartja.

A cégvezetők továbbra sem ijedtek meg kellőképpen, hisz a várható büntetések csak áttételesen olvashatóak ki az energiahatékonysági törvényből.

Továbbra is csupán az MEKH illetékeseinek a tavalyi év igen ritka konferenciáin elhangzott előadásaiból lehetett tájékozódni arról, hogy mit is fognak fogyasztói csoportnak, gépsornak, berendezésnek tekinteni almérési szempontból. Jó lenne ezt írásban publikusá tenni.

Továbbra is megmaradt az a bekezdés, miszerint a szakreferensek és auditorok javasolhatnak további méréseket, de erről az adott cég hozhat döntést. Ez nulla kötelezettséget jelent. Akkor minek írták bele a rendeletbe? Ez ugyanis rendkívül hasznos lehetne, hisz a fogyasztás nagyobb százaléka válna mértté. Másrészt pedig – a cég számára hasznos információkat hordozó, ám nem kötelező – további mérési pontok bevonása a projekt rövid idejű megtérülését eredményezheti.

Az érintettek szemszöge

Az almérésről szóló törvény és a szabályozó rendelet érintettjei különböző feladatokkal, informáltsággal és felelősséggel bírnak a saját pozíciójukban.

A kötelezett cégek tulajdonosai – sok esetben külföldiek – többnyire információ-hiányban vannak. Akik viszont tudnak a dologról, határozottan utasítják a terület felelőseit a beruházás mielőbbi elin-

¹ A cikk a KLENNEN '21 konferencián elhangzott előadás alapján készült.

dítására. Sajnos ez utóbbi csoport – a mi nem reprezentatív felmérésünk alapján – mindössze 15-20%-ot tesz ki.

Az ügyvezetőnek – aki a külföldi tulajdonú cégeknél is jellemzően magyar – a törvényességet kell(ene) felügyelnie. Sajnos, a tapasztalatunk szerint ez nem mindig elég a projekt elindításához. Innen is felhívjuk a hezitálók figyelmét, hogy találkoztunk olyan ügyvezetővel, aki pont emiatt meg kellett válnon a pozíciójától.

Annyira nem volt az al mérés prioritás, hogy az energetikusok javaslatait többször is lesöpörték a korábbi évek során. Most – a kötelezőség miatt – ezt immár nem lehet megtenni. Viszont így asztalra kerülnek a megtakarítási lehetőségek is, és elhangzik a bűvös mondat: „Erről miért nem szóltál korábban?”

Az érintett cégek szakreferensei erős katalizációs tevékenységet fejthetnek ki a végrehajtás előmozdításáért. Azonban ők csak javaslatokat tehetnek a helyi energetikáért felelős munkatársakkal együtt. Ésszerű javaslatok alapján néhány – a kötelezőn felüli – mérőpont kiépítésével gyorsan megtérülővé lehetne tenni a beruházást. Sajnos rengeteg cégnél olyan szakreferens-szolgáltató van, amelynek több száz ügyfele van néhány „hús-vér” jogosult szakreferens kollégával a háttérben. Ők ritkán ütik a megbízójuk asztalát az ügy érdekében. Itt kell megjegyezzük, hogy a törvény a szakreferens feladatkörébe utalja az al mérők adatainak figyelését. Az előbb említett szolgáltatók ezt – többek közt a rendkívül nyomott áron történt vállalásuk miatt is – nyilván képtelenek lesznek megtenni. Ez a munka nem tűnik algoritmizálhatónak, tehát a szakreferens élők munkáját igényli. Több cég gondolkodik emiatt a szakreferens szerződésüknek természetes személyre történő váltásában. Tehát ez egy új lehetőség a korábban megbízás nélkül maradt kollégák számára. A korrekt megbízók és szakreferensek nyilván egy magasabb megbízási díjban fognak megegyezni a megnövekedett feladatmennyiség következtében.

Az elemzések nyomán intézkedések szülehetnek az energiaköltség csökkenését eredményezve. Tehát a szakreferensi díj emelkedése valójában a megbízó cég költségeinek csökkenését eredményezi. Egyúttal a szakreferens számára jelentős reputáció emelkedéssel jár.

Az eredmények és a helyzet értékelése

A fogyasztások közvetlen (akár „in-time”) kontrollja közvetett információkat adhat a munkafolyamatok állapotáról, így az egyes részterületek energiaszükségletei csökkenthetőek a felesleges fogyasztások kiiktatásával, illetve jobb munkaszervezéssel.

- Az egyes elektromos eszközök állapotjelzője is lehet azok fogyasztási szintje, így a karbantartás tervezhetővé válik, valamint jelentősen csökkenthető a meghibásodások miatti leállítás, vagy a gyártott selejtek száma. Sőt egy lakossági szolgáltató esetében pl. az ügyfélszolgálat létszáma is csökkenthető, ugyanis jelentősen csökkenhet a hibabejelentések száma.
- A monitoring rendszerek piacán eltöltött több, mint egy évtizedes általános tapasztalatom az, hogy ezek a beruházások átlagosan másfél év alatt megtérülnek.

Piaci helyzet alakulása a kötelezettek oldaláról

Azt állítom, hogy a kötelezett cégek vezetőinek azonnal cselekedniük kell. A helyzet ugyanis súlyos. Van kb. 4700 kötelezett cég. Ezen cégeknek van kb. 30 ezer telephelye nagyjából 45-55 ezer épülettel. Egy épület al mérő-rendszerének felszerelése átlagosan két ember egy munkanapját foglalja le. Ez 100 ezer munkanap.

Ma Magyarországon mintegy 15 al mérő rendszerek telepítésével foglalkozó cégnél összesen kb. 60 hadra fogható szerelő létezik. Tehát – a szabadságokat is figyelembe véve, évi 220 munkanappal számolva – ez a feladat csak közel 8 év alatt teljesíthető.

Most még pénzbőségben vannak az energiaszolgáltató és telekommunikációs cégek, akik szívesen akár finanszíroznák is ezen beruházást az ügyfelek számára. Ezt a kötelezett cégek ma még kihasználhatják.

Ebben a keresleti piaci helyzetben - véleményem szerint – az egyes mérőrendszer telepítő konkurens szolgáltatók, és az ügyfelek is akkor járnak a legjobban, ha együttműködnek egymással. Ezáltal megkeresik azokat a műszaki és pénzügyi megoldásokat, mellyel ők maguk és az ügyfelek is a legjobban járhatnak.

Piaci helyzet alakulása a szolgáltatók oldaláról

Mivel sok cégvezető úgy éli meg ezt a helyzetet, mint egy felesleges púpot a hátán, mindenképpen igyekszik mind a beruházási-, mind pedig az üzemeltetési költségeket leszorítani. Itt nyilván meg kell találni egy harmonikus kompromisszumot a megbízható működés és a költségek közt.

Éppen ezért nem mindegy, mennyibe is kerül az al mérő-rendszer. Több projekt esetében, illetve a szakreferensként általam kezelt cégeknél hatalmas árkülönbség volt a beérkező ajánlatok közt. Többször is az általunk ajánlott ár 3,5-szereséért kívánta valaki megvalósítani a projektet. Kétségtelen, hogy néha műszaki, pontossági különbség is volt az ajánlatok közt, de ezt az ár-differenciát a megrendelők nehezen értelmezték. Persze értem, hogy egyes nagyobb létszámú ajánlattevőknél magas a vállalati általános költség, vagy épp a beszerzésre nem fordítanak elég figyelmet. A rendelet által előírt pontosságot azonban – minden bizonnyal – mindenki teljesíteni tudja.

Azon cégek esetében, ahol több pénz van a karbantartási zsebben, mint a beruházásiban, nagy segítséget adhat egyes telekommunikációs vagy energetikai szolgáltató óriás finanszírozási hajlandósága. A mi partnerünk ezen a területen a Vodafone.

Az ő jelenlétük a projektben fővállalkozóként azért is hasznos, mert a megrendelő – jellemzően multinacionális nagyvállalat – számára üzleti és garanciális biztonságot jelent. Így nem aggódnak a mérőrendszerük hosszú távú üzemeltetése miatt sem.

A technológia természetesen folyamatosan fejlődik. Vezetékmentes adattovábbításban egyre több platform kapcsolódik be a mérőtechnológiába. A jövő nyilván az 5G és a NarrowBand IoT rendszereké lesz.

A mérőműszereket gyártó cégek is folyamatosan fejlesztenek. Ám ez néha gondokat is okoz nekünk. Például az adatok formátumának 16-ról 32 bitre történő módosítása a dataloggerek átprogramozását, több esetben megduplázását igényelte.

A mérőrendszer megvalósítása

Mindezek után nézzük át a mérőrendszerrel szemben támasztott ügyfél-igényeket, és a piacon elérhető műszaki megoldásokat!

Alap elvárás, hogy a mérőrendszer telepítéséhez ne kelljen az ügyfél épületeit „körbe-kábelezni” és furkálni. Ehhez vezetékmentesen kommunikáló rendszerelemekre van szükség. Erős kihívásokkal találkozunk a különböző távolságok áthidalásában, hiszen más-más épületszerkezetek, vagy ipari termelő berendezések állják útját a kommunikációs csatornáknak.

Nehéz pályán dolgozunk. Sok esetben a kollégáknak az áram alatt lévő elosztószekrényben bűvárként kell elmerülniük. Lekap-



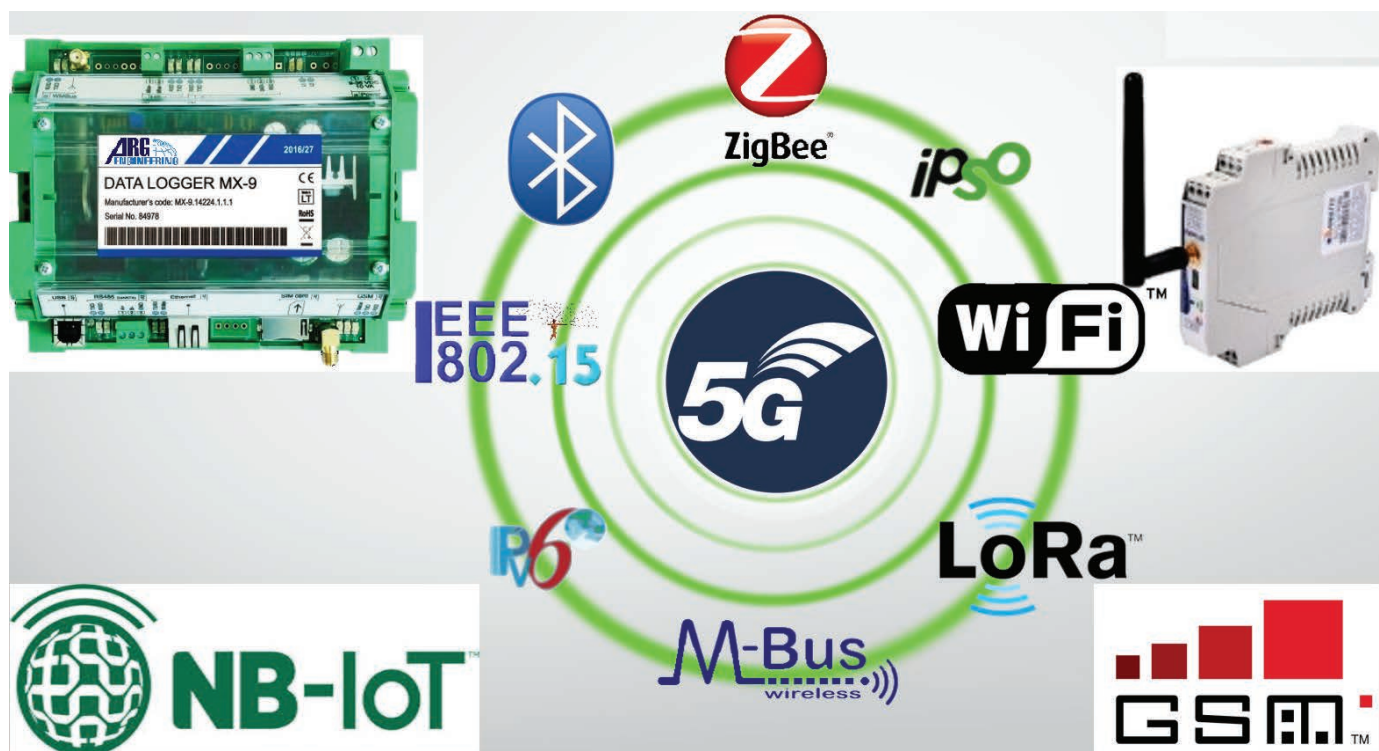
1. ábra. Zsúfolt elosztószekrény

csolás nélkül kell lebillenteni eszközöket a sínekről, hogy hozzáférjenek a mérendő kábelekhez.

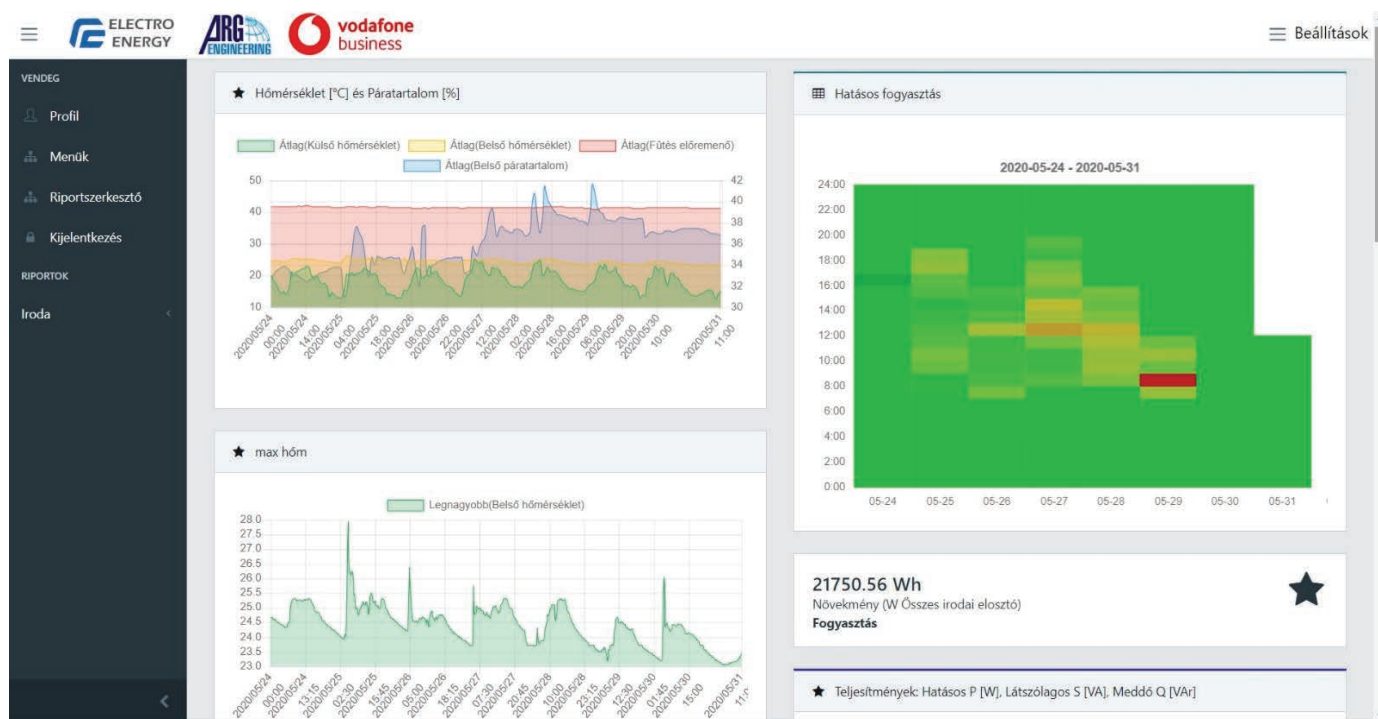
A legtöbb esetben nem lehetséges a mérőrendszer munkaidőn kívüli felszerelése, hiszen folyamatos üzemben dolgoznak a cégnél. Ezért FAM vizsgálóval (feszültség alatti munkavégzés), és megfelelő

védőfelszereléssel rendelkező munkatársak, az áramkörök megszakítása nélkül kell megoldják a feladatot.

Az almérőrendszer megvalósításának folyamatában leggyakrabban felmerült problémakör a mit-mikor kérdése. Azt, hogy a cégek azonnal a 2022-es rendeleti elvárások szerint szereltessek



2. ábra. Vezetékmentes adatforgalmi lehetőségek



3. ábra. Jellemző adatelemzési szoftver-kép

fel a mérőket, nagyon is tudtuk támogatni. Hiszen nekünk sem jó két ütemben kimenni ugyanoda, sőt mind anyagköltség, mind pedig szerelési munkaidő és díj terén sokkal magasabb költségekkel kell számolni ez esetben. Azt sem tudtuk, tudjuk megérteni, ugyan miért nem igyekeznek megrendelni a kötelezett cégek még ma sem. A határidők lejárta után, az első büntetéseket követően nyilván nagy túlkereslet lesz, ami törvényszerűen fe fogja verni az árakat. Nem biztos, hogy ezt meg kéne várni.

Technológiai fejlődés

Fontos kérdés az adatok továbbítása, tárolása és megjelenítése az elemzéshez. Az adattovábbítás telephelyen belül – a teljesség igénye nélkül – történhet WiFi, ZigBee, Bluetooth, M-Bus hálózatokon, vagy akár az elektromos hálózat vezetékei is. Nagy távolságokra lévő sok mérőpont esetén a LoRa technológia lehet az üdvöztető. A távoli elérhetőség céljából az internetre, felhőbe továbbításra direkt LAN, GSM, vagy NarrowBand-IoT megoldásokkal találkozunk. Az automatizált ún. 4.0 iparban pedig már - a gyors, közvetlen beavatkozásokhoz – megjelent a privát 5G hálózatra való felcsatlakozás igénye.

Végül adataink eljutnak egy megjelenítő eszközre (szoftver). Itt az a követelmény – az elemzendő mérőpontok száma miatt –, hogy egy-két másodperc alatt eldönthető legyen az, kell-e az adott mérőponttal mélyebben foglalkozni.

A mérések eredményeiről

A mérőrendszer telepítése és az első néhány hét, hónap üzemelési tapasztalatai alapján, az ügyfelek gyakran kérnek módosítást az adatsűrűségben vagy épp az elemzendő adatok sokféleségében. Ez a mi számunkra egyszerűbb esetekben csupán némi átprogramozási feladatot, a megrendelőnek pedig némi szerver-költség emelkedést okoz.

Sokszor előfordult, hogy az adott kábeleken mérhető értékek nem találtak az ügyfél elvárásaival. Mivel többen is minket, a

rossz hírt hozó hírnököt akarták kérésre feszíteni, kénytelenek voltunk beilleszteni már az ajánlataink végére egy deklarációt: „A vállalatunk csupán a végfelhasználó képviselője (karbantartó-villanyszerelő) által meghatározott villamos erőátviteli fázis-kábeleken mérhető, ellenőrzött elektromos paramétereknek az elemző szoftverhez történő eljuttatására és azok megjelenítésére terjed ki. Ha ezen adatok értékei nem felelnek meg a végfelhasználó elvárásainak, az nem a telepített mérőrendszer, vagy a telepítést végző munkatársak hibája.”

A megkerülhetetlen COVID-helyzet hatása

Végül nézzük meg, miként hatott a mi ágazatunk üzleti életére a 2020-21 években megkerülhetetlen vírushelyzet!

A kötelezett cégek halogatásra játszó vezetőinek kapóra jött a pandémia. De ne legyünk ennyire rosszindulatúak! Objektív nehézségeket jelentett a cégekhez felmérés céljából való bejutás ellehetetlenülése. A home office miatt a személyes egyeztetések hatékonyságát sem lehetett kihasználni. Volt olyan projektünk, ahol a döntéshozatal több, mint egy évig tartott.

A magunk oldalán tavasszal nehéz volt eszközökhöz jutni, mert a gyártók beszállítói láncai erősen akadoztak. Nyártól ugyan hozzá lehet jutni mindenhez, de brutálisan megemelkedtek a szállítási költségek. Ez a személyszállítás mellett árut is fuvarozó járatok számának jelentős visszaesése miatt következett be. Manapság a szállítási költség – nem európai országból – az áru értékének 20-30%-a körül van.

A helyszíni kivitelezések során a szerelőinknek a legváltozatosabb, és akár egy cégnél is naponta változó előírásoknak kellett megfelelniük.

Mindeközben persze minket is sújtott a járvány. Időről-időre át kellett ütemezni a telepítéseket dolgozóink megbetegedése vagy karantén-kötelezettsége miatt. Idősebb vállalkozó státuszú kollégáink egy része eleve nem kívánt kockázatot vállalni, és lemondta a munkáját.

Pakisztáni VER modellezése EnergyPLAN programmal

Aqsa Rana

PhD hallgató, aqsarana@energia.bme.hu

Gróf Gyula

gépészmérnök, grof.gyula@ek-cer.hu

A villamosenergia-termelés megújuló energia felhasználásra való átállásra törekvés globális jelenség. A lehetőségek regionként és országokként változóak. Ebben a cikkben azt vizsgáljuk, hogy egy jelentős forrásokkal rendelkező fejlődő ország, mint Pakisztán esetében a napenergia és szélenergia alkalmazásának milyen határai lehetnek. A megújuló energiaforrások részarányának növelését fenntartható és biztonságos energiaellátást adó rendszerben kell megvalósítani. Pakisztánban a fosszilis energiahordozók a teljes igény közel 63%-át teszik ki, annak ellenére, hogy jelentős megújuló potenciállal rendelkezik az ország. Az EnergyPLAN programmal 2019-et referenciaévként tekintve, a szokásos üzleti (BaU) forgatókönyv szerinti jövőbeli alternatíva szimulációját végeztük el, majd megvizsgáltuk a lehetséges maximális nap és szélenergia integráció határait. A referenciamodellt a korábbi tanulmányok és az ország energiamixe alapján validáltuk.

*

Electricity generation is a global phenomenon in the pursuit of a transition to renewable energy. Options vary from region to country. In this article, we look at the limits of the use of solar and wind energy in a developing country with significant resources, such as Pakistan. Increasing the share of renewable energy sources should be achieved in a system of sustainable and secure energy supply. In Pakistan, fossil fuels account for nearly 63% of total demand, despite the country's significant renewable potential. With the EnergyPLAN program, we simulated the future alternative under the standard business (BaU) scenario for 2019 as a reference year, and then examined the potential limits of maximum solar and wind energy. The reference model has been validated on the basis of previous studies and the country's energy mix.

Bevezető

A globális energiatermelés alapvető reformokat igényel, hogy megbirkózzunk a növekvő energiaigényekkel és a súlyos éghajlati kihívásokkal. Számos adaptív megoldás szükséges most és a jövőben ezek kezelésére. A megújuló energia (RE) integrációja jelentős szerepet játszik a progresszív változásokban, mivel a megújuló energiaforrások (RES) alkalmazása környezeti előnyökkel jár, és jelentősen hozzájárulhat a globális energiarendszer átalakításához is. A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) 2020-as jelentése szerint a víz-, nap-, bioenergia- és szélenergia-források 2030 végéig a globális villamosenergia-ellátás csaknem 40%-át biztosítanak. A változó megújuló energia (VRE) kiterjedt integrációja azonban jellegénél fogva nehézségeket teremt az energiarendszer szabályozásában. A korlátozott tárolási és időjárás független kapacitásnál a VRE problémákat okoz a termelés és az igény egyensúlyának fenntartásában. A felmerülő feladatok megoldásához nagymértékben irányt mutathat egy megfelelő villamosenergia rendszermodell, amellyel a különböző forrás konfigurációk és energiaigény változások vizsgálhatók.

Pakisztán villamos energia rendszere

Energia mix

Pakisztán teljes beépített erőműi kapacitása 34.3 GW, a fogyasztás csúcsteljesítmény igénye pedig a 2020-as Világbank-jelentés [1] szerint 25.7 GW. A háztartások a villamos energia 50%-át fogyasztják, az ipari, mezőgazdasági és kereskedelmi fogyasztás 25%, 10%, illetve 7%. A forrás szerkezet a következő: víz 28.7%, nukleáris 3.5%, megújuló energia (szél-, napenergia és biomassza) 4.4% és 63.4% szén és szénhidrogén bázisú hőerőművek. (A további részleteket 3. táblázat mutatja.)

Megújuló források potenciálja

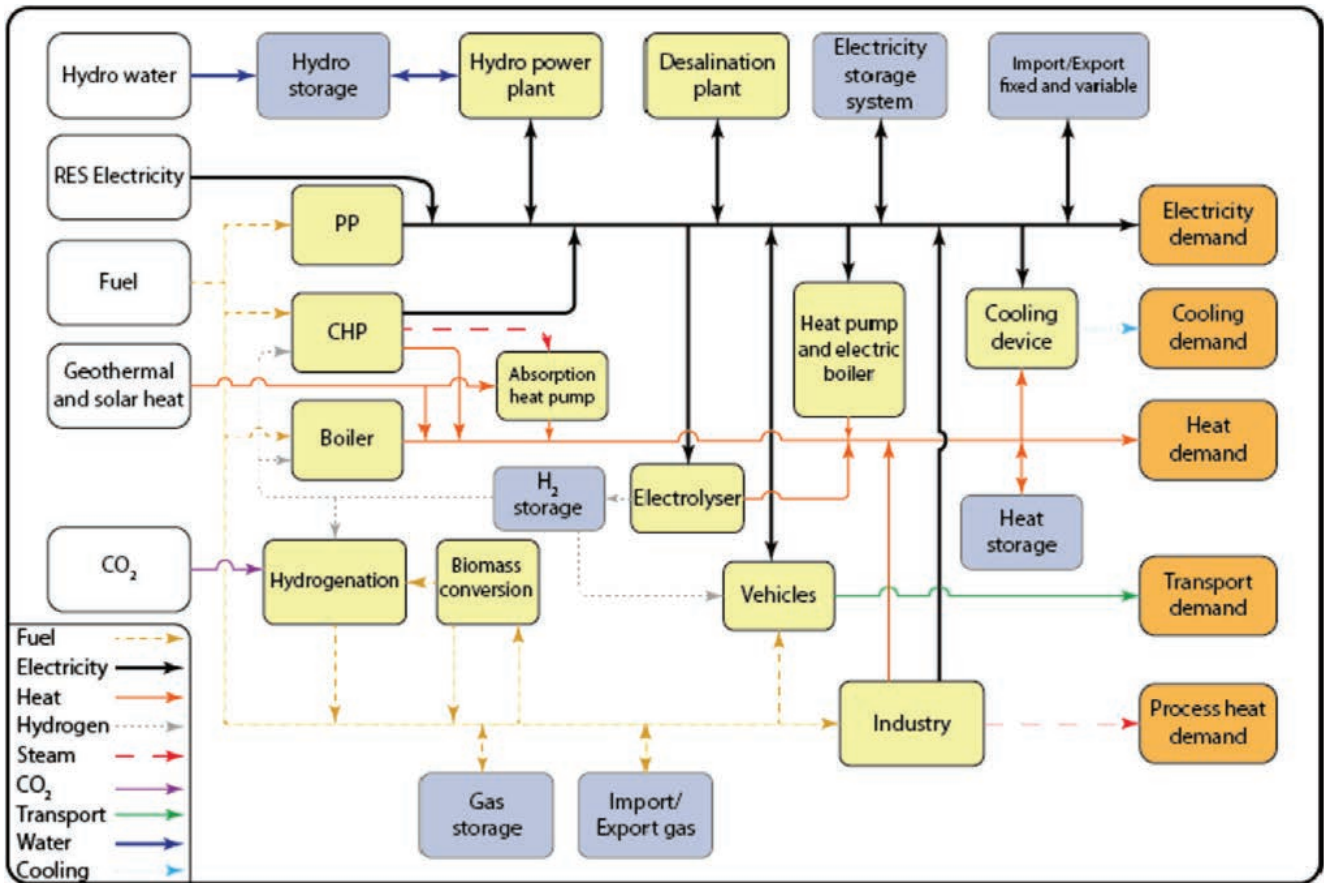
Pakisztán bőséges energiaforrásokkal rendelkezik, főként megújuló energiaforrásokkal (RE), de ezek jelentős része kiaknázatlan. Jelentős szél-, nap- és biomassza-források állnak rendelkezésre, ami egyértelműen jelzi, hogy a termelés – igény hiány környezetbarát erőforrásokkal fedezhető lenne. Jelenleg a RE az ország teljes villamos energia termelésének kevesebb, mint 5%-át teszi ki, ami lényegesen kevesebb, mint az elérhető potenciál. A szélenergia teljes beépített kapacitása 1.1 GW a rendelkezésre álló ~100 GW szélenergia-potenciállal szemben. Hasonló a helyzet a napenergia-termelésben, 0.43 GW beépített kapacitáson túl jelentős, 100 GW potenciál van [2]. Pakisztánban a bioenergia alkalmazásához is hatalmas potenciál áll rendelkezésre, tekintve, hogy egy mezőgazdasági ország, és az agrárszektor a GDP 25%-át adja. Az Energia Fejlesztési Tanács jelentése szerint [3] valamennyi lehetséges bioenergia forrást figyelembe véve 4-6 GW a potenciálisan elérhető teljesítmény. A pakisztáni vízenergia potenciál mintegy 60 GW.

Az energiatermelés kibocsátása

Pakisztán szerepe a világ üvegházhatásúgáz-kibocsátásában (még) nem igazán jelentős. A szén, az olaj- és gáz felhasználás az ország teljes kibocsátásának jelentős hányadát eredményezi; ezért az energiatermeléshez szükséges tüzelőanyag-mixnek meg kell változnia. Ami az általános éghajlatváltozást illeti, Pakisztán a hetedik legkiszolgáltatottabb ország a világon a globális éghajlati kockázati index [4] szerint. Az Egyesült Nemzetek Éghajlatváltozási Kezeltégyménye (UNFCCC) arra ösztönzi a résztvevő országokat, hogy kibocsátás csökkentést tűzzenek ki célul és gyorsítsák a RES felé való időszzerű elmozdulást kibocsátási szintjük alapján. Global Climate Impact Study Centre (GCISE) összeállította Pakisztán kibocsátási jelentését, mivel az ország csatlakozott az UNFCCC egyezményhez. Öt fő ágazat kibocsátását állapították meg: az energia, az ipar, az erdészet, a mezőgazdaság, a hulladék és a földhasználat. A GCISE legutóbbi, 2015-ös jelentése szerint az ország szennyezés kibocsátása éves szinten 405 Mt volt, ezt a szintet azóta nem lépte át a kibocsátás [5], [4], [6].

Módszertan

A következőkben a pakisztáni villamosenergia-modell megtervezésének módszertanát és választott modellezési eszközt mutatjuk be,



1. ábra. Az Energy PLAN sematikus működése

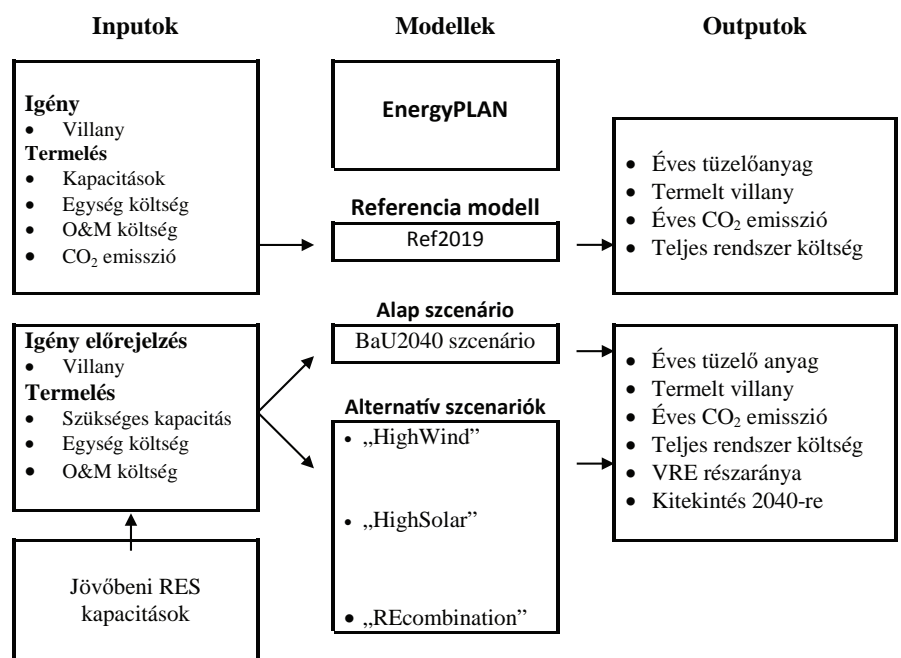
ismertetve az adatforrásokat, a sematikus scenáriókat és a modellezésben alkalmazott feltevéseket.

Modellezés eszköze: EnergyPLAN

Az energiarendszerek folyamatos fejlődésével kihívásaik és összetettségük is növekszik. Továbbá az időbeni energiatervezés ma már kötelező a megjelenő kihívások kezelésére. Különböző energiamodellező eszközök állnak rendelkezésre konkrét célokkal és jellemzőkkel, és nincs egy kitüntetett eszköz, amely minden feladat elvégzéséhez alkalmas lenne. (Ennek a cikknek a terjedelmét meghaladja a szimulációs eszközök ismertetése, mivel majd egy hasonló terjedelmű írás lenne.) Egy adott modellező eszköz kiválasztása számos tényezőtől függ, az elemzést végző döntése a legfontosabb. Tanulmányunkban a „bottom-up” megközelítést alkalmazunk, hogy összehasonlítsuk az eredményeinket a hozzáférhető referenciákkal. A dániai Alborg Egyetemen kifejlesztett EnergyPLAN szoftver a nemzeti hosszú távú energiatervezési forgatókönyvek szimulálására használható [7]. Analitikus programozhatóságával rövid idő alatt ad eredményeket az erőforrások elérhetőségének és az átalakítási technológiák szimulációjával. Az 1. ábra mutatja a program sematikus működését.

Az EnergyPLAN-nal a vizsgálatok két szempont beállítása szerint (technikai vagy piacgazdasági) végezhető. A „technikai” vizsgálá-

lat a legkisebb üzemanyag-fogyasztási alternatívákra összpontosít, míg a „piacgazdasági” vizsgálat célja a legkisebb költségű lehetőségek előrejelzése. Ebben a tanulmányban a „technikai” szempont beállításával nyert vizsgálatról számolunk be. Az éves szintű energia egyensúly legkisebb tüzelőanyag-fogyasztását, a RES integráció mértékét, a CO₂-kibocsátást és a rendszer működésének éves költségét határoztuk meg különböző forgatókönyvekre.



2. ábra. A pakisztáni VER EnergyPLAN implementációja

Referencia modell és adatai

Az EnergyPLAN számos bemeneti adatot igényel a konkrét eredmények kiszámításához. A bemeneti adatok megfelelősége úgy ellenőrizhető, a program útmutató szerint, hogy valós, összetartozó bemeneti és kimeneti adatokat alkalmazunk a belső paraméterezés beállítására. A 2019-es év villamosenergia iparának technikai adatai alapján a felállított referenciamodell pontosan visszaadta Pakisztán villamosenergia-ágazatának 2019-es termelési és fogyasztási helyzetét. A referenciamodell adatkészletet a Világbank 2020-as jelentésében [1] és a 2020 évi State of Industry Report-ban [8] szolgáltatott részletes információkból nyertük ki. E jelentések szerint az ország összes villamosenergia igénye a referenciaévben 173.8 TWh/év volt. Az egyes különböző erőművek beépített kapacitásai szerepelnek a 3. táblázatban. A hőerőműveket együttes formában vettük figyelembe a számítások egyszerűsítéséért, bár a 4. táblázatban részletes adatokat is megadjuk, ami alapján az összevonást elvégeztük. A megújuló részesedése a teljes villamosenergia-termelésben körülbelül 5%, azok hatalmas potenciáljával szemben.

Forgatókönyv változatok

A 2040-es évre vonatkozó alapforgatókönyvet – business as usual, BaU2040 – a Világbank 2020 évi jelentésében szereplő, 2040-re előre jelzett adatai szerint hoztuk létre. E jelentés szerint az ország villamosenergia-igénye 700 TWh/év lesz. Ezt az értéket vettük fel valamennyi 2040-re vonatkozó forgatókönyvre, ahogy a 2. táblázat tartalmazza. Az adatokat ugyanúgy „bottom-up” megközelítéssel nyerték, a Világbank 2020-as jelentésében a PLEXOS (optimum/base) modellt használták Pakisztán 2040-es energiarendszerének megtervezéséhez. A PLEXOS egy „mixed integer dispatch” modell, míg az EnergyPLAN egy heurisztikus szimuláció [7].

Az alapforgatókönyv (BaU2040) a források arányának megváltoztatásával számos vizsgálati lehetőséget ad, így a legkisebb költséget eredményező maximális szélenergia alkalmazás (HighWind), a maximális napenergia alkalmazás (HighSolar) és a vegyesen alkalmazott szél-nap (RE2040) forgatókönyveket hoztuk létre.

Eredmények

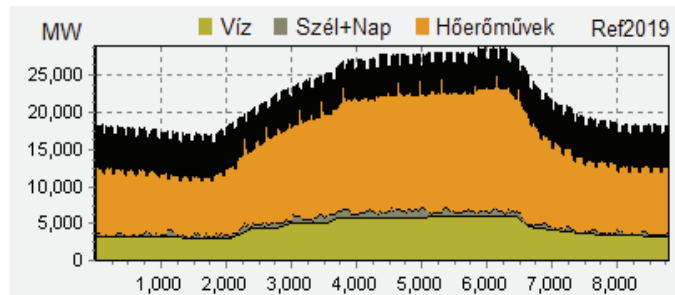
A továbbiakban a referencia eredményeket, a BaU2040 és az alternatív forgatókönyveket tárgyaljuk. Először a 2019-es referenciaforgatókönyv megfelelőség vizsgálatát, majd a „szél” és „nap” maximális penetrációs potenciálját ismertetjük.

A referencia modell megfelelősége

A 2019-es referenciaforgatókönyvből származó éves CO₂-kibocsátási értéket a TIMES [6] és a LEAP [9] modellekkel nyert adatokkal hasonlítottuk össze. Az EnergyPLAN-nal számolt, 2019-es referencia-évre vonatkozó teljesítményfüggő CO₂-kibocsátás 68 Mt, [6] 2020-ra 80 Mt kibocsátást, 2019-re pedig [9] 70 Mt kibocsátást becsült. Az EnergyPLAN-nal kiszámított havi villamosenergia-igény összehasonlítását a 2020-as ágazati évkönyvben [8] jelentett adatokkal az 1. táblázat mutatja. A referencia év órás termelési és fogyasztási menetét a 3. ábra mutatja. Az órás felbontású szimuláció eredményeiből képzett havi összegzett eredmények eltérése nem jelentős. A különbségek abból adódhatnak, hogy egyrészt az EnergyPLAN hosszú távú tervezésre optimalizált, másrészt az órás bontású terhelésgörbét mesterségesen állítottuk elő, ami önmagában is egy bonyolult feladat volt. A 2019-es referenciaként való választás oka a COVID helyzet. A tapasztalt eltérésektől függetlenül a 2019-es modellt alkalmasnak tartjuk Pakisztán jövőbeli energiarendszere vizsgálatára.

1. táblázat. Havi átlagos villamosenergia-igény valós és számított értékei

Hónap	Számított MW	Valós [8] MW	Eltérés MW; %
Január	15 399	15 938	-539; 3.4
Február	14 753	15 489	-736; 4.8
Március	14 841	14 746	95; 0.6
Április	18 543	18 516	27; 0.1
Május	21 697	21 191	506; 2.4
Június	24 329	24 349	-20; 0.1
Július	25 094	24 927	167; 0.7
Augusztus	25 368	25 198	170; 0.7
Szeptember	25 448	25 753	-305; 1.2
Október	19 735	19 328	407; 2.1
November	16 413	16 704	-291; 1.3
December	15 667	15 973	-306; 1.9
Éves átlag	19 786	19 842	56; 0.3



3. ábra. Villamosenergia igény és termelés a Ref2019 szerint

2. táblázat. Éves villamosenergia-igény az egyes forgatókönyvekre

Forgatókönyv	Ref2019	BaU2040	HighWind	HighSolar	RE2040
Éves energia igény, TWh/év	173,8	700	700	700	700

A megújuló részesedésének határa

A továbbiakban a szél- és napenergia-integráció lehetséges szintjét vizsgáljuk. Először külön – külön a szél- illetve napenergia integrációt vizsgáljuk, majd a számított értékekből származtatjuk a kombinált, szél-nap integrációs forgatókönyvet, ez utóbbiból nyert eredmények jelentik a leginkább megvalósítható, magas megújuló részaránnyal jellemezhető villamosenergia-rendszert.

„HighWind” forgatókönyv

A 3. táblázat szerint a szélenergia részaránya a villamosenergia-termelésben 3.2%. A 2040-ben elérhető maximálisan beépíthető kapacitást BaU2040 forgatókönyv forrásoldali módosításával számoltuk ki. A beépített szélkapacitást 25 GW-ról 275 GW-ra 25 GW-os lépésekben változtatva az éves rendszerköltségeket kinyerve azt kaptuk, hogy a rendszerköltség 150 GW kapacitásig csökken, ezt követően növekedni kezd, így ~150 GW tekinthető a maximális, technikai szempontok érvényesítésével modellezett, megvalósítható értéknek, ami 62.5%-os termelés részesedést jelent, 32.640 Mrd\$ éves költséggel.

3. táblázat. Forrás összetétel az egyes forgatókönyvekre, MW installált kapacitás

Forrás	Ref2019	BaU2040	HighWind2040	HighSolar2040	RE2040
Víz	9 847	37 559	37 559	37 559	37 559
Hőerőművek	23 827	49 268	49 268	49 268	39 274
Szél (W)	1 248	13 494	150 000	13 494	35 000
Nap (S)	430	35 397	35 397	125 000	65 000
Nukleáris	1 330	4 507	4 507	4 507	4 507
Összesen	36 534 4.6	140 125 34.5	276 631 67	229 728 60.3	181 240 55.2

4. táblázat. A pakisztáni hő- és atomerőmű kapacitások részletezése, MW

Típus - beépített, MW	2019/2020	2039/2040 BaU	2039/2040 RE
Gen-set, nehéz olaj, kapcsolt	1 293	195	195
Gen-set, nehéz olaj	147	147	147
Gen-set, import LNG	41	11	11
OCGT Működő	0	0	0
OCGT Tervezett	0	16 861	16 861
OCGT Működő, hazai gáz	3 560	747	747
OCGT Működő, import LNG	6 780	4 907	4 907
OCGT Szerződött, import LNG	1 242	1 242	1 242
OCGT Tervezett, import LNG	0	0	0
ST Visszagázósított LNG	589	0	0
ST Működő, nehéz olaj	3 384	0	0
ST Működő, hazai földgáz	140	0	0
ST Működő, hazai szén	630	600	600
ST Működő, import szén	3 399	3 672	3 672
ST Szerződött, hazai szén	0	2 725	2 725
ST Szerződött, import szén	0	1 487	1 487
ST Tervezett, hazai szén	0	15 067	5 073
Cukornád maradvány (bagasse)	273	1 606	1 607
Összes	21 478	49 268	39 274
Nukleáris működő	1 230	1 230	1 230
Nukleáris működő	0	3 177	3 177
Nukleáris tervezett	0	0	0
Nukleáris Total	1 230	4 507	4 507

(Gen-set: belsőégésű motor-generátor, OCGT: nyílt ciklusú gázturbina, ST: gőzturbina)

„HighSol” forgatókönyv

A 3. táblázat szerint a napenergia (PV) részesedése a villamosenergia termelésben 1.27%. A BaU2040 forgatókönyv forrásoldal módosításával a napenergia részarányt 20 GW és 180 GW tartományban 20 GW-os lépésben változtattuk, az éves költség 125 GW beépített napenergia-kapacitásig csökken, ezt követően növekedik. Tehát, ~125 GW tekinthető, a technikai szempontok érvényesítésével modellezett, megvalósítható maximális értéknek, ami 38.9%-os részesedést jelent a rendszer teljes villamosenergia-termeléséből és a rendszer éves teljes költsége 46.146 Mrd\$. (A forgatókönyvek szélső értékeit a számított eredményekre illesztett trendgörbe alapján határoztuk meg mindkét esetben.)

5. táblázat. Havi energiaigények 2040-ben a RE2040 forgatókönyv szerint, MWh

Január	Február	Március	Április	Május	Június	Július	Augusztus	Szeptember	Október	November	December
62 023	59 421	59 775	74 683	87 386	97 987	101 068	102 174	102 494	79 486	66 105	63 101
Az éves átlag											79 690

RE2040 forgatókönyv, a szél- és napenergia kombináció

A vízenergia részesedés megegyezik a BaU2040-i aránnyal ebben a forgatókönyvben. A tüzelőanyagok csökkentése a 3. táblázat szerinti, további csökkentést a CO₂ kibocsátás mérséklésére [6] mutat be. Mivel jelenleg biomassza bázison csak 273 MW a beépített teljesítmény Pakisztánban, a potenciáljának megfelelően növekedést írtunk elő, hiszen a bioenergia, fontos megújuló energiaforrás és világszerte a teljes RES 44%-át teszi ki [10]. Ha csak a kibocsátást vesszük figyelembe, a RES integrációs cél, a 65% részarány, megvalósítható, de a kormányzati politika szerint 34.5%-ról 44%-ra növelés a terv 2040-ig.

Változatlan nukleáris kapacitás szerepel ebben a forgatókönyvben, szemben az [1] alapján, ahol a magas üzemeltetési és karbantartási költségek miatt további kiegészítést nem prognosztizáltak. (Lásd a 4. táblázatot.) Az [1] végleges modellben összesen 39 274 MW hőerőmű kapacitás szerepel az ellátásbiztonság miatt.

A RE2040 forgatókönyvben a VRE részesedése a teljes villamosenergia-termeléshez képest 34.8%. Kétségtelen, hogy nagyobb részarány is megvalósítható. A nagyobb részarányhoz tartozó nagyobb tárolókapacitás miatt az eredmény egy kevésbé gazdaságos rendszer. A szél- és naperőművek kapacitása nem BaU arányban oszlik meg, tehát, a teljes 100 000 MW RES-ből a szélenergia 35 000 MW és napenergia 65 000 MW. A napenergia előnyt a szélenergia magasabb üzemi és karbantartási költsége okozza (6. táblázat). A RE2040 forgatókönyv alapján a főbb eredmények a következők. A CO₂ kibocsátás 139 Mt és a rendszer éves költsége 47.181 Mrd\$. A havi energia igény 2040-ben számított értékeit a 5. táblázat, az energia igény éves menetét és a termelés összetételét pedig a 4. ábra mutatja.

A forgatókönyvek összehasonlítása

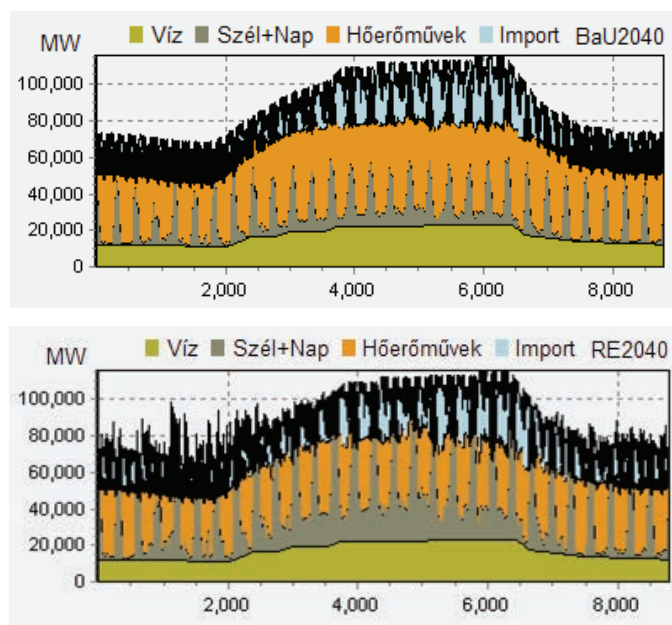
Két reális forgatókönyvre (BaU2040 és RE2040) vonatkozó szimulációs eredményt (órás bontású villamosenergiatermelést) a 4. ábra mutatja. A modell belső paramétereit részben [8]-ból, részben a HeatRoad [11] modellből nyertük a 6. táblázat szerint. A költségek és a CO₂ kibocsátás változását a 7. táblázat mutatja. Az azonos belső paraméterezés biztosítja a forgatókönyvek összehasonlíthatóságát. A HighWind és HighSol forgatókönyvek eredményeinél fontos kiemelni, hogy a modellek nem tartalmazzák a nap- és szélerőművek integrációs költségeit. Ezeket utólag érvényesítettük a megtermelt villamosenergia függvényében. Az integrációs költségekre vonatkozó adatok változatosak, de abban egyetértés van, hogy növekvő arányú nap és szélerőműi termelés növekvő fajlagos költséget jelent [12]. Az irodalmi források alapján erre másodfokú összefüggést alkalmaztunk [13]. Általános megfigyelés,

6. táblázat. Az EnergyPLAN natív költségparaméterei

Forrás	Egység költség \$/kWh		Terv. működési évek	O&M, %	
	2020	2040		2020	2040
Hőerőmű	1.80	1.75	40	1.96	1.96
Vízermő	2.508	2.56	60	1.5	1.5
Szélerőmű	0.924	0.876	27	3.84	3.99
Naperőmű	0.828	0.624	35	1.57	1.56
Nukleáris	4.164	3.36	60	2.4	2.1

7. táblázat. Az éves összköltségek CO₂ kibocsátás változása

Forgatókönyv	Éves költség millió \$	CO ₂ , Mt/év
Ref2019	15 001	70
BaU2040	55 018	206
HighWind	33 943	61
HighSolar	46 745	145
RE2040	47 181	139



4. ábra. Órás bontásban a villamosenergia-termelés előrejelzése 2040-re

hogy a szélerőmű integrálási költségei magasabbak. A szélerőművi termelésnél a 0.1 – 0.3 MWh/MWhszél arányokra a 2.5 – 12.2 USD/MWh és naperőművekre a 5.6 – 7.1 USD/MWh termelői oldalú költséget rendeltük. A fogyasztói többlet költséget nem számoltuk. Ez a modell az un. GreenNet modell [13]. Ezekkel a kiegészítésekkel a szélerőmű kapacitás beépítési határ 57 GW-ra csökken és 45.9 Mrd\$/év költséget jelentene. A napenergia teljesítmény határ 88 GW-ra csökken és 50.3 Mrd\$/év lenne ennek költsége. Mindkét esetben egy kiegyenlített villamosenergia rendszer jönne létre melyet jelentős import/export tud csak egyensúlyban tartani. Meg kell jegyezni, hogy csak a BaU2040 forgatókönyv szerinti többlet kapacitás termelését terheltük meg plusz költséggel. Úgy tekintettük, hogy az abban szereplő kapacitások megépülnek az energiapolitikai döntés eredményeként és nem változnak. A RE2040 forgatókönyv integrációs költségekkel növelt értéke 49.1 Mrd\$/év.

Összefoglalás

Tanulmányunkban a pakisztáni energiarendszer EnergyPLAN modelljét mutattuk be. A modellt a 2019-es év valós bemeneti és kimeneti adatai alapján fogadtuk el, mivel ez volt az utolsó nem COVID-év. A vizsgált forgatókönyvek lényegében rámutatnak a megújuló energiaforrások integrálásával járó előnyökre és hátrányokra. Szélsőséges RES kapacitások beépítése (szél akár 150 GW és nap akár 125 GW) megvalósítható ugyan, de további beavatkozás nélkül (Pl. tárolók építése, export/import lehetőségek) rendkívül kiegyenlített rendszert eredményeznek. Pakisztán villamosenergia-ágazatának kibocsátása még nem magas, de az igény növekedésével együtt növekszik. A növekedés csökkentésére intézkedésekre van szükség, amit hosszú távú tervezéssel lehet megalapozni. Modellszámításaink szerint 139 Mt/év CO₂ kibocsátással üzemelő rendszert eredményez a RE2040 forgatókönyv. A BaU2040-hez képest a csökkenés 33%, aminek értékeléséhez hozzátartozik, hogy a BaU2040 is tartalmaz megújuló energiaforrásokat. A nap és szél technológiák prognosztizált költségcsökkenése okozza az éves üzemelési költség csökkenést. A bemutatott modell alapvető egyszerűsítéseket tartalmaz, de így is használható eredmények nyerhetők. További fejlesztéssel a jövőbeli állapot részletesebben és egyéb technológiák (pl. hidrogén tárolás, import/export) hatása is vizsgálható.

Irodalmi hivatkozások

- [1] „World Bank. Variable Renewable Energy Integration and Planning Study. Pakistan Sustainable Energy Series,” World Bank, Washington, DC, 2020.
- [2] A. Hussain, M. Rahman és J. A. Memon, „Forecasting electricity consumption in Pakistan: the way forward,” Energy Policy, %1. kötet90, pp. 73-80, 2016.
- [3] U. U. R. Zia, T. U. Rashid, W. N. Awan, A. Hussain és M. Ali, „Quantification and technological assessment of bioenergy generation through agricultural residues in Punjab (Pakistan),” Biomass and Bioenergy, %1. kötet139, 2020.
- [4] Q. u. A. Ali, U. Khayyam és U. Nazar, „Energy production and CO₂ emissions: The case of coal fired power plants under China Pakistan economic corridor,” Journal of Cleaner Production, 2020.
- [5] M. Allen, „Arctic Report Card Tracks Region’s Environmental Changes: Annual Update Improves Understanding of Changing Climate, Wildlife Impact,” National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Washington, DC, 2018.
- [6] S. A. U. Rehman, Y. Cai, Z. A. Siyal, N. H. Mirjat, R. Fazal és S. U. R. Kashif, „Cleaner and Sustainable Energy Production in Pakistan: Lessons Learnt from the Pak-TIMES Model,” Energies, 2019.
- [7] M. G. Prina, M. Cozzini, G. Garegnani, G. Manzolini, D. Moser, U. F. Oberegger, R. Perneti, R. Vaccaro és W. Sparber, „Multi-objective optimization algorithm coupled to EnergyPLAN software: The EPLANopt model,” Energy, %1. kötet149, pp. 213-221, 2018.
- [8] „State of Industry Report,” National Electric Power Regulatory Authority, 2020.
- [9] A. Mengal, N. H. Mirjat, G. D. Walasai, S. A. Khatri, K. Harijan és M. A. Uqaili, „Modeling of Future Electricity Generation and Emissions Assessment for Pakistan,” Processes, %1. kötet212, %1. szám7, 2019.
- [10] „Global Bioenergy Statistics,” World Bioenergy Association, 2019.
- [11] „HeatRoadEurope 4 database,” www.energyplan.eu/hre4/, 2018.
- [12] J. Hu, R. Harmsen and W. Crijns-Graus, “Identifying barriers to large-scale integration of variable renewable electricity into the electricity market: a literature review of market design,” Renew. Sustain. Energy Reviews, vol. 81, pp. 2181-2195, 2018.
- [13] Auer, Obersteiner, Weissensteiner, Pruggler, Faber és Resch, „Least cost intermittent RES-E integration under different cost allocation policies,” GreenNet-EU27 Intelligent Energy, 2006.

Ártüskék a magyar villamosenergia-piacon 2020 decemberében

Csermely Ágnes

közgazdász, csermelya@mekh.hu

Fülöp Péter

közgazdász, fulopp@mekh.hu

Jaros Zoltán

gépészmérnök, jarosz@mekh.hu

A cikk a magyar másnapi villamosenergia-piacon 2020 decemberében jelentkező ártüskék kialakulásához vezető tényezőket veszi sorra. Az árak emelkedésében fontos szerepet töltött be a földgáz és a CO₂-kvóta árának emelkedése, és a szélerőművi termelés ingadozásai, amelyek hol a német, hol pedig a román piacon okozták a villamosenergia-kínálat átmeneti szűkülését. E hatásokat felnagyították a hazai kínálati sokkok, az erőművi kiesések, a határkeresztező kapacitások csökkenése, és az, hogy egyes erőművek bár rendelkezésre álltak, úgy döntöttek, hogy nem értékesítene a nagykereskedelmi piacon.

*

The article lists the factors that contributed to the development of price spikes on the Hungarian day ahead electricity market in December 2020. Rising prices for natural gas and CO₂ quotas and sudden lapses in German and Romanian wind power production played an important role. These effects were exacerbated by domestic supply shocks, power plant outages, reduced cross-border transmission capacities, and the fact that some power plants, although available, chose not to bid on the wholesale market.

Bár 2020-ra mint az alacsony árak időszakára fogunk visszaemlékezni, decemberben az előző évekre jellemzőnél számottevően magasabb árak alakultak ki a hazai másnapi piacon, és volt négy olyan időszak, amikor 120 €/MWh fölé szöktek a legmagasabb óras árak. Az alábbi írásban azt vizsgáljuk, hogy mi okozta ezeket az ártüskéket a hazai piacon, melyek azok a tényezők, amelyek természetes velejárói a megújuló villamosenergia-termelésre egyre nagyobb mértékben támaszkodó energiapiacnak, és melyek azok, amelyek egy hatékonyabb piacműködés esetén elkerülhetőek lettek volna.

Miközben a havi átlagár is magasabb volt decemberben, mint 2019 decemberében, a hónap során négy alkalommal alakult ki ár-

tüske. Ebből az első kettőt nagyrészt a német piacról begyűrűző áremelkedésnek tekinthetjük (dec. 2., dec. 9-10.). A hónap második felében jelentkező árcsúcsok időszakában (dec. 16-17., dec. 21-22.) a német árak nem emelkedtek meg, ezért ezekben az időszakokban a balkáni régióban és a hazai piacon kell keresnünk az áremelkedés okait (1. ábra).

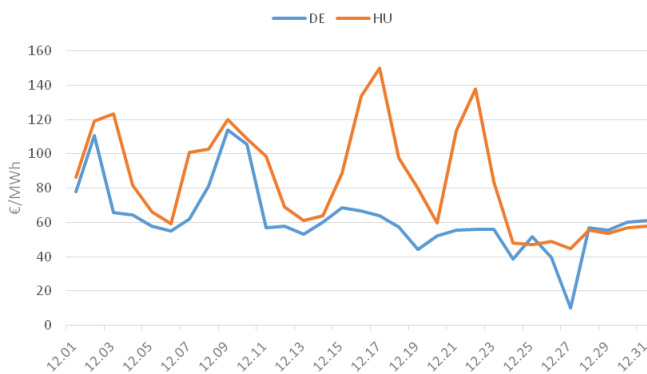
A korábbi évekre visszatekintve azt látjuk, hogy a magyar és a régiós piacokon legtöbbször olyankor alakult ki ártüske, amikor egy hirtelen lehülés magasra emelte a hazai és a régiós villamosenergia-keresletet. Az első két ártüske időszakában hazánkban is relatíve magas volt a kereslet, de messze elmaradt a historikus maximum értékétől. A két regionális ártüske időszakában az enyhe időjárás visszafogta a keresletet, és különösen a december 21-22-i árcsúcs már a karácsony előtti, a gazdaság fokozatos lelassulásának időszakában alakult ki. Így az áremelkedés okait a kínálati tényezők számbavételével mutatjuk be.

Német kínálat: alacsony megújuló termelés, emelkedő tényezőárak

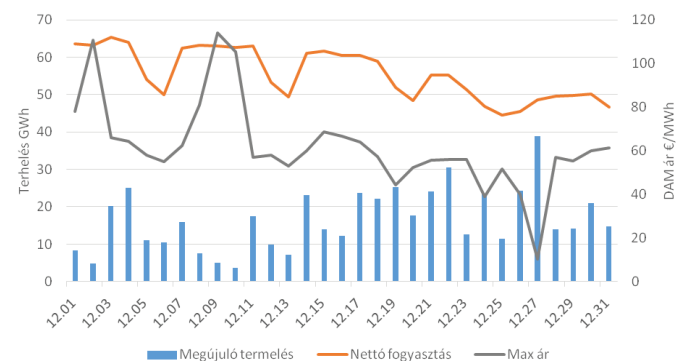
2020 decemberében a német másnapi piacon számottevően magasabb árak alakultak ki, mint a megelőző évben. November végén elkezdődött egy háromhetes ködös szürke időjárású időszak, amikor alig sütött ki a nap, és a szél is csak ritkán fújt (2. ábra). A két ártüske olyan hétköznapi napokon alakult ki, amikor a hűvös idő miatt magas volt a fogyasztás, miközben a szél- és naperőművi termelés az 5 GWh/h-t sem érte el (havi átlag 16 GWh/h).

Ezekben az időszakokban nagyobb szükség volt a fosszilis termelőkre a piaci igények ellátásához, a szénerőművi termelés 20%-kal, a gáztüzelésű erőművek termelése pedig 38%-kal volt magasabb, mint egy évvel korábban.

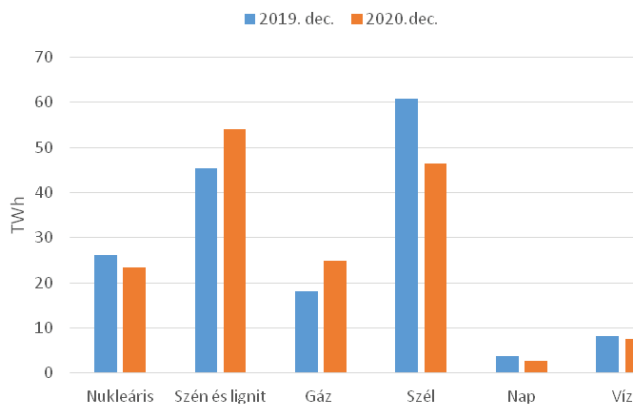
A magasabb árakhoz nemcsak az járult hozzá, hogy az alacsony megújuló termelés miatt a fosszilis termelők gyakrabban voltak ármeghatározók a német piacon, hanem az is, hogy a CO₂,



1. ábra. A másnapi piacon kialakult óras árak maximumának alakulása magyar és német másnapi piacon
Forrás: HUPX, PXE



2. ábra. A német DAM árak napi csúcértéke, a nettó fogyasztás és a megújuló termelés alakulása
Forrás: Entso-E



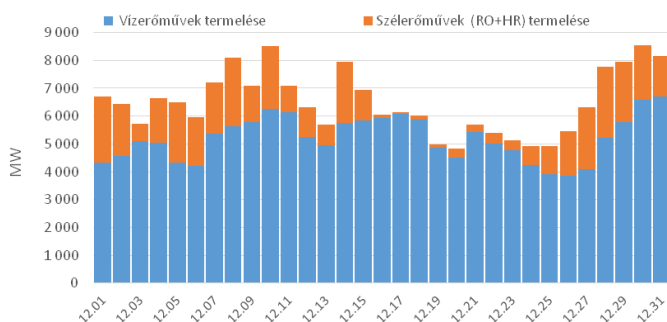
3. ábra. A német villamosenergia-termelés összetétele 2019 és 2020 decemberében
Forrás: Entso-E

a szén és a földgáz árának november elején kezdődő fokozatos emelkedésének eredményeként a határkölségük is megemelkedett. November eleje és december vége között a feketeszen és a gáztüzelésű erőművi termelés változókölsége cca. 10 €/MWh-val lett drágább (3. ábra).

Balkán: két hét szélcsend december közepén

A balkáni régió villamosenergia-termelésének legnagyobb ingadozásait általában a vízerőművi termelés ingadozásai okozzák. 2020 decemberében azonban éves csúcsra emelkedett a balkáni vízerőművek termelése. Tovább növelte az alacsony határkölségű termelés kínálatát a román és a horvát szélerőművek rekord közeli termelése, a decemberi havi átlag termelés a harmadik legmagasabb volt 2020-ban. A víz- és szélenergiát az év utolsó hónapjában 36,5%-ban biztosították a vizsgált balkáni országok aggregált fogyasztását, amely meghaladta az éves átlagot (33%).

A megújuló termelés eloszlása azonban nem volt egyenletes a hónapban. Míg december első két hetét – december 2-3. kivételével – bőséges víz- és szélerőművi kínálat jellemezte, december 15-től tartósan lecsökkent a szélerőművek termelése, amelyet a vízerőművek is csak részlegesen és korlátozott ideig tudtak pótolni (4. ábra).

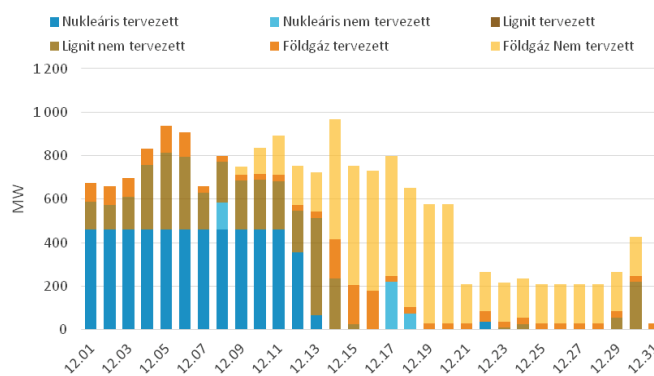


4. ábra. Balkáni víz- és szélerőművi termelés
Forrás: Entso-E

A megújuló termelés ingadozásán felül jelentős erőművi kiesések nem jellemezték az időszakot, de Szlovéniában pont a kérdéses december 15-17. napokon 500-800 MW szénerőmű kiesésre került sor. Összességében a helyi ártüskék időszakában a hónap eleji hétköznapoknál számottevően alacsonyabb volt a balkáni villamosenergia-termelés, 2-2,5 GWh/nap termelés „hiányzott” a piacról.

Hazai termelés: a karbantartás miatt álló kapacitások mellett egyes rendelkezésre álló erőművek sem indultak el az árjelzésre

Decemberben a hazai erőművi kínálatot több karbantartás is szűkösre tette. A hónap elejére eső két ártüske idején főleg a zsinórtermelésű egységek voltak karbantartáson. December 13-ig a Paksi Atomerőmű egy blokkjának (508 MW) karbantartása csökkentette a kínálatot. Ezen túlmenően december 8-án, és a két, december második felére eső ártüske idején (december 17-18-án és 22-én) nem tervezett kiesés miatt volt nukleáris kapacitáscsökkenés. A Mátrai Erőmű kapacitásában december 15-ig folyamatos hiány mutatkozott, utána viszont a karbantartás miatt kieső volumen lecsökkent és mintegy 840 MW lignites kapacitás állt rendelkezésre. A Duna menti Erőmű G3 blokkja (407 MW) december 14-20. között, a G1 blokkja (180 MW) december 10-től, a Kelenföldi Erőmű gázturbinája (145 MW) december 14-17. között nem állt rendelkezésre (5. ábra).



5. ábra. Tervezett és nem tervezett erőművi kiesések
Forrás: MAVIR

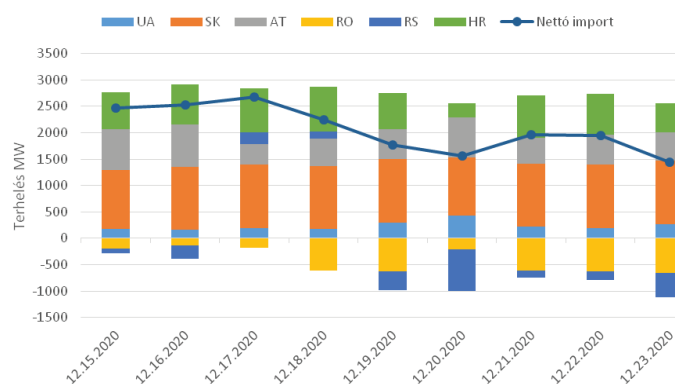
Annak ellenére, hogy a leginkább zsinórüzemben működő nukleáris és lignites kapacitások a hónap elején nem álltak rendelkezésre, a hazai termelés a hónap második felében volt alacsonyabb. Ráadásul a kínálat szinte egyáltalán nem reagált a magas árakra. Míg az első két ártüske idején, december 3-án és 9-én marginálisan emelkedett a gáztüzelésű erőművek termelése, a december 16-17-i és a december 21-22-i időszakban a magas piaci árak nem eredményeztek nagyobb kínálatot.

December 16-17-én különösen szűkös volt a gáztüzelésű erőművi kínálat, mert sem a Dert G1 és G3, sem a Kelenföldi Erőmű nem állt rendelkezésre, miközben 17-én egy nukleáris kapacitáscsökkenés is volt. Így ezen a napon meghaladta a 800 MW-ot azon erőművek kapacitása, amelyek ilyen magas árak mellett vélelmezhetően termeltek volna, de karbantartáson voltak. Ennek ellenére volt szabad kapacitás a rendszerben, hiszen a Csepeli Erőmű a MAVIR kimutatása szerint rendelkezésre állt, a szabályozási piacon nem volt lekötve, és mégsem adott nagykereskedelmi piaci ajánlatot. A Csepeli Erőmű hiánya további közel 400 MW-tal szűkítette a hazai kínálatot.

A december 21-22-i időszakban jóval kisebb volt a karbantartás miatt kieső kapacitás. Már csak a Dert G1 volt tervezett karbantartáson, és 22-én néhány órára ismét leállt egy paksi blokk. Ebben az időszakban azonban még több kihasználatlan szabad kapacitás maradt a rendszerben, mivel december 21-22-én mind a Csepel, mind a Dert G3 blokkja ugyan rendelkezésre állt, mégsem adtak nagykereskedelmi piaci ajánlatot, miközben a szabályozási piacon sem voltak lekötve. A két erőmű távolmaradása a nagykereskedelmi piactól 800 MW-tal rövidítette meg a hazai kínálatot.

Korlátozott importlehetőségek

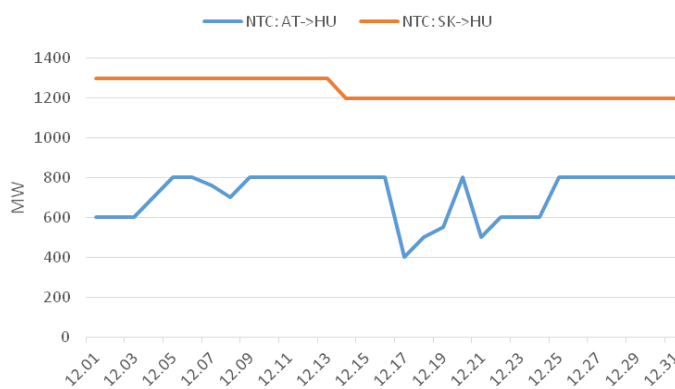
A kedvező balkáni vízhozamú időszakoknak megfelelően Magyarország az északról folyamatosan érkező importon felül Horvátországból is jelentős mennyiségben hozott be villamos energiát. Románia és Szerbia irányában viszont ebben a hónapban is a kiszállítás volt a jellemző. Összességében az előző év decemberénél 5,1%-kal magasabb, 29,6% volt az import fogyasztáshoz viszonyított aránya. A nettó import csak a hó végén, a hazai kereslet és a balkáni vízerőművi termelés visszaesésével kezdett el csökkenni.



6. ábra. Határkeresztesztő áramlások alakulása a 6 és 22 óra közötti időszakban
Forrás: MAVIR

Bár a hazai piacot kínálati szűkösség jellemezte, a december 16-17-i időszakban a nettó import csak minimálisan tudott emelkedni, míg december 21-22-én a nettó behozatal még csökkent is az előző munkanapra (december 18.) jellemző szintjéhez viszonyítva (6. ábra).

A határkeresztesztő forgalomban a legnagyobb változást az északi importlehetőségek beszűkülése okozta. Az osztrák és a szlovák határkeresztesztő kihasználtsága a nappali órákban folyamatosan magas volt, az elérhető kapacitások csökkenése azonban december második felében több alkalommal korlátozta a behozatalt. December 13-tól a szlovák-magyar importkapacitás 100 MW-tal lett alacsonyabb. Az osztrák határkeresztesztő kapacitásokból a hónap során több alkalommal is kevesebb került felajánlásra. A legnagyobb visszavágásra december 17-én és december 21-22-én csúcsidezőszakban került sor (7. ábra). A balkáni régió



7. ábra. Az osztrák és szlovák határkeresztesztő kapacitások nagysága a 8 és 18 óra közötti időszakban
Forrás: Entso-E

ellátása szempontjából fontos, hogy az osztrák határkeresztesztő kapacitásokat a szlovén határkeresztesztő pontokon is korlátozták ezekben az időszakokban.

A kereskedelmi áramlások alapján december 16-17-én Magyarország és Románia volt a kínálati szűkösség gócpontja. Ezekben a napokban a csökkenő északi importot részben a Horvátországból érkező behozatal pótolta, a vizsgált napokon a határkeresztesztő a szokásosnál magasabb, a teljes kihasználtságot közelítő forgalmat bonyolított. December 16-17-én a szokásosnál kisebb volt a szerb és román kivitel, sőt 17-én Szerbia irányából nettó import érkezett, bár ennek nagysága messze elmaradt a rendelkezésre álló határkeresztesztő kapacitások nagyságától. Ha nem a teljes forgalmat nézzük, hanem csak a másnapi piaci forgalmat, Románia felől is nettó importőr volt Magyarország. Ez azt mutatja, hogy bár a román piacon is szűkösséget okozott a szélerőművi termelés leállása, Magyarországot még a román piacnál is szűkösebb kereslet-kínálati viszonyok jellemezték.

A december 21-22-i ártüske földrajzi kiterjedése némileg eltért a december 16-17-itől, mert ebben az időszakban a balkáni régió egészét szűkös kínálat jellemezte. Jelentősen nőtt a román, és kisebb mértékben a horvát és a görög importigény, miközben a jellemzően nettó exportőr pozícióban lévő bosnyák, bolgár és szlovén kivitel alacsonyabb volt a csúcsidezőszakban, mint az előző hét munkanapjain. Ebben az időszakban Magyarország Románia és Szerbia irányába is exportált. Tehát ebben az időszakban a tőlünk délkeletre eső országok jelentették a kínálati szűkösség gócpontját.

Összefoglaló megállapítások

Elemzésünk alapján láthattuk, hogy a hazai árakat nemcsak a magyar, hanem a német és a balkán piacainak eseményei is befolyásolják. 2020 decemberében megfigyelhető volt, hogy mindegyik ártüske kialakulásában jelentős szerepet játszott a német és/vagy a román és horvát szélerőművi termelés átmeneti visszaesése. Ezeket a hatásokat tetézték a magyar termelőkapacitások kiesései. Az első két ártüske időszakában a nukleáris és lignites, a harmadik esetében pedig a gázerőművi kapacitások álltak karbantartás alatt. A határkeresztesztő kapacitások csökkenése, illetve az, hogy egyes rendelkezésre álló erőművek a magas árak ellenére sem adtak nagykereskedelmi piaci árajánlatot, felnagyították a megújuló termelés volatilitását és a karbantartások miatt kieső kapacitások elkerülhetetlen áremelő hatását. A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal vizsgálja, hogy milyen akadályai vannak a hazai erőművek nagyobb kínálati rugalmasságának.

A vizsgált időszakban különösen az osztrák irányú kapacitásoknak a nappali órákra eső 300, illetve 400 MW-ot elérő korlátozásainak volt jelentős árbefolyásoló szerepe, melyek csak az előző napon, közvetlenül a határkeresztesztő kapacitáskorlátozó meghirdetésekor váltak ismertté. Mivel a kapacitáskorlátok egyszerre jelentek meg a szlovén és magyar határkeresztesztőkön, és az érintett rendszerirányítók nem jelentettek karbantartást, feltételezhető, hogy az osztrák rendszerben jelentkező belső szűkületek kezelésére szolgáltak. A Tiszta Energiacsomag szigorúan fellép azzal szemben, hogy a rendszerirányítók belső szűkületeiket a szomszédos országok számára elérhető határkeresztesztő kapacitások korlátozásával kezeljék. 2025-ig fokozatosan, évről évre szigorodnak majd a határkeresztesztő kapacitások meghirdetett minimumára vonatkozó előírások, így a belső szűkületek kezelését redispatch műveletek segítségével kell megoldania a TSO-knak.

A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon

Szilágyi Zsombor

mérnök; drszilagyzsombor@freemail.hu

A koronavírus járvány a háttérbe tolta a földi légkör felmelegedésének és a levegőbe kerülő káros anyag kibocsátás fékezését. Az Európai Unió a klímavédelmi programot újrafogalmazta a következő évekre is: a 2020. évig elért eredményeket kell erőteljesen tovább vinni újabb légkör védelmi akciókkal.

*

The corona virus outbreak has pushed back the efforts on braking the release of harmful substances into the air and the warming of the earth's atmosphere. The European Union has re-formulated the climate program for the coming years: the results achieved until 2020 must be strongly furthered by new atmospheric protection measures.

A szén-dioxid kibocsátás csökkentésére indított harcban kiemelt szerepe van a megújuló energiahordozóknak, amelyekkel a fosszilis energiahordozókat kellene kiváltani vagy visszaszorítani. Az energiák piacát elsősorban a kőolaj árának mozgása határozza meg. A kőolaj a világon az áruk kereskedelmének legnagyobb tétele, és az olaj ára mozgatja más nyersanyagok árát is. A megújuló energiahordozóknak a kőolaj szerepét kellene csökkenteni. Ezt a változást a kőolaj ára lényegesen befolyásolja: amíg árban a kőolajtermék olcsóbb, mint a megújuló energiahordozó, addig a megújuló frontján nagy előrelépésre nem lehet számítani. A légkör védelmi akciókban az Európai Unió jár az élen, jelentős támogatásokkal igyekszik ellensúlyozni a szénhidrogének piaci előnyeit.

Az amerikai nem hagyományos kőolaj- és földgáz termelési sikerek és a koronavírus járvány hatására 2020 tavaszán az amerikai kőolaj tőzsdén soha nem látott áresés jelentkezett, aminek a következményei még legalább egy évig befolyásolják napjainkat. 2019-ben az USA, a világ legnagyobb kőolaj felhasználója a palaolaj termelés sikerének köszönhetően önellátó lett, és az addigi kőolaj importja kiesett a piacról. A világ kőolaj fogyasztása a járvány miatt az addigi mintegy 100 millió hordó/nap szintről 80 millió hordó szintre zuhant. Ez az igény esés a kőolaj termelő cégeken kívül még egy sor iparágat nagyon rosszul érintett: a kőolaj ipar beszállítói, a kőolaj feldolgozók, a forgalmazók hatalmas veszteségeket voltak kénytelenek elkönyvelni. A kőolaj ára a tőzsdéken csak azután kezdett emelkedni, hogy a kőolaj exportáló államok szövetsége (OPEC) és még további tíz ország a kőolaj kitermelés csökkentését határozta el 2020. áprilisban. A kőolaj ára lassú emelkedésnek indult, és 2020 végére 50 dollár hordónkénti ár alakult ki.

A járvány kezelésének költségei miatt gyakorlatilag minden ország leállította a légkör védelmi beruházásait. Az olajár zuhanása pedig lényegesen rontotta az energiahordozó cseréket célzó beruházások megtérülését.

Kutatók azt vélik, hogy a koronavírus járvány határozott kezelése után, talán már 2021 második felében visszaáll az energiahordozók piaca a 2019 előtti struktúrára és árszintekre, és például a kőolaj ára ismét 65 dollár/hordó szinten lehet.

Az Európai Unió környezetvédelmi programjai a légkör váratlanul gyors romlása miatt szükséges intézkedéseket fogalmazzák

meg. A légkörbe kerülő káros anyagok listáját a szén-dioxid vezeti, a Föld átlag hőmérséklete alakulásában betöltött szerepe miatt. Talán a leghatékonyabb légkör védelmi program lett az EU-ban a szén-dioxid kibocsátási kvóta szabályozás, amely a legnagyobb szén-dioxid kibocsátó felhasználókat szorítja hatékonyabb energia termelésre, energiahordozó cserére. Az EU 2020. decemberi döntése az, hogy 2030-ig a légkörbe kerülő üvegházhatású gáz kibocsátás 55%-kal csökkenjen. Az EU tagállamként Magyarország is részese ezeknek a programoknak.

Magyarország szén-dioxid kibocsátását mutatja be a BP statisztikája (millió tonna) [1]:

Év	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Kibocsátás	48,7	44,3	45,2	47,3	47,5	47,4

A világ 2019. évi szén-dioxid emissziója 34,1 Giga tonna volt (BP [1]), ezt a kibocsátást kellene 2050-re legfeljebb 9 GT szintre csökkenteni.

Magyarország nem tartozik a nagy légkör szennyező országok csoportjába. Az adatok ugyanakkor azt is mutatják, hogy a légkör védelmére eddig tett intézkedések nem hoztak látványos eredményt.

Magyarország egy főre jutó légköri károsanyag kibocsátása az EU országok átlaga körül alakult. Napjainkban a szilárd részecske kibocsátást kivéve a káros gázok kibocsátásának csökkenése kisebb részt a környezettudatosság eredménye, nagyjából a koronavírus járvány kísérő jelensége.

A légkör védelem egyik hatékony útja a megújuló energiahordozók használatának növelése, a fosszilis tüzelőanyagok visszaszorítása. Az ország adottságai a megújuló energiahordozók fokozottabb használatára vegyes képet mutatnak: egyes területeken (például vízenergia, geotermikus energia) lényeges előrelépés a természeti adottságok miatt nem várható, más energiahordozók esetében a lényeges energia potenciál kihasználására nagy beruházások lennének szükségesek (például a kommunális hulladék kezelésben, vagy a biogáz hasznosításban).

Tekintsük át a hazai primer-, a végső energia felhasználást, és ezen belül az elsődleges megújuló energiahordozók felhasználását (PJ) [2]:

Forrás	2016	2017	2018	2019
Primer	1067	1115	1113	1116
Végső [3]	820	845	842	842
Megújuló	126	124	117	118

A végső és a primer energia felhasználás hányadosa elég jó képet mutat az ország energetikai helyzetéről. Nem tekinthetjük hazánkban az energia felhasználást eléggé hatékonynak.

A Kormány 2010-ben kiadta a Megújuló Nemzeti Cselekvési Terv-et (MNCST), amely először tűzte ki célul 2020-ra a primer energiahordozó felhasználáson belül a megújuló részesedésére a

14,65%-os arányt. A program első sorban a nap- és a geotermikus energia hasznosítás előretörését tűzte ki célul.

Az MNCST is számol azzal, hogy a megújuló energiahordozók fokozottabb használata erőteljes állami támogatási akciók nélkül nem várható el. A támogatás többféle formában adható: beruházás támogatása, villamos energia termelési cél esetén szabályozott (emelt) átvételi ár meghatározott időszakokra, kedvezményes kamatozású hitel akció. A program célkitűzései részlegesen teljesültek, teljesülnek, éppen a pénzügyi állami támogatások szükségessége miatt.

A következő táblázatok a hazai megújuló energiahordozó termelést és felhasználást mutatják be.

Az elsődleges megújuló energiahordozók termelése (TJ) [2]:

	2016	2017	2018	2019
kommunális hulladék	2766	1930	1626	1842
szilárd biomassza	100 570	98 952	89 320	85 914
biogáz	3708	4141	3916	3769
bioüzemanyag	17 817	17 629	18 699	19 786
napenergia	1346	1749	2791	5949
geotermikus energia	5026	5590	5970	6611
vízenergia	932	792	799	788
szélenergia	2462	2729	2185	2624

Az elsődleges megújuló energiahordozók felhasználása (TJ) [2]:

	2016	2017	2018	2019
kommunális hulladék	3481	2765	2907	3073
szilárd biomassza	101 026	99 547	90 120	86 606
biogáz	3708	4141	3916	3769
bioüzemanyag	7835	6929	8091	8504
napenergia	1346	1749	2791	5949
geotermikus energia	5025	5590	5970	6611
vízenergia	933	792	799	788
szélenergia	2462	2729	2185	2624

A **napenergia** hasznosítás előretörése egyértelműen a napelemek számának robbanásszerű gyarapodásával van összefüggésben. 2020. decemberben az ország villamos teljesítmény igénye meghaladta a 7000 MW-ot. 2020. decemberre a napelemek beépített teljesítménye meghaladta a 2000 MW-ot, ebből az 50 kW alatti, háztartási napelemek kapacitása 600 MW volt.

A kormány energia stratégiájában 2030-ig 6600 MW napelemes teljesítmény kiépítése szerepel. Már ma is új feladatot jelent a napelemek időszakos termelésének és a villamos energia igény szezonálisának illesztése. A hazai villamos rendszeren számos fejlesztési feladat adódik: köztük gyors indítású erőművek üzembe állítása, a villamos hálózatok kapacitásának erősítése. Külön feladat a hazai villamos ellátó rendszerben a negyedórás vezénylésre áttérés, ami a főbb felhasználók és a termelők teljesen új minőségű rugalmasságát igényli. Ezek a beruházások százmilliárd forint nagyságrendűek, amelyet a villamos tarifák rendszerhasználati díjelemei nem fedeznek. A fejlesztésekre az MVM vállalatának hosszú távú hitelt kell felvenni, és igénybe kell venni EU pénzügyi forrásokat is. Szükséges a jelenlegi és a jövőben bekapcsolásra kerülő napelemes

termelők aktív bevonása az országos teherelosztásba, például időszakos termelési tarifák bevezetésével.

A szomszédos országok is hasonló gondokkal küzdenek. A termelési és felhasználási szezonális illesztésére sokféle kísérlet indult el: a rendkívül drága akkumulátoros vagy hidrogén alapú villamos energiatárolás még nem jutott el a MW nagyságrendű teljesítményig.

A **bioüzemanyag** felhasználás alakulása alapvetően a sok tényezővel befolyásolt üzemanyag felhasználással van összefüggésben. 2019-ben várhatóan elértük a bioüzemanyag hazai felhasználás hosszabb távon is tartható mértékét. Ugyanakkor Magyarország bioüzemanyag exportja jelentős.

A **vízenergia** hasznosításban lényeges előre lépésre nem lehet számítani, az ország földrajzi adottságai miatt.

A **geotermikus energia** hasznosítás dinamikus fejlesztése rendre megjelenik a kormány különböző energia stratégiáiban. Ennek ellenére nincs érdemi előrelépés. Magyarországon nyolc városban van termál távfűtés (4,5 PJ/év), nyolc helyen van termálvíz visszasajtolás. A visszasajtolás a kitermelés rétegébe olyan mértékű és költségű víz előkészítést igényel, ami miatt ez az újrahaznosítás a kutaknál csak pár évig tartható fenn.

Az üzemelő fürdők száma: gyógyfürdő 130, termálfürdő 154, élményfürdő 204 db.

A geotermikus energiatermelés költsége: kb. 500 Ft/GJ.

A kitermelt vizek hasznosításának egyre nagyobb akadálya a vizek ásványi só tartalma. A magas sótartalom (1...12 g/liter) a hűlő vizekből már a termelő kutakban is kiválik, kiül a szállító, hőcserélő berendezésekre. A lehűlt vizeket a környezetvédelem nem akarja befogadni az élő folyóvizekbe, éppen a magas sótartalom miatt. A nagyszámú fürdő miatt átmenetileg még megengedik az elfolyó vizek bevezetését.

A termálvizek kísérőgázát, a metánt hasznosító háztartási léptékű (<50 kW) ún. termálmétán hasznosító üzemek száma 2017. végén 206 volt. Ezek között vannak részben villamos áramot termelő létesítmények is.

A **szélenergia** termelés és hasznosítás részben időjárás függő, de a villamos teherelosztó vezénylése is szerepet kap. A szélenergia hasznosítás szezonális problémát okoz a villamos energia rendszerben, mint a napelemek: a termelés változást kompenzálni kell. A kormány az ipari léptékű szélerőművek további telepítését a lehetetlen feltételekkel gyakorlatilag leállította.

A hazai megújuló energia termelésben és felhasználásban meghatározó a **szilárd biomassza** szerepe. A fogyasztás évek óta tartó csökkenése nem hozható szoros összefüggésbe a légköri hőmérséklet emelkedéssel. Hasonló folyamat figyelhető meg a kommunális hulladékból nyert energia esetében is: a hasznosítás nélküli hulladék kezelés kap egyre nagyobb szerepet. Fát és kommunális hulladékot importálunk is.

Biogáz bármilyen szerves hulladékból termelhető. A biogáz hasznosítás szokásos formái: szilárd szerves hulladék elgázosító, szennyvíziszap gáztalanító, szilárd hulladék lerakóban keletkező gáz hasznosítása. Magyarország biogáz potenciálja: 121-177 millió m³/év 2H minőségű biometán.

Biogáz üzem létesítés átlagos költsége: 1,0-1,2 millió Ft/kW. A beruházás megtérülési ideje 10-12 év. A biogáz üzemeknél elsődleges a környezetvédelmi funkció.

A megújuló energiahordozókból termelt villamos energia adatai találhatóak a következő táblázatban.

A megújuló energiaforrásokból és a hulladékból termelt villamos energia megoszlása és részesedése (%) [2]:

	2015	2016	2017	2018
biomassza	51,4	45,8	47,3	48,1
biogáz	9,1	10,2	10	8,8
szél	21,5	21	21,8	16,2
víz	7,2	8	6,3	5,9
napenergia	4,4	7,5	10,1	16,6
hulladék	6,4	7,5	4,6	4,3
összes megújuló a teljes termelésben	7,3	7,3	7,6	8,1

2020 végén úgy tűnik, hogy a primer energiahordozó felhasználásban a megújulók részesedésére vállalt 14,65%-os arány mégis teljesülhet. Ebben jelentős szerepe van annak, hogy a szilárd biomassza felhasználást 2017. óta új módszerrel számítják. Előtte a szilárd megújulókból a tűzifa felhasználás adatait az erdészetek hivatalos tűzifa forgalom jelentéseire alapozták. Az új számítás egy lakossági körben végzett viszonylag széles körű felmérésen alapszik: a lakosok részletezték a tűzifa beszerzésük és felhasználásuk adatait. Megjelent a statisztikában a nem erdőkből (építkezésekről, házi kertekből, utak melletti fasorokból) származó fa is, és a KSH becslése szerinti éves 3-3,5 millió köbméter nagyságú falopás is. Az új adatokkal több mint kétszeresére ugrott ez a megújuló tétel az energia mérlegben, az állami támogatások nagyobb tételei el is tűntek a gazdaságból. Az új számítást Európa több országában is alkalmazzák. Segíti a hazai vállalatok teljesítését a napelemek gyors ütemű elterjedése is.

Az EU 2020 utáni légkör védelmi célkitűzései viszont alapnak tekintik a 2020-ban elért megújuló hasznosítási hányadot, és ezután kell tovább fokozni az egyes megújuló felhasználásokat. 2020 után vissza kell térni a tűzifa felhasználás számba vételénél az erdészeti statisztikákra. Ha egy ország primer megújuló felhasználása csökken, akkor jelentős összeget kell befizetni az EU kasszájába.

Hazánk adottságai alapján a bioüzemanyag, a vízenergia, a geotermikus energia nem kínál előrelépést. A napenergia hasznosítása villamos áram termelésre még bőséges lehetőség a megújuló hányad emelésére, különösen, ha hamar és olcsón megoldjuk a napelemekkel járó néhány vonzatot:

- A napelemek és a szél generátorok áram termelésének szezonálisát energia tárolással kellene megoldani. Mivel a villamos energia tárolás minden módja (akkumulátorok, hidrogén cellák, tározós vízi erőművek) rendkívül drága, marad egyensúlyozásra a hazai földgáz tüzelésű erőművek fokozottabb igénybevétele, vagy az import villamos áram.
- A meglévő villamos hálózat jelentős fejlesztést igényel, a napelemek termelésének befogadására.
- A napelemek jelentős része mezőgazdasági művelésre alkalmas területen települ.

A szomszédos államokban is gyors ütemben szaporodnak a napelem parkok, a termelés egyensúlyozásának problémái azonosan jelentkeznek. Ez a helyzet megnehezíti a villamos energia külkereskedelmének lehetőségeit. 2019-ben a primer energia felhasználáson belül a megújulók részesedése 10,3% volt, a MEKH statisztikája szerint.

A háztartások megújuló és összes energia felhasználása a MEKH statisztikája szerint (PJ) [2]:

	2015	2016	2017	2018
Megújulók	74,3	72,4	68,4	57,4
Összes felhasználás	249,1	257,6	263,3	243,6

Az összes háztartási energia felhasználás kis mértékű csökkenését több tényező okozza:

- az új építésű lakások hőszigetelése akár 40%-kal is alacsonyabb lehet, mint egy 50...80 éves épületé
- a lakásállomány jelentős részénél végeztek energia takarékosági beruházásokat
- az átlag hőmérséklet emelkedett

Az energia hatékonysági célok között a lakások és a közintézmények hőszigetelése valódi energia-megtakarítást hoz. Ebben a programban mintegy 1,2 millió ingatlan vett részt eddig (a 4,5 millió ingatlan 27%-a), de mindenek előtt saját pénzforrásból, banki hiteltől, önkormányzati forrásból finanszírozták, az állami támogatás jelképes volt. Az energia hatékonyság növelését célozza a világítási korszerűsítése energiatakarékos izzókkal. A világítási célú energia felhasználás 7% körül van a háztartás teljes energia szükségletében, ennek LED izzókkal 1%-ra csökkentése nem jelentős az EU vállalások szempontjából. Hatályba lépett az EU rendelete a földgáz fűtőkészülékek hatásfoka követelményeiről, és már kiadták a szilárd tüzelésű fűtőkészülékek új követelményeit tartalmazó rendeletet is. Ez a változtatás évente pár tízezer gázkészülék cserénél nem jelentős energia megtakarítást hoz.

Összefoglalva: Hazánk az EU tagjaként erős energiahordozó szerkezet változásra kényszerül. A Kormány különböző energetikai programjai alapvetően jó fejlesztési célokat tűznek ki, a programok az EU elvárásaival nagyjából összhangban vannak. A fejlesztési programok nagyon óvatosan szólnak a végrehajtáshoz szükséges pénzek forrásáról. Több energia takarékoságot, energiahordozó cserét, energetikai berendezés korszerűsítést támogató pénzkereket is megnyit az állam, de ezek a források az érintett felhasználók egészen kis hányadát segítik.

- [1] BP Statistical Review of World Energy 2020|69th edition
 [2] https://www.mekh.hu/éves_adatok
 [3] https://www.ksh.hu/éves_adatok

A mérnöktársadalmat érintő kérdés

A Magyar Mérnöki Kamra 40/2020 /XII.09/ MMK elnökségi határozattal a mérnöki tevékenységek ajánlott díjszabását módosította illetve kiegészítette. A határozat lényege, hogy a mérnöki díjszabást évente felülvizsgálja, a felülvizsgálat során a napi díj változásának mértékét a garantált bérminimum változásához kapcsolja, megszünteti a mérnöki díjszabásidőt, ráfordítási sávjait és az egy mérnöknapra vonatkozó díjmértékét.

A határozat az alábbiakat tartalmazza:

Az ajánlott mérnöki napi díj tartalma.

Az ajánlott mérnöki napi díj mértéke.

A mérnök kategóriák tartalma és leírása.

Hatálybalépés, közzététel (2021. január 1-től)

Az ajánlott mérnöki díjszabás megjelent a Mérnök Újság 2021. január – februári számában.

Dr. Horn János

Köszönjük, hogy gondol ránk!

1%

Az Energiagazdálkodási
Tudományos Egyesület adószáma:

19815637-2-43

Az energiahordozók új jövője

Szilágyi Zsombor

mérnök; drszilagyzsombor@freemail.hu

2020-ra a koronavírus járvány megjelent a Föld minden országában. A járvány kezelésére tett intézkedések mérsékeltek a halálos áldozatok számát, de a megfelelő védőoltás alkalmazásáig még nagyon sok tennivaló van. A járvány kezelése sok pénzt vont el az országok gazdaságából. A járvány előtt a világ minden országában különböző intenzitással foglalkoztak a légkör védelmével. Mára ezek a lépések háttérbe szorultak. Abban bízhatunk, hogy a koronavírus eltűnése után ismét a szén-dioxid kibocsátás csökkentése kerülhet az előtérbe.

*

By 2020, the corona virus outbreak has appeared in every country on Earth. The measures taken to deal with the epidemic have reduced the death toll, but much has to be done until proper vaccination is used. The treatment of the epidemic has drawn a lot of money from the economies of the countries. Before the outbreak, atmosphere protection was addressed with different intensity in every country in the world. Today, these steps are overshadowed. We can hope that after the disappearance of the crown virus, the reduction of CO₂ emissions will be promoted once again.

A Föld növekvő népessége egyre több energiát igényel, a többlet igények kielégítése és a környezetbarát energia ellátás illesztése komoly feladatokat jelent. Ha nem tereljük az energia felhasználást a környezetbarát energiahordozók felé, akkor a klímaváltozás miatt a koronavírus járványhoz hasonló egészség károsodásokkal és a halálesetek számának növekedésével számolhatunk. A megújuló energiahordozók teljesíthetik azt a feladatot, hogy alapjai legyenek a hatékony energiaellátásnak, és mindezt elfogadható áron nyújtják.

Az energiahordozók helyzete, felhasználásának alakulása sok kutatóintézetet foglalkoztat. Nemzetközi szervezetek, kormányhivatalok, cégek készítenek elemzéseket és prognózisokat az energiacpiac helyzetéről, várható alakulásáról. A hosszabb távú előrejelzéseket általában több változatban készítik. A British Petrol (BP) is évtizedek óta készít energia prognózisokat. A hosszú távú prognózisokat akár évente felülvizsgálják, különösen akkor, amikor az egész világot érintő lényeges események történnek. A BP 2020. szeptember közepén adta ki új előrejelzését, már kalkulálva a koronavírus járvány eddigi és lehetséges hatását az energia felhasználásra [1]. A BP három változatban készítette 2050-ig szóló előretekintését. Mindhárom változat a 2050-ig várható légköri szén-dioxid tartalom mértéke köré épült fel:

- Rapid Transition Scenario (Rapid) változat: 2050-ig a szén-dioxid kibocsátás 70%-kal csökken az erőteljes energia a takarékosági és légkör védelmi intézkedések, beruházások hatására.
- Net Zero Scenario (Net Zero) változat: a szén-dioxid kibocsátás legalább 95%-kal csökken, vagyis szinte zéró kibocsátás lesz 2050-ben.
- Business-as-usual Scenario (BAU) változat: a koronavírus járványból kilábalva visszatérünk az előző időszak környe-

zetvédelmi programjai megvalósításához, az előző években kialakult ütemben. A 2018. évi CO₂ kibocsátás 2050-ig kb. 10%-kal csökkenhet.

A három változat szerint a világ szén-dioxid kibocsátásának várható értékeit mutatja az 1. táblázat.

1. táblázat. A világ CO₂ kibocsátásának várható értékei az egyes forgatókönyvekre (Gtonna)

	2019	2030	2040	2050
Rapid	34,1	27,2	16,8	9,5
Net Zero	34,1	25,8	9,8	1,5
BAU	34,1	33,8	32,2	30,4

A világ primer energia felhasználása 2019-ben 583,91 EJ volt, mintegy 15%-kal több, mint 2010-ben. Az energiafogyasztás folyamatosan nő. A 2019. évi energiahordozó megoszlást a 2. táblázat mutatja a primer felhasználásban.

2. táblázat. Energiahordozók a primer felhasználásban (EJ)

olajtermék	193,03
földgáz	141,45
szén	157,86
nukleáris	24,92
vízenergia	37,66
egyéb megújuló	28,98
összesen	583,91

2019-ben a világ legnagyobb energia felhasználó országai: Kína (141,71 EJ, primer energia), USA (94,65 EJ) India (34,06 EJ). A három ország a világ energia igényének 46,3%-t adja, ezzel az energia piacai alapvetően befolyásolják a világ energiapolitikáját. Az Európai Unió államai erős szövetségben és nagy elhatározásokkal indítottak harcot a légköri szén-dioxid tartalom csökkentésére, eddig még nagy eredmények nem születtek. A világ primer energiahordozó felhasználását a BP szerint a 3, 4 és 5. táblázat mutatja a szcenáriók szerint.

3. táblázat. Rapid változat (EJ)

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
olajtermék	184	173	153	129	108	89
földgáz	155	165	166	158	145	142
szén	133	109	78	50	35	24
nukleáris	27	30	34	38	41	44
vízi	43	47	50	53	55	57
szél	28	41	62	87	107	121
napenergia	17	30	50	76	97	110
bioüzemanyag	8	10	12	11	11	10
egyéb megújulók	65	99	147	204	249	277

4. táblázat. Net Zero változat (EJ)

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
olajtermék	183	168	137	96	65	42
földgáz	146	141	121	105	96	91
szén	136	106	60	34	20	12
nukleáris	27	32	37	43	50	57
vízi	44	49	52	55	59	62
szél	32	53	85	119	140	155
napenergia	20	42	82	122	144	155
bioüzemanyag	8	12	15	15	15	15
egyéb megújulók	76	130	215	296	342	370

5. táblázat. BAU változat (EJ)

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
olajtermék	191	190	187	182	177	172
földgáz	155	168	177	183	187	191
szén	155	149	145	138	131	123
nukleáris	26	27	28	29	30	31
vízi	43	46	47	49	50	51
szél	22	33	42	54	65	78
napenergia	12	21	28	39	48	59
bioüzemanyag	6	6	7	7	7	7
egyéb megújulók	48	70	89	114	137	161

6. táblázat. Az összes primer energiahordozó felhasználás (EJ)

változat	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Rapid	660	704	752	806	848	874
Net Zero	672	733	804	885	931	959
BAU	658	710	750	795	832	873

7. táblázat. A villamos áram termelés (EJ):

változat	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Rapid	277	302	329	363	440	383
Net Zero	288	316	347	401	446	484
BAU	277	303	325	348	367	390

A BP prognózisa néhány meglepetést hozott:

- 2019-hez képest mindhárom prognózis változatban nagy felhasználás növekedés látható.
- A teljes energia felhasználás: a Net Zéró változatnál az látszik, hogy a szén-dioxid kibocsátás elleni harc egyre több energiát igényel. Ugyanakkor ez a változat tükrözi, hogy a fosszilis tüzelőanyagok kiszorítására nagy erőket összpontosítanak. A BAU változat a Rapid változathoz hasonlóan folyamatos igény növekedést mutat.
- Az olajtermékek felhasználása mindhárom változatban visszaesik. 2019-ben még a legfontosabb energiahordozó volt, 2035 körül elveszti elsőbbségét. A koronavírus járvány néhány hét alatt több, mint 20%-kal csökkentette az olajtermék felhasználást, ezzel az olaj ára is soha nem látott szintig süllyedt. Az OPEC a tagországok érdekei védelmében 2020. májustól csökkentette az olaj kitermelést, az árak emelése érdekében. A kőolaj mesterségesen indukált ármozgása a felhasználást is változtatja.

- A földgáz jövőjét a BP prognózisai változatosan vázolják: a Rapid változatban még 2050-ben is a második legfontosabb energiahordozó lesz. A BAU változatban 2040-től a legfontosabb energiahordozóvá lép előre. Igazolja ezt az előjelzést a „palagáz” kutatás és kitermelés sikerei (ami az USA-t a földgáz önellátáshoz vezette), a metánhidrát kutatás és kitermelés eddigi eredményei, de a Föld ma még hagyományos módszerekkel meg nem kutatott, jelentős területeinek reménybeli készletei is.
- A szén felhasználást a Rapid és a Net Zero változatok gyorsan leépülő energiahordozónak mutatják be, amihez komoly beruházások lesznek szükségesek. A BAU változat is a szén fogyasztás csökkenését prognosztizálja, de elsősorban a széndioxid kibocsátás szabályozásának szigorítása eredményeként.
- A nukleáris energiának nem jutott kiemelt szerep a BP prognózaiban. Tükröződik ebben az egyes országok lényegesen különböző álláspontja az atomerőművek sorsát illetően.
- A vízenergia helyét a BP három változata helyén kezeli. A még ki nem használt természeti adottságok nem sok tartalékot jelentenek.
- A szél- és napenergia: a prognózisok a két megújuló energia karrierjének ragyogó felfutását adják, aminek minden alapja megvan. A két energiahordozó hasznosításához a technikai feltételek adottak, a természetes energia hasznosítás határfoka javul, a berendezések élettartama nő, a beruházási költségek csökkennek. A hazai energia stratégiák új célkitűzései közül a további szélenergia hasznosítás leállítása nem érhető. Világosan látszik, hogy a napenergia áramtermelésre hasznosítása a villamos hálózatok nagyon gyors és nagymértékű fejlesztését igényli.
- A bioüzemanyag felhasználás felfutása 2050-ig reális program, a járműállomány gyarapodásával azonos ütemű.
- Az egyéb megújuló energiahordozókhoz tartozik a biomassza és biogáz, a geotermikus energia, a hulladékok energetikai hasznosítása. Ezek a megújulók egyre jelentősebb energiaforrások a BP szerint. Hazánk különleges adottságai miatt a hazai energetikai programokban kissé túlhangsúlyozott a geotermikus energia hasznosítás erőteljes növelése.
- Megjelent a prognózisban a hidrogén, mint energiahordozó a 8. táblázat szerinti értékekkel.

8. táblázat. A hidrogén, mint energiahordozó (EJ)

változat	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Rapid	0	1	4	10	17	25
Net Zero	0	1	7	22	36	58
BAU	0	0	1	1	2	4

Az elemi hidrogén a természetben nagyon kis mennyiségben fordul elő, viszont víz formájában mondhatni korlátlan készleteink vannak. A hidrogén termelés egyetlen teljesen környezetbarát formája a víz elektrolízissel bontása. Ha az ehhez használt villamos energiát tisztán környezetbarát energiahordozóból nyerjük, akkor megtaláltuk a jövő légkör-barát energiahordozóját. A hidrogén termelés költségeinek csökkentése napjaink fontos kutatási területe. A hidrogén sokrétűen használható: hajtóanyag lehet a közlekedésben, a lokális áramtermelés alapanyaga lehet (tüzelőanyag-cella), és továbbra is a műtrágya gyártás, a műanyag ipar, az élelmiszer előállítás fontos alapanyaga.

Forrás:

[1] BP Energy outlook 2020 edition (2020. szept. 14.)

A Szenior Klub tervei

Az ETE Szenior Energetikusok Klubjának szokásos heti előadásai jó alkalmat teremtettek tájékozottságunk szélesítésére, ismereteink bővítésére, és a személyes kapcsolattartásra. Követhettük a hazai energetika leújabb eseményeit, fejlődési folyamatait. Sajnos, az elmúlt év járvánnyal súlytott időszaka nem tette lehetővé korábbi rendszeres összejöveteleink megtartását és úgy tűnik, erre egy ideig még nem lesz módunk.

Az internetes fejlesztések eredményeképpen új formák és eszközök jelentek meg, elérhetővé váltak az on-line rendezvények, előadások, kerekasztal beszélgetések. Az ETE vezetőségével egyeztetve ezekkel a formákkal mi is élni szeretnénk és interneten elérhető előadásokkal igyekszünk pótolni Klubunk rendezvényeit, amíg a személyes részvételű összejövetelek megint lehetővé válnak.

Ezért kérjük az Egyesület és a Klub tagjait, az előadásai iránt érdeklődőket, hogy elektronikus elérhetőségük közlésével jelentkezzenek az ETE Titkarságán (titkarsag@ete-net.hu). A jelentkezőket közvetlenül értesíteni fogjuk az internetes előadások hozzáférési lehetőségeiről.

Annak szokásos heti előadásai jó alkalmat teremtettek tájékozottságunk szélesítésére, ismereteink bővítésére és a személyes kapcsolattartásra. Követhettük a hazai energetika leújabb eseményeit, fejlődési folyamatait.

Sajnos, az elmúlt év járvánnyal súlytott időszaka nem tette lehetővé korábbi rendszeres összejöveteleink megtartását és úgy tűnik, erre egy ideig még nem lesz módunk. Az internetes fejlesztések eredményeképpen új formák és eszközök jelentek meg, elérhetővé váltak az on-line rendezvények, előadások, kerekasztal beszélgetések.

Az ETE vezetőségével egyeztetve ezekkel a formákkal mi is élni szeretnénk és interneten elérhető előadásokkal igyekszünk pótolni Klubunk rendezvényeit, amíg a személyes részvételű összejövetelek megint lehetővé válnak. Ezért kérjük az Egyesület és a Klub tagjait, hogy elektronikus elérhetőségüket közlésével jelentkezzenek az ETE Titkarságán (titkarsag@ete-net.hu). A jelentkezőket közvetlenül értesíteni fogjuk az internetes előadások hozzáférési lehetőségeiről.

dr. Czibolya László

A Gazdálkodási és Tudományos Társaságok Szövetség (GTTSz) az alábbi konferenciákat online rendezte meg:

„A jövő elképzelhetetlen tiszta és biztonságos energia nélkül”

Előadások:

Süli János tárca nélküli miniszter „Az atomenergia hosszú távú szerepe a magyar energetikában. Paks II. jelenlegi helyzet” című előadásában bemutatta a Paks II. beruházás jelenlegi helyzetét.

Dr. Kereki Ferenc a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Non-profit szervezet vezérigazgatója „A radioaktív hulladékok kezelésének kérdései (erőmű kiégett fűtőelemeinek rövid – hosszú távú elhelyezése, jelenlegi tárolók, kutatások)” című előadásában bemutatta e hulladékok kezelésének jelenlegi helyzetét.

Dr. Szilágyi Zsombor a Miskolci egyetem docense „A hidrogén a jövő energia-hordozója” című előadásában bemutatta, hogy a tiszta energiaforrások egyike a hidrogén, amelyik nem a holnap, hanem inkább a holnapután energiaforrása.

„Magyarország kilátásai a vírus hozta gazdasági válságban” és „Új válság, új megoldások a Magyar Nemzeti Bank szerepe a gazdaság újraindításában”

Előadások:

Dr. Kovács Árpád egyetemi tanár, a Költségvetési Tanács elnöke „Magyarország kilátásai a vírus hozta gazdasági helyzetben,” című előadásában felvázolta az OECD által készített scenáriót és a magyar gazdaság helyzetét és kilátásait.

Dr. Parragh Blanka a Monetáris Tanács tagja (MNB) „Új válság, új megoldások az MNB szerepe a gazdaság újraindításában” c. előadásában főleg a monetáris politikai intézkedésekre és a MNB 2020 szeptemberében elkészített 50 pontos javaslatcsomagot mutatta be, amit az MNB a Kormány támogatására készített.

Az előadásokról készített videofelvételek és prezentációk megtekinthetők a Szövetség www.gttsz.hu honlapján.

Dr. Horn János

Héjjas István: KLÍMAVÁLTOZÁS és MEGÚJULÓ ENERGIÁK

„Klímakatasztrófa fenyegeti az emberiséget!” „Vészhelyzet van!” „Mi magunk vagyunk felelősek, mi emberek, főleg azzal, hogy túl sok szén-dioxidot bocsátunk ki.” Ezt halljuk naponta a TV-ben, rádióban, olvassuk az újságokban és az Interneten.

Valóban vészhelyzet van? Indokolt az emberekben egyszerre pánikot és bűntudatot kelteni? Nem lesz ebből egyszer még baj?

Ami az emberiséget fenyegető kockázatokat illeti, az aggodalom indokolt, ennek azonban semmi köze az éghajlat évmilliók óta zajló szakadatlan változásához, sem pedig a szén-dioxidhoz. Az igazi kockázat az, hogy a rohamosan növekvő létszámú emberiség gyorsuló ütemben pazarolja a rendelkezésre álló természeti erőforrásokat, miközben hatalmas mennyiségben bocsát ki egészséget és környezetet károsító anyagokat a levegőbe, a talajba és az élővízekbe.

A könyv tényekkel alátámasztva mutatja be, hogy a levegőben éppen csak nyomokban jelenlévő, színtelen, szagtalan, láthatatlan, egészségre ártalmatlan szén-dioxid nem káros, hanem nélkülözhetetlenül hasznos komponense a levegőnek, nélküle minden élet elpusztulna a Földön.

A könyv az emberiség valódi kockázatainak áttekintése és az éghajlatváltozás földtörténeti összefoglalása után a klímaelméleteket kialakulásuk sorrendjében, globális szinten ismerteti. A világtendenciák mellett hazai adatokra, példákra támaszkodva ad könnyen érthető, befogadható ismereteket az olvasónak. Bemutatja azt a politikai folyamatot is, amelynek részeként a környezetvédelmet klímavédelemmé hamisították. Szamba veszi civilizációnk energiaszükségleteit, azok kielégítési módját. Kritikai szellemben tárgyalja a megújuló energiák lehetőségeit az energiaellátásban, bemutatva, hogy a „megújuló” energiák irreális mértékű növelése nem csupán értelmetlen és hatástalan pótcselekvés, de több kárt okoz, mint hasznot.

Kissé részletesebben mutatja be a vízenergia szerepét és lehetőségeit, amit az indokolhat, hogy – történelmi távlatból, hazai példán – ebben érhető tetten látványosan és közérthetően a „környezetvédelemben” csomagolt politikai szándékok és beavatkozások.

A kívánatos változások megalapozásához szükséges a társadalom széles körének valós ismereteken alapuló tájékozottsága. A változásokat nem „okos” eszközökkel, hanem okos társadalommal lehet elősegíteni. Ehhez nyújthat segítséget ez a közérthető könyv.

Dr. Horn János

A könyv megvásárolható a Püski Könyvesháznál, Budapest, 1013 Krisztina körút 26. Telefon: 375-7763, 214-3905. Könyvrendelés: puskikiado@gmail.com

Könyvismertetések

A napokban jelent meg napjaink különösen időszerű témakörében két könyv, a Magyar Természettudományi Társulat (MTT) kiadásában.

Geoparkok Magyarországon

szerkesztette Tardy János

A könyv számos kiváló ábrával, nagyszámú színes fotóval és térképpel mutatja be az UNESCO Globális Geopark Hálózat (GGN) tagjaként /el/ismert Novohrad–Nógrád Geoparkot és a Bakony–Balaton Geoparkot, továbbá a cím elnyerésére pályázó, várományos Bükk-vidéki Geoparkot. Az Európai Geopark Hálózatot az UNESCO együttműködésével 2000-ben hozták létre. A Globális Geopark Hálózat 2004-ben alakult meg. 2020 őszén a hálózathoz 44 ország 161 geoparkja tartozott, közülük az Európai Geopark Hálózat 26 ország 81 Globális Geoparkját tömöríti, köztük a két magyarországi geoparkkal.

A **Novohrad – Nógrád UNESCO Globális Geopark** 1619 km² – Magyarországon 1284 km² – az első olyan a világon, amely átnyúlik országhatárokon. 64 magyarországi és 28 felvidéki település földtani, természeti, táji, történeti, kulturális örökségét, a palóc hagyományokat ápolva és bemutatva őrzi. A kötet segítségével 37 látványos helyszínt ismerhetünk meg, illetve kereshetünk fel.

A **Bakony – Balaton UNESCO Globális Geopark** (3244 km²) területén 151 település található. Magában foglalja a Balaton-felvidéki Nemzeti Park jelentős részét, számos természetvédelmi területet és 10 természeti emléket. A kötetben 35 helyszín szerepel.

A tervezett **Bükk-vidék** Geopark 2817 km²-jön létre. 109 terület tartozik a területhez, a Bükki Nemzeti Park egésze, a Lázberci és Tarna-vidéki Tájvédelmi körzet egy része, továbbá 6 természetvédelmi terület, összesen 35 geoturisztikai attrakció.

A 340 oldalas könyvből az egységes szemlélet biztosítja, hogy minden helyszínen rövid bemutatásra kerülnek az adott tájegységek, a helyszín földtani felépítése, fejlődéstörténete,

az élő természeti értékek, a veszélyeztetett növény- és állatfajok, valamint a helyszíntől függően a kultúrtörténeti, kulturális és építészeti örökségek (pl. várak, vármaradványok, kastélyok, a vallási turizmus kegyhelyei), esetenként a szellemi örökségek pl. palóc örökség, bányászahagyományok.

Van jövőnk! Fiataloknak a fenntartható fejlődésről

szerkesztette Kerekes Sándor és Tardy János

Napjaink egyik legidőszerűbb kérdéseit járja körül hitelesen, hiszen a tudományos közvélekedés egyetért abban, hogy a fenntartható fejlődés céljait csak a jelen és jövő és az élővilág egésze iránt elkötelezett emberiséggel érhetjük el. Ez a tanulmánykötet nemcsak a fiataloknak, hanem a felnőtteknek is hiteles, közérthető, kiváló szerzők szakmailag magas színvonalú tanulmányait tartalmazza.

A könyv szerzői és fejezetei:

Boros Anita: Bevezető gondolatok a „Van jövőnk” című kötethez.

Kerekes Sándor: A háromlábú asztal.

Bogárdi János, Szöllösi Nagy András: A vízhez kapcsolódó kihívások.

Dévai György: A vizes élőhelyek és biodiverzitásuk.

Bozó László: Éghajlatváltozás.

Kiss Ádám: Fenntartható energiaellátás.

Zilahy Gyula: Tisztább termelés-avagy környezetvédelem a vállalatok működésében.

Hetesi Zsolt: A mezőgazdaság jövője, csapadék és megoldási lehetőségek.

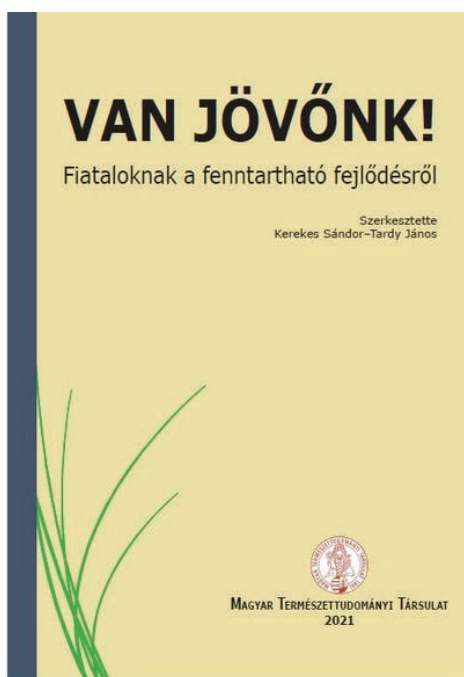
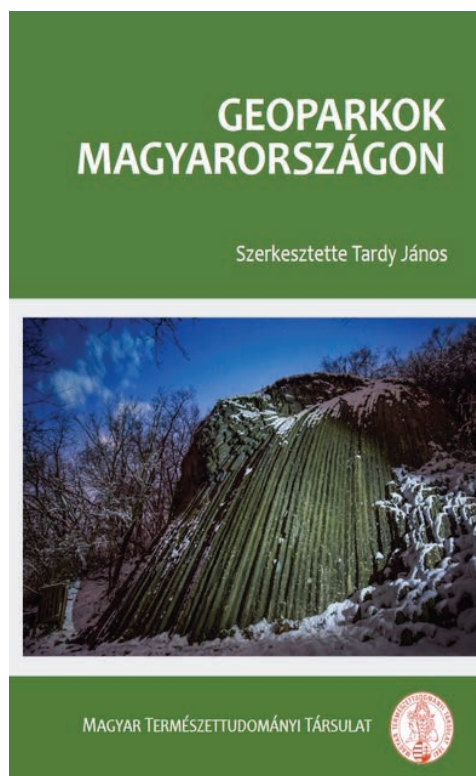
Csutora Mária: Fenntartható fogyasztás.

Kerekes Sándor: Műanyagok, műanyag hulladékok és mikro-műanyagok.

Tóth Gergely: A szemét és Te.

Tóth Zoltán, Remenyik Bulcsú, Tardy János: Fenntartható turizmus.

Besenyey Mónika: Ismeretek – innovációk – környezettudatos viselkedés.



Az idén 180 éves Magyar Természettudományi Társaság harminc esztendeje évente rendezi meg a Kárpát-medence magyar anyanyelvű tehetséges diákjai számára kémia, biológia és földrajz-földtan tárgyak tanulmányi versenyét. 2021-ben első ízben az egész Kárpát-medencére kiterjedő tanulmányi versenyt rendeznek az ITM támogatásával „Van jövőnk! Fiataloknak a fenntartható fejlődésről” címen, a hulladékgazdálkodásra fókuszálva. A versenyt a két kiváló tudósról, Kindler Józsefről és Láng Istvánról nevezték el. A kötet a diákok és felkészítő tanárok képzését is szolgálja.

Dr. Horn János

A kötetek a Társulat Titkárságán (1055 Budapest, Jászai Mari tér 4/a szám alatt, telefon: 06-30-496 4556, Kovács Eszter) mtt.titkarsag@mtt.t-online.hu) megvásárolhatók.

Energetikai Szakkollégium – Energetikai Tanulmányi Verseny 2020/21

Az Energetikai Szakkollégium 2009 óta szervezi meg Energetikai Tanulmányi Versenyét, mely idén, a 2020/2021-es tanévben 13. alkalommal került megrendezésre. A döntő az előző évhez hasonlóan kétnapos volt, azonban a pandémiára való tekintettel online formában valósult meg, témája pedig az e-mobilitás és a villamos hálózat flexibilitása volt.

A versenyprojekt 2020 nyarán indult, a csapat tagjai Hajcsik Zsuzska, Subicz Máttyás, Szathmári Dominik, Tafferner Zoltán és Molnár Martin voltak. A szervezése a járványügyi helyzet okán szinte végig az online térben történt.

A pandémia ellenére a versenyre idén 64 csapat regisztrált, összesen 192 versenyzővel. Az első forduló a korábbi évektől eltérően négy minifordulóból állt, és heti rendszerességgel kiküldött online tesztsorok, feladatok formájában valósult meg. Ezek során általános energetikai témájú feleletválasztós kérdéseket, valamint a középiskolai fizikaturdára építő rövid számolási példákat kellett megoldaniuk a csapatoknak. A harmadik miniforduló során két kreatív gondolkodást igénylő feladatot kaptak a versenyzők. Rövid esszét kellett készíteniük, melyben kifejtették szerintük hogyan lehetne csökkenteni az import nagyságát hazánkban, továbbá műanyag palackok segítségével dísz tárgyat vagy használati eszközt kellett készíteniük, majd bemutatniuk valamilyen formában. A negyedik miniforduló a hagyományokra épült annyi különbséggel, hogy a teszt kitöltése időkerethez volt kötve. A beérkezett munkák kiértékelése után a 20 legjobban teljesítő csapat jutott a második fordulóba.

A második forduló során bő egy hónap alatt kellett a csapatoknak egy komplex projektfeladatot kidolgozniuk, ami témája az e-mobilitás volt. Egy esszében össze kellett gyűjteniük, az elektromos közlekedés előnyeit és hátrányait a hagyományos dízel/benzin meghajtással szemben. Külön figyelmet fordítva a V2G technológiára részletezniük kellett a villamosenergia-rendszerrel kapcsolatos lehetőségeket a társadalom és a világgazdaság tekintetében. Emellett két hosszabb számpélda is megoldásra várt, ahol az egyikben a dinamikus töltésmenedzsmenttel ismerkedhettek meg, a másikban pedig összehasonlíthatták számok alapján is az elektromos és fosszilis üzemanyagú autókat. Végezetül eredményeiket egy online prezentáció során kellett megmutatniuk és megvédeniük a bíráló zsűri előtt. Utána pedig a legjobb 10 csapat került kiválasztásra, akik folytathatták a versenyt a döntőben.

A pandémia következtében a döntő az idei évben az online térben valósult meg. A kezdetben hátrányosnak tűnő helyzet azonban sok új lehetőséggel kecsegtetett, melyeket a szervezők kihasználva dinamikus és izgalmasban gazdag finálét alkottak meg. A verseny

végző fordulójának lebonyolítására egy dedikált honlap is készült, melyen a versenyzők informálódhattak a technikai részletekről, illetve feladatokról.

A kétnapos online döntő tematikájának fő vonulata ezúttal a villamos hálózat flexibilitása volt, melynek témakörében a csapatoknak egy komplex tervezési feladatot kellett valós időben elvégeznie. Ez a hackathon jellegű versenyfeladat volt az idei finálé nagy újdonsága, ugyanis a résztvevők a döntő során négy előadáson vehettek részt a MEKH, MAVIR, E.ON és a Volteum jövőtáborából. Ezen előadások feldolgozták a tervezési feladat bizonyos területeit, segítséget és ihletet nyújtva ezáltal a versenyzőknek a feladat megoldásához. A 10 döntős csapat a két nap folyamán több dedikált időszámban dolgozott az esettanulmányon, munkájukat pedig végül szakmai zsűri előtt prezentálták.

Mindemellett a megszokott módon, további színes kihívások is vártak a finalistákra; többek között például számolási feladat, csapatok közötti érvelés a szakma aktualitásainak témájában, valós idejű menetrend készítés, tabu, online laboratóriumi feladat, illetve virtuális atomreaktor szimuláció.

Az első versenynap fáradalmait este kötetlen beszélgetős programmal vezettük le, melynek során számos csapat tagjai látogattak el a virtuális közösségi térbe, hogy kibeszélhessék tapasztalataikat és élményeiket. A döntő online lebonyolítását a szervezők a szakkollégium irodájából, mint főhadiszállásból vezényelték le, munkájukat pedig közel 20 ESZK-s tag segítette.

A 2020/21-es tanév Energetikai Tanulmányi Versenyén a legjobb iskola címet a legtöbb döntőbe jutott csapat indításával a pápai Türr István Gimnázium és Kollégium nyerte el, az iskola jutalma pedig egy, a Szakkollégium és a Tanulmányi Verseny támogatója, a Manitu Solar által felajánlott fotovoltaiikus panel.

A Tanulmányi Verseny első helyezette a RFtm csapata lett, név szerint Péter Zsivity Ákos, Édes Barnabás és Fodor János a Kecskeméti Református Gimnáziumból. A csapat felkészítő tanára Zajacz Lajos.

A második helyezett a fLuxus csapata lett, név szerint Fodor Lilla, Szolga Larisza és Rudolf Áron a pápai Türr István Gimnázium és Kollégiumból. A csapat felkészítő tanára Szilos Attila.

Az Energetikai Tanulmányi Verseny harmadik helyezette a 正方形のansの下のルート (gyök alatt válasz a négyzeten - japánul) csapat lett, név szerint Kis-Szabó Gábor Tóbiás, Nagy Bence Ákos és Ignácz Patrik a paksi Energetikai Technikum és Kollégiumból. Felkészítő tanáruk Nagyné Makos Mária.

Minden döntőbe jutott csapatot rendre könyvvel és díszoklevéllel jutalmazta a Budapesti és Pest megyei Mérnöki Kamara, továbbá az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület a versenyzőket az Energiagazdálkodás folyóirat 2020-as és 2021-es számával ajándékozta meg.

A 2020/21-es tanév Energetikai Tanulmányi Versenyének fő támogatói és a támogatóknak a versenyt segítő képviselői: Nemzeti Tehetség Program, Emberi Erőforrás Támogatáskezelő, Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara (Kassai Ferenc), Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület (Zsebik Albin), BME Nukleáris Technika Intézet (Aszódi Attila), BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék (Szűcs Botond), BME Villamos Energetika Tanszék (Ladányi József), MAVIR (Herczeg Sándor), E.ON (Péter Gábor Mihály), MEKH (Vigassy Csaba és Hamburger Ákos), Volteum (Tóth Zsófia és Putti Krisztián), Engie (Szepesi Oszkár) és a Manitu Solar.

A cikk szerzői: Molnár Martin, Hajcsik Zsuzsa Zsófia, Subicz Máttyás, Szathmári Dominik, Tafferner Zoltán



Bátor Béla emlékfélév



Az Energetikai Szakkollégium 2020/2021-es tanév tavaszi féléves programterve

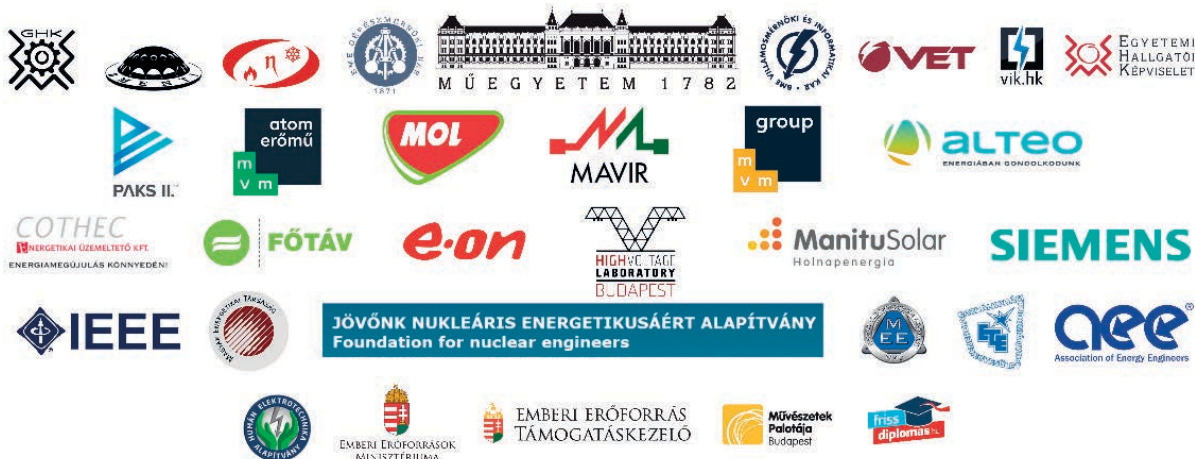
2021. február 25.	Mi lesz veled kiégett üzemanyag?	Dr. Fábián Margit (ELKH, Energiatudományi Kutatóközpont)
2021. március 4.	Intelligens erőművi folyamatirányítás	Csótó László (Siemens)
2021. március 11.	C15 projekt aktualitása	Czibula Mihály (Paks I.)
2021. március 18.	The European Green Deal	Dr. Botos Barbara (EIT)
2021. április 8.	Állapotbecslés a kifeszültségű elosztóhálózaton - az MTA-BME FASTER Lendület Kutatócsoport és az E.ON együttműködése	Dr. Hartmann Bálint, (FASTER) Pintér László (E.ON)
2021. április 15.	Az évtized kiemelkedő eseménye: E.On - Innogy Deal	Kiss Attila (E.ON)
2021. április 22.	Pandémia hatása az energiaiparra	Biczók András (MAVIR)
2021. április 29.	Létfenntartású vállalatok a veszélyhelyzeti jogrendben - Az első hullám tanulságai vagy Gönyői Erőmű látogatás	Dr. Zalai Péter (PwC) ÜZEMLÁTOGATÁS*
2021. május 6.	Megújuló termelés előrejelzés és menetredezés	Czinege Kornél (MVM Partner, Vezérigazgató)
2021. május 20.	Mi Energiánk - Fiatalok a tudományban	MINIKONFERENCIA

*: Amint a vírushelyzet alakulása lehetőséget ad rá, **üzemlátogatás lenne megvalósítva**. Am kedvezőtlen esetben ezen alkalmakat egy-egy **előadással helyettesítjük**.

Előadásaink helyszíne, időpontja **változó**:

További információért kövesse figyelemmel [Facebook oldalunkat](#), [heti hírlevelünket](#), illetve [honlapunkat](#)!

A programváltozás jogát fenntartjuk.





**MAGYAR
MÉRNÖKI
KAMARA**



Ingyenes Energetikai Tanácsadás

Hőszigetelés, nyílászáró csere, napelem?

Melyik felújítási terület az elsődleges?

Melyik beruházás térülhet meg legkorábban?

Mire érdemes odafigyelni a kivitelezésnél?

Ezekre és egyéb felmerülő kérdésekre is igyekeznek választ adni mérnök tanácsadóink személyre szabottan és teljesen díjmentesen a Magyar Mérnöki Kamara támogatásával!



tanacsadas@mmk.hu



+36 30/460-9623



www.mmk.hu/tanacsadas

Legyen sikeres a felújítása!