

LXI. évfolyam | 2025. 1. szám

ENERGIAFORRÁS

Az MVM Csoport szakmai lapja



MVM



Mátrai Károly
felelős kiadó



Dr. Bozók Anita
felelős szerkesztő



Molnár Szabolcs
főszerkesztő



Toroczka Zsolt
lapmenedzser

SZERKESZTŐ- BIZOTTSÁG



Dorogi Kitti
senior account menedzser



Pap Hedvig
marketingkoordinátor



Fáber Dániel
vállalati kommunikációs
osztályvezető
MVM Zrt.



Hangyál Klára
marketingasszisztens
MVM EGI Zrt.



Dr. Herczeg András
stratégiamenedzser
osztályvezető
MVM Zrt.



Király Géza
értékesítéssel és árazási
osztályvezető
MVM Partner Zrt.



Kotulics Mónika
kommunikációs szakértő
MVM CEEnergy Zrt.



Kósa Anna
szakmai titkár
MVM OVIT Zrt.



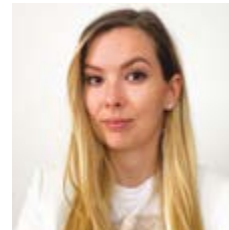
Kósa-Boda György
senior kommunikációs szakértő
MVM XPert Zrt.



Lázár Róbert Géza
erőművi teljesítménymenedzser
osztályvezető
MVM Balance Zrt.



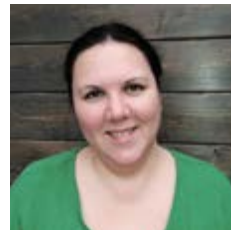
Mucsa Gergely
innovációs menedzser
MVM Smart Future Lab Zrt.



Németh-Farkas Fruzsina
Bernadett
marketingszakértő
MFGT Zrt.



Siragakis-Kolter Zsuzsanna
senior PR-szakértő
MVM ERBE Zrt.



Torma Dóra
főszerkesztő
Átomerő Magazin



Tóth-Molnár Adrienn
főszerkesztő
MVM Services Zrt.



Varga-Laczi Hedvig
kabinetvezető
MVM Zöld Generáció Zrt.



Zanati Dóra
kommunikációs főmunkatárs
MAVIR Zrt.

ISSN 1216-4992 (nyomtatott)
hu ISSN 1786-674X (online)

Illusztrációk: gettyimages, Adobe Stock



A fejlődés útján

**Főszerkesztői
köszöntő**

Az ember természeténél fogva kíváncsi. Kíváncsiak vagyunk a múltra és a jövőre, hogy honnan hová tartunk, ezért egyre fejlettebb módszerekkel keressük a bizonyítékokat múltunk megismeréséhez. Hiszen a múltunk alapján, a jelen feladataival tudjuk a jövőt építeni. Az energetikai jövő céljainak elérése érdekében nem marad más lehetőségünk, meg kell értenünk az energetikát. Töredelmesen bevalljuk, hogy mi magunk sem értjük mindig minden részét teljesen. Éppen ezért egy közös útra hívjuk az olvasóinkat. Minden egyes elolvasott publikációval, minden egyes meghallgatott szakmai előadással jobban és alaposabban megértjük az energetika tudományát. Egy-egy szakmai cikk szerzőjét a megírt publikációk segítik abban, hogy minél jobban megértse az energetikát, Önöket, olvasókat pedig minden egyes megértett mondat közelebb viszi ahhoz a célhoz, hogy felismerjék, mi vár az emberiségre energetikai szempontból. Legyünk kíváncsiak továbbra is! Tegyük fel azt a kérdést, amely talán mindenkit a leginkább érdekel: **Milyen lesz az emberiség jövőbeni energiaellátása?**

A múltunk elemzésére éppen ezért van szükség, mert az ember, amely a természetből emelkedett ki, az eredeti ökológiai rend-

szerével szemben megteremtette sajátos életkörülményeit, fogyasztását, kialakította szokásait. A jövő formálását pedig olyan megoldásokra kell bízunk, amelyeket még vagy nem is ismerünk, vagy még csak kopogtatnak az energetika ajtaján. Ilyen tudományos megoldás lehet a mesterséges intelligencia, amely olyan technológiákra utal, amelyeket arra programoztak, hogy elemezzék a körülöttük lévő világot, és lépéseket tegyenek konkrét célok elérése érdekében.

Lehet, hogy nem vesszük észre, de a mesterséges intelligencia kulcsszerepet játszik mindennapi életünkben, a kérésre levelek szűrésétől kezdve egy új dal ajánlásáig, egészen addig, hogy megtaláljuk a leggyorsabb utat oda, ahová el szeretnénk jutni.

A mesterséges intelligencia fejlődésével az energetikai rendszereink is fejlődhetnek. Hogy hogyan? Erre a kérdésre keressük írásainkban a választ.

Molnár Szabolcs

Molnár Szabolcs
főszerkesztő



FŐSZERKESZTŐI KÖSZÖNTŐ / 001

VEZÉRCIKK

METEO – NAPERŐMŰVEK / 004
AUTOMATIKUS MENETRENDEZÉSE
A MESTERSÉGES INTELLIGENCIA
SEGÍTSÉGÉVEL

PROJEKTEK

ÍGY ZÖLDÍTHETIK ALACSONYABB / 012
KÖLTSÉGEKKEL
ÁRAMFOGYASZTÁSUNKAT A HAZAI
VÁLLALATOK

AZ ELÉRHETETLEN ÁLOM: / 016
100%-OS MENETRENDEZÉS, AVAGY
NINCS SZÜKSÉG SZABÁLYOZÁSRA?

SIKERREL VETETTE BE VÁROSI / 026
TEREPEN A TÁVIRÁNYÍTÁSOS
HÚZÓROBOTOT AZ MVM XPERT

KÖZÉPFESZÜLTSGŰ / 030
ALAPJELÁLLÍTÁS MINT A
HMKE-TERMELÉS NÖVELÉSÉNEK
EGYIK ESZKÖZE

INNOVÁCIÓ

EGYETEMES SZOLGÁLTATÁS- / 037
SZEGMENS FOGYASZTÁS-
ELŐREJELZÉSE MESTERSÉGES-
INTELLIGENCIA-ALAPÚ MODELLEL



DUNA ÉS MESTERSÉGES / 040
INTELLIGENCIA: VÍZHŐMÉRSÉKLET-
ELŐREJELZÉS AZ ATOMERŐMŰBEN

2024: A GENERATÍV AI / 046
FORRADALMI ÉVE

TÖLTETTERVEZÉS ÉS / 052
MESTERSÉGES INTELLIGENCIA

TANULMÁNY

HIDROGÉN BEKEVERÉSE / 060
A FÖLDGÁZÁRAMBA

SMR-FEJLESZTÉSEK / 064
AKTUÁLIS HELYZETE ÉS JÖVŐBELI
KILÁTÁSAI

MIÉRT ÉS HOGYAN TESSÜK / 074
RUGALMASSÁ AZ
ELOSZTÓHÁLÓZATUNKAT?

BESZÉLGETÉS

A STRATÉGA / 082
– INTERJÚ DR. STRÓBL ALAJOSSAL

HÍREK

AZ MVM CSOPORT HÍREI / 088

HÍREK AZ ENERGETIKÁRÓL / 100



METEO – Naperőművek automatikus menetrendezése a mesterséges intelligencia segítségével

Szerzők:

Horváth Gergely Domonkos

vezérigazgató,
MVM Zöld Generáció Zrt.

Péter Norbert

Erőművi termelésmenedzsment
osztályvezető,
MVM Zöld Generáció Zrt.

Szállási Zsófia

Junior termeléselszámolási szakértő,
MVM Zöld Generáció Zrt.

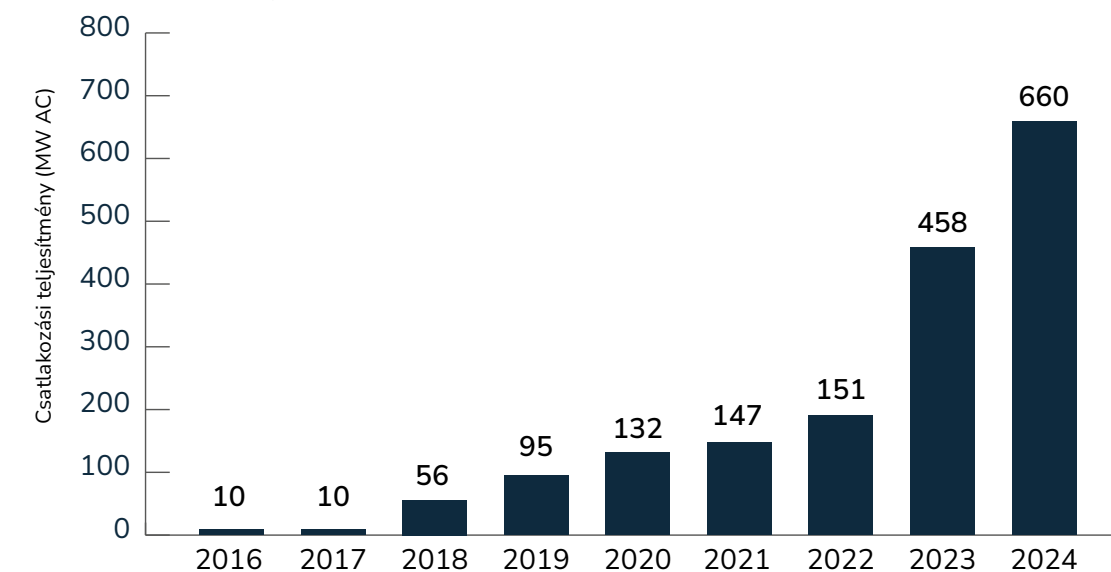


BEVEZETŐ

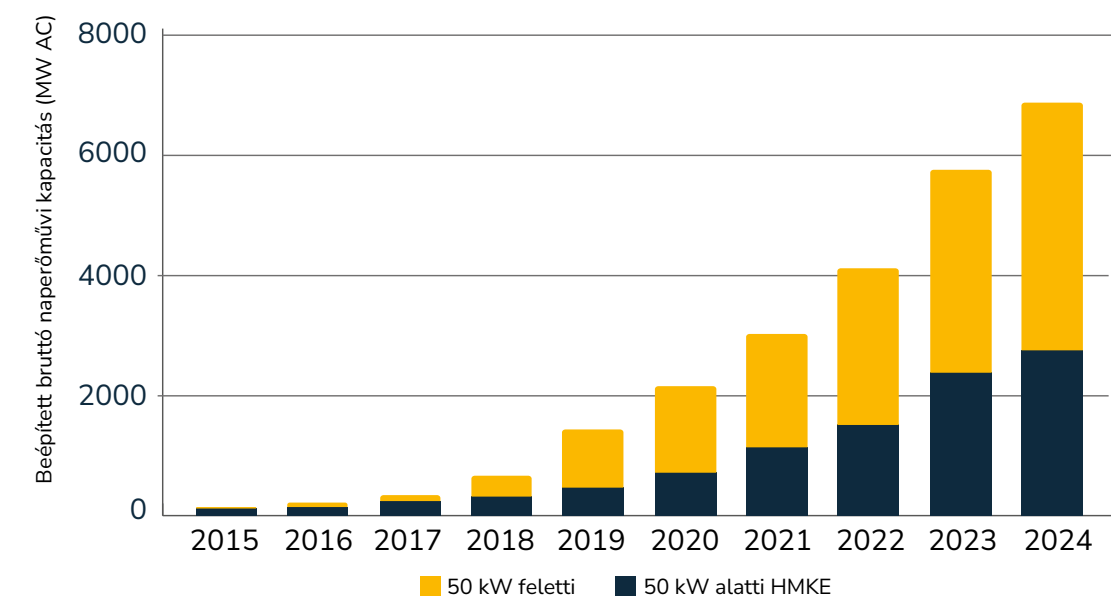
Az MVM Zöld Generáció Zrt. – vagy ahogy a vállalati terminológia körében nevezik: ZG – mint az MVM Csoport megújuló alapú energiatermelő leányvállalata mindent megtesz azért, hogy a Nemzeti Energiastratégiával összhangban valósítsa meg megújuló forrásokra támaszkodó energia-termelési portfóliójának folyamatos bővítését. Fő tevékenységei közé tartozik a nap-, víz- és szélenergia létesítése, üzemeltetése mellett az energiatermelés folyama-

tos fejlesztése is. A Társaság naperőművi portfóliója saját létesítések és akvizíciók által jelentősen megnőtt, 2024. év végén a ZG és leányvállalatai által tulajdonolt és üzemeltetett erőművek darabszáma meghaladta a 200-at, beépített teljesítményük pedig elérte a 805 MWp beépített teljesítményt, ami összesen 660 MW AC csatlakozási teljesítményt jelent.

A növekedés összhangban van a rendszerszinten tapasztalható, országos szintű naperőművi kapacitás bővülésével is.



1. ábra: Az MVM Zöld Generáció Zrt. naperőművi portfóliójának növekedése az évek során, MW AC csatlakozási teljesítményben
Forrás: Saját adatok



2. ábra: Naperőművi beépített kapacitások változása az évek során
Forrás: MAVIR, VER Erőművi Beépített teljesítőképesség és PV statisztikai adatok 2015–2024

A METEO SZÜLETÉSE

A bővüléssel párhuzamosan a Társaság, reagálva a változó piaci viszonyokra és a szabályozási környezet változásából adódóan a mentrendezési költségek ugrásszerű növekedésére, az MVM Zrt. Termelési vezérigazgató-helyettesi terület megbízásából 2022-ben saját menetrendezői kompetencia kiépítésébe kezdett, miután a PV-erőművek menetrendezésére kiírt beszerzési pályázatokat a 2022-es és 2023-as évekre vonatkozóan MVM Csoporton kívüli szolgáltatók nyerték el. Ennek alapjául a BME FIEK és az MVM Zrt. együttműködésében született Megújuló Energia Tervezés (MET) projekt részeként létrejött szoftvert választottuk, melyet a BME kutatói mellett az MVM Csoporton belül működő (azóta az MVMI Zrt.-be olvadt) Grape Solutions Zrt. fejlesztő kollégái készítettek. A szoftver első verziója egy adott szolgáltatótól származó időjárási előrejelzésből és az erőművek rögzített főbb műszaki paramétereiből készített egy folyamatosan frissülő termelési előrejelzést. A szoftver és a futtatási környezet azonban ebben a verzióban a Társaság által üzemeltetett erőművek darabszámaival nem tudott lépést tartani, a futtatási idő lassú volt, és az első körös tesztek azt mutatták, hogy az algoritmus a piaci átlaghoz képest gyengébben teljesített

Egy ilyen méretű portfólió esetében a pontatlan előrejelzés közvetlenül is jelentős hatással van a rendszer egyensúlyára és a kiegyenlítő energia mértékére.

mind pontosságban, mind pedig szabályozási pótdíj tekintetében. A fejlesztés során a ZG felmérte a szoftver piaci környezetben való alkalmazhatóságának feltételeit, és a METEO projekt keretein belül, a Grape Solutions Zrt., az MVM Balance Zrt., valamint dr. Mayer Martin János, a BME adjunktusának közreműködésével 2024. 01. 01-re piaci menetrendezésre képes szoftver- és hardverkörnyezetet hozott létre, így a Társaság által üzemeltetett KÁT mérlegköri naperőművek menetrendezése két év kihagyást követően visszakerült az MVM Csoportba. Fejlesztésünk eredményeként egy olyan szoftver állt rendelkezésünkre, mellyel biztosított volt a ZG teljes erőművi portfóliójának folyamatos, 15 percenként frissülő, a korábbi megoldásokhoz képest lényegesen pontosabb, automatikus menetrendezése a MAVIR felé.

2024-től kezdődően így a ZG a METEO projekt alkalmazásával menetrendezési és menetrend-csoport felelősi tevékenységet is ellátott. A szoftver biztosítja, hogy a vállalat naperőművei által termelt villamos energiáról pontosabb előrejelzések készüljenek, ezzel is hozzájárulva az ország kiegyensúlyozott energiaellátásához. A szoftvert a Társaságcsoporthoz belül 2025-től az MVM Partner Zrt. üzemelteti és fejleszti tovább.

Menetrendezés

A menetrendezés fontossága az időjárás-függő termelők esetében kritikus, mivel a MAVIR felé leadott előrejelzések pontossága alapvetően határozza meg a rendszerszinten szükséges lekötött tartalékok nagyságát, és egy ilyen méretű portfólió esetében a pontatlan előrejelzés közvetlenül is jelentős hatással van a rendszer egyensúlyára és a kiegyenlítő energia mértékére. Minden termelő köteles másnapi menetrend beadására ("day-ahead" vagy "DA"),

ahol 15 perces bontásban szükséges a várható termelés előrejelzése a következő üzleti napra. A másnapi menetrendek elfogadását és visszaigazolását követően a termelők szükség szerint készíthetnek napon belüli menetrendeket is ("intraday" vagy "ID"). A METEO szoftver jelenleg a DA-menetrendeken felül minden üzleti napon napfelkelte és naplemente között készít 15 percenként folyamatosan frissülő ID-menetrendeket, melyek beküldése a MAVIR felé automatikusan történik. A KÁT mérlegkörben üzemelő erőművek menetrendezésénél külön nehézség, hogy a piaci erőművek rövidebb idejű menetrendi előretartásával szemben jelenleg a napon belüli előrejelzések frissítése leg hamarabb 90 perccel későbbi időpontra vonatkozóan történhet. Így a 90 perc és a szállítási idő között frissülő előrejelzések figyelembevételére közvetlen lehetőség a menetrendben nincs. A menetrendcsoport kiegyenlítettenségét a 389/2007. (XII. 23.) Korm. rendelet ("KÁT rendelet") szabályainak megfelelően önálló kiegyenlítő menedzsment alkalmazásával lehet mérsékelni.

A MAVIR által publikált különböző rendszerszintű adatok vizsgálata során közvetlenül is látható, hogy milyen mértékben befolyásolja egy-egy rendszerszinten pontatlanul előre jelzett nap a villamosenergia-rendszeren belüli viszonyokat. Átlagos nyári napok esetén, amikor a naperőművi termelés előrejelzése kellően pontos, országosan tiszta égbolt esetén a naperőművi termelési csúcsok alatt Magyarország villamosenergia-exportorré válik. Az elkerült aktiválások, illetve a szükség szerinti rendszerszintű tartalékok aktiválása jellemzően le irányban történnek. A piaci villamosenergia-ár jellemzően alacsony, szélsőséges esetekben akár negatív is lehet.

A minél pontosabb menetrendezés megvalósításával így a saját közvetlen költségeinken felül rendszerszinten is kiadásokat lehet megtakarítani.

Vannak azonban olyan napok is, amikor a naperőművek termelése nehezen jelezhető előre, és több szolgáltató is téves előrejelzéseket készít. Azokban az esetekben, amikor a téves előrejelzéseket követően termelési hiány lép fel, a rendszeregysúly fenntartása érdekében jelentős felirányú szabályozási kapacitás aktiválása szükséges, ami a villamosenergia-árra és a kiegyenlítés költségére is ártnövelő hatással van. Ezt a helyzetet tovább nehezíti, ha nem áll rendelkezésre igénybe vehető elkerült aktiválásra alkalmazható kapacitás.

A minél pontosabb menetrendezés megvalósításával így a saját közvetlen költségeinken felül rendszerszinten is kiadásokat lehet megtakarítani.

METEO ÉS MESTERSÉGES INTELLIGENCIA

A METEO szoftver fejlesztése során a meglévő algoritmust számos új funkcióval egészítettük ki, hogy piacképes, modern megoldásokkal felszerelt menetrendezői képességgel rendelkezünk. Ennek érdekében kibővítettük a METEO által kezelt időjárás-szolgáltatók körét, és több külföldi, kifejezetten naperőművekhez kapcsolódó időjárás-előrejelzést biztosító szolgáltató adatait teszteltük. A szoftvert alkalmassá tettük több időjárási bemenet egyidejű fogadására és feldolgozására. Emellett megvizsgáltuk a valós idejű termelési

Elértük azt az áttörést, ami ahhoz volt szükséges, hogy egy a piacon is versenyképes algoritmussal a Társaság el tudja látni erőműveinek menetrendezését.

adatok átadásának és az algoritmus felé való visszacsatolásának hatását, melynek jelentős pozitív hozzáadott értéke volt az előrejelzések készítéséhez. Az így készített ún. kombinált prognózisokkal, ami egyszerre több előrejelzési bemeneti adatot használ fel, nagy javulást értünk el az algoritmus működésében, azonban itt még több olyan megoldást is alkalmaztunk, ami a változó körülményeket kevésbé tudta kezelni. Az így készült kombinált prognózisok további javí-

tása érdekében ezért a mesterséges intelligencia alkalmazásához fordultunk, és egy gépi tanítási algoritmust fejlesztettünk, ahol az időjárási és termelési bemeneteken felül további ún. prediktorokat, azaz magyarázó változók alkalmazását is vizsgáltuk. A gépi tanítás során neurális hálót alkalmaztunk, amihez kezdetben egyévnnyi, majd az idő előrehaladtával, ahol erre lehetőség volt, kétévnnyi adatot használtunk a tanításhoz. Ennek előnye, hogy a hosszú időszaknak köszönhetően az évszakok közötti változékonyságra is alkalmazható a modell, illetve a tanítás mellett elegendő validációs adatunk is rendelkezésre áll. A leírtak alapján a gépi tanítás az egyedi előrejelzésekből egy optimális nemlineáris kombinációt hoz létre kimeneti oldalon. Valamennyi szimulációt követően részletes elemzést végeztünk mind az algoritmus pontossági mutatóira, mind pedig a feltételezett szabályozási pótdíj költségeink alakulására vonatkozóan.

A kép illusztráció

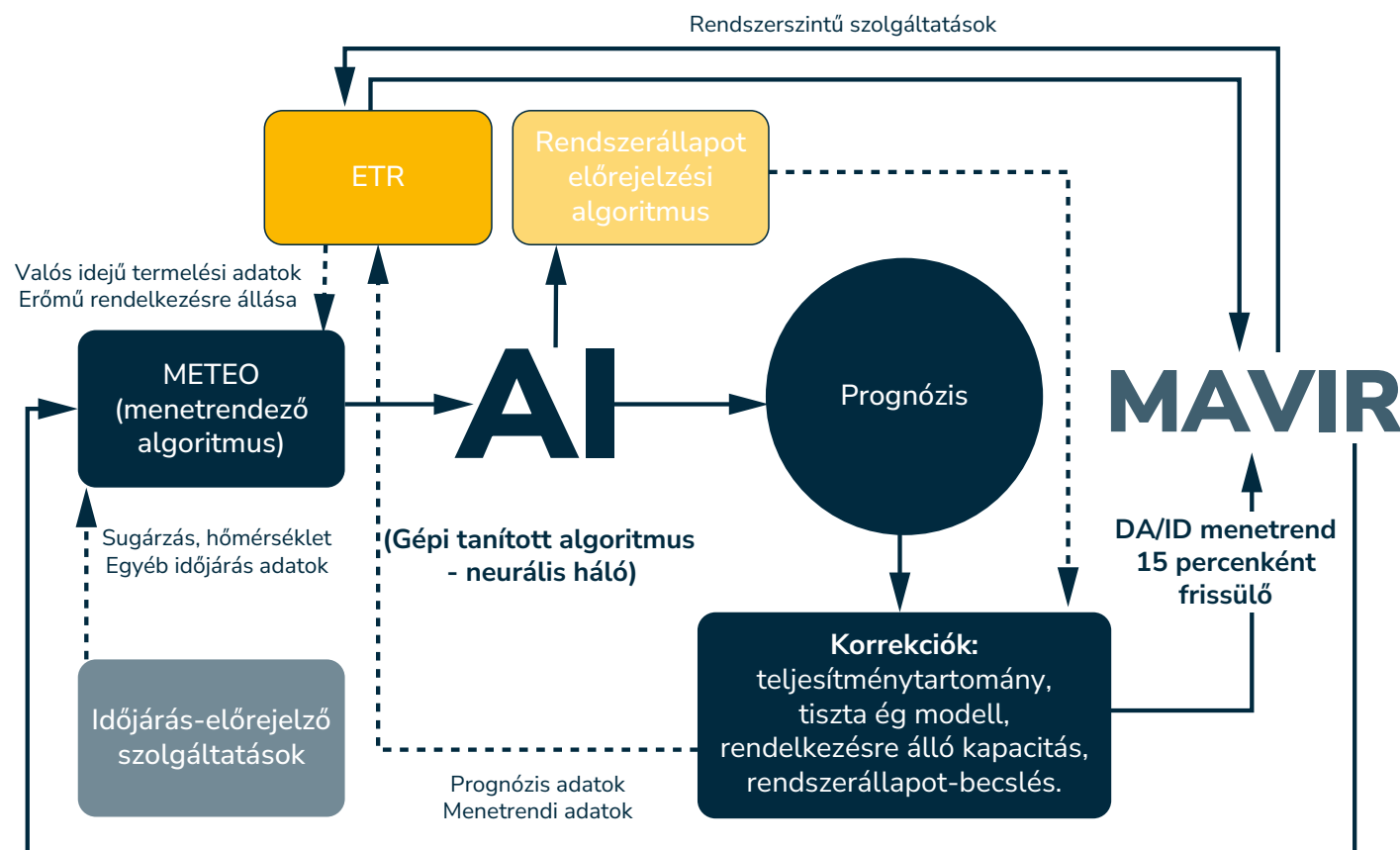


A gépi tanulási algoritmus a bemenetek és a napelemtermelés közt a múltbeli adatok alapján talál kapcsolatot, az előrejelzések készítésének ez a módja azonban önmagában nem megfelelő, így nem garantált, hogy az előrejelzések mindig a fizikailag lehetséges teljesítménytartományon belül vannak. A METEO rendszerben ezért számos olyan fejlesztést vezettünk be, ami a gépi tanított algoritmus által készített előrejelzéseket korrigálja. Ilyenek pl., hogy az elméletileg elérhető maximális teljesítményt az erőművek esetében sehol sem haladhatják meg az előre jelzett értékek. Ennek érdekében számos "tisza ég" modell vizsgálatát és verifikációját végeztük el, mire megtaláltuk a modellhez illeszthető legoptimálisabb változatot. Hasonlóan figyelembe vettük az erőművek aktuális rendelkezésre álló kapacitását is mint bemeneti paramétert. A napelemparkok menetrendezése során általános tapasztalat, hogy a kezelőszemélyzet észrevételeivel a menetrendet egyéni beavatkozással korrigálva, javítható a menetrendezés pontossága, így erre vonatkozóan is fejlesztünk lehetőséget a szoftveren belül.

A tanítás kezdeti hibáinak javítását követően egyértelműen látható volt, hogy elértük azt az áttörést, ami ahhoz volt szükséges, hogy egy a piacon is versenyképes algoritmussal a Társaság el tudja látni erőműveinek menetrendezését. Ezt alátámasztja, hogy a működés első évében a korábbi külső piaci szolgáltatói árszinthez képest több mint egymilliárd forintos megtakarítást értünk el. Az algoritmus segítségével 15 perces bontásban már 15 perccel későbbi időponttól kezdődően készítünk előrejelzéseket, melyeket a MAVIR aktuális szabályainak megfelelően csak a 90 perccel későbbi időponttól veszünk figyelembe a menetrend összeállítása során. A köztes időszak-

ban készülő frissítések azonban számos további információval szolgálnak. A 2024-es év során az üzembiztonsági fejlesztések mellett létrehoztunk egy rendszerállapot-előrejelzési algoritmust, ami a megválasztott bemeneti paraméterekből egy külön erre a célra fejlesztett modell segítségével a várható rendszerállapotot jelzi előre, és egyúttal annak megállapítására is alkalmazható, hogy az általunk jelzett menetrend és az attól számított eltérésünk alapján a menetrendi csoport a villamosenergia-rendszerben milyen eltérést okoz. Ehhez külön társítjuk a már említett 90 perces követési időn belül készülő rövid távú prognózisainkat, amivel még pontosabb képet kaphatunk az erőműveink várható termeléséről. Ezen prognózisok vizsgálata és összevetése a tényadatokkal segít megállapítani azt is, hogy a gépi tanított algoritmus megfelelően működik-e. Emellett fontos bemeneti adatot jelent mind az erőművek szabályozhatóságának meghatározásakor, mind pedig energia-kereskedelmi döntések meghozásánál.

Ahhoz, hogy közel 200 db erőműre vonatkozóan számos valós időben keletkező adatot folyamatosan és nagyobb, a pontosságot befolyásoló kompromisszumok nélkül naprakészen tudjunk tartani, elengedhetetlen volt, hogy a METEO szorosan együttműködjön a Társaság naperőműveinek üzemeltetésére használt erőművi távfelügyeleti rendszerrel („ETR”), melynek fejlesztését és üzemeltetését az MVM Balance Zrt. végzi. Egyértelmű volt, hogy a két rendszernek közös környezetben, közvetlen kapcsolatban kell működnie, hogy a folyamatos adatcsere gyorsan meg tudjon valósulni. Az éles környezet mellett létrehoztunk két további tesztkörnyezetet, melyeken a tervezett fejlesztések hatásait tudjuk vizsgálni visszamenőlegesen, valamint az éles rendszerrel megegyező üzemi körülmények



3. ábra: A METEO rendszer működése
 Forrás: Saját szerkesztés

között is. Szükség esetén a tartalék környezetek az éles környezet kiesésekor rövid idő alatt alkalmassá tehetők az éles üzemi működésre is. A METEO rendszer infrastruktúrájának éves rendelkezésre állása közel 100% volt, melyben elengedhetetlen az MVM Balance Zrt. szakembereinek munkája. A működést korlátozó hibák gyors felszámolását pedig az MVMI által biztosított szoftversupport biztosítja. Elemzéseink során számos olyan, az ETR-rendszerben rögzített paramétert is megvizsgáltunk, melyeknek hatása lehet a menetrendi előrejelzésekre, és ennek eredményeként több közvetlen infrastrukturális és erőművi berendezésekre vonatkozó fejlesztést is megvalósítottunk. Ezek a vizsgálatok rámutattak arra, hogy az adatok mérése és validálása terén is legalább akkora előrelépésre volt szükség, mint az előrejelzéseknél.

Stratégia, energetikai átállás, jövőkép

Az MVM Csoport hosszú távú stratégiájának egyik kiemelt célja, hogy 2035-re Közép- és Kelet-Európa vezető energetikai és infrastrukturális szereplőjévé váljon, amely karbonsemleges megoldásokat kínál ügyfelei számára. A vállalat stratégiai feladatait négy pillérbe rendszerezett célok határozzák meg, amelyek közül az egyik pillér a zöld átállás megvalósítására összpontosít. Ennek keretén belül a vállalat célja a megújuló energiaforrások részarányának növelése, valamint a termelési portfóliójának rugalmasságának fokozása. A tervek szerint 2035-ig további 3 000 MW megújuló kapacitás kerül integrálásra a 2022. végi portfólióhoz képest.

A vállalatcsoport a termelési portfóliójának rugalmasságának fokozását többek között az ETR-ben történő menetrendezés fejlesztésével segítené elő. Az ezzel kapcsolatos tervek középpontjában az ETR központi támogató kompetencia kiépítése áll, amely lehetőséget biztosítana különböző rugalmas eszközök együttműködésére és összekapcsolására, amely ezen kívül a földrajzilag szétszórta megújuló termelési portfólió rugalmassági igényeknek megfelelő központi vezénylésére és optimalizálásra is alkalmas. A rendszer továbbfejlesztésének ezek mellett egy nem elhanyagolható célja a portfólióhatalás monetizálásának maximalizálása is.

A stratégiai elvárásokkal összhangban a METEO rendszer további fejlesztései is folyamatosan zajlanak, így többek között az MVM Partner Zrt.-vel közösen vizsgáljuk a szoftver alkalmazhatóságát piaci mérlegkörökben, illetve közösen vizsgáljuk a rendelkezésünkre álló időjárás-előrejelzési szolgáltatók különböző kombinációinak gépi tanítással vett alkalmazását is. A gépi tanítás területén dolgozunk azon, hogy az újonnan létesített erőművek, illetve azon erőművek, ahol nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű és/vagy minőségű tanító adat, mégis bevonhatóak legyenek a tanított modell alá.

METEO: Az MVM Csoport naperőművek menetrendezésére használt szoftvere

Menetrendezés: a villamosenergia-rendszerhez csatlakozó termelők rendszerirányító felé nyújtandó termelés-előrejelzési kötelezettsége. A menetrendeket soron következő üzleti napra, 15 perces bontásban szükséges előállítani.

Lekötött tartalék: a MAVIR által a rendszeregyensúly érdekében az arra alkalmas termelőknél leszerződött és igény esetén felhasználható tartalék teljesítmény.

Neurális háló: a mesterséges neurális hálózat egy főként a gépi tanulás területén alkalmazott megoldás, és egy adott algoritmushoz kapcsolódóan tanuló rendszerként használható. A gépi tanulás segítségével bizonyos adathalmazok között hagyományos módszerekkel nem észrevehető összefüggéseket lehet megtalálni.

Így zöldíthetik alacsonyabb költséggel áramfogyasztásukat a hazai vállalatok

Szerző:
MVM Partner Zrt.

Magyarországon is egyre több vállalat tűzi ki maga elé célként, hogy a klímaváltozás elleni fellépés jegyében csökkentse károsanyag-kibocsátását, ezért kisebb vagy nagyobb mértékben, esetleg teljes egészében zöldárammal biztosítsa működését. Erre kínál számukra lehetőséget a származási garanciák (Guarantee of Origin, GO) piaca, most a korábbiaknál vonzóbb feltételek mellett.

A villamos energia végfelhasználóiként az európai, így a hazai vállalatok számára is egyre fontosabb, hogy működésüket fenntartható energiaforrásokkal biztosítsák. Az igazoltan alacsony kibocsátású áram felhasználása ma már komoly marketing-eszközként is szolgál a vállalatok számára, hiszen a mindinkább környezettudatos vásárlók és ügyfelek számára közvetlen értéket jelent a fenntartható működés.

A származási garanciák pedig megteremtik a vállalatok számára annak lehetőségét, hogy akár teljes egészében zöldárammal működjenek. A GO olyan forgalmazható, elektronikus okirat, amely objektív, átlátható módon igazolja, hogy az adott mennyiségű (1 megawattóra) megvásárolt áram megújuló vagy nagy hatékonyságú kapcsolt energiatermelésből származik.

A származási garancia kiállítását a megújulóenergia-termelők igényelhetik az adott ország energetikai hatóságánál, amely a megtermelt és a rendszerbe betáplált zöldáram mennyiségének megfelelően bocsátja ki a tanúsítványt. A származási garancia végső címzettje azonban az áram végfelhasználója, vagyis azok a vállalatok, amelyek áramfelfhasználásuk egy részét vagy egészét fenntartható forrásból kívánják biztosítani. A GO-k segítségével pontosan követhető az európai rendszerbe kerülő zöldenergia útja és mennyisége, így – bár az elektronok szintjén ez nem lehetséges –

a rendszer egészét tekintve megvalósulhat a zöldenergia fogyasztóhoz való eljuttatása.

Az elmúlt időszakban jelentős forgalomnövekedés volt tapasztalható a GO-piacon. Az MVM Csoport villamosenergia-nagykereskedője, az MVM Partner Zrt. 88%-kal több ügyletet kötött a piacon 2024 első hét hónapjában, mint az előző év azonos időszakában. A magyarországi vállalatok származási garanciák iránti keresletének növekedése a fenntarthatósági szempontok felértékelődésén túl részben annak köszönhető, hogy a GO-k árfolyama jelentősen mérséklődött az idei év első felében.

Az egyes években termelt megújuló villamos energiához fűződő GO-k eltérő áron forognak. Például a 2023 szeptemberében megtermelt zöldáram eredetét igazoló származási garanciák árjegyzése 2024 elején 3 euró/MWh szintről indult, augusztus közepéig azonban 60 centre esett. A 2024-es termeléshez kapcsolódó GO-k esetében hasonló trend tapasztalható, az árfolyam ez esetben hozzávetőleg 4,5 euróról 80 centre csökkent, a 2025-ben megtermelendő megújuló villamos energia GO-jának jegyzése pedig 4,7 euróról 2,25 euróig süllyedt. Az árfolyamok esése nagyrészt végbement az első negyedévben, azóta a piac stabilizálódása figyelhető meg, és a kereskedők számottevő csökkenésre már nem számítanak.

Az árfolyamok normalizálódását mindenképp előtti az okozta, hogy a korábbi, magasabb árakat sok energiafogyasztó vállalat nem tudta vagy kívánta kigazdálkodni, miközben a kínálatot biztosító termelőegységek száma folyamatosan nőtt. Ennek megfelelően az árak csökkenése számos hazai cég számára nyitott lehetőséget arra, hogy ilyen módon tegye fenntarthatóbbá működését.

A GO-k értelemszerűen csak egyszer használhatóak fel, mégpedig a kibocsátástól

számított egy éven belül, azt követően az okirat törölődik a rendszerből. Ugyanakkor a dokumentum átruházható, és akár többször is tulajdonost cserélhet.

Korábban a GO-k kereskedése bilaterális megállapodásokon keresztül zajlott, és a fenntartható energiára vágyó cégek csak az energiakereskedőktől vagy a termelőktől vásárolhatták meg ezeket az árupiaci termékeket. Ez ma már számos tőzsdén, így a HUPX-en is lehetséges, ami az árképzés átláthatóságára és a likviditásra is kedvezően hatott.

A kereskedési lehetőségek fejlesztésének köszönhetően az elmúlt években a származásigaranca-piac kínálata is jelentősen kibővült. Miután az okiratokat Magyarországon kiállító Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) 2022-ben csatlakozott a GO-kat kibocsátó állami szerveket tömörítő európai szövetséghez (Association of Issuing Bodies, AIB), itthon is elérhetővé váltak a növekvő számú AIB-tagországok piacai, miközben a hazai szereplők és GO-k európai piaci elfogadottsága és

láthatósága nőtt. A csatlakozás növelte a likviditást, és a bejegyzés/átruházás folyamatának gyorsításával is javította a kereskedési lehetőségeket. A többeladós modell bevezetésével pedig az eladói oldalon a MAVIR mellett a hazai és más európai erőművek és GO-kereskedők, így az energiakereskedők és más piaci szereplők is megjelenhettek.

Hamarosan pedig újabb termékek piacra kerülése bővítheti tovább a GO-vásárló vállalatok körét. A megújulókhhoz hasonlóan alacsony karbonkibocsátás mellett előállított nukleáris energiához tartozó GO-k a szabályozói szándék szerint a megújuló alapú származási garanciához képest jóval alacsonyabb árázással kerülhetnek forgalomba. A változás így nem csak azt teszi lehetővé, hogy a klímaváltozás elleni fellépés szempontjából szintén kulcsfontosságú atomerőművek is pluszbevételhez jussanak, de azt is, hogy azok az energiafelhasználó vállalatok is CO₂-mentes villamos energia vásárlásával bizonyítsák elkötelezettségüket a fenntarthatóság mellett, melyeknek kevesebb forrás áll rendelkezésükre.

A kép illusztráció



A VILÁG TELE VAN JÓ ENERGIÁVAL

ENERGIA. ÉRTÜNK

MVM

Az elérhetetlen álom: 100%-os menetrendezés, avagy nincs szükség szabályozásra?

Rendszerszintű rugalmasság a hazai villamosenergia-rendszerben, miben segítheti az elérhetetlen álom megközelítését a mesterséges intelligencia

Szerzők:
Szathmári Dominik

stratégiai szakértő
MVM Services Zrt.

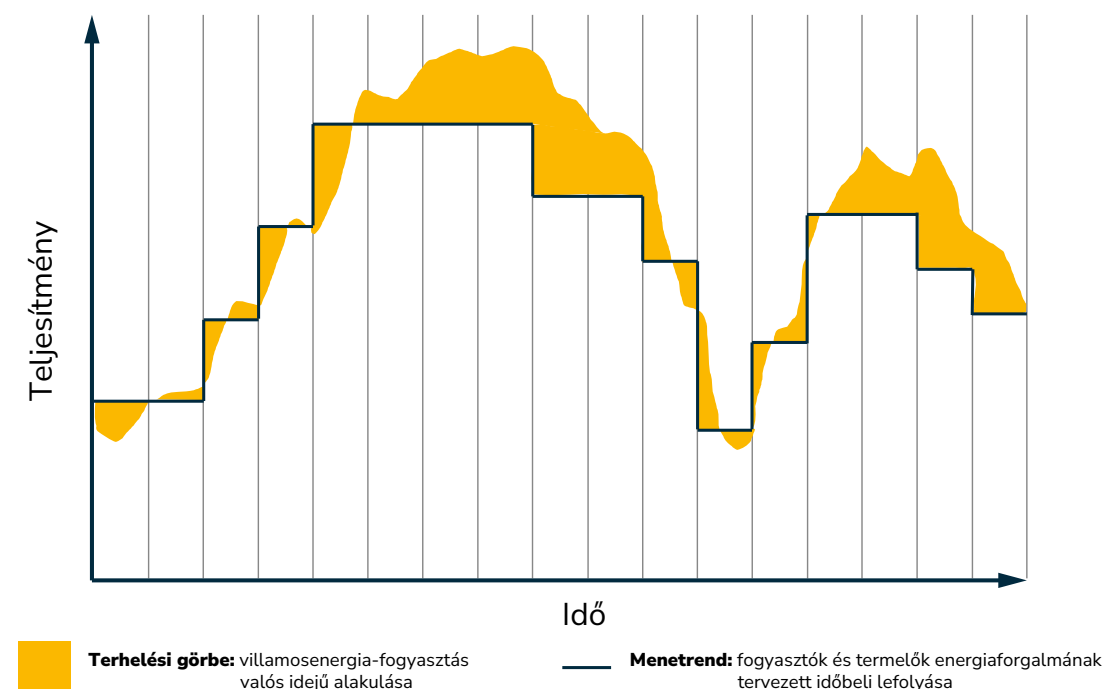
Pólik Ádám
stratégiai szakértő
MVM Services Zrt.

Dr. Herczeg András
stratégiamenedzsment osztályvezető
MVM Zrt.

BEVEZETŐ

A villamosenergia-rendszer egyensúlyának fenntartása kulcsfontosságú a biztonságos és megbízható villamosenergia-ellátás érdekében, aminek a rendszerszintű szolgáltatások piaca a meghatározó tere. Ezen belül a kiegyenlítő szabályozás emelendő ki, ami különböző termékekkel működik, melyek lehetővé teszik a villamosenergia-rendszer operátorai számára, hogy a kereslet és kínálat közötti egyensúlyt rövid időn belül helyreállítsák. Magyarországon a rendszerirányítást a MAVIR Zrt. felel (átviteli rendszerirányító – Transmission System Operator – TSO), amely koordinálja a szabályozási és tartalékpiacon, biztosítva az ellátásbiztonságot és a rendszerstabilitást. A kiegyenlítő energia igénybevételének okozathelyes megállapítására,

elszámolására és a kapcsolódó feladatok végrehajtására a vonatkozó felelősségi viszonyok szabályozása érdekében létrehozott, egy vagy több tagból álló elszámolási szerveződést mérlegkörnek hívják¹. A mérlegkörök menetrendezése szorosan kapcsolódik a kiegyenlítő szabályozáshoz, hiszen a menetrendtől való pillanatnyi eltérés teszi szükségessé a szabályozási eszközök alkalmazását. Az eltérés várható mértékét pedig jelentősen halmozhatja a kiszámíthatatlan tényezők növelése, mint például az időjárásfüggő megújuló forrásból származó energiatermelés. A cikkben a rendszerszintű kiegyenlítő szabályozás szerepét és szerkezetét, valamint trendjeit tekintjük át, kitékintéssel a mesterséges intelligencia alkalmazási területeire, amely egyre nagyobb szerepet tölt be egyre több munkafolyamatban.



1. ábra: Menetrendezési eltérés illusztrációja
Forrás: Saját szerkesztés

1 – 2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról (VET), Wolters Kluwer NetJogtár, 2023. 05. 29. hatályos állapot. Elérhető az interneten: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0700086.tv> (letöltés dátuma: 2025. 02. 21.)

KIEGYENLÍTŐ-SZABÁLYOZÁS-PIAC MŰKÖDÉSE

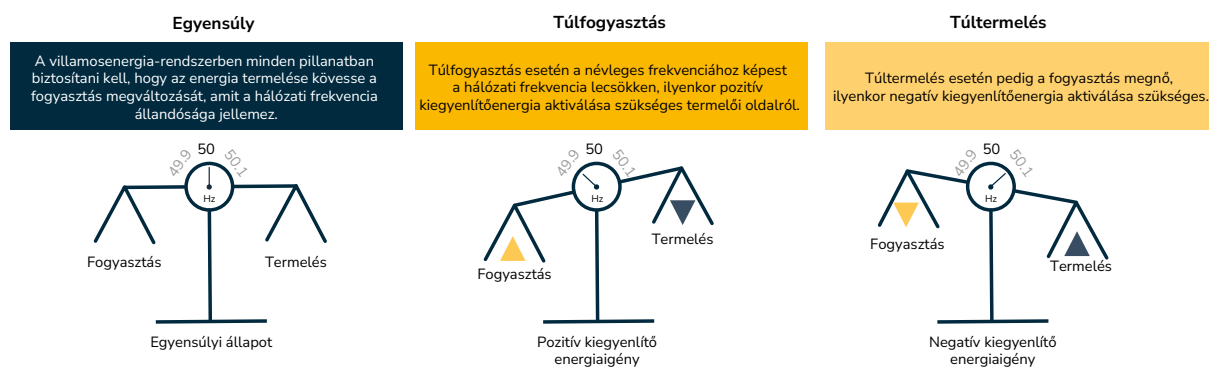
Kiegyenlítőigény akkor merül fel, mikor a tényleges terhelés és a korábban meghatározott, adott időszakra vonatkozó menetrend között eltérés adódik. A TSO az egyensúlyt a frekvencia és az import-export szaldó figyélésén keresztül valósítja meg. A kontinentális európai szinkronterület névleges frekvenciája 50 Hz, amitől a frekvenciaminőséget meghatározó célparaméterek szerint ± 50 mHz engedhető meg kizárólag², mivel a névleges értéktől való eltérés már tized léptékben mérve is gondot okoz. A túl alacsony vagy túl magas frekvencia az erőművek turbináitól kezdve az érzékeny informatikai rendszerekig nagy károkat tud okozni a hálózaton. A túl nagy frekvencia jelenthet többlettermelést és fogyasztáshiányt, míg az alacsony frekvenciát okozhatja túlfogyasztás vagy termelési hiány egyaránt. Az egyes állapotokról jó áttekintés nyújt a 2. ábra³.

Alapvetően cél a normál állapot tartása, mely gazdaságosság, minőség és biztonság szempontjából a legkedvezőbb, ellenkező esetben az esetleges veszélyeztetett

vagy akár veszélyes állapotból. Súlyos üzemzavarok során a rendszer szinkronüzeme megszűnhet, ami szigetekre való szétkapcsolódást, végső esetben teljes üzemszünetet okozhat (Blackout állapotnak minősül, ha a felhasználók több mint 50%-a kiesett, vagy a feszültség legalább három percig teljesen eltűnik). Megfelelő intézkedésekkel cél a normál állapotba való mihamarabbi visszajutás (3. ábra).

A villamosenergia-rendszer egyensúlyának fenntartása kulcsfontosságú a biztonságos és megbízható áramellátás érdekében.

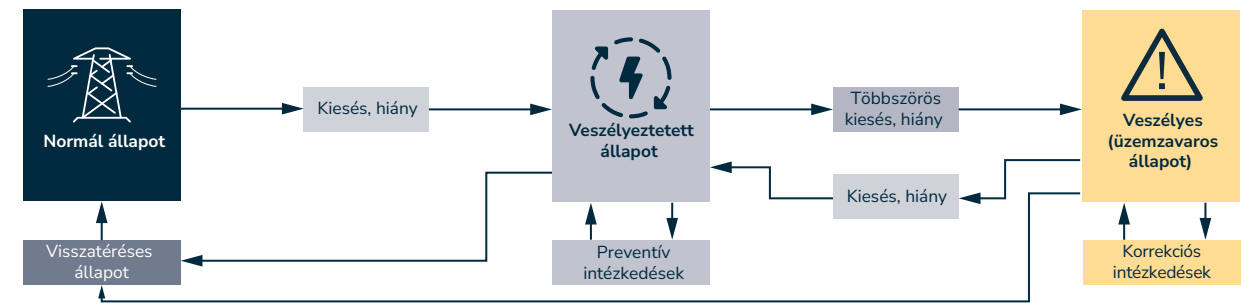
Az európai országokban a szabályozások és a tartalékok hierarchikus rendbe vannak szervezve. Ennek legnagyobb egysége a szabályozási terület, amely több, kisebb méretű szabályozási blokkra van osztva. A rendszerirányítók célja, hogy egyes szabályozási területeken és blokkokon belül



2. ábra: Frekvenciaegyensúly, lehetséges eltérések okainak és következményeinek illusztrációja (Forrás: Saját szerkesztés)

2 – Európai Bizottság 2017/1485 rendelete: a villamosenergia-átviteli hálózat üzemeltetésére vonatkozó iránymutatás megalkotásáról. 2017. augusztus. 2. Elérhető az interneten: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1485> (letöltés dátuma: 2025. 02. 21.)

3 – Szathmári, D. (2024): Prosumer koncepciók lehetőségei a villamosenergia-rendszer szabályozásában. Diplomaterv. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.



3. ábra: Rendszerállapotok bemutatása
Forrás: Dr. Farkas Cs., Saját szerkesztés

a frekvenciát a névleges értéken, valamint a blokkok és területek közötti teljesítmény-áramlásokat menetrend szerinti értéken tartásuk. A teljesítményfrekvenciaszabályozási blokkok (LFC-blokk) egy szinkronterület egy része vagy egy teljes szinkronterület, amelyet más LFC-területektől rendszerösszekötőknél levő mérési pontok fizikailag elhatárolnak, és amelyet egy vagy több, LFC-kötelezettséget teljesítő TSO üzemeltet. A teljesítményfrekvenciaszabályozási területek (LFC-terület) pedig az LFC-blokkokban helyezkednek el, melyeket egy vagy több LFC-kötelezettséget teljesítő TSO üzemeltet.⁴

A TSO-k különböző eljárásokat és termékeket használnak a rendszer kiegyensúlyozására és a frekvencia helyreállítására. Alapvetően négy termékről beszélhetünk, melyekhez eltérő eljárás és cél tartozik:

- A frekvenciatartási tartalék (Frequency Containment Reserve, FCR), ennek a válaszideje fél perc. A hazai kínálat emelkedést mutat, nagyságrendileg 30-40 MW áll rendelkezésre fel és le irányba is.
- Az automatikus frekvenciahelyreállítási tartalék (automatic Frequency

Restoration Reserve, aFRR), ennek a felterhelési ideje öt perc, és biztosított kell legyen a 2 MW/percet meghaladó terhelésváltoztatási képesség. A hazai kínálatban jelenleg kevés új beruházás történik, eltérő mértékben, de a különböző időszakokon belül szükség alakul ki jellemzően. Nagyságrendileg 250-410 MW áll rendelkezésre fel és le irányba is.

Kiegyenlítő igény akkor merül fel, mikor a tényleges terhelés és a korábban meghatározott adott időszakra vonatkozó menetrend között eltérés adódik.

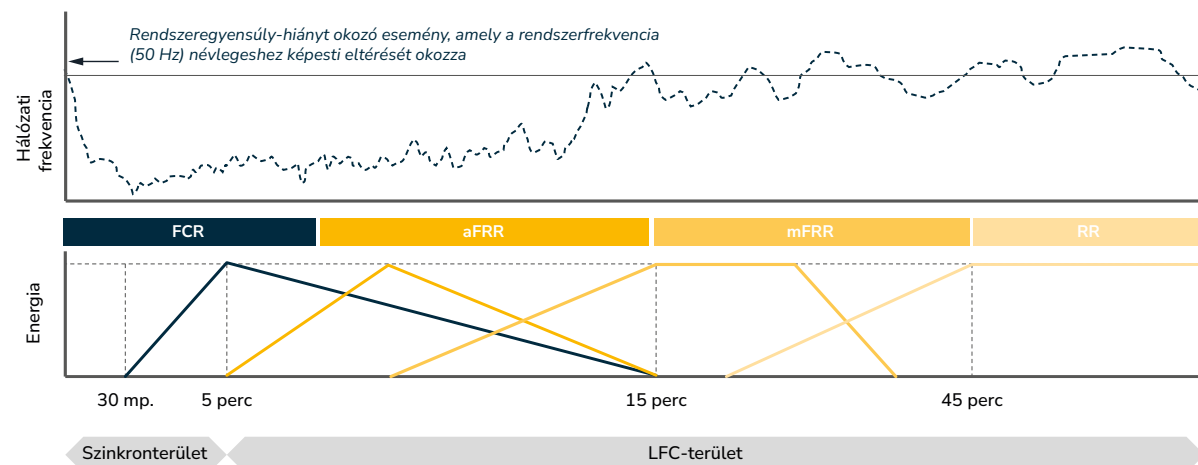
- A kézi frekvenciahelyreállítási tartalék (manual Frequency Restoration Reserve, mFRR), ennek a felterhelési ideje 15 perc, és biztosított kell legyen a 0,33 MW/percet meghaladó terhelésváltoztatási képesség. Magyarországon megjelent egy egyedi termék, az mFRR12,5, melynek nevében a 12,5 az aktiválási időre utal.

4 – Békési, M. (2019): Szabályozási tartalék módszertanok összehasonlító elemzése. Diplomaterv. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.

A rendelkezésre álló hazai kínálat jelentősen meghaladja a jelentkező keresletet. Nagyságrendileg 500 MW áll rendelkezésre fel és 300 MW le irányba.

- A helyettesítő tartalék (Replacement Reserve, RR) több mint 15 perc alatt aktiválható. Ehhez kapcsolódva a MAVIR nem kíván tartalék helyettesítési eljárást folytatni, mivel nem jelentkezik erre vonatkozó igény. Már az mFRR termékre vonatkozó igények is ritkán alakulnak ki.

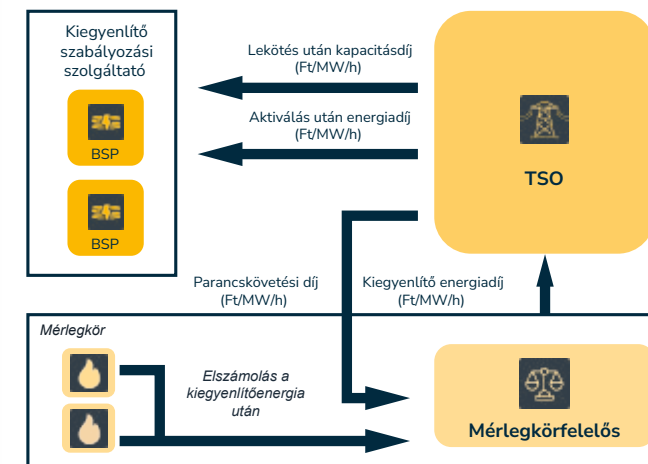
Valamilyen rendszeregyensúly-hiányt okozó esemény után azonnal az FCR-tartalék aktiválódik, amely megakadályozza a rendszerfrekvencia a névleges frekvenciához képesti további elcsúszását (4. ábra). Célja, hogy a frekvenciát stabilizálja a megengedhető maximális eltérési értéken belül. A rendszerfrekvencia névleges értékre való visszaállításhoz azonban már az aFRR és mFRR-tartalékok felelnek. A kettő közötti különbség egyszer, hogy az



4. ábra: Szabályozási termékek elméleti aktiválása rendszeregyensúly-hiányt okozó eseményt követően
Forrás: Saját szerkesztés

A megugró megújuló penetrációból és a rugalmassági források szerkezetéből adódóan a hazai kiegyenlítési igények és a költségek jelentősen meghaladják az európai átlagot.

előbbi egy automatikusan vezérelt termék, az utóbbit pedig jellemzően telefonon keresztüli értesítést követően, kvázi kézzel aktiválják. Másodsorban az indítási gyorsaságuk között is lehet különbség a felfutásukban, az aFRR gyorsabb, de mindkettőnek 15 perc alatt kell elérni az értesítéstől a kért teljesítményt.⁵ Ahhoz, hogy a kapacitások a kellő időben rendelkezésre álljanak, a TSO a kiegyenlítő szabályozási szolgáltatóknak (Balancing Service Provider – BSP), akik különböző szabályozási termékeket ajánlanak fel,



5. ábra: Szabályozási termékek elszámolási rendszere
Forrás: Saját szerkesztés

a lekötés utáni kapacitásdíjat fizet óránként, amit rendelkezésre állási díjnak (RÁD) is hívunk. Ezt az összeget szerződés szerint csak abban az esetben tagadhatják meg, ha valamilyen okból kiderül, hogy az ígért teljesítmény bizonyos műszaki okok miatt nem állt volna, vagy rosszabb esetben nem is állt rendelkezésre abban az órában. Az FCR-kapacitások esetén aktiválás után nem jár energiadíj, az aFRR és mFRR esetében viszont akkor is fizet a TSO, ha a lekötött kapacitásokat aktiválta, ezt energiadíjnak hívják. A menetrendeket a mérlegkörfelelősök adják le, és ha attól eltérnek, akkor kiegyenlítő energiadíjat kell fizetniük. Ez fedezi az aktiválás utáni energiadíjat, és a mérlegkörfelelős számoltatja el a mérlegkör tagjaival. A RÁD-költségeket azonban a rendszerhasználati díjakba (RHD) építik be, amit a villamosenergia-rendszerre csatlakozó fogyasztók fizetnek forgalomarányosan. Másfelől a TSO nemcsak frekvenciaszabályozási feladatokat lát el, hanem figyel a hálózati elemek túlterhelődésére, szűk keresztmetszetekre is. Ha esetlegesen

egyes szabályozási beavatkozások újabb problémákat okoznak, amiket nem tudnak megoldani a hálózati topológia módosításával, vagy nincs elegendő tartalékkapacitása már a rendszerben, akkor úgynevezett újrateherelosztás (redispatch) történik, és ilyenkor a résztvevő engedélyeseknek a TSO fizet parancskövetési díjat². (5. ábra)

JELEMLEGI KIHÍVÁSOK

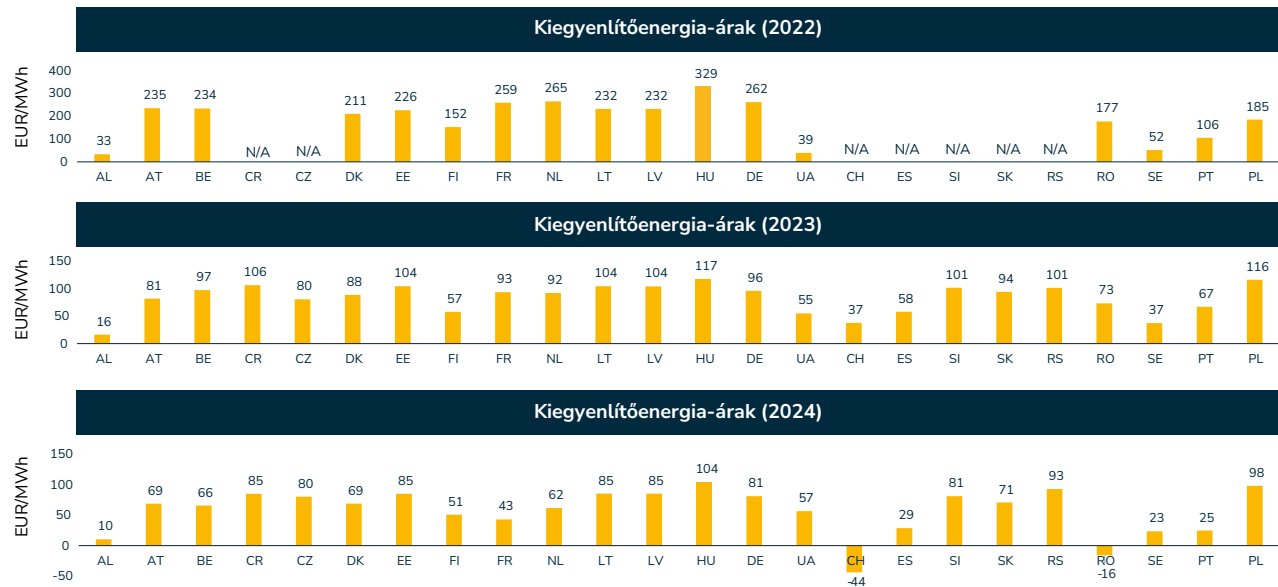
A megugró megújuló penetrációból és a rugalmassági források szerkezetéből adódóan a hazai kiegyenlítési igények és a költségek jelentősen meghaladják az európai átlagot. Az energiafüggőség csökkentése és a dekarbonizációs célok miatt fontos az időjárásfüggő megújuló ösztönzése – melyek viszont volatilis termelésük és pontatlan menetrendezésük miatt növelik a rugalmasság iránti igényt. A hazai alaperőművi portfólió koncentráltasága, életkora nemzetközi összehasonlításban is kiemelten érzékenyvé teszi

Az előrejelzési algoritmusok és optimalizációs módszerek – és azok folyamatos fejlesztései – lehetővé teszik a hatékonyabb tartalékkapacitáskezelést, csökkentve ezzel a kiegyenlítési költségeket és növelve a rendszerstabilitást.

5 – ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity), "An overview of the European balancing market and electricity balancing guideline," Nov. 2018, Elérhető az interneten: https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/Network%20codes%20documents/NC%20EB/entso-e_balancing_in%20europe_report_Nov2018_web.pdf (letöltés dátuma: 2025. 02. 21.)

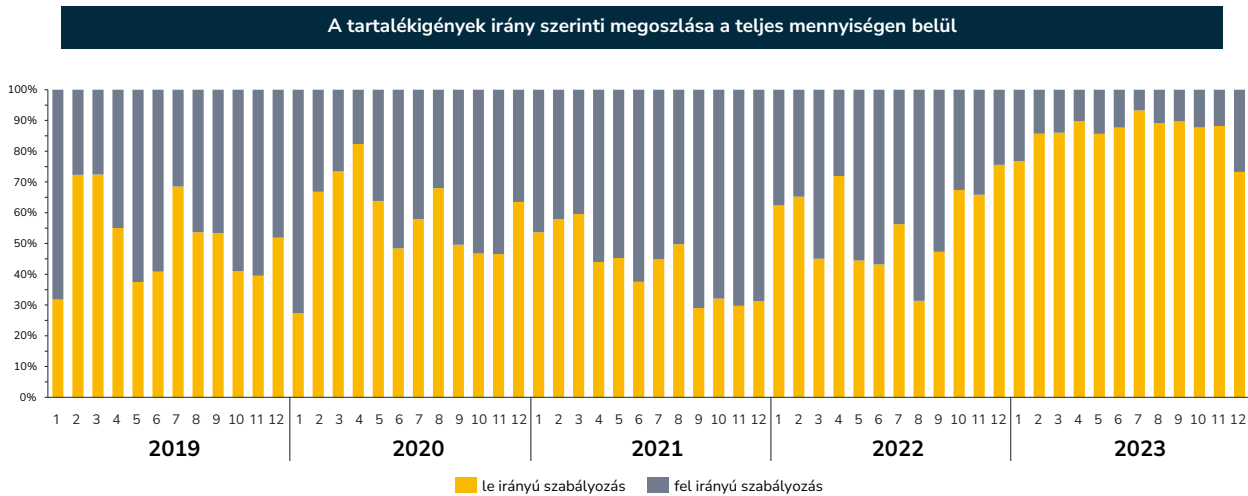
a hazai rendszert a nem várt termelés- kiesésekre, tovább növelve az igényeket.

Az ENTSO-E adatok alapján a kiegyenlítő- energia-árak visszaszorítása bár látszólag megtörtént az elmúlt 3 év során, azonban Magyarországon volt a legmagasabb ezen időszakban. Kiemelendő, hogy a 6. ábrán a kiegyenlítőenergia alatt a mérlegkörök által TSO-k felé fizetett összeg fajlago- sítása értendő, valamint az adatoknál 2022-ben Albánia (AL), Hollandia (NL), Magyarország (HU), Németország (DE), Portugália (PT) és Lengyelország (PL) az árak átlagolása a naptári év második felére vonatkozik, 2024-ben az árak átl- agolása a naptári év első felére vonatkozik, valamint ahol nem látható adat, ott adat- hiány tapasztalható az ENTSO-E rendel- kezésre álló publikus adatállományában.



6. ábra: Kiegyenlítőenergia-átlagárak historikusan 2022–2024
Rövidítések: Albánia (AL), Ausztria (AT), Belgium (BE), Horvátország (CR), Csehország (CZ), Dánia (DK), Észtország (EE), Finnország (FI), Franciaország (FR), Hollandia (NL), Lit- vánia (LT), Lettország (LV), Magyarország (HU), Németország (DE), Ukrajna (UA), Svájc (CH), Spanyolország (ES), Szlovénia (SI), Szlovákia (SK), Szerbia (RS), Románia (RO), Svédország (SE), Portugália (PT), Lengyelország (PL)
Forrás: ENTSO-E, Saját szerkesztés

A rendszer historikus, mért kiegyenlítő- lenségi jellemzői erőteljesen befolyásolják a jövőbeli várható igényt. Az erősen negatív irányba tolódó szabályozási igénybevételek alapján utókövető módon a negatív irányú tartalékigények fokozatos növekedése, míg a pozitív irányúak stagnálása várható. Ennek a piaci viselkedésnek az oka vélhe- tően a rendkívüli mértékben megdrágult pozitív irányú szabályozási energia aján- latok mögött keresendő, számos alkalom- mal a szükséges felett minimális további elérhető kapacitás van, a leszabályozás sokkal gazdaságosabb opció, ezáltal erős a felülmenetrendezés mértéke. Az idő- járásfüggő megújuló menetrendezési pontosságának az ösztönzése csökkenti a tartalékigényeket, azonban az elméletileg legoptimálisabb 100%-os menetrende- zési pontosság nem életképes elvárás.

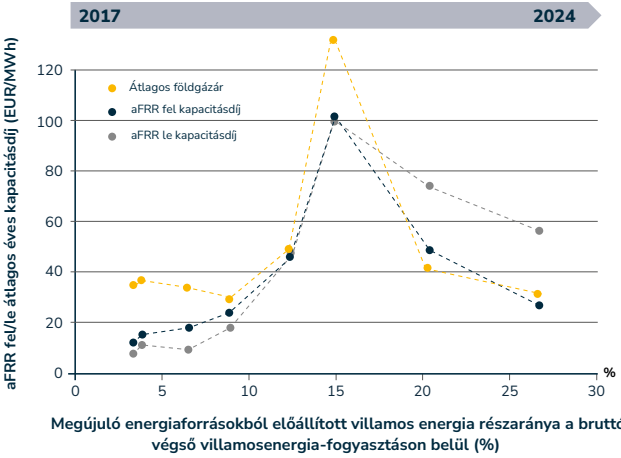


7. ábra: Historikusan jelentkező tartalékigények megoszlása 2019–2023
Forrás: MAVIR, Saját szerkesztés

A magyarországi árak erős kapcsolatban állnak a földgáz árának változásával, mivel a tartalékpiaci kapacitások jelenleg elsősor- ban földgázalapúak. Ezt a függőséget mind hazai, mind vállalati szinten szükséges lehet oldani a jövőben (a rugalmas termelési portfólió diverzifikáltságának fontossága). Azonban egy modernebb, robosztusabb földgázportfólió csökkentheti a kilengéseket a mérethatékonyságon keresztül. A régiós összehasonlításban magas bázisról induló hazai kiegyenlítési költségek a megújulók terjedésével párhuzamosan emelkedni kezdtek, azonban a 2022-es évet köve- tően ismételten csökkenő pályára álltak, ami mutatja, hogy a tartalékpiacot sokkal inkább a földgázárak befolyásolják dön- tően, mint a megújuló penetráció (8. ábra).

A jövőbeli helyzet meghatározását több tényező is nehezíti, viszont az öregedő erőművek mellett szükség lesz új kapacitá- sokra. A tényleges jövőbeli szabályozási- energia-igények nehezen előrejelezhetők, de csökkenés valószínűleg nem várható.

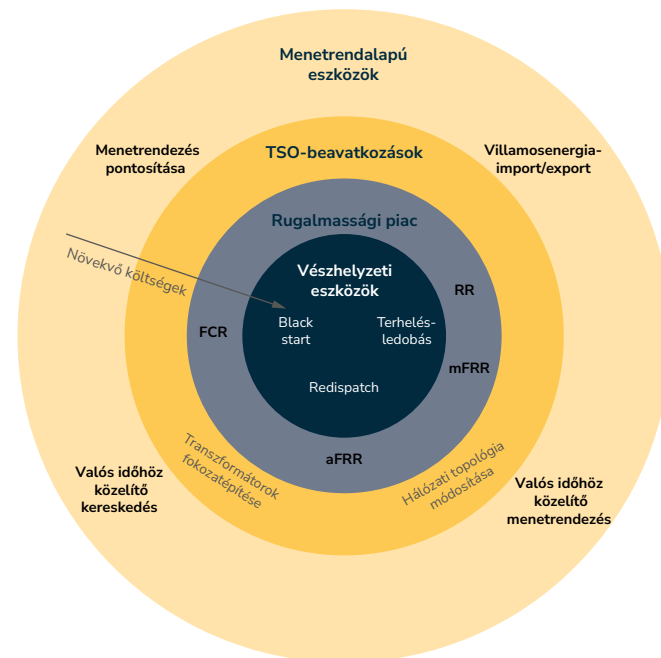
Az igények növekedése több faktortól függ, és kérdés, hogy milyen technológiák vagy konstrukciók lesznek a legversenyképeseb- bek. Ennek a meghatározásának új kihívást adnak a tartalékpiac „nemzetköziesedése” felé hajló projektek, amik kiárazhatnak piacról kevésbé hatékony egységeket.



8. ábra: Kapacitásdíj és földgáz világpiaci árának kapcsolata
Forrás: MEKH, EMBER, Argus, CEEGEX, Saját szerkesztés

LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK

Az energiahálózat rugalmasságának növelésére számos különböző megközelítés létezik, a kínálati vagy a keresleti oldali intézkedésekkel is. Néha a nagyobb rugalmasságot egyszerűen a villamosenergia-hálózat megerősítésével is el lehet érni, ami például csökkenti a szűk keresztmetszetek kialakulásának lehetőségét. A TSO által alkalmazható rugalmassági lehetőségek különböző szinteken különíthetők el (9. ábra).



9. ábra: Egyensúlytartás lehetőségei
Forrás: Saját szerkesztés

Az intelligens rendszerek és a mesterséges intelligencia alkalmazása szintén egyre hangsúlyosabb a villamosenergia-piac fejlődésében. Az előrejelzési algoritmusok és optimalizációs módszerek lehetővé teszik a hatékonyabb tartalékkapacitás-kezelést, csökkentve ezzel a kiegyenlítési költségeket, és növelve a rendszerstabilitást.

A kutatások többféle megközelítést alkalmaznak, amelyek főként a villamosenergia-termelés és -fogyasztás becslésére, valamint a piaci folyamatok modellezésére fókuszáltak. A menetrendezés kapcsán az előrejelzési pontatlanságok miatt a termelés és fogyasztás becslése folyamatos kutatás tárgya, gyakran gépi tanulási módszerekkel. Ugyanakkor a kiegyenlítettenség előrejelzése kevésbé kutatott terület. Több elemzés összehasonlította az előrejelzési modellek teljesítményét, például az ARIMA (Autoregresszív integrált mozgóátlag – Auto-Regressive Integrated Moving Average) és a neurális hálókat, megállapítva, hogy utóbbiak általában pontosabbak, de nem minden esetben jobbak. Egyes kutatások a historikus kiegyenlítettenségi adatok szerepét is elemezték, és kimutatták, hogy rövid távon ezek hasznos prediktorok lehetnek, míg hosszabb időtávon kevésbé. Volt, ahol a kutatások kvantilis regresszióval próbálták meghatározni a kiegyenlítettenség várható intervallumait, és arra jutottak, hogy az előrejelzésben meglepően erős mintázatok figyelhetők meg. A legújabb vizsgálatok mesterséges intelligencia alkalmazására irányulnak, ám egyes eredmények azt sugallták, hogy a lineáris modellek bizonyos esetekben versenyképesek lehetnek a komplexebb módszerekkel szemben⁶.

A menetrendezési pontosság fejlesztésén és tartaléktervezésén túl nem szabad figyelmen kívül hagyni a kínálati oldalon az új kapacitások fejlesztését sem, a konvencionális gázturbinás vagy gázmotoros erőművek mellett a közelmúltban nagy figyelmet kaptak az energiatárolási technológiák is, legyen szó kémiai, szivattyútárolós vagy egyéb alternatív megoldásokról is.

6 – Markovics, D. (2021): Rövid távú kiegyenlítettenség előrejelzés gépi tanulással proaktív mFRR szabályozás céljából. Országos Tudományos Diákköri Konferencia. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest.

A menetrendezési pontosság fejlesztésének ösztönzése kulcsfontosságú.

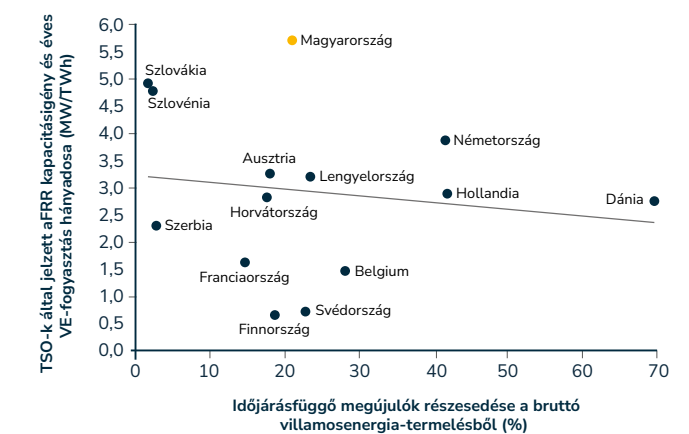
A rugalmasabb keresletoldali megoldások jelenleg komplexebb kérdéskört takarnak, viszont nemcsak kiegyenlítő szabályozási oldalon, hanem villamosenergia-piaci oldalon is nagy hatással lehetnek az árakra⁷.

ÖSSZEFOGLALÓ

Az energiaipar egyre nagyobb hangsúlyt fektet a rugalmasság növelésére, többek között azért, hogy kezelje mind a kínálati (például az időjárásfüggő megújuló energiaforrások térnyeréséből adódó kihívásokat), mind a keresletoldali (például elektrifikációhoz kapcsolódó új fogyasztási igényeknek történő megfelelést) kihívásokat. Kiemelt terület a rendszerszintű kiegyenlítő szabályozás, ahol egyre többször jelennek meg extrém szabályozási igények. Azonban a tartalékpiacon tervezését nemcsak egy-egy kiugró értékre, hanem hosszú távú trendekre alapozva készítik. Ennek egyik érdekes vetülete, hogy Magyarország aFRR fel irányú tartalékigénye kiugrik az európai országok közül a relatív alacsony megújuló penetráció ellenére. A vizsgált országok aFRR-kapacitásigényei normálva a villamosenergia-fogyasztással és az időjárásfüggő megújuló részesedés arányai nem mutatnak egyértelmű korrelációt, ami felveti a kérdést a megújuló hatások miatt. Mivel alapvetően nem a penetráció, hanem a historikus menetrendezési eltérések adják a növekvő kapacitásigényeket a tartalékpiacon.

Így a jövőbeli hazai flexibilitási piachoz kapcsolódó elemzések során az alábbi három témakörre kiemelt figyelmet érdemes fordítani:

- **Menetrendezés optimalizálása:**
Az időjárásfüggő források arányának növekedése miatt egyre nagyobb szerepet kapnak az előrejelzési modellek. A menetrendezés optimalizálása kiemelt szerepet kap, hiszen egy 100%-os pontosságú előrejelzés mellett gyakorlatilag minimális tartalékkapacitásra lenne szükség.
- **Időjárásfüggő megújulók hatásai:**
Az időjárásfüggő megújuló kapacitások növekedése és a szükséges tartalékigények közötti kapcsolat szorossága az elmúlt években többször az előzetes várakozások alatt maradt, így ennek hazai vizsgálata aktuális kérdéskör marad a következő időszakban is.
- **Tartalékkapacitások optimális tervezése:**
A rugalmas technológiák és szabályozási termékek fejlesztése hatékonyabb tartalékkapacitás-kezelést tesz lehetővé, ami mind a TSO, mind a teljes társadalom számára csökkenő költségeket jelent.



10. ábra: aFRR fel tartalékigény és megújuló termelési részarány összefüggése nemzetközi összehasonlításban, 2023
Forrás: Forrás: TSO-k adatai, EMBER, Saját szerkesztés

7 – Szathmári, D., Nagy T. D., Dr. Herczeg A.: Prosumer koncepciók lehetőségei és az európai gyakorlatok tanulságai. Energiaforrás. LX. évfolyam | 2024. 2. szám. ISSN 1216-4992. Elérhető az interneten: https://mvm.hu/-/media/MVMHu/Documents/Media/Mediatartalmak/Energiaforras/MVM-Energiaforras-be-liv_2024_2_preview.pdf (letöltés dátuma: 2025. 02. 21.)

Sikerrel vetette be városi terepen a távirányítós húzórobotot az MVM XPert

Nagyvárosi, sűrűn beépített környezetben végzett kivitelezés során vetette be először élesben előkötél áthúzására a német Zeck GmbH rádiótávirányítós készülékét az MVM XPert Zrt. A szegedi projekten jelesre vizsgázott a technológia.

Szerző:

Nagy Szabolcs

távvezetési projektvezető
MVM XPert Zrt.

Egy-egy kötésköz húzása során hét-nyolc kosaras jármű biztosította a keresztezéseket
Fotó: MVM XPert Zrt., Réti Dóra

Az MVM Démász Áramhálózati Kft. megbízásából valósult meg az MVM XPert Zrt. kivitelezésében a Szeged, MAVIR alállomás és Szeged, Cserepes sor alállomás közötti 132 kV-os, kétrendszerű távvezeték optikai összeköttetése. A feszültségmentesítés kérdésének mérlegelése során világossá vált, hogy a projekt csak önhordó (nemfémes) ADSS légkábel alkalmazásával valósítható meg, mert így egy rendszer egyidejű lekapcsolásával elvégezhető az optikai kapcsolat kiépítése. A munkálatokat 4,54 kilométeres nyomvonalon, 22 oszlop és két alállomás érintettségével, Szeged belterületén, városias környezetben kellett elvégezni, amelyre összesen három hét állt rendelkezésre. A nyomvonal két optikai kötésközből áll – a Szeged, MAVIR portáltól a 12. oszlopig (2,67 km), illetve a 12. oszloptól Szeged, Cserepes sor portálig (1,87 km) –, így a vezetékhúzásra két ütemben került sor.

A munkálatokat 4,54 kilométeres nyomvonalon, 22 oszlop és két alállomás érintettségével kellett elvégezni Szeged belterületén.

A projekttel párhuzamosan zajlott – az MVM Démász Áramhálózati Kft. beruházásában – a Cserepes sori alállomás gyűjtősínesítése is. Ebből kifolyólag az áramszolgáltató kollégáival folyamatos kapcsolattartásra volt szükség a napi és a folyamatos feszültségmentesítést, illetve a feszültség alatti időszakokat illetően. A folyamatban lévő alállomási munkálatok nem tették lehetővé az eredetileg tervezett bal oldali feszültségmentesítést, így az ADSS kábelt – gyors termódosí-



A berendezést két hajtógörgővel kellett rögzíteni a feszültségmentesített távvezetékre
Fotó: MVM XPert Zrt., Réti Dóra

tást követően – a távvezeték jobb oldali, középső fáziskarjánál kellett vezetni. Az előkészítő munkálatok 2024. november 4-én kezdődtek meg az MVM XPert által készített kiviteli tervek alapján, a segéd-szerkezetek legyártását és a szerelvények beszerzését követően. A vezetékhúzó gépcsoportot a 12. számú oszlophoz telepítettük, amely a Szeged-Csanád Grosics Akadémia területén helyezkedik el, így a munkálatok ütemezésénél figyelembe kellett venni a futballcsapat versenynaptárát is, mivel a vezetékhúzással érintett napok nem eshettek egybe a klub hazai mérkőzéseivel. Továbbá biztosítanunk kellett a stadion területén lévő felépítmények és napelempark védelmét is.

Elsőként a segéd-szerkezetek felszerelése történt meg, valamint a húzáshoz szükséges kerekeket helyeztük fel a teljes nyomvonalon. Ezzel egy időben az MVM Démász megkezdte az oszloptövek, nyiladékok tisztítását is.

A projekthelyszín városi jellegéből fakadóan kiemelt figyelmet igényelt a keresztezések kezelése. A munkálatok során az alábbi létesítményeket kereszteztük:

- Szeged–Békéscsaba vasútvonal két szelvényben,
- Szeged–Hódmezővásárhely tram-train,
- Lencsés horgásztó,
- 22 kV-os vezeték,
- 5-ös számú főút,
- Szeged-Csanád Grosics Akadémia,
- 55-ös számú főút és a 3F villamosvonal,
- Szegedi Vadaspark a Sancer-tavakkal,
- Móravárosi körút.

Mivel új optika kiépítése történt, az előkötél áthúzása jelentette a legnagyobb kihívást. Az előzetes felmérések alapján nem minden oszlopközben lett volna lehetőség a drónnal történő húzásra a drónos szem-

A kivitelezést minden nehezítő körülmény ellenére határidőre sikeresen befejeztük
Fotó: MVM XPert Zrt., Réti Dóra

A vezetékhúzással érintett napok nem eshettek egybe a Szeged-Csanád Grosics Akadémia hazai futballmérkőzéseivel.

pontból kiemelt kockázatot jelentő területbesorolás miatt, így a választásunk végül a német Zeck cég Pulling robotjára esett. Ezt a készüléket először alkalmaztuk élesben. A berendezést két hajtógörgővel kellett rögzíteni a meglévő, feszültségmentesített távvezetékre, és ezen vezeték mentén húzta át az előkötelet. Mozgatását földi személyzet végezte rádiós távirányító segítségével, amelynek hatótávolsága mintegy 300 méter. A keresztezéseket kosaras gépjárművek alkalmazásával biztosítottuk. Egy-egy kötésköz húzása során hét-nyolc kosaras jármű vonult fel egy időben, az ideiglenes forgalomkorlátozást



A távirányítású készülék a távvezeték mentén húzta át az előkötelet
Fotó: MVM XPert Zrt., Réti Dóra

a Magyar Közút Nonprofit Zrt. Csongrád-Csanád Vármegyei Igazgatósága, illetve társaságunk biztosította. Az első ütemben a november 9–10-i hétvégén került sor az előkötél és az optika áthúzására. A 3F villamosvonal keresztezését nem lehetett megoldani villamosüzem alatt, így a Szegedi Közlekedési Társasággal egyeztetve buszos pótlás vált szükségessé a Textilgyári út lezárásával (az önkormányzat bevonásával előzetesen kiértékelve az üzleteket, telephelyeket), valamint a Kálvária sugárút forgalomkorlátozásával. A második ütemben valósult meg a MAVIR portál és a 12. oszlop közötti húzás november 19–21-én, amely után a gépcsoport kiköltözhetett a futballstadionból.

A húzást követően készültek el a beszabályozások, végkötések, az optika levezetése

az állomási portáloszlopon és a kötődobozok elhelyezése. A kivitelezést minden nehezítő körülmény – és a számunkra nem szokványos terepadottságok – ellenére a november 22-i határidőre sikeresen befejeztük a megrendelő legnagyobb megelégedésére.

Érdekesség, hogy a három hétig tartó kivitelezés mintegy fél éves előkészületet igényelt. Az egyeztetések lefolytatása a nagy számú, keresztezett létesítmény kezelőivel, tulajdonosaival, a hozzájárulások megszerzése sok szervezést, rugalmas hozzáállást követelt meg minden érintett – és az időjárás – részéről.

A területbesorolás miatt drónnal történő előkötélhúzásra nem minden oszlopközben lett volna lehetőség, így ez a megoldás nem jöhetett szóba.

Középfeszültségű alapjelállítás mint a HMKE-termelés növelésének egyik eszköze

Avagy: hogyan oldjunk meg egy újkeletű problémát (növekvő HMKE-termelésből adódó feszültség- és energiaátviteli zavarok) meglévő eszközökkel?

Szerzők:

Dr. Holcsik Péter

műszaki stratégiai szakterületvezető
MVM Émász Áramhálózati Kft.

Kormos István

vezető hálózati stratégiai szakértő
MVM Émász Áramhálózati Kft.

A változó villamosenergetikai kihívásokra rendszeresen és a lehető legrövidebb időn belül válaszokat kell adnunk. Erre általánosan kétféle metódus létezik: az egyik a több mint 120 éves múltban gyökerező, konvencionális hálózatfejlesztési megoldások, míg a másik az innovatív megoldások keresése és alkalmazása. A kettő érdekes ötvözete a már meglévő rendszerek adottságait „más szemmel” vizsgálva, a bennük rejlő lehetőségek újszerű kiaknázásában áll.

Jelen cikkünkben egy sikeres közös projektről számolunk be, amely az Üzemirányítási osztály, az Alállomási és a nagyfeszültségű hálózati osztály, az Üzemviteli igazgatóság, valamint a Műszaki stratégiai osztály együttműködésével valósult meg, és megoldást nyújt egy országosan is jól ismert, rendszerszintű műszaki kihívásra.

A kettő érdekes ötvözete a már meglévő rendszerek adottságait „más szemmel” vizsgálva, a bennük rejlő lehetőségek újszerű kiaknázásában áll.

Ez a háztartási méretű kiserőművek (HMKE-k) számának növekedésével megjelenő kihíváskör, amely magában foglalja a szabványosnál magasabb hálózati feszültséget, a teljesítményátviteli szűkületet, valamint ezek következtében a zárt hálózati körzetek¹ kialakulását. Az ismert átfutási idejű (2012: 330 nap, 2025: 730 nap átlagos átfutási idő) és költségű konvencionális hálózatfejlesztések megvalósításáig ezen problémák enyhítésének egyik módja az alállomási nagy/középfeszültségű transzformátorok szabályzóit által nyújtott



NAF/KÖF (nagyfeszültség/középfeszültség) transzformátor fokozatkapcsolóval
Fotó: MVM Émász Áramhálózati Kft.
és MVM Démász Áramhálózati Kft.

szabályozási lehetőségben rejlő, úgynevezett középfeszültségű gyűjtősin feszültségének automatizált szabályozása.

A megoldás lényege, hogy az alállomási nagy/középfeszültségű transzformátorok alapjelét változtatjuk.



OLTC (On Load Tap Changer) a fokozatok közötti kapcsolást végrehajtó transzformátor részberendezés
Fotó: Maschinenfabrik Reinhausen GmbH

1 – HMKE zárt körzet a 413/2022. (X. 26.) Kormányrendelet és annak végrehajtásáról szóló rendelet alapján – ahol az újonnan csatlakoztatni kívánt HMKE-k számára a közcélú hálózatra való visszatáplálás nem engedélyezett

Az alapjellel megadhatjuk a tartandó feszültségértéket (szabályozási cél). Ezt a módszert az üzemirányítás már évtizedek óta használja: ha a gyűjtősin feszültsége az előre beállított feszültségtől eltér, akkor az automatika a transzformátor áttételének, csapolásának változtatásával az alapjel értékére szabályozza azt.

Az alapjel változtatása kihat a hierarchikusan alatta található kisebb feszültségű hálózati elemekre, vezetékekre, berendezésekre. Tehát ha lejjebb vesszük, azzal csökken az érintett középvezültségű hálózat feszültsége is. Ha csökken a középvezültségű hálózat feszültsége, az közvetlenül csökkenti a kiefeszültségű hálózat feszültségét is. Erre mutat példát az alábbi táblázat.

A háztartási méretű kiserőművek (HMKE-k) számának növekedése magában foglalja a szabványosnál magasabb hálózati feszültséget, a teljesítményátviteli szűkületet, valamint ezek következtében a zárolt hálózati körzetek^[2] kialakulását.

A NAF transzformátor feszültségnek %-os változása					KÖF			0,4kV vonali			0,4kV fázis		
Alapjelcsökkentés		U közép	U alsó	U felső	U közép	U alsó	U felső	U közép	U alsó	U felső	U közép	U alsó	U felső
0%	0	100,5	99,1	101,9	22,11	21,8	22,42	402	396,4	407,6	232,1	228,9	235,3
0,50%	0,5	100	98,6	101,4	22	21,692	22,308	400	394,4	405,6	230,9	227,7	234,2
1%	1	99,5	98,1	100,9	21,89	21,582	22,198	398	392,4	403,6	229,8	226,6	233,0
1,50%	1,5	99	97,6	100,4	21,78	21,472	22,088	396	390,4	401,6	228,6	225,4	231,9
1,70%	1,7	98,8	97,4	100,2	21,736	21,428	22,044	395,2	389,6	400,8	228,2	224,9	231,4
2,50%	2,5	98	96,6	99,4	21,56	21,252	21,868	392	386,4	397,6	226,3	223,1	229,6

1. táblázat: NAF, KÖF és KIF gyűjtősin feszültségének elméleti, % alapú, számított változásai
Forrás: MVM Émász Áramhálózati Kft. és MVM Démász Áramhálózati Kft.

Tehát a NAF/KÖF transzformátor alapjének szabályozásával a kiefeszültségű hálózat feszültségét is szabályozhatjuk, ami jelen működési környezetünkben kiemelt jelentőségű: a HMKE-rendszerek ugyanis megemelik a feszültséget. Ennek oka, hogy áram csak a nagyobb

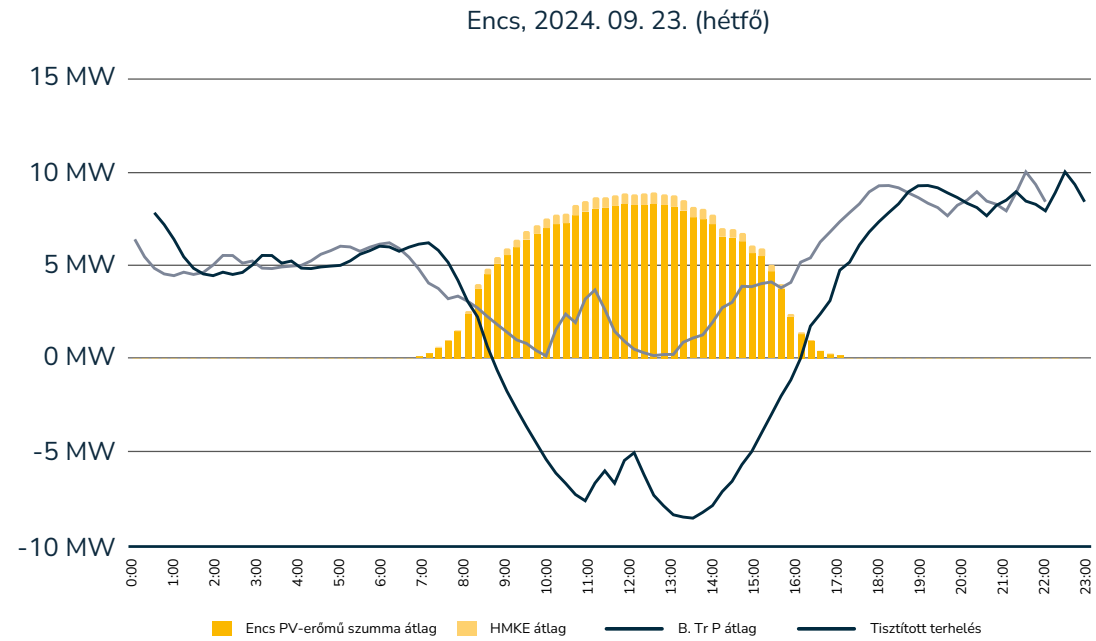
feszültségű pont felől tud a kisebb felé folyni, ez határozza meg az energiaáramlás irányát is, azaz csak akkor tud termelni az ügyfél, ha a HMKE feszültsége magasabb, mint a hálózatunké. Ez hatással van a mi hálózatunkra is, megemelve annak feszültségét. Ha egy hálózatrészen, áramkörön

2 – HMKE zárolt körzet a 413/2022. (X. 26.) Kormányrendelet és annak végrehajtásáról szóló rendelet alapján – ahol az újonnan csatlakoztatni kívánt HMKE-k számára a közcélú hálózatra való visszatáplálás nem engedélyezett

egyszerre több naperőmű termel, ami áramhálózatunkon igen gyakran előfordul, akkor ezen hatások összeadódnak, és a kialakuló feszültség olyan magas is lehet, hogy az a fogyasztói berendezések meghibásodásához vezethet. Ezért a (szabályosan beállított) inverterek 253 V-nál lekapcsolnak. A lekapcsolt berendezés nem tud termelni, amely közvetlen ügyfélpanaszhoz vezethet. A probléma egyik lehetséges megoldása, hogy a hálózati feszültséget csökkentjük, például a nagy/középvezültségű transzformátorok alapjének változtatásával. Már léteznek ehhez kapcsolódó intézkedések az iparágban, amelyet idő (óra) alapon valóstítottak meg. Azonban az MVM Démász és MVM Émász áramhálózataira automatizált, fizikai paraméterek mérésén alapuló megoldást kerestünk. Ennek oka, hogy a besugárzás ugyan összefüggést mutat a nap

feszültségértékek alapján szabályozni. Ma ugyan még nem rendelkezünk sem közép-, sem a kiefeszültségű hálózaton kiterjedt feszültségmérő-hálózattal, szenzorokkal, ennek kialakítása azonban számos futó projektünk célja. Így a közeljövőben ezt a megoldást is megvizsgálhatjuk és megvalósíthatjuk.

Viszont állomási szinten mért az ismert kiserőművek „pillanatnyi” betáplálási értéke [1. ábra, függőleges tengely, (MW)]. Ez az érték már valamennyi, a feszültségre is közvetlenül ható paraméter hatását együttesen tartalmazza, ezért alkalmas automatikus szabályozás megvalósítására a szezonálisoktól és minden előre jelzett vélt, becsült vagy számított információtól függetlenül.



1. ábra: Encs alállomás egy napi terhelési-termelési görbéje
Forrás: MVM Émász Áramhálózati Kft. és MVM Démász Áramhálózati Kft.

állásával és a napszakkal, azonban más mennyiségek is befolyásolják a termelést, mint például a felhőzet, hőmérséklet stb.

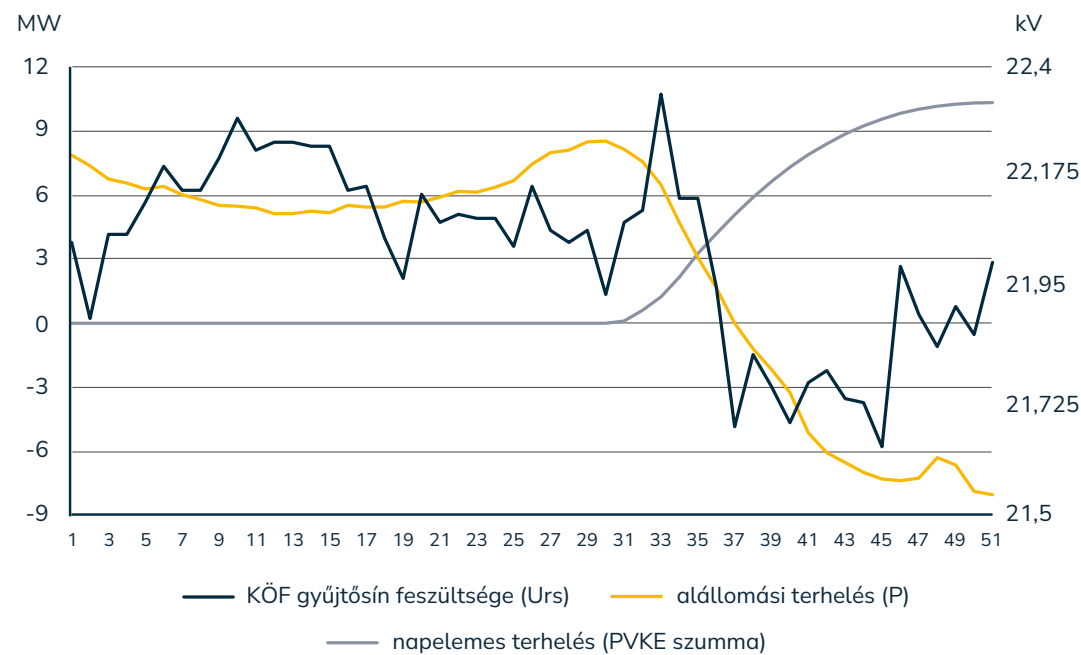
Egy másik megoldás lehet a KÖF gyűjtősin feszültségét online mért kiefeszültségű

Az automatizált szabályozás rendszer-szintű (SCADA) integrációjában a telemechanikai szakterületnek kiemelt szerepe volt: saját, belső erőforrással végezték el a programozási, beillesztési és tesztelési feladatokat is.

A 2. ábra egy teszt szabályozást szemléltet, amely során megfelelő mértékű fogyasztói termelés (PVKE) mellett a 37–45. negyedórák között az alapjelet csökkentettük, így szabályozva a közép feszültségű gyűjtőcsín feszültségét. Mérésekkel támasztottuk alá, hogy szabványos feszültséget szolgáltatunk a teszt során a hálózati végpontokon is. A teszt alátámasztotta a szabályozás alkalmazhatóságát: a kisfeszültségű hálózat a termelési időszakban képes megtartani megfelelő feszültség szintjét.

elérhetjük a megoldással kitűzött 10-15%-os zároltkörzet-feloldási célt. A HMKE termelési potenciál – MVM Émász alállomások teljesítményéhez viszonyított – nagy százaléku felfutása vált láthatóvá 2011 és 2024 között, amely alapján egyértelműen látható, hogy indokolt további alállomások bevonása a projektbe.

A tervezett ütemezés szerint az erre műszakilag felkészült alállomásokat a 2025. évi tavaszi termelésfelfutás előtt szeretnénk bevonni a szabályozásba.



2. ábra: NAF/KÖF alállomás negyedórás terhelése-termelése és közép feszültségű sínfeszültsége

Forrás: MVM Émász Áramhálózati Kft. és MVM Démasz Áramhálózati Kft.

A PV-termelésfüggő alapjelszabályozási megoldást már két alállomásunkban bevezettük: Mórahalmon és Encsen. A szabályozás hatásait, eredményeit, hatékonyságát folyamatosan vizsgáljuk, és ma már részeredményeink alapján elmondhatjuk, hogy igen jó eséllyel

Az első ütemben a két áramhálózati társaságnál bevonható állomások száma terveink szerint megközelítőleg harmincra tehető.

A termelésfüggő alapjelszabályozási megoldás kiterjesztéséről és annak eredményeiről a későbbiekben még beszámolunk.

BIZTOS?

Az MVM biztosítások segítenek felkészülni a váratlanra.



Egyetemes szolgáltatásszegmens fogyasztás-előrejelzése mesterségesintelligencia-alapú modellel

Szerző:

Dr. Poesz Attila

portfólióoptimalizálás vezető szakértő
MVM CEEnergy Zrt.

adjunktus
Budapesti Corvinus Egyetem

Az MVM CEEnergy Zrt. mint földgáz-nagykereskedő sikeres működésének egyik alappillére a minél pontosabb tervezés és előrejelzés. Az elmúlt években számos jelentős piaci kihívással találtuk szembe magunkat, melyek csak megerősítették, hogy elengedhetetlen a belső folyamataink fejlesztése, a legújabb innovációk implementálása a versenyképességünk fenntartása és növelése érdekében. A mesterséges intelligencia térnyerésével elkezdünk megvizsgálni azokat a területeket, ahol a felhasználásával jelentős hatékonyságnövelésre lehetünk képesek, így kezdődött a lent bemutatott folyamat, az MI alkalmazása a gázfogyasztás-előrejelzés területén.

A gázfogyasztás egyik fontos és menynyiségét tekintve jelentős felhasználási területe a fűtés. A fűtési igénnyel rendelkező szereplők jelentős része a háztartási fogyasztók körébe sorolható. A korábban kifejlesztett lineáris megközelítés nagyon hosszú ideig képes volt jól előre jelezni az országos gázfogyasztást a várható hőmérsékletet véve alapul. Azonban az elmúlt időszakban az érintett szegmens fogyasztói szokásai szignifikánsan megváltoztak. Ennek háttérben egy jelentős szabályozói átalakítás állt, a 2022 augusztusától bevezetett rezsicsökkentés újrahangolása, melynek értelmében egy meghatározott éves mennyiséget meghaladó fogyasztásra közel hétszer magasabb gázdíj fizetése került bevezetésre. A magasabb fogyasztásra bevezetett gázdíj hatására a fogyasztói viselkedésben jelentős változás következett be, amely a takarékosági hajlandóság növekedésével járt. Az újonnan kialakult minta szerint a tél első felében (október–decemberi időszak) azonos hőmérsékletre vetítve szignifikánsan mérsékeltabb gázfogyasztás volt megfigyelhető, mint a korábbi években. Lineáris összefüggéssel leírva a fogyasztási görbe meredeksége csökkent (1 °C csökkenés kisebb gázfogyasztás-növekményt jelentett).

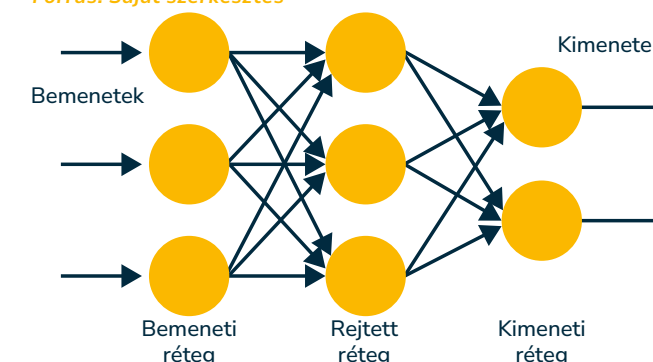
A tél második részében (január–március) a korábban leírt meredekség, fogyasztási kedv szignifikánsan erősödött az előző három évben. A fogyasztási görbe trendfordulójának helyét minden évben vizsgáltuk és teszteltük az előrejelzéseink hibájának csökkentése érdekében, azonban a pontos helyét utólag lehetett csak meghatározni.

MESTERSÉGESINTELLIGENCIA-ALAPÚ MODELL SZÜLETÉSE ÉS TANÍTÁSA

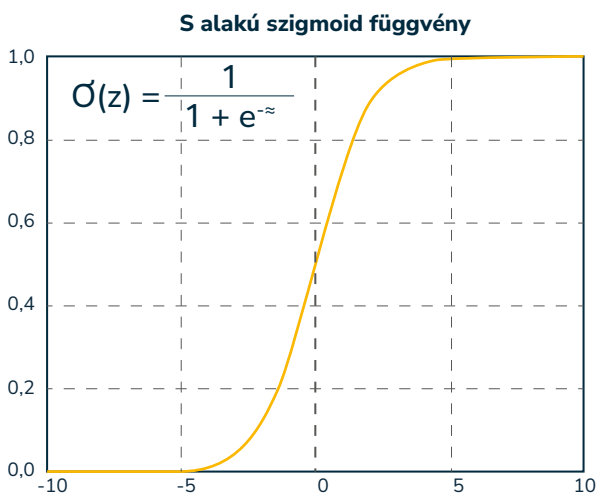
A fogyasztói viselkedés dinamikus változását hatékonyabban lekövető modellt a 2023-as év elején kezdtük keresni. A különféle idősor alapú modellek és lineáris modellek kiterjesztése mellett teszteltük az MI-alapú előrejelzést is. A tesztek alapján ez utóbbi volt a legeredményesebb. Miután kiválasztottuk a módszert, részletes igényfelmérés következett, hogy milyen területnek, a nap melyik részében, mikorra kell előrejelzést használni. A pontos információk birtokában négy eltérő modell került felállításra. Az általunk kialakított modellek a „Multilayer feedforward network” struktúrát használták, amelynél modelttől függően 7-9 input és egy output került definiálásra. Az inputok közé soroltuk többek között a megelőző tényhőmérséklet-tényfogyasztás párokat, továbbá a közvetlen megelőző nap tényhőmérsékletét (ahol még nincs tényfogyasztásadat), illetve egy 0-1 bináris változót a hétvégére történő előrejelzéshez. A háló kimenetének az előre jelzett napi fogyasztást választottuk.

1. ábra: Multilayer feedforward network típusú hálózat

Forrás: Saját szerkesztés

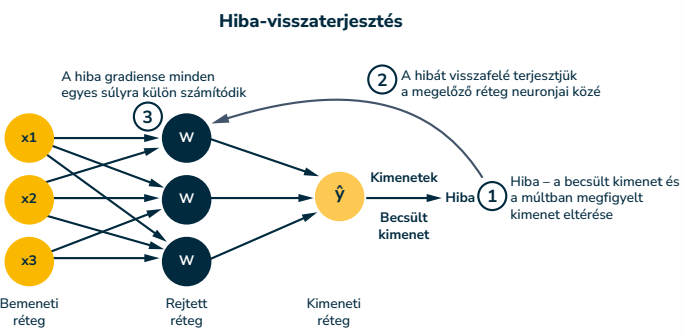


A neurális háló egyik legfontosabb egysége az úgynevezett rejtett réteg (hidden layer) és a benne elhelyezett, nem lineáris számítást végző elemek, a neuronok. A neuronok pontos száma függött a kialakított modelltől, de általánosságban elmondható, hogy négy és tíz neuron elegendőnek bizonyult. Az egyes neuronokba beérkező adatok feldolgozását végző függvénynek, – úgynevezett aktiváló függvénynek – a szigmoid függvényt választottuk. A lenti ábra szemlélteti, hogy a szigmoid aktiváló függvény milyen módon rendel értéket a neuronba beérkező információkhoz. Ha a beérkező adat -5-nél kisebb akkor 0-hoz közeli értéket ad, +5-nél nagyobb bemenetnél pedig 1-hez konvergál az output, a két érték között közel lineáris a kapcsolat.



2. ábra: S alakú (szigmoid függvény) grafikonnal rendelkező aktiváló függvény
Forrás: Saját szerkesztés

A fent bemutatott neurális háló tanítása az elmúlt évek tényfogyasztás és tényhőmérséklet adatai alapján történt. A tanítás folyamata az úgynevezett hiba visszaterjesztés (backpropagation) eljárással történt. Ennél a módszernél az MI-modell hibája – a kimenete és a múltban rögzített tényfogyasztás különbsége – alapján kerülnek a neurális háló paraméterei (élsúlyai) frissítésre.



3. ábra: Neurális háló tanításának folyamata, a hibavisszaterjesztés (backpropagation)
Forrás: Saját szerkesztés

Ezt a folyamatot addig folytattuk, amíg a hiba az előre beállított elvárt szint alá csökkent. A neurális háló ekkor tekinthető késznek, mivel definiálásra került a szerkezete, a megállási kritérium, az aktiváló függvény, majd ezt követően megtörtént a tanítás. A bevezetést megelőzően több, historikus adatokra épülő visszatesztelést (backtestet) is elvégeztünk, amely során 40-45% javulást mértünk.

A modellek felállítása és tanítása R matematikai programozási nyelven történt. Az operatív használathoz elkészítettük a neurális hálót Excel környezetben felhasználva a tanítás során kapott optimális paramétereit. Továbbá ezen Excel alapján, IT-fejlesztés keretében a bemutatott mesterségesintelligencia-alapú modell implementálásra került a napi nomináláshoz használt szoftverbe is. Az elkészült Excel modellt egy SQL-lekérdezés tölti meg szükséges inputadatokkal, és így számolódik ki a neurális háló kimenete. A hétköznapi felhasználó ebből egy frissítendő adatlekérdezést és egy kijelölt mezőben megjelenő előre jelzett fogyasztási adatot lát. Természetesen a belső ügyfelek mint felhasználók igényét figyelembe véve alakítottuk ki az Excel implementációt, ezért beépítésre került az egyes inputokhoz egy-egy felülírási lehetőség. Az adatbázison kívüli mezőknek fontos szerepe van, amikor a külső adatszolgáltótól nem, vagy csak késve érkezik adat.

MI OPERATÍV MŰKÖDÉSE ÉS TAPASZTALATOK

Az MI-modell napi operatív működésében történő alkalmazása 2024 telén kezdődött meg, és a tapasztalataink nagyon kedvezően alakultak, nagyságrendileg harmadával csökkent a mennyiségi előrejelzés hibája.

2023. 10. 01. – 2024. 02. 28.		MAPE
Visszatesztelés	Lineáris megközelítés	8,5%
Visszatesztelés	MI-alapú modell	4,4%
2024. 10. 01. – 2024. 11. 30.		
Éles	MI-alapú modell	4,97%

MAPE: Mean absolute percentage error
átlagos abszolút százalékos hiba

1. táblázat: MI-alapú modell teljesítménye a tesztidőszakban és az éles üzem során
Forrás: Saját szerkesztés

Azokon a napokon, ahol generálódott fűtési igény, ott a vártak megfelelően teljesített az MI-alapú modell, ezzel szignifikánsan csökkentve a tény- és tervfogyasztás miatti különbség okozta kockázatot. A napi működés során azonosítottunk további hatékonyságnövelő paramétereket és inputokat, amellyel az extrém időjárási anomáliák esetén tovább pontosítható az előrejelzés. Az egyik fontos megkezdett fejlesztés a napi középhőmérséklet mellé a napi hőmérsékleti szélsőértékek felvétele (napi minimum- és maximum-hőmérséklet), ami a gyorsan változó hőmérséklet esetén javítja majd a mennyiségi előrejelzést. Az új input bevezetésére azért kerül sor, mert a gyorsan változó külső hőmérséklet hatása késleltetve jelenik meg a fogyasztási adatokban. Ennek a jelenségnek az oka az épületek egyedi jellemzőjében, a hőtehetetlenségben keresendő, ami az épületeket alkotó anyagok (tégla, fa, beton) hőtároló képességét jellemzi. A mesterségesintelligencia-alapú rendszer az újratanítási folyamatot követően

képes lesz megkülönböztetni például az átlagosan hideg megfigyeléseket az enyhe, de hirtelen lehűlő környezeti viszonyoktól, ami a hőtehetetlenség következtében már látható módon befolyásolja a fogyasztás előrejelzését. A munka során egyeztetünk meteorológussal is, aki megerősítette, hogy a jövőben a hirtelen jelentkező szélsőséges időjárási anomáliák (hideg-, melegbetörések) egyre gyakrabban fordulhatnak elő.

A fentiek alapján tehát elmondható, hogy az MVM CEEnergy Zrt.-ben történt mesterséges intelligencia irányába történt fejlesztések eddig jelentős sikereket értek el. A lendületet megtartva továbbra is keressük a területeket, ahol a gépi tanulással hatékonyságnövelés érhető el. Az egyik terület a fenti modellhez felhasznált rövid távú hőmérséklet-előrejelzések pontosítása. A célunk a rendelkezésre álló historikus környezeti adatok bázisára felépíteni és feltanítani egy mélytanuló (Deep Learning) neurális hálót. A mélytanulás alapvetően összetettebb hálózatstruktúrát és sokkal több bemenő inputot jelent, amely a hőmérsékleten túlmenően számos egyéb mérhető értéket tartalmaz (szél, felhőtakaró, légnyomás stb.). A tervezett mélytanuló algoritmus már rendelkezni fog memóriaegységgel, ami a tanulás során feltárt jelentős események következő időszakra történő hatását jeleníti meg. A mélytanuló modell, illetve még meszebb tekintve egy generatív mesterséges intelligencia (Generative AI) modell a hőmérsékleten túlmenően, tőzsdei kereskedésben, illetve például megújulóenergia-előrejelzésben is hatékony eszközzé válhat.

Visszatekintve, az elmúlt időszak sok értékes tudást és hatékonyságjavulást hozott, mindazonáltal a megszerzett tapasztalattal és rendszerekkel felvértezve a jövő tartogat még kihívásokat és elérendő célokat, ami hozzájárul a piaci pozíciónk erősítéséhez.

DUNA ÉS MESTERSÉGES INTELLIGENCIA: VÍZHŐMÉRSÉKLET-ELŐREJELZÉS AZ ATOMERŐMŰBEN

Szerző:

Susán Janka

szakértő
MVM Paksi Atomerőmű Zrt.,
Biztonsági Igazgatóság

A mi Dunánk
Fotó: Susán Janka

A Duna életető erő Tolna vármegyében, a természeté ugyanúgy, mint az ember alkotta dolgoké. Élővilágának, vízminőségének megóvása az itt élők közös érdeke és felelőssége – a Paksi Atomerőműé is, hiszen hosszú távon az egészséges folyó lététől függ a működése. A Duna vízhozama, hőmérséklete, mélysége mind hatással van az erőműben zajló áramtermelés hatékonyságára, teljesítményére. Központi kérdés ezért, hogy vajon mennyire lehet előre jelezni a folyó változásait, meghatározható-e például előre a víz hőmérséklete adott körülmények között. A változó technológia – úgy tűnik – a jövőbe látásra is megoldást tud nyújtani. A jelenleg intenzív fejlődésben lévő mesterséges intelligencia (MI) eszközeivel kollégáink azon dolgoznak, hogy jobban feltérképezzék a víz hőmérséklet változását, és képesek legyenek előre jelezni ezt.

Az atomerőmű működését szigorú szabályok jellemzik. Ezeknek a szabályoknak mérlegelés nélkül mindig meg kell felelni, nincs ez másként a környezetre kifejtett hatásoknál sem, ezért kiemelten fontos, hogy pontos és kezelhető adatok álljanak rendelkezésre. Az atomerőmű szempontjából nem csupán az a lényeges, hogy mérjük a folyóvíz hőmérsékletét, hanem az is, hogy a változásokat előre lehessen jelezni, hiszen komoly üzemeltetési döntéseket kell meghozni ennek alapján. A Duna hatósági keresztszelvényében (a kifolyási ponttól déli irányban, 500 méter távolságban) kialakuló hőmérsékleti értékek gyors és pontos meghatározása összetett feladat. Számos módszer létezett eddig is már erre. A csónakos, ún. expedíciós mérésekkel mindig csak egy pillanatfelvétel készíthető. A számításokon alapuló módszerek pedig túl időigényesek és bonyolultak ahhoz, hogy a mindennapi üzemeltetés során alkalmazhatók legyenek. Ráadásul a probléma bonyolultsága miatt ezek pontossága sem éri el a szükséges mértéket. Példaként

egy klasszikus három dimenziós áramlástanai modell számítási ideje egy esetre vonatkozóan több nap is lehet. A jelenlegi mesterséges intelligencia-alapú szoftver másodpercenként 10-100 ezer esetet tud feldolgozni, ami lehetővé teszi az üzemeltetés optimalizálását a különböző előre jelzett időjárási forgatókönyvek szerint.

A Rendszertechnológiai Osztályon Balázs Zoltán fő munkaterülete a Dunára, a hozzá kapcsolódó vízrendszerekre és a hűtővízellátásra összpontosul, különös tekintettel a biztonsági hűtővízrendszerre, a kondenzátorok hűtővízellátására és a technológiai hűtővízrendszerekre. Feladatai közé tartozik ezen rendszerek hidegvíz- és melegvíz-csatornáinak kezelése is. Korábban a feladatot közösen végezték a Külső Technológiai Osztály (KTO) dolgozóival, majd 2021-ben átkerült a Rendszertechnikai Osztályhoz. Azóta a csoportjuké, az Üzemeltetési Csoporté a feladat, együttműködve a KTO technológusaival.

A hőcsóva-hőmérséklet vizsgálatára 3D-s bójás hőmérsékletmérő rendszert használnak. Ezzel a méréssel az adatsűrűségnek köszönhetően nagyobb pontosság érhető el. A mérőrendszer kétszer 20 darab önálló mérőegységet tartalmazó bójasorból áll, amelyek képesek a mérési keresztaszvénny áramlási és hőmérsékleti viszonyainak folyamatos érzékelésére. A 3D-s mérőrendszer adatainak felhasználásával készült a mesterséges intelligencián alapuló ForecastANN szoftver, amit már évek óta fejlesztenek, és jelenleg is jelentős adatbázissal rendelkezik vízállás- és hőmérsékleti adatok terén. A szoftver segítségével nagy pontossággal képesek előre jelezni a dunai hőcsóva várható hőmérsékletét akár napokra előre is, valamint képesek előre becsülni a hatósági csónakos mérések eredményeit is.

A konkrét mérések előkészítése számos feladattal jár. A megelőző napokban szárazföldön összeszerelik és tesztelik a mérőberendezést, hogy még a mérések előtt minden esetleges hibát kiküszöbölhessenek. A mérés napján a külső partnerrel és a feladatban érintett kollégákkal a parton, az 500 méteres keresztaszelvénynél, előkészítik a 3D-s hőmérsékletmérő rendszert, majd kitelepítik a mérőeszközöket a hatósági keresztaszelvénybe. Amint minden mérőbója a helyére kerül, megkezdik a méréseket. A bójak folyamatosan továbbítják az adatokat, és ezzel párhuzamosan rögzítik a GPS-pontokat a bójak pontos helyzetének azonosítására. A mérés befejezése után kerül sor az adatok kiértékelésére, majd azok feltöltésére a ForecastANN szoftverbe.

A már kitelepített mérések során gyakran szembesülnek azzal a problémával, hogy nagyobb uszadékok és összeállt hordalékok közelítik meg a mérőbójakat. Ilyen esetekben gyors reakcióra van szükség, és igyekeznek elvonatni ezeket az uszadékokat a bójak elől, hogy a mérőrendszer sértetlen maradjon. Emiatt a parton mindig van egy személy, aki folyamatosan figyeli a Dunát. Nehézséget jelent az is, hogy a belső sodor-

vonalhoz telepített bójaknál már igen erős a víz sodrása, ami nagyobb fizikai erőnlétet és odafigyelést igényel mind a bójakat helyező személyektől, mind a kishajó vezetőjétől. A mérési folyamat során elengedhetetlen a folyamatos, 24 órás felügyelet. Ennek megvalósításához szükséges az erőforrások és a személyzet biztosítása, a felügyelet megszakításának elkerülése, valamint a technikai eszközök megbízhatósága és karbantartása, így alapos tervezést és koordinációt igényel a sikeres végrehajtás.

Az adatok feldolgozásához a szoftverben alkalmazott mesterséges intelligenciákat a 2017–2023 során a 3D-s mérőrendszerrel mért adatok alapján tanították. A mérési napok kijelölése során törekedtek a minél szélesebb üzem- és környezeti paraméterek által okozott hőmérséklet-változások rögzítésére. A betanított mesterséges intelligenciák közül a most fejlesztett szoftverben öt mesterséges intelligenciát alkalmaznak, az ezek által feltárt összefüggéseket tudja a program felhasználni számítási motorként.

A szoftver által felhasznált első négy mesterséges intelligencia a Duna háttérhőmérséklete, az egyes blokkok villamos

Áradó Duna 2024 kora őszén
Fotó: Susán Janka



teljesítménye és a kondenzátorokról elfolyó víz mennyisége alapján megadja a kondenzátorokról elfolyó víz dunai háttérrel korrigált hőmérsékletét. Ezek az adatok ezután bemeneti adatként szolgálnak az ötödik mesterséges intelligencia számára, amely ezekkel és egyéb paraméterekkel – az egyes blokkok kondenzátorairól elfolyó vízmennyiség, a Duna paksi vízmércénél mért vízállása, a parti egyenestől mért és vizsgált távolságok, a napsugárzás mértéke, a levegő kétméteres magasságban mért hőmérséklete – segítségével minden megadott pontra előállítja a korrigált hőmérséklet tapasztalati eloszlásértékét. Ezután a szoftver ehhez az értékhez hozzáadja a Duna háttérhőmérsékletét, hogy megkapják az adott pontban kialakuló abszolút hőmérsékletet. Az eddig elvégzett méréseknek köszönhetően már egy kiterjedt adatbázissal rendelkezik a szoftver, amelyet minden évben folyamatosan bővítenek és tanítanak. Azonban még vannak olyan vízállások és blokki állapotok, amelyeket szeretnének rögzíteni, hogy ezzel tovább finomítsák a ForecastANN szoftver pontosságát. Hogyan függ mindez az időjárástól?

Természetesen viharos, szeles időben vagy nagy esőzések idején nem lehet méréseket végezni. Az évszak is meghatározó, hiszen elsősorban a nyári időszak releváns számukra, mivel ebben az időszakban okozhat problémát a Duna hőmérséklete a folytonos üzemmenetben. Ezért a nyári időszak az, amire koncentrálnak, és ezen időszak alatt a Duna vízszintje befolyásolhatja a tervezett méréseiket. Vannak még olyan vízszintek, amelyeket mindenképp szeretnének rögzíteni az adatbázisukba, különös tekintettel az alacsony vízállásokra. Ezek közé tartoznak a közel nulla centiméteres szintek a paksi mérce alapján, mivel ezek a kritikus értékek nagy jelentőséggel bírhatnak a jövőbeni becslések és elemzések szempontjából. Korábbi tapasztalataik alapján úgy gondolták, hogy a



Bóják hőmérsékletmérő rendszer gyűjti az adatokat a Dunán, amelyek révén a mesterséges intelligencia képes előre jelezni a víz hőmérsékletének változásait
Fotó: MVM Paksi Atomerőmű, RTO

magas vízállás nem jelent különösebb kihívást. Azonban 2024 júliusa erre majdnem rácsúszott, hiszen a nyár közepén a Duna paksi vízmércéjén közel másfél-két méteres vízállást regisztráltak, amelyhez egy háromhetes, folyamatosan 35-40 Celsius-fokos hőhullám társult. A nagy víztömeget a nap nem tudta olyan ütemben felmelegíteni, hogy komoly problémát okozzon, így ekkor még nem volt szükség leterhelési intézkedésekre, de mindezek ellenére közel került a megengedett határérték. A szoftver segítségével szeretnék elérni, hogy az ismert bemenő paraméterek figyelembevételével előre jelezze a Duna várható hőmérsékletét, továbbá olyan számítási eredményt kapni, amely minimalisan tér el a hatósági keresztaszelvénnyel kialakuló hőmérsékleti viszonyoktól. Ezzel lehetőségük nyílna arra, hogy új kapukat nyissanak meg: például a tervezett karbantartások időzítésében. Emellett a Duna hőmérséklete miatt leterhelt blokkok visszaterhelésének kezelésében is jelentős segítséget nyújtana, mert több állapotra is tudnák futtatni a számításokat a szoftver segítségével, így optimalizálva az üzemeltetést és növelve a hatékonyságot a környezet megóvása mellett.

Az eredményekkel támogatást tudnak majd nyújtani a Munkairányítási Osztálynak, mivel időnként szükség van eseti karbantartásra egy-egy berendezésen vagy rendszeren, ami blokkleterhelést eredményezhet. Előre látnák azokat a környezeti paramétereket, amik kockázatosak lehetnek a magas víz hőmérséklet kialakulásának szempontjából, így fel tudnának készülni időben az esetleges határértékek túllépésének megelőzésére. Ezáltal, ha előre látják, hogy a dunai víz hőmérséklet miatt mikor kell módosítani a villamos teljesítményt, akkor az üzemvitel és a karbantartás is több nappal korábban fel tud készülni a szükséges beavatkozásokra. Így a karbantartási művelet nem okoz pluszleterhelést a villamosenergia-termelésben. A frissvíz-hűtésű erőművek technológiai kialakításával, ezek környezetvédelmi

szabályozásával kapcsolatban széles körű nemzetközi tapasztalatot gyűjtöttek össze. Ugyanakkor nem találtak a természetes vizek és a hűtővízviszonyok MI-alapú modellezésére nemzetközi felhasználási tapasztalatokat. Az azonban elmondható, hogy az általuk használt mesterséges intelligenciákat jelenleg is széles körben alkalmazzák különféle iparágakban. Remélhetőleg a feladatot minél hamarabb sikerül megvalósítani, bár a pontos dátum most még ismeretlen. Jelenleg jól haladnak a munkálatokkal, de a sikeres befejezéshez számos külső tényező együttműködése is szükséges. Az időjárás – különösen a hőmérsékleti viszonyok – és a Duna vízszintje nagyban befolyásolhatják az előrehaladást. Ezek a természetes tényezők fontos szerepet játszanak a munkafolyamatok zavartalan folytatásában, így kedvező alakulásuk elengedhetetlen a tervezett ütemezéshez.

Töltettervezés mesterséges intelligenciával

A mesterséges intelligencia lehetőségeit és korlátait több területen is vizsgálják a Paksi Atomerőműben a Duna-víz hőmérsékletének előrejelzése mellett. Az egyik ilyen terület az erőmű fűtőanyag-töltetének tervezése. A reaktorokban zajló irányított láncreakcióhoz szükséges uránpasztillák ún. kazettákban, ezek pedig szimmetrikus töltetekben helyezkednek el a reaktortartályon belül. A kazetták elhelyezkedése a tölteteken belül hatással van az áramtermelésre, a leadott teljesítményre és arra is, hogy egy-egy kazettát mikor, milyen gyakorisággal kell cserélni, így a kapcsolódó üzemanyagköltségekre is. Az erőműves fizikusok munkájának lényeges része a töltetek megtervezése.

A Reaktorfizikai Osztályon a Budapesti Műszaki Egyetemmel együttműködve dolgoznak azon, hogy mesterséges intelligencia segítségével tervezzenek minél hatékonyabban minél optimálisabb tölteteket. „A tartályban található 59 kazetta 59 féle elhelyezkedése 10^8 nagyságrendű variációt tesz lehetővé, ennek megoldásához nagy segítséget jelenthetnek a sztochasztikus algoritmusok” – mondta el lapunknak Beliczai Botond csoportvezető. – „A célunk a fejlesztés során az, hogy a szakemberek és az MI együtt hozzon létre olyan megoldásokat, amelyek az előírásoknak való megfelelés mellett biztosítják a legmagasabb szintű biztonságot és az optimális hatékonyságot”.

A VILÁG TELE VAN JÓ ENERGIÁVAL



ENERGIA. ÉRTÜNK

MVM



2024: A generatív AI forradalmi éve

Szerző:
ÁLTVH/Digitalizáció/Adatmenedzsment
és BI csapat
MVM Zrt.

A 2024-es év kétségtelenül mérföldkövet jelentett a mesterséges intelligencia (AI) történetében, különösen a generatív AI területén. Az év során szemtanúi lehetünk egy olyan dinamikus fejlődésnek, amely alapjaiban formálja át mind az üzleti világot, mind a mindennapi életünket. A fejlődés üteme lélegzetelállító: átlagosan 3-4 havonta jelentek meg új, még fejlettebb modellek, amelyek képességei minden korábbi várakozást felülmúltak.

A befektetések volumene is jól tükrözi a terület jelentőségét. A Bloomberg Intelligence adatai szerint a globális AI-piac értéke 2024-ben meghaladta a 450 milliárd dollárt (ez kb. Belgium GDP-je 2010-ben), és az előrejelzések szerint 2027-re elérheti az 1,3 billió dollárt. Ez a példátlan növekedés nemcsak a technológiai óriások, hanem a startupok és közép vállalatok innovációs tevékenységének is köszönhető.

Az év egyik legjelentősebb trendje a multimodális megoldások előretörése volt. Ezek a rendszerek már nemcsak szöveget képesek értelmezni és generálni, hanem képekkel, hangokkal és videókkal is természetes módon dolgoznak. Például egy balesetet szenvedett autó képe alapján képesek összeírni a sérült elemek nevét és számát.

Az agentalapú megoldások megjelenése pedig új távlatokat nyitott az AI-alkalmazások terén: olyan rendszerek születtek, amelyek képesek összetett feladatok önálló végrehajtására.

Távolabbról nézve a mesterséges intelligencia fejlődésében két izgalmas irány bontakozik ki napjainkban: a multimodális és az agentic AI. De mit is jelentenek ezek pontosan?

A multimodális AI olyan rendszer, amely egyszerre több "érzékszervvel" rendelkezik – láthat, hallhat, szöveget olvashat és értelmezhet. Képzeljük el úgy, mint egy

digitális reneszánsz embert, aki nem csak beszélgetni tud velünk, de képes értelmezni a mutatott képeket, reagálni a hangokra, vagy akár kombinálni ezeket a képességeket. Például egyetlen rendszer képes lehet egy bemutatott ételről készült fotót elemezni, felismerni az összetevőket, és azonnal receptet is ajánlani hozzá."

Az agentic AI következő lépést jelent: ezek a rendszerek nemcsak értelmeznek és válaszolnak, hanem önállóan képesek cselekedni is. Mint egy személyi asszisztens, aki nemcsak megérti a kérésünket, hogy "foglalj asztalt a kedvenc étterembe", hanem meg is teszi ezt – kapcsolatba lép az étteremmel, egyeztetni az időpontot, és visszajelzést ad nekünk. Az agentic AI-ok képesek komplex feladatsorok végrehajtására, döntések meghozatalára és a környezetükkel való interakcióra.

A gyors fejlődés természetesen számos megválaszolatlan kérdést is felvet. A munkaerőpiaci hatásoktól kezdve a biztonsági és etikai megfontolásokig számos területen kell még konszenzusra jutni.

Különösen figyelemre méltó az érvelési és gondolkodási folyamatokat támogató megoldások fejlődése. A nagy nyelvi modellek már nemcsak információt szolgáltatnak, hanem képesek komplex problémák elemzésére, következtetések levonására és kreatív megoldások javaslatára is. Természetesen nem szabad elfelejteni, hogy ezek a modellek végső soron „csak” kifinomult statisztikai modellek,

amik hihetetlenül jól másolják az emberi gondolkodás külsőségeit, de valójában a képernyő másik felén továbbra sincs egy mesterséges személy, így a felelősség, döntés és irányítás a felhasználónál, azaz az embernél van minden esetben.

A nemzetközi verseny intenzitása is jelentősen fokozódott. Az Egyesült Államok, Kína és az Európai Unió között kiéleződött a verseny mind a technológiai fejlesztések, mind a szabályozási keretek kialakítása terén. Az EU AI Act elfogadása 2024-ben mérföldkövet jelentett a szabályozás területén, míg az USA és Kína elsősorban a technológiai fejlesztésekre és az infrastruktúra kiépítésére koncentrált minimális szabályozás mellett.

A gyors fejlődés természetesen számos megválaszolatlan kérdést is felvet. A munkaerőpiaci hatásoktól kezdve a biztonsági és etikai megfontolásokig számos területen kell még konszenzusra jutni. A World Economic Forum 2024-es jelentése szerint a következő öt évben a munkahelyek 40%-át jelentősen átforgálja az AI, ami egyszerre jelent kihívást és lehetőséget.

A Microsoft felmérése szerint a szellemi munkát végzők 70%-a használ már valamilyen formában AI-megoldást, ennek nagy része nem vállalati rendszerek keretein belül történik, hanem személyesen a nagy szolgáltatók megoldásait használva, például saját munkaanyagaik szabatosabb megfogalmazására, levelek és dokumentumok összefoglalására, prezentációk előkészítésére.

Látható, hogy nem lehet nem foglalkozni a témával, hatással van ránk az AI. Adott esetben akkor is bevezeti magát, ha a szervezetek tudatosan nem foglalkoznak ezzel. A kérdés tehát, hogy mit kezdünk vele, mint MVM Cégcsoport és a cégcsoport munkavállalói (irodai felhasználás), mi, emberek a munkahelyünkön és a privát életünkben (magánfelhasználás), hogy tudjuk ezt a változást tudatosan kezelni.

A vállalati működés AI-transzformációja

A mesterséges intelligencia vállalati alkalmazása többszintű, komplex folyamat, amely alapvetően két fő dimenzióban valósul meg. Az első az irodai egyéni felhasználás szintje, ahol a munkavállalók közvetlenül használják az AI-eszközöket mindennapi feladataik hatékonyabb elvégzésére.

Az egyéni felhasználás területén kiemelt fontosságú a biztonsági szempontok figyelembevétele. A nyilvános AI-szolgáltatások, mint a ChatGPT, Copilot, Claude használata komoly adatvédelmi kockázatokat is rejt, különösen a vállalati információk kezelése során. A legtöbb esetben a vállalati információk túl bizalmasak ahhoz, hogy csak úgy feltöltsük azokat a felhőbe bármilyen formában. Ezért az ilyen spontán felhasználás csak nagyon korlátozottan képzelhető el, ritka esetekben felel meg a jogszabályi és vállalati elvárásoknak, azaz amit beírnak és felküldünk, az fent is marad, azon tanul a rendszer, és részévé válik.

A Microsoft Copilot bevezetési program két fázisban valósul meg, először egy pilot szakasszal, majd szélesebb körű implementációval.

Szerencsére védettebb vállalati környezetben is elérhetőek ilyen megoldások, így az egyéni szintű AI-felhasználás az MVM esetében is megvalósítható biztonságos és szakszerű módon, ahogy erről később a cikkben szó is lesz.

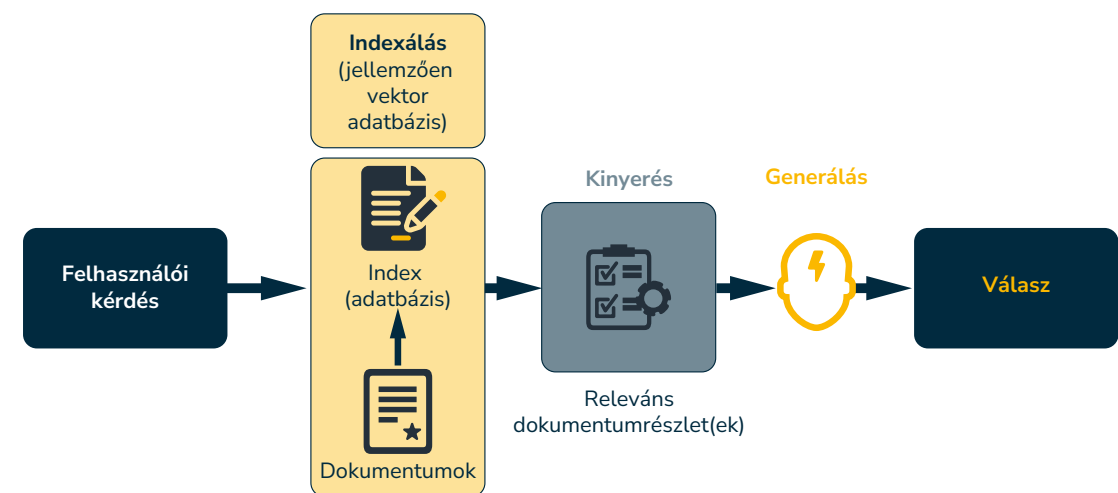
A vállalati AI-alkalmazások második szintje a dedikált szoftvertermékek köre,

ahol az AI már nem különálló eszközként, hanem integrált funkcióként jelenik meg.

Ennek talán legismertebb példája a RAG (Retrieval-Augmented Generation) technológia lehetővé teszi a vállalatspecifikus tudásbázisok hatékony kezelését és felhasználását.

Ilyenkor a nagy nyelvi modellek általános tanító adatai (kis túlzással az internet írásos tartalma) helyett a szervezet saját adatai, például szabályzatok, eljárás-

Ahogy az egész világ az AI és AI-jal szerelt megoldások jogi, etikai és praktikus kérdéseit próbálja megoldani, a dinamikus fejlődés közepette, a vállalati alkalmazásban is sok a nyitott kérdés. Mind a műszaki megoldások és alkalmazott technikák terén, mind a jogi és szabályozói környezet kapcsán folyamatosan figyelni kell a változásokat, a terület fejlődése egyszerre teszi rendkívül izgalmassá és nagyon ígéretessé, ugyanakkor bonyolulttá és más érettebb területekhez képest nehezebben kiszámíthatóvá.



1. ábra: Egy RAG-megoldás általános logikája
Forrás: Saját szerkesztés

rendek, egyéb belső dokumentumok, sőt akár releváns jogszabályok alkotják az adatbázis alapját, melyeket aztán a gép számára hatékonyan kezelhető formában kell feldolgozni és eltárolni.

A Nagy Nyelvi Modell, vagyis a köznyelvben elterjedt módon az AI feladata az, hogy a felhasználó kérdése alapján meghatározott legrelevánsabb dokumentumrészletek halmaza alapján írjon (generáljon) egy értelmes, magyaros és egybefüggő választ, ezzel megspórolva a szabályzatok bújásának idejét. Természetesen más AI-t is alkalmazó vállalati szoftvermegoldások is léteznek, hasonló bevezetésén jelenleg is dolgozunk.

2024 az MVM-ben az AI-tervezés éve is volt

Az MVM Általános vezérigazgató-helyettesi területe a CDO (Chief Data Officer) terület vezetésével 2024-ben átfogó AI-stratégiát dolgozott ki, amely nem csupán elméleti koncepció, hanem konkrét cselekvési terv a technológia hatékony és biztonságos implementációjára. A stratégia különlegessége, hogy bottom-up (megkérdeztük a dolgozóinkat, Intranet cikk és ötletbörze), illetve top-down (megkérdeztük a vezérhelyetteseket) megközelítést egyaránt alkalmaz, biztosítva ezzel mind a munkavállalói igények figyelembevételét, mind a vállalati célok érvényesülését.



2. ábra: AZ MVM AI-stratégiájának váza
 Forrás: Saját szerkesztés

A stratégiaalkotás folyamata széles körű igényfelméréssel kezdődött, az ötletbörze során több mint 160 ötlet érkezett, sőt az ötletek benyújtása azóta is folyamatos, így már a tervezés során is kollégáink valós igényeinek ismeretében alakítottuk a stratégiát.

A stratégia egyik központi eleme az át gondolt egyensúly megteremtése a kontroll és az innováció között. Ha nincs irányítás, megfulladunk az AI-áradatban, ha túlkontrolláljuk, megfojtjuk a fejlődést. Annak modelljét dolgoztuk ki, és jelenleg technológiailag támasztjuk alá, hogy átgondoltan és biztonságosan, de szabadon legyen lehetőség több ötlet, usecase megvalósítására, legyen terep a kísérletezésre és innovációra.

Az MVM megközelítése egyedülálló abban, hogy az AI-képességet nem izolált technológiaként, hanem a vállalat egészét átható kompetenciaként kezeli, célja, hogy a szervezetbe szervesen épüljön bele az AI-képesség az egyéni és szervezeti szinteken egyaránt. Már 2024-ben is az Inspirációs nap keretein belül és egyéb oktatási formákkal is tettünk, valamint idén is tenni fogunk azért, hogy minél szélesebb körben terjedhessen a tudatos AI-használat.

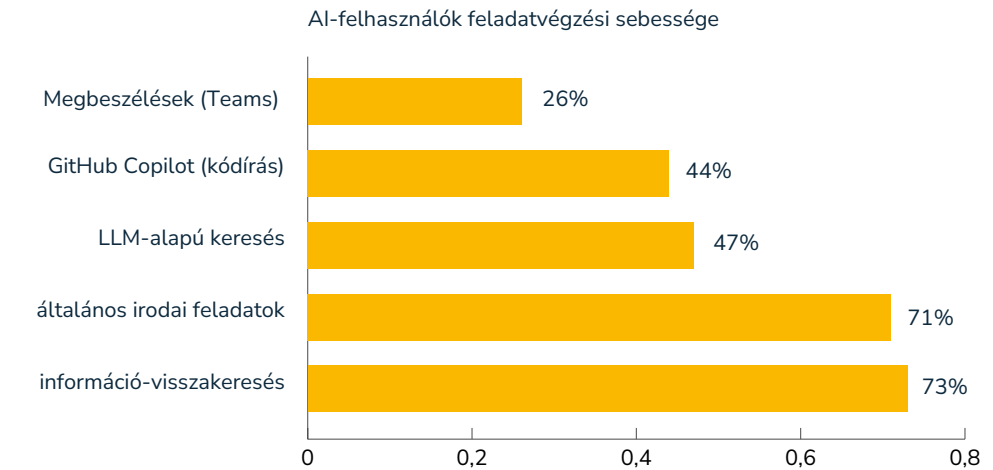
Az MVM AI-stratégiai pozíciója tudatosan a "smart follower" kategóriába helyezi magát a viharos sebességű kutatás-fejlesztés terén, ugyanakkor az implementációban vezető szerepre törekszik, kifejezetten támogatja és elősegíti az AI-megoldások beépítését a szervezetbe.

2025 az AI-implementáció éve lesz

A 2025-ös év az MVM számára az AI-stratégia gyakorlati megvalósításának időszaka lesz. A tervek szerint komplex oktatási program indul, amely nemcsak az AI-technológiák használatára, hanem azok biztonságos és etikus alkalmazására is felkészíti a munkavállalókat.

A Microsoft Copilot bevezetési program két fázisban valósul meg, először egy pilot szakasszal, majd szélesebb körű implementációval. A program során kiemelt figyelmet fordítunk a biztonsági szempontokra és a felhasználói visszajelzések folyamatos értékelésére.

Az MVP (Minimum Viable Product) megoldások megvalósításához szükséges infrastrukturális fejlesztések már folyamatban



AI-felhasználók feladatvégzési sebessége az alapértékhez képest (100%) - a kisebb jobb

3. ábra: Vizsgálatok szerint az AI-használat (a tanulmányban konkrétan a Copilot szerepelt) jelentősen növeli a felhasználók munkavégzési sebességét
 Forrás: <https://aiindex.stanford.edu/report>

vannak. Ezek magukban foglalják a szükséges hardver- és szoftverkörnyezet kialakítását, valamint a biztonsági protokollok implementációját.

A szabályozási és fejlesztési keretek kialakítása során az MVM figyelembe veszi mind a nemzetközi legjobb gyakorlatokat, mind a hazai jogszabályi környezet sajátosságait. A cél olyan rugalmas, de biztonságos környezet létrehozása, amely támogatja az innovációt, miközben megfelel minden releváns előírásnak és standardnak.

Az implementációs folyamat sikerének kulcsa a folyamatos monitoring és visszacsatolás lesz. A vállalat dedikált AI-kompetenciát hoz létre, amely koordinálja a különböző projekteket, és biztosítja a tudásmegosztást a szervezeten belül.

A 2025-ös év végére az MVM célja, hogy az AI-technológiák szerves részévé váljanak a vállalati működésnek, növelve a hatékonyságot és az innovációs képességet, miközben fenntartják a magas biztonsági és minőségi standardokat.



Töltettervezés és mesterséges intelligencia

Szerző:

Beliczai Botond Tamás
reaktorfizikus csoportvezető
Paksi Atomerőmű Zrt.

Cserenkov-sugárzás
Fotó: Bodajki Ákos

BEVEZETÉS

A Paksi Atomerőmű üzemeltetése szempontjából alapvető fontosságú az egyes reaktorok tölteteinek megfelelő megtervezése (ún. töltettervezés). Ez azt jelenti, hogy az adott reaktor zónájába a friss és a részben kiégett kazettákat olyan módon kell elhelyezni, hogy a blokk a következő kampányban az adott töltettel 100%-os teljesítményen tudjon üzemelni amellett, hogy a nukleáris biztonságot garantáló biztonsági limitek ne sérüljenek.

A töltetek tervezésekor a lehetséges zónaelrendezések csillagászati száma miatt – pl. VVER-440 reaktorok esetén kb. $1,3 \cdot 10^{887}$ [1] különböző zónaelrendezés valósítható meg – a fenti feltételek figyelembe vétele mellett is lehetőségünk van ún. töltetoptimalizációra. Ez azt jelenti, hogy a kazettaelrendezések fázisterében egy olyan töltetet keresünk, ami valamilyen szempontból – valamilyen célfüggvény szerint – optimális, amellett, hogy bizonyos paraméterekre vonatkozó korlátozásokat (kényszereket) teljesít. Az optimalizáció a manapság oly gyakran alkalmazott mesterséges intelligencia

Ez azt jelenti, hogy a kazettaelrendezések fázisterében egy olyan töltetet keresünk, ami valamilyen szempontból – valamilyen célfüggvény szerint – optimális, amellett, hogy bizonyos paraméterekre vonatkozó korlátozásokat (kényszereket) teljesít.

egy fontos részterülete. A mesterséges intelligencián alapuló algoritmusok lényege ugyanis, hogy sok adatból nyerjünk ki hasznos információt, optimalizáció esetén pedig pontosan ez történik: az optimálisat szeretnénk a jónéhány lehetőségéből meghatározni.

Tölteteket optimalizálni ugyanakkor komoly műszaki kihívást jelent egyrészt a fázistér hatalmas mérete, másrészt pedig a fázistér szerkezete miatt. A célfüggvény értelmezési tartománya és értékkészlete ugyanis diszkrét, emellett a fázistér nagyon sok lokális optimumot tartalmaz^[1], ami a globális vagy globális-hoz közeli optimum megkeresését jelentősen megnehezíti. (Természetesen a fent említett kényszerek optimalizáció során történő figyelembe vétele sem könnyű feladat.) A fentiek miatt egyáltalán nem mindegy, hogy töltetoptimalizációhoz milyen algoritmusokat, milyen kezdeti feltételekkel és milyen paraméterbeállításokkal alkalmazunk.

Jelen dolgozatban azokat az eredményeket ismertetem, amelyeket VVER-440 reaktorok egyensúlyi tölteteinek annealing algoritmusokkal végzett optimalizációja során kaptam, amely algoritmusok a szakirodalom alapján hatékonyak egy a fentiekben jellemzett fázistér globális-hoz közeli optimumának felkutatásában.

EGYEDI ÉS EGYENSÚLYI TÖLTETEK ÁTRAKÁSA

A töltetoptimalizálás során először is azt kell eldöntenünk, hogy egyedi vagy egyensúlyi töltetet szeretnénk optimalizálni. Egyedi töltet optimalizációja esetén ugyanis csak a következő kampányra vonatkozó paraméterek optima alapján keressük a megfelelő zónaelrendezést. Egyensúlyi töltet optimalizálásakor ugyanakkor egy több kampányra vonatkozó optimális zónaelrendezést keresünk. (Egyensúlyi

töltet alatt egy olyan hipotetikus töltetet értünk, ami úgy jön létre, hogy egymást követő kampányok végén a reaktorfizikai számítások során a zóna elrendezését ugyanolyan módon változtatjuk – tehát a friss és kiégett kazettákat ugyanazokba a pozíciókba helyezzük – mindaddig, amíg az egymást követő kampányokban egy egyensúlyi állapot nem alakul ki.)

Egyensúlyi töltetek optimalizálásakor egy adott referenciatöltetből indulunk ki, és kiszámítjuk ennek a töltetnek a megfelelő paramétereit. Ezt követően kazettacseré(ke)t hajtunk végre, és meghatározzuk az új töltet reaktorfizikai paramétereit. Az általunk optimalizálni kívánt célfüggvény (például kampanyhossz, kirakott kazetták átlagkiégése) értékének változása és egyéb paraméterek – például, hogy az új töltet biztonsági paraméterei sértik-e a rájuk vonatkozó limiteket – alapján döntünk arról, hogy a vizsgált töltetet elfogadjuk-e az új referenciatöltetnek. Ha elfogadjuk, akkor az új töltetből kiindulva folytatjuk az optimalizálást, ha pedig nem fogadjuk el, akkor az első töltetet tekintjük továbbra is referenciának. A fentiekből is látszik, hogy a töltetoptimalizáláshoz kétféle programra és azok egymással való kommunikációjára van szükségünk. Egyrészt valamilyen módszer alapján meg kell határoznunk a kazettacseréket. Ezt a programot nevezzük optimalizációs kódnak. Másrészt a kazettacsere következtében létrejövő töltetet át kell adnunk egy reaktorfizikai kódnak, ami azt kiértékeli. A számítást követően a célfüggvény és egyéb paraméterek értékét vissza kell

Valamilyen módszer alapján meg kell határoznunk a kazettacseréket.

[1] Csom Gyula et al., Atomerőművek üzemtana II/3, Budapest, 2012.

[2] R.v.Geemert, Reload Pattern Optimization by Application of Heuristic Search and Perturbation Theoretical Methods, Delft, The Netherlands, 1999.

adnunk az első programnak, ami az adatok alapján döntést hoz a következő referenciatöltetről, illetve az új kazettacseréről.

A TÖLTETÁTRAKÁS OPTIMALIZÁLÁSÁNAK MÓDSZEREI

Az elmúlt évtizedekben nagyon sok különböző optimalizációs eljárást alkalmaztak töltetoptimalizálásra. Ezek az eljárások alapvetően két csoportra oszthatók: a direkt és a mesterséges intelligencián alapuló algoritmusokra. (Néhány szakirodalom a sztochasztikus és a többi mesterséges intelligencián alapuló algoritmusokat külön csoportba sorolja^[1].) A különböző csoportokba tartozó algoritmusok működéséről a szakirodalomban^[1] olvashatunk részletesen. Jelen fejezetben a dolgozatban bemutatott számításokhoz használt szimulált lehűtés (SA) és populációs mutációs annealing (PMA) algoritmusokat ismertetem röviden.

A szimulált lehűtés (SA) algoritmus^[2] lényege, hogy optimalizálás során nemcsak akkor fogadjuk el egy vizsgált töltetet referenciatöltetnek, ha annak célfüggvényértéke jobb az aktuális referenciatöltet célfüggvényértékénél, hanem valamekkora valószínűséggel akkor is, ha rosszabb. Ezt a valószínűséget a következő képlettel határozhatjuk meg:

$$p = \exp\left(-\frac{\Delta f}{T}\right) \quad (1)$$

ahol p a valószínűség, Δf a célfüggvény megváltozása, T pedig az aktuális „hőmérséklet”. Az algoritmus elején feltételezünk egy kezdeti hőmérsékletet – T_0 általában 1 –, amit minden egyes lépésben csökkentünk ($T_{n+1} = \alpha \cdot T_n$). Az (1) képletből látszik, hogy a kedvezőtlenebb

töltet elfogadásának valószínűsége az optimalizálás során folyamatosan csökken, majd az algoritmus végére nullához közelít.

A fenti optimalizációs módszernek az a célja, hogy az optimalizáció elején az algoritmusnak nagyobb szabadságot adjunk, hogy a fázisteret jobban be tudja járni, és ne ragadjon be egy lokális optimumba. (A szimulált lehűtés algoritmus egy szilárdtestfizikai analógián – a kristályok „lassú” hűtésén – alapul.)

Töltetoptimalizálás esetén – bármilyen módszert használunk is – ugyanakkor fontos figyelembe vennünk bizonyos biztonsági paraméterekre (egyenlőtlenségi tényező limit, kiégés limit) vonatkozó limitértékeket. Szimulált lehűtés esetén általában az ún. „bounds cooling” technikát^[2] alkalmazzuk. Ez azt jelenti, hogy az optimalizáció elején még nem követeljük meg a referenciatöltetektől, hogy a valódi korlátokat – az ún. hard limiteket – teljesítsék, hanem ún. soft limiteket definiálunk a következő képlettel:

$$P_{\text{softlim}} = P_{\text{hardlim}} + T_i \cdot (P_{\text{limitmax}} - P_{\text{hardlim}}) \quad (2)$$

ahol p_{softlim} az adott lépésben érvényes korlát, p_{limitmax} az algoritmus kezdetén érvényes korlát és p_{hardlim} a valós limit. A képletből jól látszik, hogy az algoritmus végére $p_{\text{softlim}} = p_{\text{hardlim}}$. Az elfogadott referenciatöltet paramétereinek az adott lépésben érvényes soft limiteknek kell megfelelnie. Ezeket a soft limiteket – az elfogadási valószínűséghez hasonlóan – folyamatosan hűtjük (ld. 2. képlet), így az algoritmus végén már csak a valós limiteket teljesítő töltet fogadjuk majd el referenciaként.

A PMA-algoritmus a szimulált lehűtés továbbfejlesztéseként jött létre^[2]. A módszer

abban különbözik a szimulált lehűtéstől, hogy megjegyzi az összes korábbi lépésben generált töltetet, és azokból a töltetekből, amelyek az adott lépésben a soft limitet teljesítik, egy populációt hoz létre. A populáció egyedeihez a célfüggvényértékeik alapján egy valószínűséget rendel (ld. 3. képlet), és a – genetikai algoritmusokban ismert – rulettkerék-módszer^[2] segítségével határozza meg a következő referenciatöltetet:

$$P_m = \frac{\exp\left[\frac{z_m - z_{\max}}{T_i}\right]}{\sum_{j=1}^{\text{pop}} \exp\left[\frac{z_j - z_{\max}}{T_i}\right]} \quad (3)$$

ahol P_m , z_m az m -edik töltet kiválasztásának valószínűsége és célfüggvényértéke, $z_{\max}$ a populációban a legnagyobb célfüggvényérték, T_i az i . lépés hőmérséklete, pop pedig a populációban levő töltetek száma.

OPTIMALIZÁLÁS ELŐKÉSZÍTÉSE

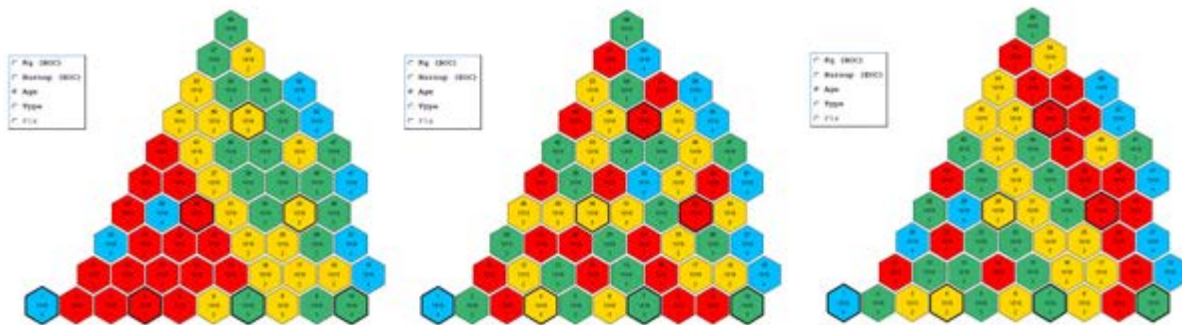
Az optimalizációk során arra voltam kíváncsi, hogy az annealing algoritmusok mennyire hatékonyak optimális töltetek megtalálásában különböző feltételek – kiinduló töltet, fixált kazetták, célfüggvények – mellett. Az SA és a PMA-algoritmusokhoz a kiinduló töltetet és az egyéb paramétereket egy GUI-felületen – az általam fejlesztett ICHTYS programban – adtam meg, a számításokhoz pedig egy reaktorfizikai kódot – az EGYS programot – csatoltam egy általam fejlesztett optimalizációs kódhoz.

Mindkét algoritmus megvalósítása során azt is figyelembe vettem, hogy egy ilyen bonyolult fázistérben az is előfordulhat, hogy a sztochasztikus algoritmusok megrekednek. A nemzetközi szakirodalom ebben az esetben az ún. visszafűtés technikáját

[3] Várkonyiné Kóczy Annamária et al., Genetikai algoritmusok, Budapest: Typotex Kiadó, 2002.

javasolja ^[3], ami azt jelenti, hogy egy megrekedés esetén visszanoveljük a hőmérsékletet egy korábbi szintre, és ebből az állapotból folytatjuk az optimalizálást.

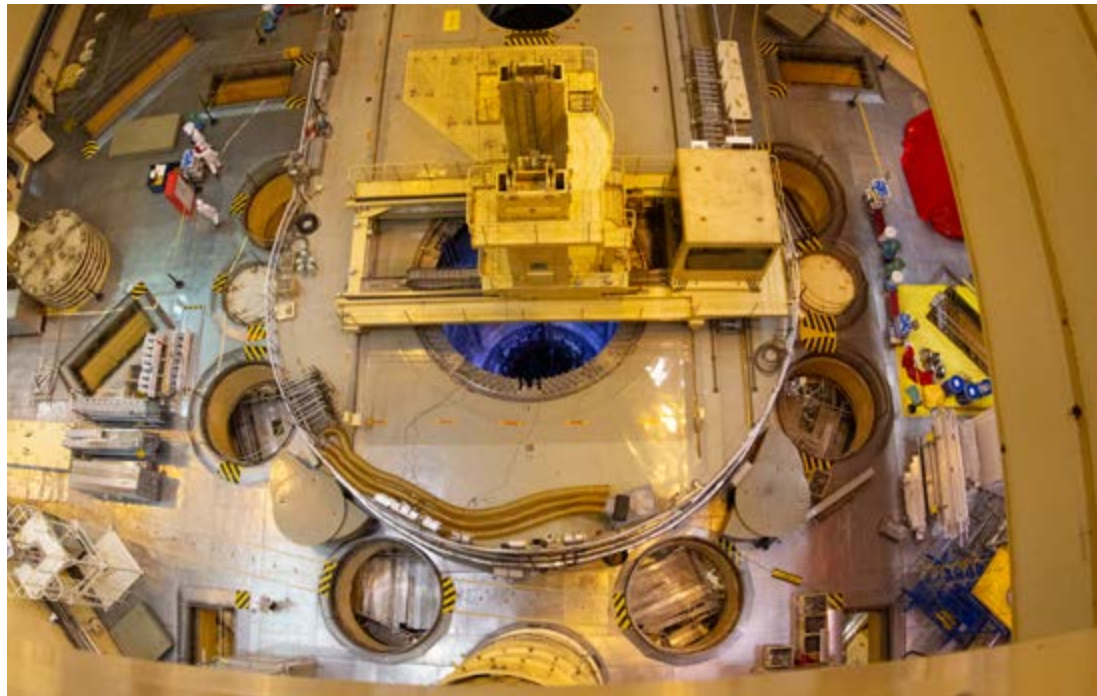
A vizsgálatok során rendelkezésemre állt egy kiinduló „jó” referenciatöltet (több évvel ezelőtt végzett számítások alapján). A referenciatöltetből mesterségesen létrehoztam két másik kiinduló töltetet is: egy nagyon előnytelen – az összes friss kazettát a zóna közepébe helyeztem – és egy közepesen jó kiinduló elrendezést (1. ábra).



1. ábra: A „rossz”, a „közepes” és a „jó” kiinduló töltet
Forrás: Saját szerkesztés

Az optimalizáló kódba a kazettafixálás lehetőségét is beépítettem. Ez azt jelenti, hogy az ICHTYS programban be lehetett állítani, hogy az optimalizáló kód mely kazettákat ne mozgassa az optimalizálás során.

Átrakógép a nyitott reaktor fölött
Fotó: Juhász Luca



Három opciót vettem figyelembe: kevés, közepes mennyiségű és sok kazetta pozíciójának rögzítése az algoritmus kezdetén.

Az algoritmusok hatékonyságát különböző célfüggvények alapján is vizsgáltam (kampányhossz növelése, a teljesítményegyenlőtlenségi tényező maximumának csökkentése, kirakott kazetták átlag-kiégésének maximalizálása).

A fenti paraméterek többféle variációja alapján végül 18 különböző optimalizációt

hajtottam végre ugyanazokat az inputokat figyelembe véve mindkét algoritmus-sal. Minden számítást az algoritmusok sztochasztikussága miatt háromszor indítottam el, és azokból kiválasztottam

a legjobbakat. Ez azt jelenti, hogy összesen 108 futtatást kellett végrehajtanom.

EREDMÉNYEK

Az SA-algoritmussal végzett optimalizációk során az alábbi következtetésekre jutottam.

Az algoritmus a célfüggvénytől, a kiinduló töltettől és a fixált kazetták számától függetlenül minden esetben tudta javítani a célfüggvény értékét (sőt, sokszor jelentős mértékben). Azt is megállapítottam, hogy az egyes célfüggvények esetén a különböző kiinduló feltételektől függetlenül mindig közel azonos célfüggvényértékű optimális megoldásokat talált.

Az optimalizációk során az is kiderült számomra, hogy azokban az esetekben, amikor egy adott célfüggvény szerinti optimalizáció (kampányhossznövelés) és egy biztonsági paraméternek (teljesítményegyenlőtlenség) való megfelelés egymásnak ellentmondtak, akkor az algoritmus a két célt szimultán csak speciális esetekben tudta teljesíteni, sőt, ezen a problémán az algoritmusba beépített visszafűtés sem tudott segíteni. (Ha ugyanis a célfüggvény a kampányhossz növelése volt, akkor az SA sok friss kazettát igyekezett a zóna belső pozícióiba tenni, ami viszont a teljesítményegyenlőtlenség növekedésével járt együtt.)

A részletes vizsgálatok megmutatták, hogy az SA-algoritmus működésének fent említett hiányossága azzal magyarázható, hogy az algoritmus mindig csak egy referenciatöltetet jegyez meg, és annak a környezetében vizsgálódik. Kampányhossz növelése esetén például az algoritmus a referenciatöltet „közelében” keres olyan tölteteket, amelyeknek nagyobb a kampányhossza, mint a referenciatölteté. Mivel ezeknek a töltetek-



Frissüzemeanyag-kazetták
Fotó: Juhász Luca

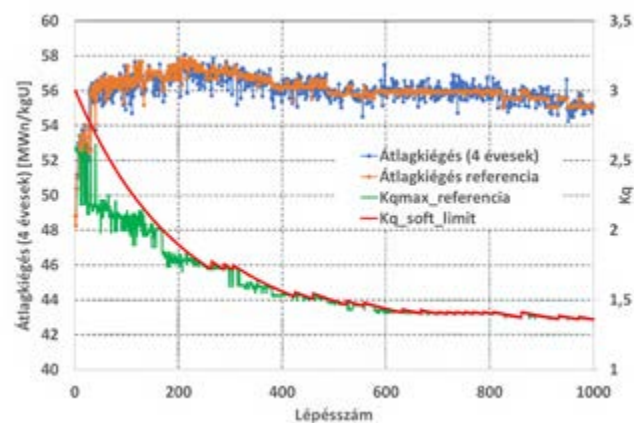
nek nagy a teljesítményegyenlőtlenségi tényezője is, ezért a talált tölteteket a limitsértés miatt nem fogadhatja el referenciatöltetnek, és emiatt megreked. Az algoritmus tehát a lokális optimumból nem tud kiszabadulni, és erre csak akkor lenne képes, ha nem csak a referenciatöltet környezetében vizsgálná.

A PMA-algoritmussal végzett optimalizációk során is minden esetben kedvezően változott a célfüggvény értéke. Az SA-val szemben ugyanakkor az algoritmus képes volt akkor is optimális zónaelrendezések felkutatására, amikor egy adott célfüggvény szerinti optimalizáció és egy biztonsági paraméternek való megfelelés egymásnak ellentmondtak. A vizsgálatokból azt is meg lehetett állapítani, hogy a PMA ezen képessége nem függött a kezdeti töltet milyenségétől, a fixált kazetták számától vagy a célfüggvénytől.

Az optimalizációk során az is kiderült, hogy a PMA-algoritmus esetében nagyon fontos szerepe van az általam beépített visszafűtésnek. Sok esetben az algoritmus több tízszer is visszafűtött az optimalizációk során, tehát ezen opció nélkül a PMA a pool kiüresedése miatt jónehány alkalommal – az optimális töltet megtalálása nélkül – megállt volna.

A PMA-algoritmusnak az az előnye az SA-val szemben, hogy az összes korábbi töltetet megjegyzi, és a limiteket teljesítő zónaelrendezésekből sorsolja ki a következő kiinduló töltetet. Ez azt jelenti, hogy nemcsak lokálisan – ahogy a szimulált lehűtés –, hanem globálisan is feltérképezi a fázisteret. Ennek következtében az optimalizáció során a folyamatosan változó limitértékekhez képes alkalmazkodni. Erre mutat példát a 2. ábra, ahol a négyéves kazetták átlagkiégésére történő optimalizáció több paraméterét ábrázoltam a lépésszám függvényében.

Az ábra felső részén a referencia, illetve az adott lépésben számított töltet négyéves kazettákra vonatkozó átlagkiégés értékét láthatjuk. Az adatokból jól kivehető, hogy az algoritmus a legjobb célfüggvényértékkel rendelkező töltetet igyekszik referenciaként kiválasztani. Az is látszódik a grafikonon, hogy a PMA első 200 lépése alatt a célfüggvény értéke 48 MWnap/kgU-ról 58 MWnap/kgU-ra nő, viszont az ezt követő 800 lépés alatt ez az érték 55 MWnap/kgU körüli értékre csökken (az optimalizáció végén a referencia kiégésérték 55,86 MWnap/kgU). Ez a tény is azt mutatja, hogy a PMA egy adaptív algoritmus: hiába a maximalizálás a fő cél, az algoritmus képes figyelembe venni azt,



2. ábra: Átlagkiégés-maximalizálás során a paraméterek változása (első 1000 lépés)
Forrás: Saját szerkesztés

hogy ahhoz, hogy a limiteknek megfelelő töltetet találjon, a referencia célfüggvényértékét csökkentenie kell (tehát ki tud mozdulni a lokális optimumokból).

Ugyanakkor a 2. ábra alsó része azt is mutatja, hogy ezt a csökkentést a PMA csak olyan mértékben hajtja végre, ami feltétlenül szükséges. A referencia teljesítményegyenlőtlenség-értékek (k_{qmax}) ugyanis kb. a 600. lépéstől épphogy csak kisebbek a soft limit értékektől – az ábrán a piros és a zöld vonal nem is nagyon válik el egymástól –, ami azt jelenti, hogy túlságosan alacsony k_{qmax} értékkel rendelkező töltetet – aminek a célfüggvényértéke túl kicsi lenne – az algoritmus nem választ referenciatöltetnek. A fentiekből következik, hogy a visszafűtéses PMA egy olyan robusztus algoritmus, ami egymással ellentétes szempontokat is képes figyelembe venni az optimalizálás során, tehát úgy növeli a célfüggvény értékét, hogy közben a biztonsági paraméterekre vonatkozó limiteket is betartja.

ÖSSZEFOGLALÁS

A dolgozatban azt vizsgáltam, hogy annealing algoritmusok – SA, PMA – milyen feltételekkel alkalmazhatók egyensúlyi töltetek optimalizációjára. A szimulált lehűtéssel történő vizsgálatok során azt tapasztaltam, hogy az algoritmus akkor működött jól, ha az adott célfüggvény szerinti optimalizáció és a korlátozó paraméterek betartásának feltételei nem voltak egymásnak ellentmondó szempontok. A PMA esetén viszont azt tapasztaltam, hogy bármilyen kiinduló állapot és bármilyen célfüggvényre történő optimalizáció esetén talált az algoritmus olyan optimális célfüggvényértékű tölteteket, amelyek a vonatkozó limitértékeket teljesítik. A fentiek alapján megállapítható, hogy a visszafűtéses PMA a töltetoptimalizáció szempontjából egy adaptív, robusztus algoritmus.

A TERMÉSZET JÓ ENERGIÁT AD

**Mi pedig továbbadjuk.
2023 óta 55%-kal növeltük
megújulóenergia-kapacitásunkat,
hogy a bolygónk élhetőbb
és fenntarthatóbb maradjon.**

mvm.hu

**ENERGIA.
ÉRTÜNK**

MVM

Hidrogén bekeverése a földgázáramba

Szerző:
Lékó Csaba
technológus
Magyar Földgáztároló Zrt.

Magyarország 2021-ben tette közzé Nemzeti Hidrogén Stratégiáját, melyben foglalt intézkedések egyértelművé teszik, hogy a hidrogénnek kiemelkedően fontos szerepet szánnak a karbonsemleges energiaellátásban, hiszen a hidrogén éghető gáz, melynek égése során víz (és bizonyos esetekben NO_x) keletkezik. Abból az okból kifolyólag, hogy a hidrogén önálló molekuláris formában csak a légkör felső- és a földkéreg^[1] egyes rétegeiben fordul elő, a hidrogént elő kell állítani. A hidrogén előállítása napjainkban több mint 95%-ban^[2] fosszilis alapanyagok felhasználásával, többnyire földgáz gőzreformálásával (SMR-technológia) történik, mely technológiai folyamat során a hidrogén mellett CO_2 is keletkezik. A hidrogén azonban karbonsemleges is előállítható vízbontással (elektrolízis), amennyiben a folyamathoz felhasznált villamos energia megújuló energiaforrásból származik. A hidrogén tiszta formában és jelentős mennyiségben

történő, energiaellátás célú alkalmazásának napjainkban műszaki, gazdasági és szabályozási akadályai vannak, így a földgázról hidrogénre történő átállás nem valósítható meg egy lépésben. Köztes megoldásként a hidrogén földgázba történő keverésére tekinthetünk, mely által a szabályozott hidrogénkoncentrációval rendelkező hidrogén-földgáz elegyet a meglévő földgáz-infrastruktúrát felhasználva juttatjuk el az ipari és lakossági felhasználókhoz. Az infrastruktúra jelentős átalakítása nélkül a földgázban megengedett hidrogénkoncentráció értéke 15 mol%-ig tehető az alkalmazott rendszerlemelektől függően. Bár Magyarországon a cikk írásának időpontjában nem engedélyezett a hidrogén közcélú gázhálózatba történő bekeverése, a közeljövőben várhatóan maximálisan 2 mol% hidrogénkoncentráció lesz megengedett. Ez a koncentráció Magyarország 2023. évi 8,35 milliárd Nm^3 földgázfelhasználását alapul véve több mint 167 millió Nm^3 , azaz

Az Akvamarin projekt során telepített két PEM típusú 1-1 MW teljesítményű vízbontó egység
Fotó: Lékó Csaba

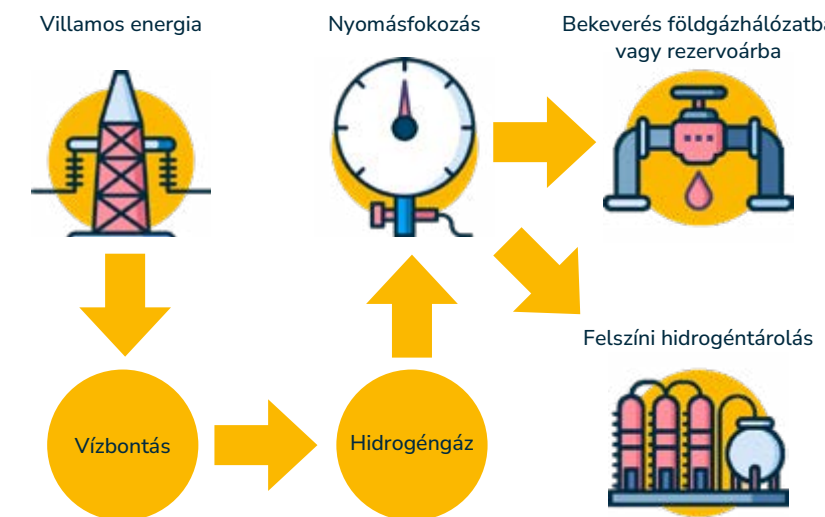


több mint 14 ezer tonna hidrogén felhasználását tenné lehetővé. Ez a hidrogén mennyiség hozzávetőlegesen 48,8 millió Nm³ földgáz energiatartalmával egyenértékű, mely földgázmennyiség kiváltásával több mint 93 ezer tonna szén-dioxid-kibocsátástól kíméljük meg környezetünket. A hidrogén földgázáramba történő bekeverésével kapcsolatban fontos kitérni arra, hogy a keverési folyamat milyen hatásokat fejt ki a meglévő földgáz-infrastruktúra elemeire. Ahhoz, hogy a hidrogén földgázhálózatra gyakorolt hatását vizsgálhassuk, érdemes kitérni a hidrogénnek és a földgázelegy fő alkotóelemének, a metánnak egyes fizikai- és tüzeléstechnikai jellemzői közötti különbségekre.

A hidrogén több mint nyolcszor kisebb sűrűséggel rendelkezik a metánhoz képest, és térfogatra vetített energiatartalma egyharmada a metán energiatartalmának. A kisebb sűrűség előnyösen hat a gázrendszeren kialakuló sűrűlódási nyomásvesztésre, a metánhoz képest háromszor kisebb fűtőérték azonban negatívan befolyásolja a hidrogén-földgáz elegy energiatartalmát, mely a gyakorlatban azt eredményezi, hogy adott hőteljesítményhez nagyobb térfogatmennyiségű hidrogén-földgáz elegyre van szükség. A hidrogén lángterjedési sebessége közel nyolcszorosa a földgázénak, melynek következményeként a hidrogén-földgáz elegy hidrogénkoncentrációjától függően jelentősen romolhatnak a tüzelőberendezések tüzeléstechnikai jellemzői. Az éghető gázok a levegővel robbanóképes gázelegyet alkotnak az adott éghető gázra jellemző alsó és felső robbanási koncentráció tartományon belül. Ezt a tartományt vizsgálva szembetűnő különbség, hogy a hidrogén-levegő elegy robbanási koncentráció tartománya jóval szélesebb (4–77 mol%), mint a földgáz-levegő elegyé (4,4–15 mol%). A hidrogén levegővel alkotott gázelegyének gyújtási energiaigénye egy nagyságrenddel kisebb a földgáz-levegő robbanóképes gáz-

eleggyel összehasonlítva.^[3] Ez a különbség megmutatkozik a robbanásvédelmi követelmények esetében, hiszen a hidrogén a gázok gyújtási energiaigénye szerint a legveszélyesebb IIC gázalcsoportba tartozik. Megjegyzendő, hogy a hidrogén-földgáz elegy esetében 25 mol% hidrogénkoncentráció értékig a gázelegy IIA gázalcsoportba sorolható. A háztartási és ipari gázfogyasztó készülékek és gázmotorok 5–15 mol% keverési arány között képesek kezelni a hidrogénkoncentrációt.

A gázturbinák sokkal érzékenyebbek a hidrogéntartalomra, emiatt a hidrogén bekeverési mennyiségének a függvényében mindig egyedi mérlegelés és átszabályozás, illetve átalakítás válhat szükségessé. Jelentős a gázszagosítás kihívása is, mivel jelenleg nincs olyan hidrogén számára megfelelő, könnyű szagosító anyag, amely a hidrogénnel azonos diszperziós sebességgel képes áramlani, azonban 20 mol%-os hidrogénkoncentrációig a földgáz esetében alkalmazott merkaptánok hatékonyan alkalmazhatóak. A fizikai és égéstechnikai jellemzők mellett lényeges, hogy hidrogén esetében a kis molekulaméret miatt nagyobb mértékű szivárgásra kell számítani, azonban 20 mol%-os hidrogénkoncentrációig ez a jelenség elhanyagolható. A földgázhálózati rendszereken alkalmazott anyagminőségek hidrogénnel szembeni ellenállóképessége eltérő. A földgáz rendszereket 95%-ban alkotó szénacél fajtákkal szemben a hidrogén eltérő hatást fejtethet ki, ismert többek között a hidrogén ridegedést okozó tulajdonsága a magas széntartalmú acélokkal szemben. A ridegedés következtében a hidrogénnel érintkező csőszakaszok, rendszerelemek mechanikai törést szenvedhetnek el normál üzemeltetési jellemzők mellett, melynek következményei súlyos üzemzavarhoz vezethetnek. A meglévő földgázhálózati infrastruktúrát vizsgálva látható, hogy azt nem lehet egy egységként kezelni hidrogén tolerancia



Az Akvamarin projekt^[4] sematikus ábrája
Forrás: Saját szerkesztés

tekintetében, hiszen más anyagminőségek és üzemeltetési paraméterek jellemzik az elosztói, a szállítói és a tárolói rendszereket. Mivel együttműködő hálózatokról van szó, ezért a megoldás a rendszerek külön-külön történő vizsgálata és a határérték-követelmények teljes rendszerre történő megfogalmazása a „leggyengébb láncszem” elve alapján. A másik szempont a rendszer végpontjain elhelyezkedő földgázüzemű berendezések, technológiai rendszerek hidrogéntűrése. A hidrogén földgázba történő bekeverése a gyakorlatban keverő rendszerek alkalmazásával történik. A keverő rendszerek méretezése során fontos figyelembe venni az érkező földgáz összetételének esetleges változását, a rendelkezésre álló keveredési hosszt, a gázfelhasználási jellemzőket (gázmennyiség- és üzemnyomás-tartomány), robbanásvédelmi követelményeket. Az Akvamarin projekt^[4] megvalósítása során

két különböző jellemzőkkel rendelkező keverőrendszer került kiépítésre. A keverési folyamatok szabályzásának alapjele az igényelt hidrogénkoncentráció és a földgázoldali gázmennyiség alapján kalkulált hidrogénmennyiség. A hidrogénkoncentráció ellenőrzése egyrészt a gázmenyiségek közvetlen mérésével, másrészt gyors (1 perc) elemzési idővel rendelkező gázkromatográfia történik, így a többszintű védelem a megfelelő időben képes beavatkozni túlzott hidrogénkoncentráció esetén.

Az Európai Unió tagállamaiban a közhálózatba kerülő földgáz tekintetében a megengedett hidrogénkoncentráció értéke jelenleg nem egységes (0,1–10 mol%)^[5]. A közös műszaki és szabályozási feltételrendszer kidolgozása érdekében a tervezetek szerint ez az érték 2025 októberétől 2 mol%-ban lesz maximalizálva, mely műszaki szempontokat figyelembe véve biztonságosnak mondható.

IRODALOMJEGYZÉK

[1] Hydrogen Report 2022 COP27

[2] Clean Hydrogen Monitor 2022

[3] Edeskuty, F. J. – Stewart, W. F.: Safety in the Handling of Cryogenic Fluids, Plenum Press, New York, 1996., Page 102.

[4] <https://mfgt.hu/en/Akvamarin>

[5] www.iea.org/data-and-statistics/charts/current-limits-on-hydrogen-blending-in-natural-gas-networks-and-gas-demand-per-capita-in-selected-locations

SMR-fejlesztések aktuális helyzete és jövőbeli kilátásai

Szerzők:
Mészáros Bence Barnabás
energetikai mérnök
MVM ERBE Zrt.

Tajti Tivadar
létesítményelemzési csoportvezető
MVM ERBE Zrt.

A kis moduláris reaktorok (Small Modular Reactors – SMRs) fejlesztése világszerte újabb lendületet kap a növekvő energiaigények miatt. Az elmúlt időszakban számos előrelépés történt a technológia alkalmazásával kapcsolatban, amelyek előrevetítik, hogy a következő években további fejlemények várhatók.

A következő tíz évben az SMR-ek elterjedése jelentős mértékben függ a fejlesztésekre fordított forrásoktól, a szabályozási környezet fejlődésétől, az energiaigényes iparágak térnyerésétől és az energiafogyasztás villamos energia felé történő áttolódásának folytatódásától. Ha a jogi környezet lehetővé teszi az egységesebb nemzetközi engedélyezési eljárásokat, az jelentősen felgyorsíthatja az SMR-ek piacra lépését.

Az SMR-ek egyik jelentős előnye, hogy kisebb zónaméretüknél fogva a hagyományos, nagy atomerőművekhez képest rugalmasabb teljesítményszabályozást tesznek lehetővé, ezzel hozzájárulva az időjárásfüggő termelők (pl. nap- és szél-erőművek), valamint a fogyasztói igények miatti teljesítményingadozások kiegyenlítéséhez a villamosenergia-rendszerben. Az SMR-ek – a megújuló energiaforrások hasznosítása mellett – jelentős szerepet tölthetnek be azokon a területeken, ahol a folyamatos energiaellátás és annak megbízhatósága kulcsfontosságú.

Jelen cikk egy áttekintést nyújt arról, hogy az utóbbi időszakban milyen fejlemények történtek az SMR-ek világában. Az alábbiakban szemléztet típusokon kívül számos konstrukció fejlesztése folyik (ahogyan azt az SMR-technológiák helyzete a világban^[1] című cikkünkben is bemutattuk), azonban most azokra fókuszálunk, amelyek valamilyen mérföldkövet értek el.

Szerződés született az első BWRX-300 reaktortartályának gyártásáról

A BWRX-300 egy forralóvízes, 300 MW_e teljesítményű, könnyűvíz hűtésű, természetes primerköri cirkulációjú, döntően passzív biztonsági rendszerekkel ellátott SMR-konceptió, amely a GE-Hitachi ESBWR forralóvízes reaktorán alapul. Az Ontario Power Generation (OPG) vállalat a Darlington New Nuclear Project kanadai telephelyén tervezi felépíteni az első ilyen erőművét, ahol a telephely-előkészítő munkálatok már befejeződtek.

A létesíteni kívánt BWRX-300 első reaktortartályának gyártásáról 2025. januárban állapodtak meg, melynek értelmében a BWX Technologies Inc. (BWXT) lesz azért felelős.

A létesíteni kívánt BWRX-300 első reaktortartályának gyártásáról 2025. januárban állapodtak meg, melynek értelmében a BWX Technologies Inc. (BWXT) lesz azért felelős. A BWXT volt az első vállalat, amely csatlakozott a GE Hitachi Nuclear Energy által 2024 áprilisában indított, minősített BWRX-300 beszállítói csoporthoz. A vállalatok között már 2023-ban szerződés született a reaktortartály tervezésének támogatására, valamint a gyártás előkészítésére, és ez a munkafolyamat tudott a következő fázisba lépni.

Az, hogy a négy tervezett blokk közül az első építése még idén megkezdődik-e, az a 2022 végén benyújtott kérelem

hatósági elbírálásától függ. Az OPG mindenesetre 2029 végére tervezi a kereskedelmi üzem megkezdését. ^[2]

Az észtországi Fermi Energia vállalat elindította SMR-telephelykeresési projektjét

Hat év tervezési munkát követően az észti energetikai társaság benyújtotta a telephelyfelmérési és -kiválasztási programjának végrehajtása iránti kérelmét az annak engedélyezéséért felelős szervhez. Ebben érdekesség, hogy az jelenleg nem egy nukleáris hatóság, hanem egy minisztérium. A kérelem két BWRX-300 blokk számára megfelelő közös telephely előzetes kiválasztását célozza meg.

Tervezetten a program első fázisában, 2025–2027 között a potenciális helyszínek általános értékelésére kerül sor, míg a második fázisban, 2027–2029 között részletes telephely-specifikus vizsgálatok kapnak helyet. Ezeket követően 2029-re tervezik a létesítési engedélykérelem benyújtását. ^{[3] [4]}

Megállapodás született a lengyelországi SMR-telepítés előzetes biztonsági jelentéséről

A kanadai Laurentis Energy Partners megállapodást írt alá a lengyel Orlen Synthos

A(z) US NRC 2024 novemberében engedélyezte, hogy 2 db, egyenként 35 MW_{th} teljesítményű sóoldadékos reaktorral rendelkező [...] SMR épüljön Oak Ridge térségében.

Green Energy vállalattal egy BWRX-300 telepítésére vonatkozó előzetes biztonsági jelentés (EBJ) elkészítésének finanszírozásáról. Az EBJ a lengyel nukleáris szabályozásban is előfeltétele a létesítési engedély iránti kérelem benyújtásának. Az EBJ hivatott igazolni a nukleáris biztonsági követelmények teljesülését az adott atomerőműre vonatkozóan. ^[5]

Amerikai–bolgár megegyezés született

Az Egyesült Államok kereskedelemért és fejlesztésekért felelős kormány szerve (USTDA) támogatási megállapodást írt alá a bolgár állami tulajdonú Bulgaria Energy Holdinggal. Ez a lépés egy USA-beli fejlesztésű SMR-alkalmazásra vonatkozó előzetes megvalósíthatósági tanulmány elkészítéséhez teremt keretet. A szerződés szerint a tanulmány ki kell majd terjedjen a lehetséges erőművi helyszínek előzetes vizsgálatára, a létesítéshez vezető ütemterv kidolgozására, valamint a finanszírozási lehetőségek feltérképezésére. ^[6]

ČEZ és Rolls-Royce közötti megállapodás SMR-atomerőmű építésről

A ČEZ cseh energiaipari vállalat 20%-os részesedést szerzett a Rolls-Royce SMR-üzletágában, hogy részt vegyen a technológia fejlesztésében, részlegeinek gyártásában, valamint Nagy-Britanniába, Csehországba és más országokba történő bevezetésében. Tervek szerint Csehországban olyan gyártási kapacitást hoznának létre a Rolls-Royce és más beszállítók közreműködésével, amely lehetővé tenné a berendezések előállítását Csehország és potenciálisan más államok számára. Az első ilyen SMR-t a Temelín Atomerőmű közelében tervezik üzembe helyezni a 2030-as években, még a tervezett nagyméretű

atomerőművi blokkok 2040-es évekre tervezett üzembe helyezése előtt. ^[7]

Az NRC jóváhagyta a Hermes 2 építési engedélyét

Az amerikai egyesült államokbeli nukleáris hatóság (US NRC) 2024 novemberében engedélyezte, hogy 2 db, egyenként 35 MW_{th} teljesítményű sóoldadékos reaktorral rendelkező, közös energiatermelő rendszerrel működő SMR épüljön Oak Ridge térségében. Az engedélykérelem elbírálásához kevesebb mint másfél évre volt szüksége a hatóságnak.

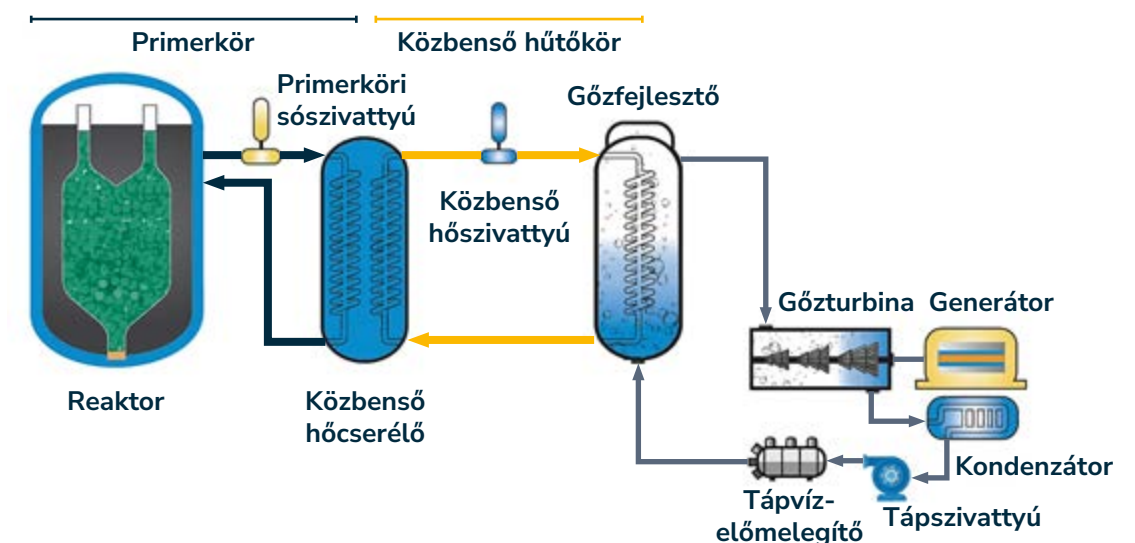
Ez egyben azt is jelenti, hogy ez az SMR kapott elsőként ilyen engedélyt az USA-ban mint IV. generációs, villamosenergia-termelésre képes atomerőmű. A Hermes 2 célja az lesz, hogy üzemeltetési tapasztalatokat szolgáltasson egy nagyobb erőmű kifejlesztéséhez. Bár a két blokk tervezetten villamos energiát is fog termelni összesen kb. 20 MW_e teljesítménnyel, besorolása szerint a létesítmény nem lesz kereskedelmi céllal termelő.

A Kairos Power által fejlesztett koncepcióban a hűtőközeg alacsony nyomású,

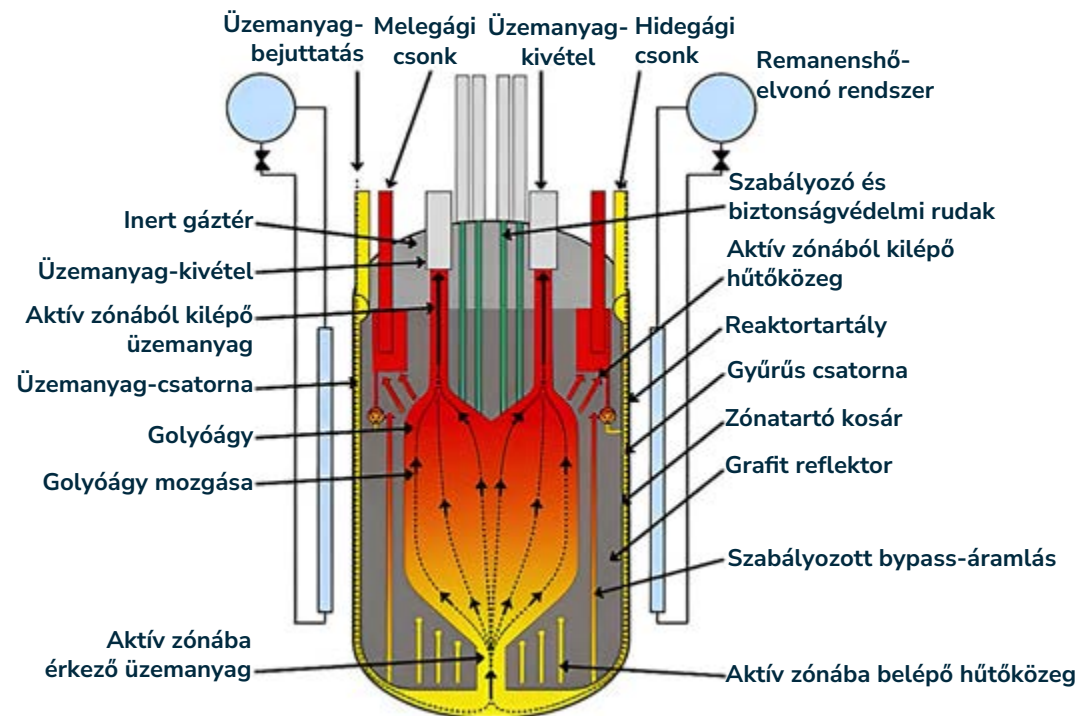
A tervezett SMR-ek által megtermelendő energia várhatóan a Google adatközpontjai számára lesz értékesítve.

stabil kémiai tulajdonságokkal rendelkező folyékony fluorid só (FLiBe). A hűtőközeg két hidegági csomkon keresztül jut a reaktortartályba, és annak fala mentén lefelé áramlik egy gyűrűs csatornában, majd a tartály alján fölfelé fordulva eloszlik az aktív zónában található üzemanyag-golyók között. Onnan kilépve a hűtőközeg fölfelé távozik a reaktortartályból a primerköri sószivattyú segítségével.

A reaktor üzemanyaga golyószerű TRISO (TRI-structural iSOtropic) elemek összessége, melyekben grafitmátrixba ágyazott üzemanyagszemcsék találhatók. Az üzemanyagcsere on-line működésű, vagyis egy dedikált rendszer üzem közben folyamatosan eltávolítja a kiégett golyókat, és újakat juttat be az aktív zónába. Az üzemanyag és a hűtőközeg szerepet játszik a radioaktív anyagok benntartásának biztonsági funkciójának biztosításában is.



1. ábra: A Kairos Power FHR atomerőmű-koncepció kapcsolási sémája^[8]
Forrás: MVM ERBE Zrt.



2. ábra: A Kairos Power FHR reaktor-konceptió főbb elemei^[9]
 Forrás: MVM ERBE Zrt.

A projekt ipari szükségletét jelzi, hogy a Google erőműfejlesztési megállapodást kötött a Kairos Powerrel, több USA-beli SMR jövőbeli építését és üzemeltetését irányozva elő. A tervezett SMR-ek által megtermelendő energia várhatóan a Google adatközpontjai számára lesz értékesítve hosszú távú árambeszerzési (Power Purchase Agreement – PPA) szerződések keretében. A megállapodás egy 500 MW_e teljesítményű flotta 2035-ig történő létesítését irányozza elő, melyet következethetően a Hermes 2 továbbfejlesztett változatai fognak képezni. ^{[10] [11] [12] [13]}

Szünetel a CAREM-25 SMR építése

Az argentin CAREM-25 SMR létesítési munkálatai ismét megszakadtak 2024 szeptemberében. A kivitelezés felfüggesztésének közvetlen oka az építőipari dolgozók tömeges elbocsátása, melyet a létesítést végző három magánvállalat azzal indokolt, hogy az argentin kormány nem biztosított elegendő finanszírozást a munka folytatá-

sához. Az építőipari szakszervezetek képviselői szerint a CAREM-25 építése 85%-os készültségi állapotú, és ezen legutóbbi munkabeszüntetés nélkül 2028-ban már sor kerülhetett volna az üzembe helyezésre.

Eredetileg a CAREM-25 üzembe helyezését 2017-re tervezték, majd ezt 2020-ra halasztották. A kivitelező először 2019-ben állította le a munkát, többek között az argentin kormány késedelmes kifizetéseire hivatkozva. 2020 áprilisában azonban bejelentették, hogy az építkezés folytatódik, amely végül 2021-ben indult el újra.

Jelenleg sok nehézségbe ütközik az argentin atomenergetikai szektor. További példaként még megemlítendő, hogy az argentin nukleáris hatóság (CNEA) finanszírozása is éves nagyságrendű elmaradásba került. Szakértők ezen körülmények miatt joggal vonják kétségbe, hogy Argentína lesz-e az első szárazföldi nyomottvízes SMR-t üzembe helyező ország – noha idáig úgy tűnt, már a célegyenesben van. ^[14]

Leállították a NuScale demonstrációs SMR-projektjét

A korábban ígéretesnek tűnő NuScale SMR-projekt megvalósítása az utóbbi időben több akadályba is ütközött. Ennek legnagyobb példája, hogy az Utah Associated Municipal Power Systems (UAMPS) és a NuScale Power Corporation közös megegyezéssel elvetette a NuScale VOYGR SMR Idaho Falls közelében történő telepítését. Az eredetileg 2029/30-ra tervezett projekt célja 6 darab 77 MW_e teljesítményű modulból álló erőmű létesítése volt. Az elvetett tervek szerint a telephely-előkészítő munkálatok az idei év közepén kezdődtek volna meg.

A projekt 2014 óta mintegy 600 millió dollár támogatáshoz jutott az USA kormánzata révén. Ennek ellenére a projekt nem tudta elérni a piacképességet a befektetések elégtelensége és a növekvő költségek miatt. A NuScale által eredetileg körvonalozott 58 USD/MWh_e termelési egységköltség 89 USD/MWh_e értékre emelkedett, ami partnerek elállásához vezetett.

Tovább nehezítette a helyzetet, hogy első körben a NuScale 12 db, 50 MW_e egység teljesítményű blokkból álló konstrukcióban gondolkodott, ami 2020-ban sikeresen megszerezte az US NRC típusengedélyét. Azonban a túl magas gyártási egységköltsége miatt módosítottak a terveken, 6 db 77 MW_e egység teljesítményű blokkra változtatva azt. Ezt azonban újbóli engedélyeztetés alá kellett vetniük. Így pedig jelentős részben elvesztegetetté váltak az első konstrukció engedélyezésére szánt erőforrásaik. A frissített tervek típusengedélyezése jelenleg is az NRC aktív feladatát képezi. Más iparági szereplők, köztük az U.S. Nuclear Energy Institute is csatlakozottan fogadta a negatív fejleményt. Ugyanakkor a NuScale továbbra is dolgozik azon,

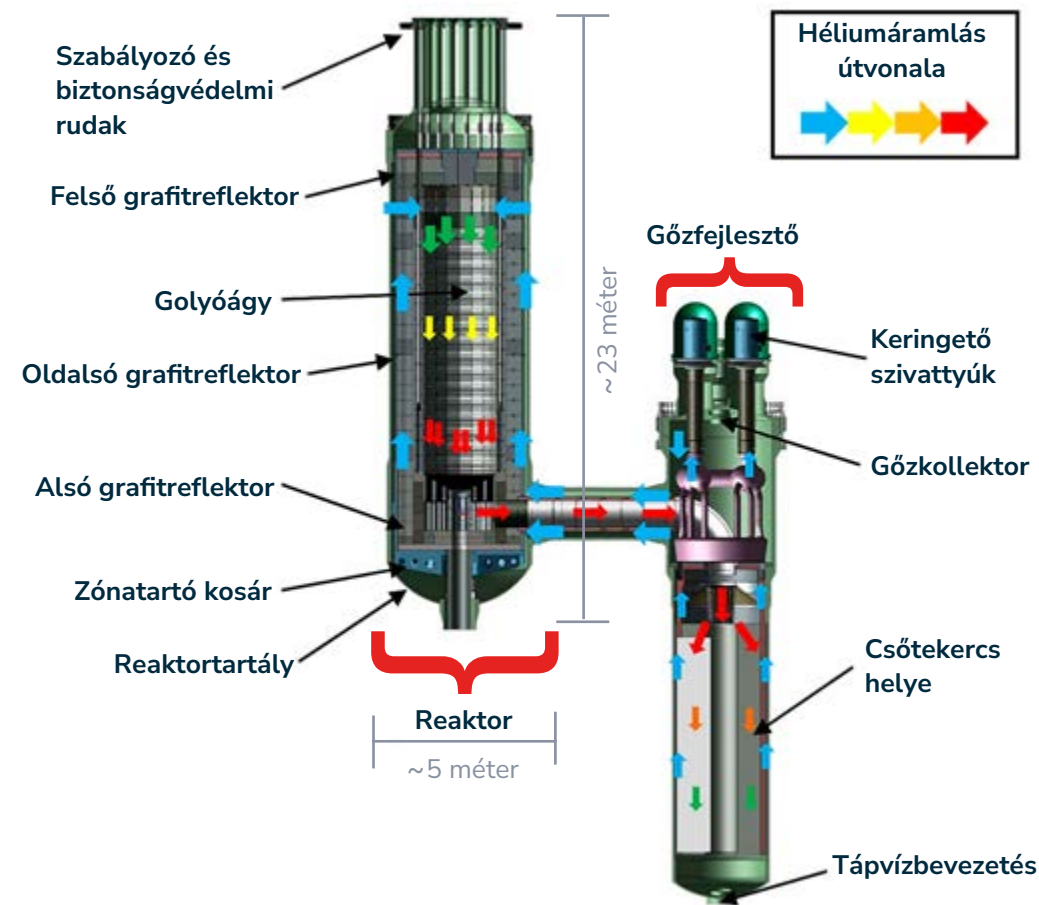
hogy felépítse demonstrációs erőművét. Hogy erre hol kerülhet majd sor, még nem tudni. Az is elképzelhető, hogy a romániai RoPower Nuclear S.A. vállalattal korábban elkezdődött együttműködésük nyomán ez Romániában valósulhat meg. A NuScale még 2022 végén megrendelést intézett a koreai Doosan Enerbility vállalathoz az erőmű hosszú élettartamú berendezéseit illetően, melyek közül a reaktortartály gyártása már elkezdődött. ^{[15] [16] [17] [18] [19] [20]}

SMR-ek biztosíthatják adatközpontok energiaellátását

Az X-energy LLC SMR-fejlesztő vállalat az elmúlt időszakban egy csoportos, 500 millió dolláros befektetéshez jutott. A befektetői kör kiemelkedő szereplője az online óriássláger Amazon. A csoport része továbbá a Citadel LLC, az Ares Management Corp., az NGP Group és a Michigani Egyetem is.

A befektetés célja, hogy lehetővé tegye a reaktor tervezésének befejezését, annak engedélyeztetését, valamint egy TRISO-X üzemanyaggyártó üzem létesítésének elvezését Oak Ridge térségében. Az X-energy 2018-ban kezdett el típus- és építési engedélykérelmezést célzó együttműködést folytatni az NRC-vel, mely során a műszaki tervek nagy részét jelentések formájában véleményeztette a hatósággal. Ezzel párhuzamosan a kanadai nukleáris hatóság (CNSC) is dolgozott az SMR-engedélyezés előtti gyártói tervfelülvizsgálatán (VDR), mely 2024-ben sikerrel zárult. Az X-energy első erőművét az USA-ban a Dow Inc. vállalat által tulajdonolt UCC Seadrift Operations telephelyen tervezi felépíteni.

Az Xe-100 egy IV. generációs, magas hőmérsékletű, gázhűtésű reaktor, amely blokkonként 82,5 MW_e teljesítményt nyújt. Tervezetten az X-energy saját fejlesztésű TRISO-X üzemanyagával fog



3. ábra: Xe-100 reaktor és gőzfejlesztő ^[23]
 Forrás: MVM ERBE Zrt.

működni, on-line üzemanyagcserével. Magas hőmérsékletű gőzkiadása (565 °C) révén villamosenergia-termelésre és ipari hőellátásra is alkalmazható lesz. ^{[21] [22]}

A Bill Gates által alapított TerraPower is fontos mérföldkőhöz érkezett Natrium névre keresztelt SMR-konceptiója fejlesztésében, ugyanis 2024-ben benyújtotta az építési engedély iránti kérelmét az NRC felé. A hatóság lassan egy éve dolgozik a kérelem elbírálásán, amely a 2025 februárjáig tartó előzetes vizsgálatok során megfelelőnek bizonyult.

Az említett SMR egy nátriumhűtésű gyorsreaktor, amely integrált sóolvadékos energiatároló rendszerrel rendelkezik. A tervek szerint az erőmű kb. 345 MW_e teljesítménnyel fog működni, az energia-

tároló rendszer pedig a nagyobb rugalmasságú terheléskövetést teszi majd lehetővé.

A Bill Gates által alapított TerraPower 2024-ben benyújtotta az építési engedély iránti kérelmét az NRC felé.

Az építkezés becsült összköltsége 4 milliárd dollár, ugyanakkor a projekt az eddigiekben már egymilliárd dollárnyi magántőke-befektetésre és kétmilliárd dollárnyi állami támogatásra tett szert. A TerraPower stratégiai megállapodást is kötött, mely szerint termelését

adatközpontok (pl. Sabey Data Centers) energiaellátására használja fel. ^{[24] [25] [26] [27]}

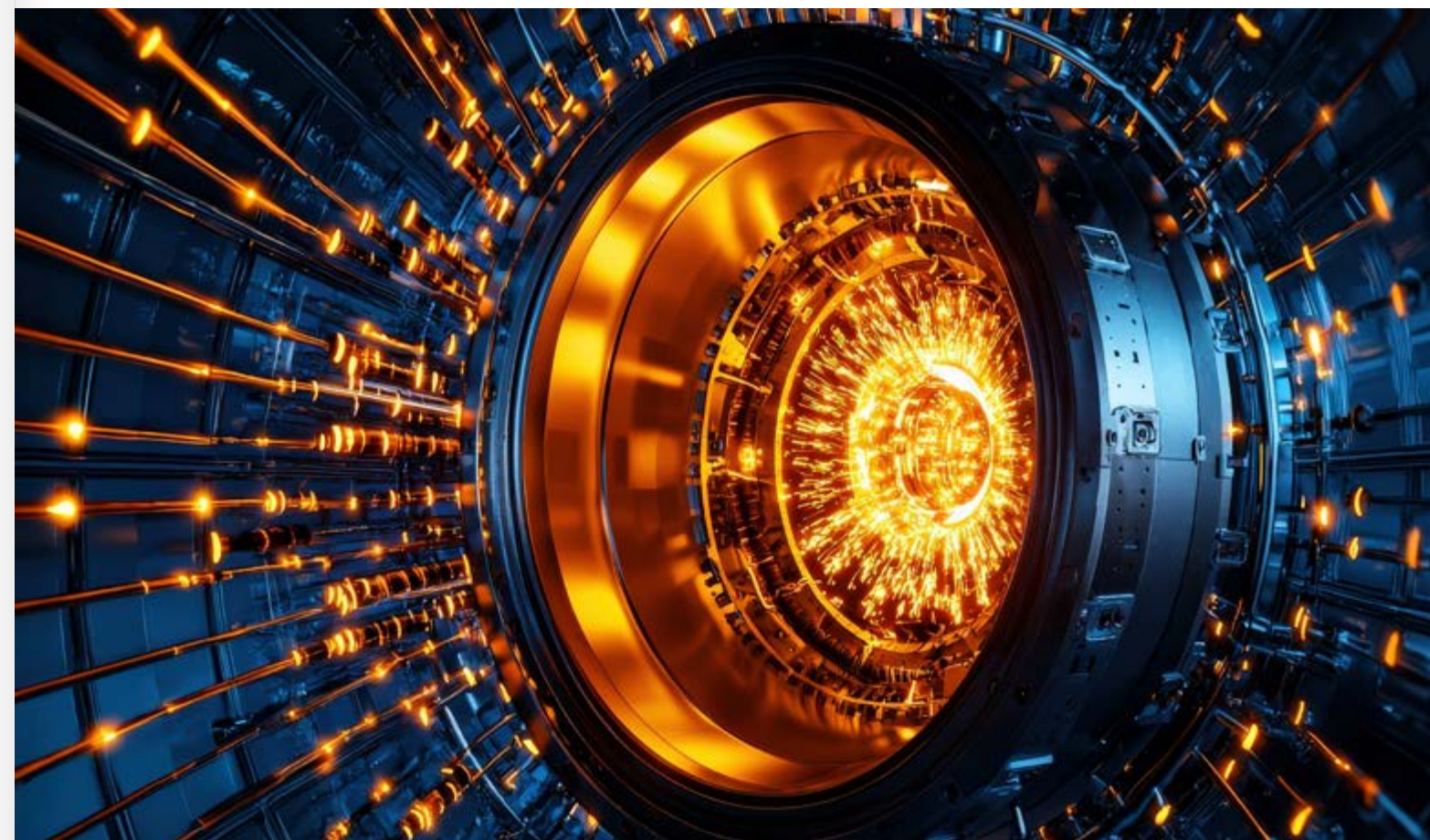
Az adatközpontok jelentős energiaigénye innovatív, már-már egzotikus mérnöki megoldások felé is megnyitja a fejlesztések útját. A kaliforniai székhelyű Deep Fission startup cég a maga földalatti SMR-konceptiójával kapcsolatosan megállapodást kötött az Endeavour Energy vállalat bővülő adatközpont-állományaának energiaellátásáról.

A vállalat állítása szerint ezen elhelyezés révén el tudják érni, hogy a befogadó közet gyakorlatilag mérnöki gátként járuljon hozzá a radioaktív anyagok benntartásához.

A kép illusztráció

A Deep Fission az elterjedt nyomottvizes (PWR) technológiát alkalmazza. Az egyediséget az képezné, hogy a 15 MW_e teljesítményű blokkok kb. 76 cm átmérőjű aknában lennének elhelyezve, nagyjából 1600 méterrel a felszín alatt. A vállalat állítása szerint így el tudják érni, hogy a befogadó közet gyakorlatilag mérnöki gátként járuljon hozzá a radioaktív anyagok benntartásához. Szerintük ezáltal a koncepciónak nem lesz szüksége konténmentépületre, amivel költségcsökkentést és időmegtakarítást is eszközölnek. Természetes cirkulációval áramló primerköri könnyűvíz hűtené az aktív zónát, mely fölött egy gőzfejlesztő kap helyet. Ebből a gőz egy gőzvezeték segítségével jut felszínre. A szekunderkör kényszerített áramlását egy felszíni szivattyú biztosítja.

A Deep Fission 2024 februárjában kezdte meg előzetes egyeztetéseit az NRC-vel. A hatósághoz benyújtott dokumentumok szerint a fejlesztő 2026-ban szándékozik kérelmezni az SMR típusengedélyezését. ^{[28] [29]}



FELHASZNÁLT FORRÁSOK:

- [1] Dr. Kis Dániel Péter, Mészáros Bence Barnabás, Pónya Petra, Tajti Tivadar (2023): SMR-technológiák helyzete a világban. https://mvm.hu/-/media/MVMHu/Documents/Media/Mediatartalmak/Energiaforras/MVM-Energiaforras_2023_2_szam.pdf (letöltés dátuma: 2025. 02. 24.)
- [2] World Nuclear News (2025): Major contracts awarded for OPG SMR and life extension projects. <https://www.world-nuclear-news.org/articles/major-contracts-awarded-for-opg-smr-and-life-extension-projects> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [3] World Nuclear News (2025): Fermi Energia kicks off SMR site selection process. <https://www.world-nuclear-news.org/articles/fermi-energia-kicks-off-smr-site-selection-process> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [4] Enerdata (2025): Fermi Energia plans to develop a 600 MW nuclear power plant in Estonia. <https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/fermi-energia-plans-develop-600-mw-nuclear-power-plant-estonia.html> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [5] World Nuclear News (2024): Laurentis to support study on SMR deployment in Poland <https://www.world-nuclear-news.org/articles/laurentis-to-support-study-on-smr-deployment-in-poland> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [6] World Nuclear News (2024): US development agency announces grants for Bulgarian nuclear projects. <https://www.world-nuclear-news.org/articles/us-grant-agreements-to-support-bulgarian-nuclear-projects> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [7] World Nuclear News (2024): ČEZ takes Rolls-Royce SMR stake, plans to deploy 3GW fleet. <https://www.world-nuclear-news.org/articles/cez-takes-rolls-royce-smr-stake-plans-to-deploy-3gw-fleet> (letöltés dátuma: 2025. 03. 06.)
- [8] Kairos Power LLC (2025): Technology. <https://kairopower.com/technology> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [9] Argonne National Laboratory (2022): High Fidelity CFD Simulations Supporting the KP-FHR. <https://publications.anl.gov/anlpubs/2024/01/183279.pdf> (letöltés dátuma: 2025. 03. 07.)
- [10] World Nuclear News (2024): Hermes 2 construction permits approved by US Nuclear Regulatory Commission. <https://www.world-nuclear-news.org/articles/regulator-oks-hermes-2-construction-permit> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [11] US Nuclear Regulatory Commission (2024): Hermes 2 – Kairos Application. <https://www.nrc.gov/reactors/non-power/new-facility-licensing/hermes2-kairos.html> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [12] Kairos Power LLC (2024): Hermes 2 Non-Power Reactor Preliminary Safety Analysis Report. <https://www.nrc.gov/docs/ML2414/ML2414A092.pdf> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [13] Power Magazine (2024): Google Bets Big on Nuclear: Inks Deal with Kairos Power for 500-MW SMR Fleet to Power Data Centers. <https://www.powermag.com/google-bets-big-on-nuclear-inks-deal-with-kairos-power-for-500-mw-smr-fleet-to-power-data-centers> (letöltés dátuma: 2025. 03. 07.)
- [14] Nuclear Engineering International (2024): Argentina's CAREM-25 SMR faces setbacks. <https://www.neimagazine.com/news/argentina-s-carem-25-smr-faces-setbacks/> (letöltés dátuma: 2025. 02. 10.)
- [15] Reuters (2023): NuScale ends Utah project, in blow to US nuclear power ambitions. <https://www.reuters.com/business/energy/nuscale-power-uamps-agree-terminate-nuclear-project-2023-11-08/> (letöltés dátuma: 2025. 02. 12.)
- [16] World Nuclear News (2023): Doosan starts forging components for NuScale SMR. <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Doosan-starts-forging-components-for-NuScale-SMR> (letöltés dátuma: 2025. 02. 12.)
- [17] World Nuclear News (2023): Idaho SMR project terminated. <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Idaho-SMR-project-terminated> (letöltés dátuma: 2025. 02. 12.)
- [18] NuScale Power (2023): NuScale Power and RoPower Announce Signing of the Contract for Phase 1 of Front-End Engineering and Design Work for First SMR Power Plant in Romania. <https://www.nuscalepower.com/en/news/press-releases/2023/nuscale-and-ropower-announce-signing-of-the-contract-for-phase-1-engineering-and-design-work> (letöltés dátuma: 2025. 02. 12.)
- [19] US Nuclear Regulatory Commission (2025): NuScale US460 Standard Design Approval Application Review. <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/advanced/who-were-working-with/applicant-projects/nuscale-us460.html> (letöltés dátuma: 2025. 02. 12.)
- [20] US Nuclear Regulatory Commission (2025): Design Certification - NuScale US600. <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/advanced/who-were-working-with/past-license-activities/nuscale.html> (letöltés dátuma: 2025. 02. 12.)
- [21] World Nuclear News (2024): Amazon invests in X-energy, unveils SMR project plans. <https://www.world-nuclear-news.org/articles/amazon-invests-in-x-energy-unveils-smr-project-plans> (letöltés dátuma: 2025. 03. 06.)
- [22] US Nuclear Regulatory Commission (2025): Xe-100. <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/advanced/who-were-working-with/pre-application-activities/xe-100.html> (letöltés dátuma: 2025. 03. 06.)
- [23] Atomic Energy (2023): Chemical giant Dow and startup X-energy plan to build a 320-megawatt nuclear power plant with four Xe-100 high-temperature reactors on the Gulf Coast. <https://www.atomic-energy.ru/news/2023/03/03/133262> (letöltés dátuma: 2025. 03. 07.)
- [24] Power Magazine (2025): Bill Gates' TerraPower Has Deal to Use Nuclear Power for Data Centers. <https://www.powermag.com/bill-gates-terrapower-has-deal-to-use-nuclear-power-for-data-centers> (letöltés dátuma: 2025. 03. 06.)
- [25] Power Magazine (2025): Bill Gates' TerraPower Ready to Build New U.S. Nuclear Power Plant. <https://www.powermag.com/bill-gates-terrapower-ready-to-build-new-u-s-nuclear-power-plant> (letöltés dátuma: 2025. 03. 06.)
- [26] Oil City News (2024): Microsoft's Gates breaks ground on novel nuclear power plant in Wyoming. <https://oilcity.news/wyoming/energy/2024/06/12/microsofts-gates-breaks-ground-on-novel-nuclear-power-plant-in-wyoming/> (letöltés dátuma: 2025. 03. 06.)
- [27] American Nuclear Society (2025): NRC gives TerraPower good news on Kemmerer construction permit. <https://www.ans.org/news/2025-02-27/article-6803/nrc-gives-terrapower-good-news-on-kemmerer-construction-permit> (letöltés dátuma: 2025. 03. 06.)
- [28] Power Engineering International (2025): US startup in deal with data centre customer to deploy underground SMRs. <https://www.powerengineeringint.com/nuclear/reactors/california-startup-strikes-deal-with-data-center-customer-to-deploy-underground-smrs> (letöltés dátuma: 2025. 02. 12.)
- [29] Deep Fission, Inc. (2025): Our Solution. <https://deepfission.com/our-solution> (letöltés dátuma: 2025. 02. 12.)

HAGYJ NYOM

A te energiád a jövőnk,
jelentkezz az MVM Watt.s Up
Frissdiplomás programra!



mvm.karrierportal.hu

Miért és hogyan tesszük rugalmassá az elosztóhálózatunkat?

Kihívások és megoldási lehetőségek – fókuszban az MVM Démásznál megvalósított pilotprojektek

Szerzők:
Borvendégh Norbert
senior piacfejlesztési szakértő
MVM Démász Áramhálózati Kft.

Bohunka Dávid
senior piacfejlesztési szakértő
MVM Démász Áramhálózati Kft.

A modern villamosenergia-rendszerek egyre összetettebbé válnak a megújuló energiaforrások térnyerésével, a fogyasztói szokások változásával, továbbá azáltal, hogy az új technológiai megoldások, például az elektrifikáció, egyre nagyobb szerepet kapnak azokban.

Ebben a dinamikusan változó környezetben az elosztóhálózati rugalmasság szerepe kulcsfontosságú a problémamentes üzemeltetésben. Alkalmazásával támogatni lehet az elosztóhálózat zavartalan és biztonságos működtetését. Segíti és hatékonyabbá teszi az üzemvitel folyamatos biztosítását, valamint a villamosenergia-ellátás minőségének fenntartását. Mindezekon keresztül az elosztóhálózati rugalmasság, mint hálózati problémák kezelésére alkalmas eszköz, segíti a megújuló energiatermelés hatékony integrációját, a hálózat kapacitásának optimális kihasználását minden időintervallumra vonatkoztatva, és hozzájárul a működtetési költségek csökkentéséhez.

Hálózati problémák és okai

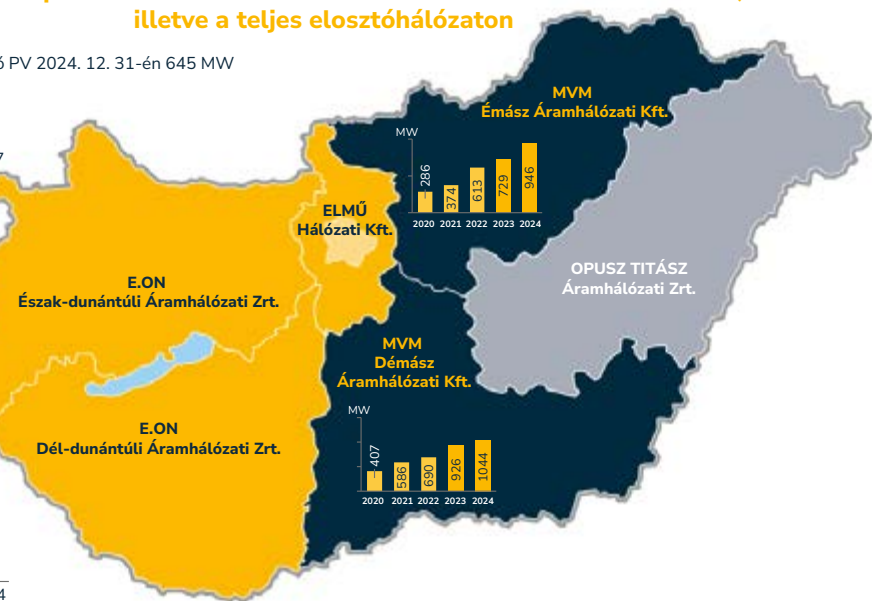
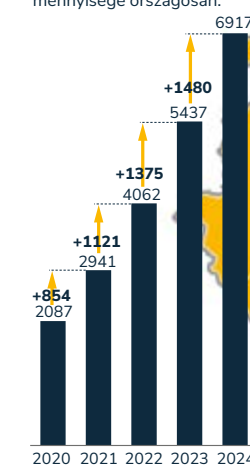
Magyarországon a megújuló energiaforrások, azon belül a naperőművek térnyerése az elmúlt 5-10 évben jelentős mértékűvé vált. 2025-re a PV-erőművek beépített teljesítménye országosan elérte a 7562 MW-ot (lásd: 1. ábra). Ez az MVM Démász és az MVM Émász ellátási területén összesen 1990 MW beépített teljesítményt jelent, ami mögött 735 MW HMKE-méretű, 621 MW engedélyköteles (0,5 MW-nál nagyobb) és 634 MW nem engedélyköteles fotovoltaikus erőmű van.

A fotovoltaikus erőművek teljes beépített kapacitása a NEKT² szerint 2030-ra eléri a 12 000 MW-ot, ez alapján a jelenlegi kapacitás majdnem duplázódni fog.

Megújuló kapacitások növekedése az MVM áramhálózatának területén, illetve a teljes elosztóhálózaton

Átviteli hálózatra csatlakozó PV 2024. 12. 31-én 645 MW

Az elosztóhálózatra csatlakozó PV-erőművek mennyisége országosan:

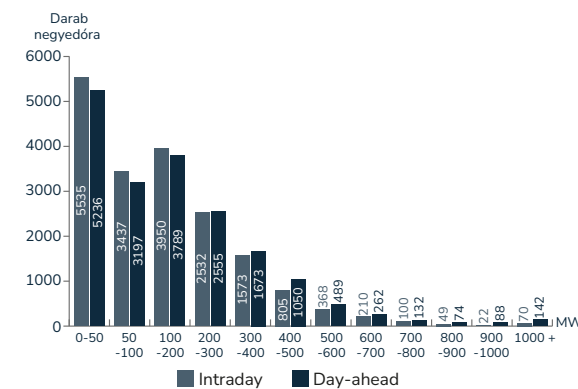


1. ábra: A naperőművi kapacitások eloszlása elosztói területenként¹
Forrás: MAVIR ÜSZ 7.5 melléklete szerinti adatszolgáltatások

- 1 - MAVIR ÜSZ 7.5 melléklete szerinti adatszolgáltatások
- 2 - Magyarország Nemzeti Energia- és Klímateerve (2023. évben felülvizsgált változat)

A jövőben is növekvő tendencia várható, a Nemzeti Energia- és Klímaterv² (NEKT) számai szerint a fotovoltaiikus erőművek teljes beépített kapacitása 2030-ra el kell, hogy érje a 12 000 MW-ot. Ez alapján a jelenlegi kapacitás majdnem duplázódni fog a következő öt év folyamán. A zöld átállás nemcsak a megújuló energiaforrások térhódításával jár együtt, hanem az elektrifikáció növekedésével és a villamosenergia-alapú technológiák (például elektromos autók, hőszivattyúk, klímaberendezések) folyamatos terjedésével is. Mindezen technológiák növelik a decentralizált termelés és fogyasztás részarányát, ezáltal időnként jelentős kihívások elé állítva a centralizált termelés elosztására tervezett villamosenergia-rendszert. Ennek egyik tünete

Naperőművi menetrendek eltérése a tényleges termeléstől a beépített teljesítmény mértékében



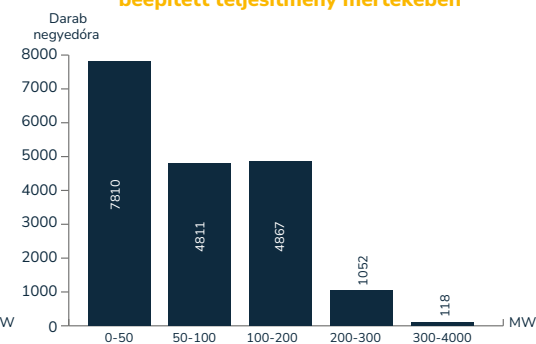
A day-ahead menetrendhez képest valamelyest javult az intraday menetrendek pontossága, azonban az eltérések így is számottevőek

2. ábra: Naperőművek termelésének eltérései⁴
Forrás: MVM Démász Áramhálózati Kft.

az összesen ~11 200 darab zárolt körzet (ezek olyan körzetek, amelyekben belül új termelői csatlakozás létrehozására vagy a jelenlegi bővítésére nincs lehetőség), amelyek országosan a körzetek 7%-át teszik ki. Az MVM áramhálózati társaságait tekintve 24 243-ból 1828 darab (7,5%)

az MVM Démász esetén és 19 665-ből 1610 darab (8,2%) az MVM Émász esetén.³ Rendszerszinten nemcsak a termelés elosztása jelent problémát, hanem a naperőművek termelésének menetrendtől való eltérései is. Ahogyan a 2. ábrán láthatjuk, a naperőművek termelése nagymértékben térhet el a menetrendtől, a következő napra (day-ahead) becsült menetrendek esetében jobban, mint a napon belüliektől (intraday). Ezek között van 79 db olyan negyedóra, amikor az intraday menetrend 1000 MW-nál nagyobb mértékben tér el a tényleges termeléstől. Az előző negyedórától való eltérés pedig azért lényeges, mivel ilyenkor rendszerint a fogyasztás ezt a termelésváltozást nem egyenlíti ki, és ez nemcsak rendszerszinten, hanem lokálisan is problémát jelent.

Naperőművi termelésnek eltérése az előző negyedórához képest a beépített teljesítmény mértékében



Az eltérések akkor jellemzőek, mikor a nap felkel vagy lemegy, de mivel ezek negyed órás adatok, így real time akár nagyobb mértékű változások is végbe mehetnek

Az elosztóhálózaton túlterhelések és feszültségproblémák jelennek meg, ezeket pedig lokálisan kell rugalmassággal megoldani, vagy végső esetben nem piaci alapú teher-újraelosztással. További gondot okoz a naperőművi teljesítményváltozás nagy meredeksége, ami

szintén próbára teszi mind a TSO, mind DSO-k, végső soron a szolgáltató rendszerhasználók szabályozási képességeit.

Mivel a fotovoltaiikus kiserőművek jelentős hányada az elosztóhálózatra csatlakozik, a bemutatott jelenségek egyre nagyobb problémákat okoznak az elosztóhálózati üzemeltetőknek: Ezeknek a problémáknak a kezelését oldhatja meg – egyik lehetséges eszközként – az elosztói rugalmasság.

Elosztói rugalmasság alkalmazási lehetőségei

A bemutatott anomáliák kezelésére több megoldás is létezik. Mostanáig elsősorban a két konvencionális megoldás került alkalmazásra; a naperőművi csatlakozás korlátozása, valamint a hálózatfejlesztés. Először általában az adott hálózatszakaszon korlátozzák az új termelői kapacitások csatlakozását, majd új igény esetén – a rendelkezésre álló erőforrásoktól függően – néha csak évek alatt tudja elvégezni a szükséges fejlesztéseket az elosztó.

Új megközelítést jelent a fentiekén túl, hogy aktív hálózatmenedzsment alkalmazására kerül sor, ami jelentheti egyrészt a hálózatra helyezett eszközöket (OLTC-transzformátor, vonali feszültségszabályzó), másrészt a rendszerhasználók képességeinek igénybe vételét. Aktív hálózatmenedzsment alkalmazásával a hálózat kapacitása ugyan nem növekszik, de ezekkel a megoldásokkal a rendelkezésre álló kapacitást minden időintervallumban a leghatékonyabban lehet kihasználni, hatékonyan lehet biztonságos, zavartalan működést elérni.

Az elosztóhálózati rugalmasság egy aktív hálózatmenedzsment-eszköz, de jelenleg még nem egy általánosan használt módszer. Az Egyesült Királyságban piaci alapon működik, de több ország rendelkezik kapcsolódó pilotprojektekkel, például Spanyolország, Németország, Franciaország, Svédország, Norvégia, Írország vagy Hollandia⁵. Fokozatosan egyre nagyobb jelentősége lesz az elosztói rugalmasság eszközrendszerének⁶. Ebbe három eszköz tartozik:

1. Rugalmas hálózati csatlakozás [Vet. 35. § (7) szerint]⁷
2. Elosztói rugalmassági szolgáltatás – ez piaci alapú (Vet. 3. § 53a. szerint)⁷
3. Nem piaci alapú teher-újraelosztás (Vet. 3. § 53a. szerint)⁷

Az elosztóhálózaton túlterhelések és feszültségproblémák jelennek meg, ezeket pedig lokálisan kell rugalmassággal megoldani.

A rugalmas csatlakozás lehetővé teszi az újonnan csatlakozó vagy kapacitást növelni kívánó rendszerhasználó (lehet termelő és fogyasztó is) számára, hogy a hálózaton időnként előforduló, a garantált csatlakozást kizáró határértéksértések ellenére mégis csatlakozhasson a hálózathoz azzal

3 - MEKH-jelentés a háztartási méretű kiserőművek betáplálás zárolásának feloldásáról

4 - <https://www.mavir.hu/web/mavir/rendszerterheles/adatai> alapján

5 - LCP Delta: 2023 Market Monitor – For Demand Side Flexibility

6 - Elosztói szabályzat 25. módosításának 26. sz. melléklete

7 - 2007. évi LXXXVI. törvény a villamos energiáról

a feltétellel, hogy a szélsőséges hálózati állapot fennállása esetén az elosztó igénye szerint szabályozza (akár nullára csökkentse) a teljesítményét. Ebben az esetben a rendszerhasználó nem kap kompenzációt a szabályozásért, mivel a csatlakozás feltétele, hogy eleget tegyen a csatlakozási szerződésben rögzítetteknek.

Elosztói rugalmassági szolgáltatás igénybevételekor a hálózat üzemeltetője aukció keretében kér ajánlatot azoktól a rendszerhasználóktól (Flexibility Service Provider – FSP), akik képesek a teljesítményük változtatásával befolyásolni a hálózati feszültségeket, terheléseket. Amennyiben az elosztó ezt a szolgáltatást igénybe veszi, úgy az FSP részére az aukció során meghatározott ajánlatnak megfelelő ellentételezést fizet.

A nem piaci alapú teher-újraelosztás akkor kerül alkalmazásra, amikor már minden más lehetőség kihasználásra került, és ennek ellenére még mindig fennáll a probléma. Ekkor az elosztó távoli utasítással szabályozhatja a rendszerhasználót a megadott feltételek mentén, ennek pontos részleteit az ESZ (Elosztói szabályzat)⁸ és a 26. számú melléklete⁹ tartalmazza.

Az eszközök alkalmazásának logikai sorrendje a fentieknek megfelelő, és mindezeket az ESZ is rögzíti.

Piaci rugalmasság termékei¹⁰

A piaci rugalmassági termékek általános jellemzői a következők:

- Időtáv: ez lehet egy nap, egy hét, egy hónap vagy ezeknek többszörösei
- Időfelbontás: 15 perc vagy 60 perc

- Lokáció: pontosan hol van szükség rugalmassági szolgáltatásra
- Szabályozás iránya: le- vagy felszabályozásra van szükség a hálózat üzembiztonságának fenntartásához

Ezen általános jellemzőkön túl az ESZ definiál terméktípusokat:

- Időzített rugalmassági termék
- Megelőző rugalmassági termék
- P_{min} , P_{max} termékek
- Egyedi rugalmassági termékek

Pilotprojektek az MVM Démásznál

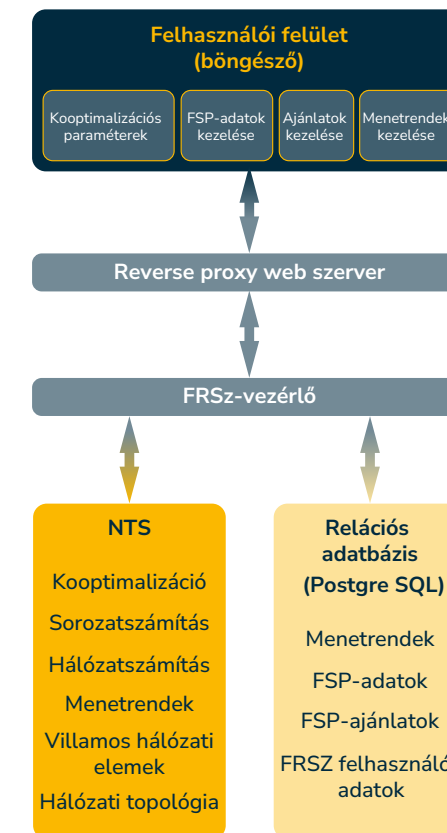
Az MVM Démásznál 2024-ben lezárult az elosztói rugalmassághoz kapcsolódó, elsőként indított kísérleti projekt, amely három fő részből épült fel:

- Flexibilitási Rendszer Szimulátor fejlesztés (FRSZ)
- Szeged, Napos út 12. irodaépület okosépületté fejlesztése (N12)
- Békési Smart Grid létrehozása (BSG)

A BSG-projekt keretében 1253 szenzor került felhelyezésre a Békés alállomáshoz kapcsolódó KIF-hálózatokon, valamint ezek az adatok összegyűjtésre és feldolgozásra kerülnek. Mindezek által a hálózat állapota megfigyelhetővé vált, így lehetőség nyílik arra, hogy egy aktív hálózatrészen valós adatokra támaszkodva tudjuk vizsgálni a rugalmasság alkalmazásának hatásait.

Az N12 épület energiafogyasztását BMS-rendszerrel vezérelve azt tudjuk vizsgálni, hogy a hálózaton fellépő feszültség- és terhelésproblémák megelőzése, kezelése érdekében hogyan tud egy okosépület

rugalmasságot nyújtva, FSP-ként bekapcsolódni ezek kezelésébe. Szabályozható eszközök: 48 kW HMKE, 30 kW tároló, 60+125 kW elektromosgépjármű-töltő.



3. ábra: A Flexibilitási Rendszer Szimulátor felépítése

Forrás: MVM Démász Áramhálózati Kft.

Az FRSZ-fejlesztés projektrészben történt meg a hazai piaci működés tervezése, a DSO flexibilitási piac üzemeltetéséhez szükséges fejlesztendő rendszer tervezése, a teljes rendszer kifejlesztése, tesztelése és működésének elemzése. Az FRSZ-ben kialakított platform két fő részből áll, a DSO flexibilitás piactér eszközökből és a DSO flexibilitás szimulátorból.

A projekt során az alábbi eredményeket sikerült az eredeti célkitűzésen, a szimulátor fejlesztésén felül elérnünk:

- Az elkészült FRSZ-t integráltuk az MVM Démász IT-rendszerébe, és összeköttöttük az üzemirányító kollégák tréningezésére használt szimulátorral.
- Kialakításra került az elosztói rugalmasság funkcióinak az MVM DSO-k éles üzemirányítási rendszerébe való beilleszthetőségének logikája és folyamata. Meghatározásra kerültek a szükséges felelősségek és szerepkörök. A lehetséges működés felépítését a 4. ábra mutatja.
- A Flexibilitási Rendszer Szimulátort összekapcsoltuk a különböző adatrendszerekkel, terhelés- és állapotbecslési algoritmust fejlesztettünk.
- Elkészültek az éles üzem megkezdése előtti éles pilot részletes tervei, kiválasztásra került a megvalósítás helyszíne.

Az elosztói rugalmassági piac kiépítésének aktuális lépései

Jelenleg az egyik legjelentősebb mérőföldkövön dolgozunk, az éles pilotprojekt előkészítésén, részletes tervezésén. Az éles üzemű pilot folyamán, – amelyet a 2025-ös évben tervezünk elindítani – megkezdődhet az elosztói rugalmassági szolgáltatás beszerzése a rendszerhasználóktól Békés alállomás körzetben.

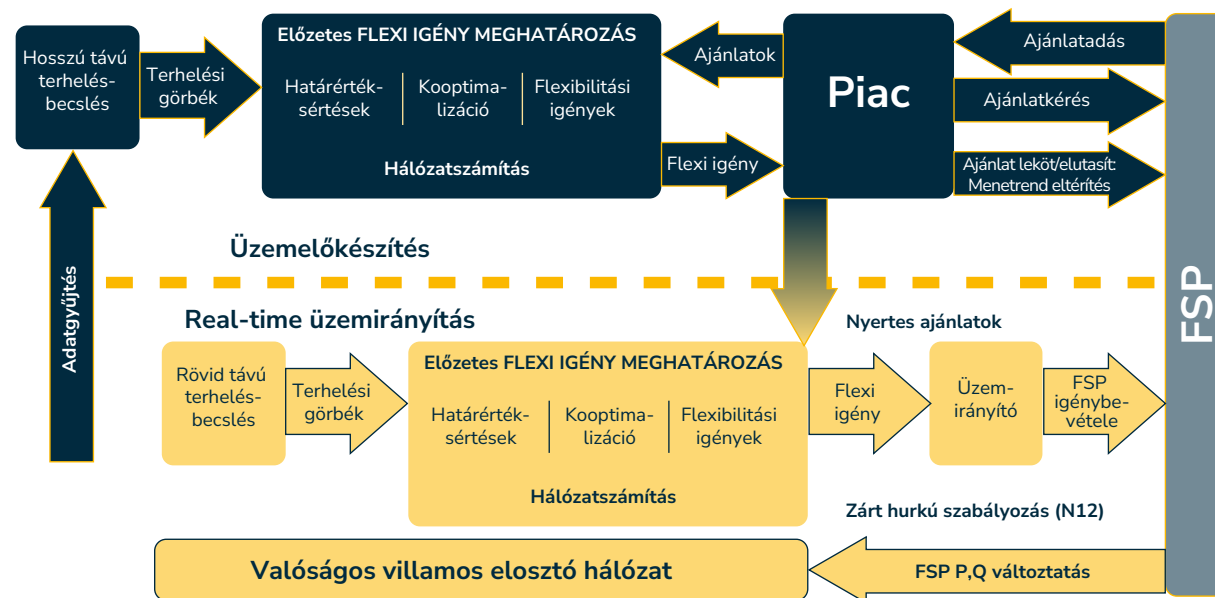
Nagy szerepe volt a kiválasztásban annak, hogy Békés alállomás körzete a BSG-projektnek köszönhetően KIF-oldalon jól megfigyelhető. A pilot minimum egy évig fog tartani, ezt követően – a tapasztalatok figyelembevételével – kiterjesztésre kerül az MVM Démász és MVM Émász teljes ellátási területén.

A projekt keretében megtörténik az éles üzemeltetéshez szükséges IT- és egyéb fejlesztések beszerzése, amelyeknek köszönhetően automatizmusok segítségével is lehetőség nyílik a rugalmassági szolgáltatások beszerzésére és igénybevétele.

8 - Elosztói szabályzat 25. módosítás 6. fejezete

9 - Elosztói szabályzat 25. módosításának 26. sz. mellékletének 1.2-es és 3.4-es alfejezete

10 - Elosztói szabályzat 25. módosításának 26. sz. melléklete



4. ábra: A flexibilitási piac összefoglaló működési ábrája
 Forrás: MVM Démász Áramhálózati Kft.

Zárszó

Megkezdődhet az elosztói rugalmassági szolgáltatás beszerzése a rendszerhasználóktól Békés alállomás körzetben.

Az elosztói rugalmasság a jövőben kulcszerepet játszhat a modern villamosenergia-hálózatok fenntartható és hatékony működtetésében. A megújuló energiaforrások térnyerése és az elektrifikáció terjedése új kihívásokkal jár, amelyekre elosztói oldalról is innovatív megoldásokkal szükséges reagálni. Az elosztói rugalmassági szolgáltatások, a rugalmas csatlakozás mind hozzájárulnak egy stabilabb, dinamikus alkalmazkodó hálózat kialakításához. A megvalósított pilotprojektek

tapasztalatai alapján a következő lépés az éles üzemű rugalmasság piaci alapú bevezetése, amely lehetőséget teremt a rendszerhasználók aktív bevonására.

Az elosztói rugalmassági szolgáltatások, a rugalmas csatlakozás mind hozzájárulnak egy stabilabb, dinamikus alkalmazkodó hálózat kialakításához.

A jövő hálózata a korábbiaktól eltérő, innovatív gondolkodásmódot követel meg mind az üzemeltetőktől, mind a rendszerhasználóktól. Ezért is tartjuk fontosnak az érzékenyítést és edukációt ebben a témában, és természetesen tervezzük a későbbiekben a beszámolót a most megvalósuló projektek eredményeiről is.

CSÖKKENTSD CÉGED ENERGIAKÖLTSÉGEIT NAPELEMRENDSZERREL!



A stratégia – Interjú Dr. Stróbl Alajossal

86 évesen is naprakész a VER-adatokból, minden reggel átnézi és elemzi azokat, szombatonként pedig tárlatot vezet egy igazán különleges múzeumban. Lelkesedése és szenvedélyessége töretlen. Megszállottsága családi vonás lehet. Ahogy nagyapja, Strobl Alajos máig az egyik legismertebb és legtermékenyebb magyar szobrász, úgy Dr. Stróbl Alajos ugyanolyan sikeres és gazdag életutat tudhat magáénak az energiaszektorban.

Szerző:
Csohány Domitilla
szerkesztő

Fotó: MVM Zrt.

A Mátravidéki Erőmű lakótelepén nőtt fel, akárcsak előző interjúalanyunk, Tari Gábor. Ennyire meghatározó volt az a közeg, hogy számos szaktekintélyt nevelt ki, vagy ez csak a véletlen műve?

Az a hely szinte beszippantott minket. Annyira természetes volt minden, és olyan sokat jártunk be már kisiskolásként is az erőműbe, hogy nem volt kérdés, milyen szakmát válasszunk. Már gyerekként mindent tudtam a turbinákról. Apám gépészmérnök volt. Az elsők között költöztünk oda, még az erőmű és a lakótelep is épült, csak egy-két ház volt kész. A háború elől menekültünk, 1944. december 5-én érkezünk meg. A német tankok elmentek, 6-án pedig bejöttek az oroszok. Mire felépült minden, 34 házból állt a lakótelep. Jó kis közösség volt, mindenki ismert mindenkit. Tari Gábor is a barátom, az ő édesanyja turbinagépész volt az apámnál.

Vészterhes idők voltak, mégis, ebben a zárt közösségben talán könnyebb lehetett.

Az erőműre nagy szükség volt, ezért mi ott viszonylag jól éltünk. Bár így is volt, amit nem értettem gyerekfejjel. Amikor megérkeztünk, hangosan elbúcsúztam a német tankoktól: „Auf Wiedersehen!” – kiabáltam. Apám nagyon leszúrt ezért, de én megmondtam, hogy ezt tanították nekem, ugyanis Pesten német óvodába jártam. 1945-ben, ott helyben kezdtem az általános iskolát, és utána '53-ban Hatvanba mentem a Bajza József Gimnáziumba. Közben minden nyarat végigdolgoztam az erőműben. 1957-ben apámat kinevezték a munkástanács elnökének, erre az oroszok azonnal Egerbe vitték és bebörtönözték. Édesanyám ott maradt öt gyerekkel egyedül. Mindenkihez elmentünk Pesten, akihez csak tudtunk, többek között

Kisfaludi Strobl Zsigmondhoz is, hogy segítsen kiszabadítani. Így 30 nap után végül kiengedték édesapámat, de minket kidobtak a lakótelepről. Megfogadtam, hogy soha nem fogok politizálni, és nem is tettem. Visszaköltöztünk Budapestre, ahol a nagymamáknál laktunk, én pedig jelentkeztem a Műegyetemre. Egyértelmű volt, hogy én is mérnök legyek, és a második évfolyamon, amikor szakosodni kellett, azt is tudtam, hogy energetikus leszek. Közben a nyári munkák alatt más erőműveket is megismertem szerte az országban. 1962-ben vörös diplomával végeztem.

Innentől kezdve nem volt megállás?

Az egyetem után azonnal elmentem dolgozni, mert kellett a pénz. Az ERŐTERV-nél helyezkedtem el. Már fiatal mérnökként részt vettem a Bánhidai és a Mátrai Erőmű tervezésében. A Dunamenti Erőműben én helyeztem üzembe az első harkovi turbinákat. Ehhez előtte kiutaztam Harkovba egy tanulmányútra. 1963-ban már számítógéppel is dolgoztunk. Képzelje el, akkoriban az micsoda lehetőség volt! Nagyon szerettem ezt csinálni. Ez volt az életem!

Más volt az akkori szemlélet, a munkához való hozzáállás?

Nagyon más volt. Szerettünk gyorsan és hatékonyan dolgozni. Ha valamit kitárltunk, azt megcsináltuk azonnal, nem húztuk hetekig, hónapokig. Mondok egy példát: A főnökök megkértek, hogy menjek el a Borsodi Hőerőműbe és mérjem ki a gőztávvezetékét, hogy mennyi az ellenállás. Elmentem a MALÉV-ba, és egy Li-2-essel átrepültem Miskolcra. Reggel 8-ra már az erőműben voltam. A helyeik nem értették, hogy kerültem oda. Nyugtalan ember voltam mindig.

Ezért is utazott olyan sokat?

Szerencsés vagyok, mert a munkámnak köszönhetően bejártam a világot. Ehhez a nyelvtudásomra és a folyamatos tanulási vágyamra is szükség volt. Németül gyerekkoromtól kezdve jól tudtam, mert a nagymamámmal csak németül lehetett beszélni. Fent lakott a várban, és a Mátrából is rendszeresen feljártam hozzá vonattal. A feleségem angol tanárnő, és a gyerekekkel születésüktől kezdve angolul beszélt, így valamit én is felszedtem. Oroszul pedig mindenkinek tanulnia kellett akkoriban. Európától Amerikáig a Szovjetunió át mindenhol megfordultam, ahol erőmű volt. Sokat jártam ki Svájcba a Láng gyárosokkal a Brown Boveri céghez. Persze mindig oka volt az utazásnak. Egyszer például azt a feladatot kaptuk, hogy tervezzük meg Pakson, hogy a 3-4. blokk ne két darab 200-as blokk legyen, hanem egy darab

400-as. Kimentünk Svájcba, és megtervez-tük, nem volt gond. Csak az oroszok nem engedték, hogy itt magyar turbina legyen. Finnországba is sokat jártam, mert ott a Láng Gépgyár turbinái működtek, és átviteli méréseket kellett végezni. Nekem volt erre egy számítógépes programom, ami ki tudta számolni az egészet, és ezért mindig kivittek.

A legtöbbet azonban Németországban dolgozott külföldön.

1985 és 1990 között, tulajdonképpen öt évet a Ruhr-vidéken töltöttem Oberhausenben, a hajdan világhírű Deutsche Babcock Zrt.-nél. Borzasztóan sokat tanultam a németektől, más világ volt. Az egyik első ottani munkám során például öt német cég küzdött azért, hogy ki fogja szállítani Offenbach város új fűtő-erőművét. Nagy verseny volt, de végül mi nyertünk, és három év múlva már üzembe

Dr. Stróbl Alajos a Csonka János tervei alapján gyártott 1905-ös csomagszállító postakocsi mellett
Fotó: MVM Zrt.



is helyeztük az erőművet. A család itthon maradt, én háromhavonta jártam haza, hogy meghosszabbítsam az engedélyemet, hiszen akkor még nem voltunk EU-tagok.

Nem fordult meg a fejében, hogy a családot is kivigye, és végleg kiköltözzenek?

Nem, soha, pedig lett volna rá lehetőség. A legutolsó kinti munkám során a svédeknek kellett egy szénelgázosító erőművet terveznem. Ennek létrejöttét végül a környezetvédők megakadályozták, úgy-hogy 1990 után visszajöttem. Itthon akkor kezdődtek a privatizációk, és az MVM egy részvénytársaság lett. Több helyen voltam igazgatósági és felügyelőbizottsági tag, és én lettem a Pécsi Erőmű Rt. igazgatóságának elnöke. Hat évig jártam Pécsre.

Ennek esetleg köze van ahhoz, hogy most is bányász nyakkendőt visel?

Hogyné! Nagyon szerettem a bányászatot és a bányászokat, ma is el tudom énekelni a bányászhimnuszt. 1993-ban a Pécsi Erőmű több bányát is kapott: Zobák-, István-, Béta-akna, aztán a két külfejtés Dömör-kapunál és Vasasnál. A családuknban is egy csomó bányász- emlék van, rajzok, festmények, tárgyak, mert a dédapám egy bányatársaságnak volt a tagja Lengyelországban. A bányászok miatt tanultam meg beszélni is. Régebben ugyanis dadogtam, de akkor annyi beszédet kellett mondanom, és nem csak a bányásznapokon, plusz előadásokat tartottam, újságírókat kísértem, hogy végül elmúlt a dadogásom. Ez is egy izgalmas időszak volt. A Zobák-akna volt a legérdekesebb, mert ott 700 métert kellett zuhanni egy lifttel dupla sebességgel, és utána be kellett ülni egy kis csillébe, ami bevitt minket az emberek közé. Én mindig meg-

kérdeztem a véleményüket, hogy minden rendben van-e, van-e valami gond, és el is mondták nekem. Akkor már alig volt bányász, Lengyelországból kellett hozni plusz munkaerőt. Mikor bezártuk a bányát, aki még tudott dolgozni, az elment Spanyolországba, mert ott még volt bánya.

Ezután ismét tervezni kezdett?

Az MVM-nél összesen 11 évet töltöttem, stratégiai igazgató voltam, majd 2002-ben átmentem a MAVIR-hoz, és 2006-ig készítettem az erőműfejlesztési terveket. Nagyon kellemes időszak volt, itt is rengeteg külföldi kiküldetésen vettem részt, és még azt is megengedték, hogy félállásban visszamenjek az ERŐTERV-hez. Minden félévben írtam egy átfogó tanulmányt, emellett évente 25-30 előadást tartottam. Megtanultam prezentációt készíteni, még tavaly is felkértek előadónak.

Régóta nyugdíjas, de ezek szerint most is követi a szakmai híreket, aktualitásokat?

Folyamatosan figyelem az eseményeket, az adatokat minden nap nézem. Nekem kell ez a szakma.

Mindig azt mondom, hogy visszavonulok, de nem tudok. Amíg élek, muszáj ezt csinálnom. Nem lehet megunni!

A MAVIR például ma már azt is megadja, hogy mi van a háztetőkön. Ezek alapján össze tudom hasonlítani az ipari termelést és a naperőműveket. Megnéztem,

januárban a naperőrművek kihasználtsága, amik a rendszerben vannak, 6%, ami a háztetőkön van, az csak 4%, mert azok rosszul állnak, és nem szabályozzák őket. Ez nem sok, de nem csoda, hiszen este nem süt a nap, és a nyári napot sem lehet elrakni télre. Mindig is a tényeket akartam bemutatni, most is ez a célom.

Aktív korában is ennyire őszintén és bátran kiállt a véleménye mellett?

Persze! Hatalmas vitáim voltak a vezérigazgatókkal. De úgy voltam vele, hogy mi bajom lehet, ők a pipák, nem én. Most is el szoktam mondani a véleményemet. Szerintem nem lehetne egyoldalúan csak a napelemes erőművek telepítését segíteni, mivel azok rendkívüli módon függenek az időjárástól, ezért többféle, egyéb energiaforrást hasznosító erőművekre lenne szükség. És szükség lenne hosszabb idejű energiatárolás megoldásokra is hazánkban.

Nekünk nincs nyersanyagunk, nincsenek magashegyeink. Éppen ezért nem mondhatunk le a széles nemzetközi kereskedelmi együttműködésről sem. Az alaperőrműnek azonban továbbra is elsősorban az atomerőműnek kell lennie.

Melyik munkájára a legbüszkébb?

A paksi távfűtésre. Azt is hatalmas vita előzte meg. Még erőtervesként álltam elő azzal a javaslattal, hogy távfűtési erőmű-

veket kell csinálni, de akkor az MVM nem engedte. Sőt, kimondták, hogy Pakson nem lehet erőműves távfűtést használni, mert akkor csökken a turbina teljesítménye. Én pedig mondtam, hogy de, igenis kell! Végig kitartottam az álláspontom mellett, hogy ha a turbináról fűtünk, kevesebb hő megy a Dunába. Végül nekem adtak igazat. És működik! A paksi távfűtés csökkentette azt a maradványhő-terhelést, amelyet az erőmű okozott a Duna 8-10 kilométeres szakaszán, és olcsóbbá tette a fűtést a lakosságunknak.

Megérte a sok küzdelem. Munkáját, tudását a mai napig is elismerik a szakmában.

Én soha nem szerettem, ha főnököm van, de azt se szerettem, ha én vagyok a főnök. Nem szerettem parancsolni meg végrehajtani. Önállóan szerettem dolgozni. Amit tudtam, azt mindig elmondtam, nem lehetett bennem tartani. Néhány dolgot sikerült vele elérnem. 2006-ban megkaptam a Köztársasági Érdemrend Lovagkeresztje kitüntetését, majd amikor 75 éves lettem, az MVM-től kaptam egy életműdíjat.

Irigylésre méltó a munkakedve és szakmaszeretete. A reggeli friss VER-adatok elemzése mellett hogyan telnek a napjai?

Szerencsére hatalmas a család, muszáj egyben tartani, sok programot ad az is. Három gyermekünk és 11 unokánk van. Az egyik unokám energetikus lett, vele különösen jókat tudok beszélgetni. Régen sokat sportoltam, teniszeztem, és rengeteget kirándultunk. Ezeket ma már nem csinálom, de a feleségemmel minden nap délután négytől ötig sétálunk egyet a Gellérthegyen. Emellett minden szombaton itt vagyok a Csonka János Emlékmúzeumban (az interjú is itt készült – szerk.), ahol tálaltokat vezetek.

Ezt a múzeumot a feleségem hozta létre, akinek Csonka János – a hazai motor- és gépjárműgyártás legendás alakja – a nagyapja volt.

Híres felmenőkkel Ön is büszkélkedhet. Neve alapján sem nehéz kitalálni, hogy Strobl Alajos, az ország egyik legismertebb szobrászművésze a nagyapja volt. Az ő hihetetlenül gazdag hagyatékát is ápolják?

Természetesen. Apám, mikor nyugdíjba ment, megírta nagyapám történetét, amit mi jelentettünk meg könyv formájában a négy testvéremmel együtt. Öcsém kezeli a Strobl Alajos Emlékhely Alapítványt, én pedig tematikus sorozatot írok a köztéri alkotásairól. Külön kötetbe rendezem az Andrássy úti szobraikat, külön a mauzóleumokat vagy például Szent István király emlékművét a Budai Várban. Annyi csodás

mű született a keze által, hogy én nem is tudok egyet kiemelni közülük. A testvéremnek az egri Dobó-szobor a kedvence, de nagyon különleges a szegedi Dóm tér 17 alkotása is. Tény, hogy a magyar történelem és kultúra számos híres alakját nagyapám ábrázolása alapján ismerik a legtöbben, gondoljunk csak Liszt, Erkel, Jókai vagy Szent István szobrára. Mindegyik alkotásnak van egy története, családi legendája, én ezeket gyűjtöm össze a kiadványokban. És most egy nagy feladat áll még előttünk. Nagyapám 1926-ban halt meg, így elkezdünk készülni a centenáriumi ünnepségekre is.

Közben pedig megérkeznek az első látogatók a múzeumba, akiket Stróbl Alajos tökéletes eleganciával és hatalmas lelkesedéssel fogad, majd sorra a többieket is, akik betérnek, és csak mesél, csak mesél; humorral tarkítva gépekről, találmányokról, családi kulisszatitkokról...

Dr. Stróbl Alajos a Csonka János Emlékmúzeumban

Fotó: MVM Zrt.



Az MVM Csoport hírei

2025. 1. félév

Nagyszabású fejlesztésekbe kezd a MAVIR



MAVIR székház
Fotó: MAVIR Zrt.

Idén 88 milliárd forint értékben tervez beruházásokat a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. Az összeg fele-fele arányban származik hazai és uniós forrásból. A MAVIR tavaly 76 milliárd forintot költött az átviteli hálózatot érintő beruházásokra. A fejlesztések azért szükségesek, mert a fogyasztói igények egyre növekednek, emellett új termelői csatlakozási kérelmek is jelentkeznek. Ezek nagy része megújuló (többségében naperőmű), ám egyre több a villamosenergia-tárolói csatlakozási igény is. A rendszerirányító idén tervezi üzembe helyezni az első, 20 MW/60 MWh kapacitású villamosenergia-tárolóját Szolnokon. Fogyasztói oldalon az ipari parkok államilag támogatott fejlesztése nagy húzóerőt jelent, ami a villamosenergia-hálózat regionális és országos fejlesztését követeli meg.

A MAVIR értékelése szerint a tervezett fejlesztések egyenlő fontosságúak, az átviteli hálózatot az ország minden régiójában érintik. A hálózatfejlesztések nagy részét erőművek, elsősorban naperőművek és új nagyerőművek, a Mátrai Erőmű gázüzemű (CCGT) egysége, illetve a Paks II. csatlakozásához közvetlenül vagy közvetetten szükséges beruházások adják. A paksi atomerőmű bővítési projektjéhez a MAVIR először a Biritó 400/132 kV-os alállomást építi meg, ahol idén kezdődik a terepszint kialakítása. A fejlesztések másik része az ipari parkok igényét szolgálja ki: Északkelet-Magyarországon, elsősorban a Debrecen térségében kialakult szükségletek miatt várhatóak jelentős fejlesztések a következő években.

A MAVIR-nak már minden szomszédos országgal van hálózati kapcsolata, jelentős határkeresztező kapacitás áll a rendelkezésére, ugyanakkor a kereskedési lehetőségek bővítése érdekében három határmetszéken (szlovák, román, szerb) tervezi további összeköttetések létesítését, illetve a meglévő távvezetékek bővítését. A rendszerirányító a fentiek közül három projekt megvalósítását 2028 végéig tervezi lebonyolítani (beleértve egy-egy meglévő távvezeték bővítését szlovák és román irányba, egy új vezeték létesítését szerb irányba), egy új távvezeték pedig 2030 végéig szeretne megépíteni Románia felé.

Forrás: Magyar Nemzet

MVM – ÓE Ipari Tanszék működésének első féléves beszámolója

Az 1963-ban alapított MVM Tröszt és a műszaki főiskolák között nagyon szoros szakmai és képzési együttműködés jött létre a hazai ipar fejlesztésében. A budapesti műszaki főiskolákat egyesítő Óbudai Egyetem (ÓE) gyakorlatorientált képzésének köszönhetően az MVM Csoportban szép számmal képviseltetik magukat az itt végzett szakemberek.

Az MVM Zrt. évek óta stratégiai partnerségben működik együtt az ÓE-vel, amelynek kiemelkedő állomása volt az MVM Zrt. első ipari tanszékének megalapítása. Ennek eredményeként az MVM Csoport még magasabb szinten vállal feladatot az ipari tudás megjelenítésében és a szakember utánpótlás képésben az ÓE mind a hét karára kiterjedően.

Az Ipari Tanszék alapításáról szóló megállapodást 2024. 10. 21-én Mátrai Károly, az MVM Csoport vezérigazgatója és Prof. Dr. Kovács Levente, az ÓE rektora ünnepélyes keretek között írták alá.

A tanszék vezetésére Dr. Molnár Ferenc kapott megbízást.

A tanszék eddigi munkájának eredményeként elmondható, hogy a tanszékvezető a kollégái bevonásával részt vesz önálló szakmai tárgyak oktatásában és beoktatásban angol és magyar nyelven. A tanszék aktív szerepet vállal tantárgyi programok kialakításában és felülvizsgálatában, laboratóriumok létrehozásában, konzulensi, PhD témavezetői, záróvizsgáztatási, üzemlátogatás-szervezési, projektmunkavezetési, konferencia-előadói, ipari projekt-támogatási tevékenységekben.

Az utánpótlásképzés részeként 16 tagvállalat duális képzési keretszerződésben összesen 384 főre nyitott hallgatói keretet, amelyre eddig 27 hallgatói jelentkezés történt. Az MVM Tanszék működése óta eddig 13 hallgatóval kötöttek duális képzési szerződést az MVM tagvállalatai.

Forrás: MVM Zrt.

Az MVM Csoport és az Óbudai Egyetem Ipari Tanszék alapítása
Fotó: Óbudai Egyetem



Háromtagú konzorcium építheti meg az új CCGT-erőművet Visontán

2025. január 23-án hirdetett eredményt az MVM Mátra Energia Zrt. a visontai telephelyén megvalósuló korszerű kombinált ciklusú (CCGT – Combined Cycle Gas Turbine) erőmű kivitelezéséről. A feltételes közbeszerzési eljárás eredményeként az ELSEWEDY for Power Systems Projects – WEST HUNGÁRIA BAU Kft. – Status KPRIA Zrt. konzorcium valósíthatja meg a beruházást. A nyertes ajánlattevő egy bruttó 535 MW teljesítményű erőművet létesíthet, kiváltva ezzel a jelenlegi 884 MW beépített teljesítményű lignittüzelésű blokkokat, amelyek a hazai villamosenergia-termelés közel tizedéért, a teljes hazai szén-dioxid-kibocsátás közel 5%-áért felelősek.

Az új mátrai CCGT-erőmű a nemzeti klíma- és energiapolitikai tervekkel és az MVM Csoport 2035-ig tartó stratégiájában foglalt célokkal összhangban, rendszerszabályozási képessége révén elősegíti az időjárásfüggő megújuló – például a fotovoltaiikus – villamosenergia-termelés növekedését. Emellett a lignittüzelésű blokkok kapacitását pótolva hozzájárul a hazai áramtermelés fenntartásához, ezzel is támogatva az ellátásbiztonságot,

a növekvő lakossági és ipari fogyasztói igények kielégítését Északkelet-Magyarországon.

A legmodernebb technológiát felvonultató CCGT-erőmű villamosenergia-termelésre vetített fajlagos CO₂-kibocsátása a lignit-alapú kibocsátás mindössze negyede lesz, így az erőmű létesítése fontos lépés a dekarbonizációban, hidat képez a fosszilis és megújuló technológiák között az energiaátmenet megvalósításában. A projekt esetében előnyt jelent a meglévő telephely kedvező infrastruktúrája, kiemelten a villamos hálózati csatlakozás közelsége. A kereskedelmi üzemkezdhet után a CCGT évente átlagosan 2-2,5 TWh villamos energiát fog biztosítani a magyar villamosenergia-rendszernek.

Az eredményhirdetést követően a felek 2025. február 25-én megkötötték a vállalkozási szerződést. A feltételes közbeszerzési eljárásra tekintettel a szerződéskötést követően az MVM véglegesíti a beruházás megkezdését lehetővé tevő finanszírozási struktúrát, amely alapján meghozható a végső beruházási döntés.

Forrás: MVM Mátra Energia Zrt.

EnergAI és MVM Next: úttörő együttműködés az elektromos járművek intelligens töltésoptimalizálására

Az elektromos járművek gyors terjedése egyszerre jelent lehetőséget a fenntartható közlekedés számára és jelentős kihívást a villamosenergia-hálózatok

számára világszerte. Magyarországon 2030-ra várhatóan 700 000 elektromos jármű közlekedik majd, ami megfelelő keresletszabályozás nélkül potenciális

hálózatstabilitási problémákat okozhat. Az EnergAI és az MVM Next közötti úttörő együttműködés innovatív töltésoptimalizálási technológiával kívánja megoldani ezt a kihívást, amely milliókat takaríthat meg, miközben támogatja a hálózat stabilitását.

Forradalom az elektromos járművek töltésében intelligens optimalizáció révén

Az EnergAI (hivatalosan Homecharging Korlátolt Felelősségű Társaság) olyan platformot fejlesztett, amely automatikusan átütemezi az elektromos járművek töltését a csúcsidőszakokról a völgyidőszakokra. Ez az egyszerűnek tűnő módosítás mélyreható következményekkel jár mind az egyéni felhasználók, mind a teljes energetikai infrastruktúra számára. A vállalat technológiája zökkenőmentes töltésoptimalizálást tesz lehetővé a felhasználók manuális beavatkozása nélkül, biztosítva, hogy a járművek töltöttek maradjanak, miközben csökkenti a villamos hálózat terhelését a magas fogyasztási időszakokban.

Az EnergAI az MVM egyik sikertörténeteként tartható számon, hiszen a vállalat az MVM Edison inkubációs programjában indult útjára 2024-ben. A cég alapítói felismerték, hogy az elektromos járművek terjedésével jelentkező hálózati kihívásokra intelligens megoldás szükséges, és az MVM szakértői támogatásával fejlesztették ki innovatív töltésoptimalizáló platformjukat. A kezdeti prototípus sikerén felbuzdulva az EnergAI és az MVM kapcsolata stratégiai partnerséggé fejlődött, amely mostanra közös pilot projektben teljesedik ki az MVM Next közreműködésével. Ez az együttműködés kitűnő példája annak, hogyan tud egy energetikai nagyvállalat és egy agilis startup közösen választ adni Magyarország jövőbeli energetikai kihívásaira.

„Hiszünk abban, hogy az elektromos autók töltésének egyszerűnek és megfizethetőnek kell lennie, miközben tisztább és fenntarthatóbb jövőt építünk” – nyilatkozta Varga Bálint, az EnergAI társalapítója.

A kihívás: hálózatstabilitás egy elektrifikált jövőben

Az EnergAI által kezelt alapvető probléma kritikus fontosságú az energetikai infrastruktúra tervezése szempontjából. Az elektromos járművek népszerűségének növekedésével azok kezeletlen töltési mintái jelentős keresleti csúcsokat hoznak létre a legnagyobb fogyasztási órákban, jellemzően este, amikor az emberek hazatérnek és csatlakoztatják járműveiket.

A jelenlegi előrejelzések szerint beavatkozás nélkül a magyar villamosenergia-hálózat körülbelül 20%-os kapacitásbővítést igényelne, becsült egy milliárd eurós költséggel a következő három évben, hogy kiszolgálja a növekvő elektromos járműflottát. Ez nemcsak hatalmas infrastruktúrális beruházást jelent, hanem potenciális hatékonyságvesztést is, mivel ez a többletkapacitás kihasználatlanul állna a nem csúcsidőszakokban.

A legtöbb elektromosjármű-tulajdonos jelenleg azonnal tölteni kezdi járművét hazaérkezéskor, ami egybeesik a már amúgy is magas villamosenergia-igényű időszakokkal. Bár egyes alkalmazások kínálnak ütemezési lehetőségeket, ezek nincsenek optimalizálva a hálózati szintű hatékonyságra vagy összehangolva az energiarendszer átfogó előnyeinek érdekében.

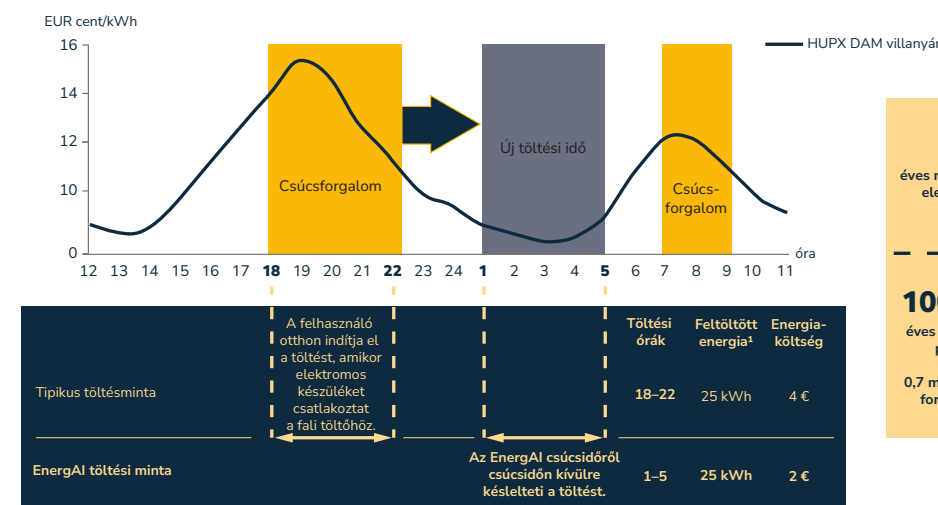
Az EnergAI megoldása: intelligens töltéseltolás

Az EnergAI megközelítése ezt a kihívást lehetőséggé alakítja automatizált töltéssel-tolási technológiájával.

Rendszerük lehetővé teszi, hogy az elektromos járművek csatlakoztatva legyenek a töltőkhöz érkezéskor, de intelligensen késlelteti a tényleges töltési folyamatot az optimális időszakokra, amikor az áram-igény és az árak alacsonyabbak.

A technológia három fő előnyt kínál:

- 1. Költségcsökkentés:** A töltés alacsonyabb árú órákra történő átütemezésével a felhasználók évi akár 150 eurót takaríthatnak meg járművenként. Magyarország 2030-ra előre jelzett 700 000 elektromos járműve esetén ez évente potenciálisan 100 millió eurós megtakarítást jelent.
- 2. Hálózati rugalmasság:** A megoldás óránként körülbelül 400 MW kiegyenlítő kapacitást biztosít, növelve a hálózat rugalmasságát, ami évi becsült 250 millió eurós értéket képvisel.
- 3. Energiabiztonság:** A csúcskereslet csökkentésével a megoldás növeli Magyarország energiabiztonságát, és lehetővé teszi a tőke átcsoportosítását a kapacitásbővítésről az energiaátmenet felgyorsítását célzó kezdeményezésekre.



¹Energiaigény átlagosan 25 kWh otthoni töltés alapján (fogyasztói felmérés);

²Az éves megtakarítások 2 € megtakarítást feltételeznek 25 kWh-s töltés után, amint az a példában látható, évi 15 000 km-es futásteljesítmény és 0,24 kWh/km alapján;

³Összes megtakarítási potenciál 0,7 millió elektromos jármű alapján 2030-ra Magyarországon.

1. ábra: Keresletváltás: Az elektromos járművek töltésének automatikus átállítása csúcsidőn kívüli órákra, évente 150 € megtakarítást eredményez elektromos járművenként
Forrás: HUPX, fogyasztói felmérés

A 2024. ősz óta végzett tesztelés igazolta ezeket az előrejelzéseket, 40-50%-os energiaköltség-csökkentést mutatva a HUPX árváltozásainak követésével, megerősítve az évi 100-150 eurós megtakarítási potenciált járművenként.

MVM Next együttműködés: a koncepciótól a megvalósításig

Az EnerAI és az MVM együttműködése egy átfogó kísérleti projekten keresztül valósul meg, amely a koncepció valós körülmények közötti validálására szolgál. Az együttműködés a háztartási elektromos járműtöltés optimalizálására összpontosít a töltési időszakok dinamikus eltolása révén.

Az együttműködés nemcsak a technikai validálást célozza, hanem a világos felhasználói élmények, regisztrációs folyamatok és kereskedelmi keretek fejlesztését is. A cél egy olyan zökkenőmentes megoldás létrehozása, amelyet az MVM kínálhat ügyfeleinek, miközben értéket teremt az energia-értéklánc egészében.

A kísérleti projekt 20-100 OCPP-kompatibilis töltővel rendelkező felhasználó bevonásával validálja a járművenként évi 100-150 eurós megtakarítási becsléseket, miközben optimális ügyfélszerzési stratégiákat és MVM portfólió-integrációs lehetőségeket azonosít. A résztvevők – akiket az MVM belső csatornáin toboroznak – hármas értékajánlatot kapnak: költségmegtakarítást alacsonyabb töltési díjak, kényelmet automatizált töltésoptimalizálás, valamint fenntarthatósági előnyöket a hálózati terhelés csökkentése révén.

Az EnerAI tervei messze túlmutatnak a kezdeti kísérleten, a következő hat hónapban körülbelül 100 járműre terveznek skálázni, miközben továbbfejlesztik termékeiket és belső képességeiket. A vállalat célja a magyarországi terjeszkedés, mielőtt nemzetközi növekedési lehetőségeket keresne.

Összegzés: intelligens megközelítés az elektrifikáció kihívásaira

Az EnerAI és az MVM Next együttműködése előremutató megközelítést képvisel a növekvő elektrifikáció kihívásainak kezelésében. Ahelyett, hogy egyszerűen bővítenék

a hálózati kapacitást hatalmas költséggel, ez a kezdeményezés intelligens szoftvert használ a meglévő infrastruktúra használatának optimalizálására, előnyöket teremtve az energiaökoszisztéma minden érdekeltje számára.

Ahogy a kísérleti projekt halad előre 2025-ben, értékes betekintést nyújt nemcsak Magyarország energiaátmenetéhez, hanem potenciálisan más piacok számára is, amelyek hasonló kihívásokkal néznek szembe az elektromos járművek integrációjában. Az egyéni felhasználói kényelem és a rendszerszintű hatékonyság összehangolásával az EnerAI és az MVM Next demonstrálja, hogyan segíthet az intelligens technológia leküzdeni a tisztább közlekedési rendszerekre való áttérés egyik legjelentősebb akadályát.

Ezen együttműködés révén Magyarországnak lehetősége van az intelligens energiamenedzsment vezetőjévé válni olyan modellt teremtve, amely más régiókban is alkalmazható lehet, ahol az elektromos járművek elterjedése gyorsan növekszik.

Forrás: Homecharging Kft.

Atombiztos képzés – Kihelyezett villamosmérnök-képzést indít a PTE MIK Pakson

Szeptembertől egy különleges, levelező munkarendű, duális képzési formában induló villamosmérnöki BSc-program valósul meg Pakson, amely egyedülálló lehetőségeket nyújt a régióban, és jelentős lépés a hazai villamosmérnök-képzés sokszínűségének növelésében.

A gazdaság és a munkaerőpiac aktuális igényeire válaszul a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kara (PTE MIK) egyedülálló lehetőséget kínál a villamosmérnök-jelöltek számára,

köszönhetően annak az együttműködési megállapodásnak, melyet az intézmény az MVM Energetika Zrt.-vel, az MVM Paksi Atomerőmű Zrt.-vel és a Paks II. Zrt.-vel kötött.

Az együttműködés részeként a PTE MIK egy külső tanszéket is létrehoz Pakson, amely az oktatás központi helyszínéül szolgál majd. Ez az új képzés elsősorban a régióban élő hallgatók számára teremt Pécs mellett további lehetőséget arra, hogy munka mellett szerezzenek a fejlődő ipari igényekhez igazodó, piacképes villamosmérnöki diplomát.

A kihelyezett képzés célja olyan magas szintű, korszerű szaktudásukkal kiemelkedő villamosmérnökök képzése, akik minőségi feladatokat látnak el villamos és elektronikus eszközök, berendezések, létesítmények

tervezésében, üzemeltetésében, emellett magabiztosan látnak el mérési, minősítési, ellenőrzési és menedzseri feladatokat is.

A megállapodás lehetővé teszi a Kar számára, hogy a piacon fellelhető gyakorlati tudást integrálja az oktatási, kutatási tevékenységbe, melynek eredményeképpen a hallgatók a kihelyezett képzésen is piacképes diplomát szerezhetnek. A program különleges vonzereje, hogy az oktatás az egyetem és az ipari partnerek együttműködésével, a munkatársak aktív közreműködésével valósul meg.

Forrás: MVM Paksi Atomerőmű

Négy kiállító – egy új MVM stand az E-World kiállításon

2025. február elején 34 országból 980 kiállító érkezett Essenbe, hogy részt vegyen az E-World energetikai szakkiállításon, ami 6%-os növekedést jelent az előző évhez képest. Ez az adat, valamint a 33 ezer fős látogatószám jól tükrözi, hogy az energiaipar egyik legfontosabb találkozóhelyévé vált a kiállítás nemcsak Európában, de globális szinten is.

Az idei évben az MVM Zrt.-t képviselő cégek száma négyre nőtt. A korábbi kiállítókhoz – Magyar Földgáztároló Zrt., MVM CEEnergy Zrt. és MVM Partner Zrt. – csatlakozott az Innogy csapata is. A csoportszintű arculatváltáshoz igazodva 2025-ben a kiállítók egy teljesen új standdal vettek részt a rendezvényen. Az ott szerzett tapasztalatokról a résztvevők az alábbiak szerint számoltak be:

innogy Česká republika a.s.

„Az Innogy számára kiváló lehetőséget jelentett a részvétel a 2025-ös E-World

kiállításon, az MVM standon, ahol számos meglévő és leendő ügyféllel, valamint üzleti partnerrel találkoztunk és folytattunk megbeszéléseket. A rangos eseményen való megjelenés egyértelműen jelzi a vállalat iparági pozícióját és befolyását, amely vitathatatlanul kulcsfontosságú tényező a döntéshozatali folyamatokban. Az eseményen szakértőink értékes betekintést nyertek az iparági trendek alakulásába, ami a vállalat sikerességének elengedhetetlen kulcsa.”

Magyar Földgáztároló Zrt.

„A standunkon kialakított zárt tárgyalószobában és a nyitott tárgyalóasztaloknál sorra fordultak meg a potenciális és meglévő üzleti partnereink. Az itt lefolytatott jó hangulatú eszmecserék lehetőséget adtak arra, hogy a tárolói kapacitáslekötési lehetőségekről, az európai uniós és magyar szabályozásról, új szolgáltatásokról, a piacot foglalkoztató témákról egyeztessünk. A rendezvény nagy előnye volt, hogy lehetőséget biztosított a meglévő partnerekkel



Megbeszélések az MVM standjánál

Fotó: MVM CEEnergy Zrt.

történő személyes találkozásokra, a szoros és hatékony együttműködés elősegítésére, fenntartására.”

MVM CEEnergy Zrt.

„Rendkívül hasznosnak találtuk a 2025. évi kiállítást, ahol képviselőinknek lehetőségük nyílt meglévő és potenciális, hazai és külföldi ügyfelekkel személyesen találkozni. Az átalakuló európai gázpiaci trendekhez igazodva a kereskedelmi partnerekkel elsősorban az ellátásbiztonság, a változó európai ellátási útvonalak, valamint a regionálisan erősödő LNG-szállítások szerepét tárgyaltuk át.

Az idei évben a hagyományos üzleti kapcsolatok ápolásán és kialakításán túl az MVM CEEnergy-nek kiemelkedően fontos volt a kiállításon, hogy mint a soron következő International Gas Research Conference szervezője, olyan vállalatokkal is kapcsolatba lépjen, akik a 2027-es esemény előadóiként, résztvevőiként, támogatóiként emelhetik a globális esemény színvonalát.

Külön öröm volt számunkra, hogy az utolsó, csütörtöki napon, ami hagyományosan

a felsőfokú tanulmányaikat folytató diákok számára van fenntartva, meglepően nagy érdeklődés övezte a standot, ami a jövőben kiváló lehetőséget jelenthet a cégcsoport hazai és külföldi tagvállalatai számára a hatékony toborzásra.”

MVM Partner Zrt.

„A 2025-ös E-World kiállítás ismét remek lehetőséget biztosított az MVM Partner Zrt. jelen lévő képviselőinek a meglévő és potenciális kereskedelmi partnerekkel történő személyes találkozásokra, a hatékony és szoros együttműködés kiépítésére, elősegítésére és fenntartására. A jelenlegi villamosenergia-kereskedő partnerekkel történő egyeztetések során kiemelt hangsúlyt kapott a fizikai kereskedelem erősítése, fókuszálva a regionális terjeszkedési lehetőségekre. Ehhez szükség volt a kereskedelmi limitek áttekintésére, az üzleti kapcsolatok elmélyítésére, személyesebbé tételére. Ahogy az elmúlt évben, idén is több szolgáltató bemutatta legújabb fejlesztését (menetrendezés, időjárás-előrejelzés, intraday trading és data management terén), amelyek a közeljövőben a különböző termékek kereskedésében kaphatnak kiemelt szerepet.”

75 ÉVES AZ MVM ERBE ZRT.

2025. január 27-én ünnepelte az ERBE fennállásának 75. évfordulóját. A jubileum alkalmat adott a visszaemlékezésre, az elmúlt évtizedek tapasztalatainak az összegzésére, értékelésére, valamint a jövő célkitűzéseinek meghatározására.

Az MVM ERBE Zrt. jogelődjét, az Erőmű Beruházási Vállalatot a II. világháború után megnövekedett villamosenergia-igények kiszolgálásához szükséges erőmű-beruházások szakszerű lebonyolítása hívta életre. A nehézipari miniszter alapítólevele szerint 1950. január 1-jei hatállyal alakult meg. A cégbírósági bejegyzés dátuma: 1950. január 27.

Az ERBE évtizedeken át gondoskodott a villamosenergia-ipar fejlesztési céljainak megvalósításáról. Tevékenységi köre kiterjedt a megbízás alapján történő kiemelt nagyberuházások lebonyolítására, erőművi berendezések, anyagok exportjára/importjára, a minőség-ellenőrzésre, az ezzel összefüggő szakértői feladatok ellátására,

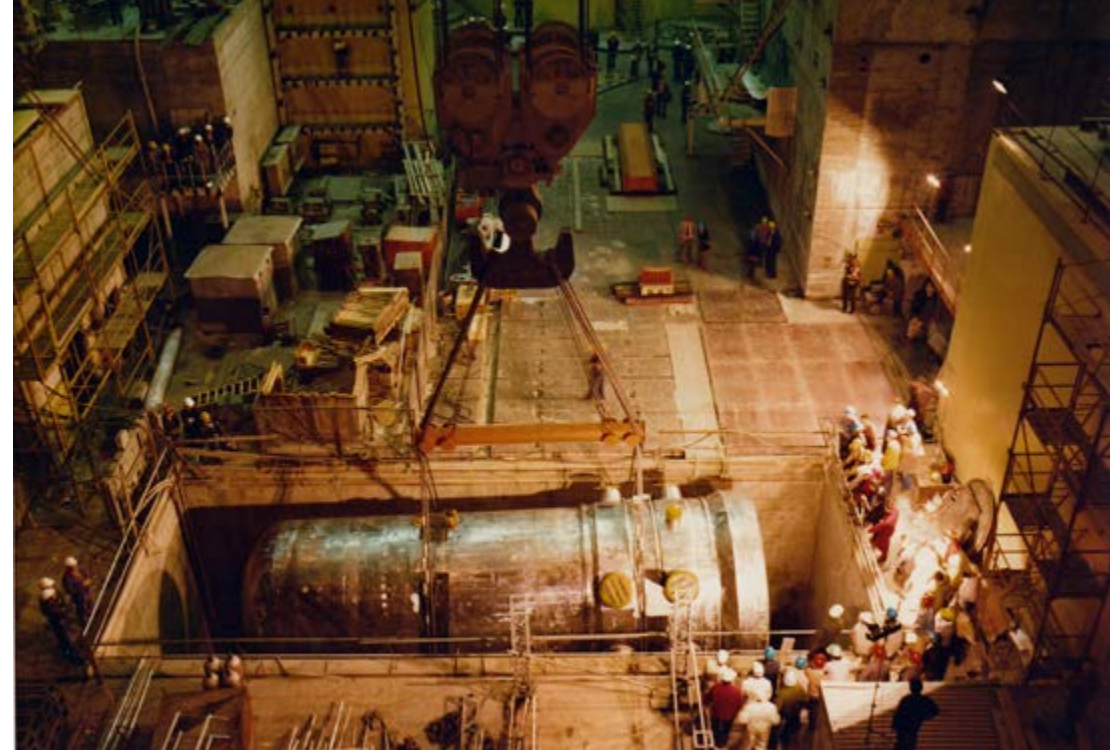
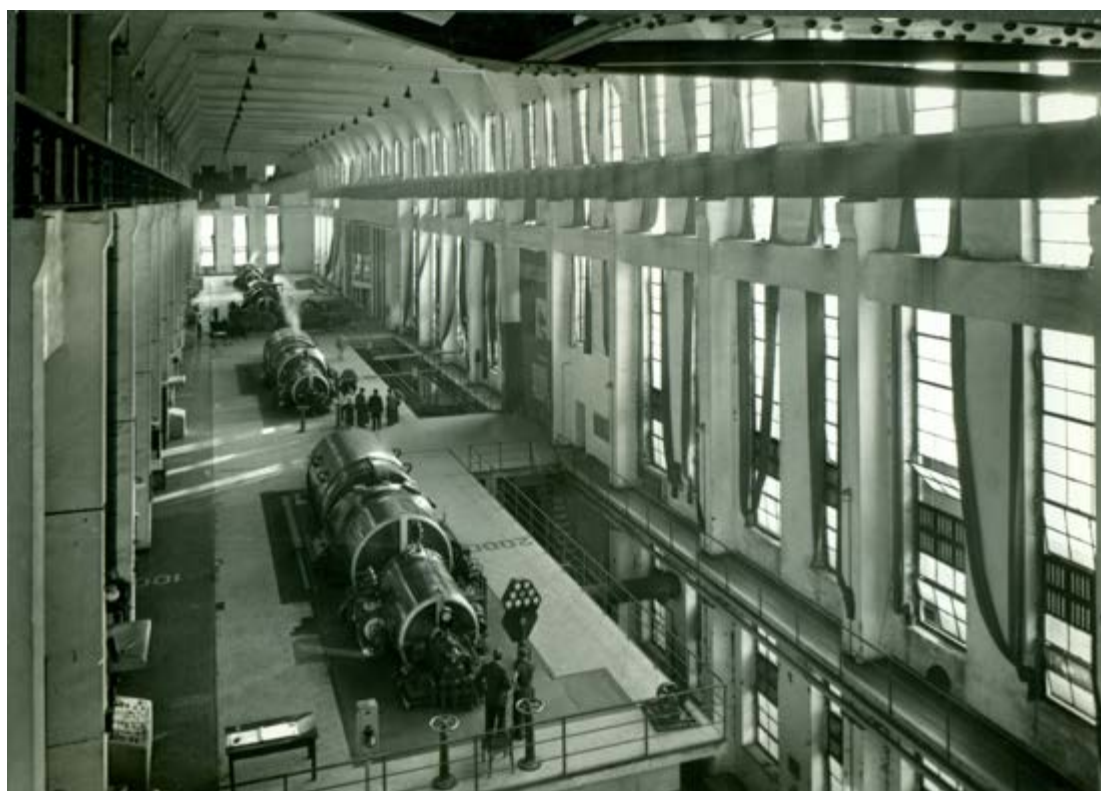
a technológiai szerelési munkák műszaki ellenőrzésére és irányítására, végezetül az erőművi rendszerek üzembe helyezésére és a garanciális mérésekre.

Az ERBE évtizedeken át gondoskodott a villamosenergia-ipar fejlesztési céljainak megvalósításáról.

Az 1970-es évek jelentős változást hoztak az atomerőmű építésére történő felkészüléssel. Az ERBE hozta létre a Paksi Atomerőmű négy blokkjának főszállítói szerződéseit, és irányította az építés-szerelési, valamint az üzembe helyezési munkákat 1985-ig.

Később a gazdasági és energetikai környezet fejlődései a cég tevékenységére is kihatással voltak, alakították feladatkeretét, és ehhez igazodott szakmai felkészültsége. Ebben az időszakban az ERBE végezte az erőművek megújító (retrofit) beruházásainak

A Mátrai (Gagarin) Erőmű gépháza (1953)
Fotó: ERBE Archivum



Paksi Atomerőmű – a reaktortartály beemelése (1980)
Fotó: ERBE Archivum

irányítását, valamint ellátta az export erőmű fővállalkozási feladatait. 1986-tól világbanki hitelből finanszírozott szállítások előkészítése és lebonyolítása, majd az 1990-es évek elejétől a nagyteljesítményű gázturbinás egységek beruházásainak lebonyolítása, valamint az országos villamos alap- és főelosztó hálózaton a távvezeték- és alállomás-fejlesztések mérnökirodai feladatai, irányítástechnikai és infrastrukturális beruházásai voltak a meghatározóak.

A cég szervezetében és működésében a legnagyobb fordulatot mégis az 1991–1993 között lezajlott privatizáció jelentette, amelynek végén megalakult az ERBE Energetika Mérnökiroda Kft., tulajdonosa a Magyar Villamos Művek Rt. lett.

Az 1990-es években a társaság vezetése felismerte, hogy közgazdasági, jogi és kereskedelmi szakterületét megerősítve már az energetikai beruházások legkorábbi fázisában, a beruházás pénzügyi, gazdasági és jogi előkészítésében is partnere lehet megbízóinak. Szakemberállománya tudatos fejlesztésével és képzésével pedig alkalmassá válhat különféle technológiájú erőművek generáltervezői feladatainak elvégzésére, és ezenkívül rendelkezhet saját szaktervezői készségekkel, jogosultságokkal, valamint referenciákkal.

A társaság így az energetikai piac egyik vezető mérnökirodájaként részt tudott venni valamennyi, az energetikai szektoron belül megvalósuló erőmű építésében, hálózati és infrastrukturális projekt megvalósításában.

Az ERBE ENERGETIKA Mérnökiroda Kft. az MVM vállalatcsoporton belül betöltendő jövőbeni szerepéhez és megnövekedett feladataihoz igazodóan zártkörűen működő részvénytársasággá alakult 2007-ben. Az MVM ERBE Zrt. a 75 év alatt felhalmozott és elismert tapasztalatait a jövőben tovább hasznosítja. A referencia dokumentációk célirányos felhasználásával és folyamatos képzésekkel biztosítja, hogy munkatársai a legkorszerűbb technológiákat megismerjék és alkalmazzák munkájuk során, az általuk irányított projektek biztos sikere érdekében.

A társaság célja, hogy a Nemzeti Energiastratégia megvalósításában a hazai energiaellátás hosszú távú fenntarthatósága és biztonsága érdekében az ERBE mint az MVM cégcsoport legképzettebb, a legfrissebb trendeket ismerő, beruházási tudásközponttal rendelkező mérnökirodája legyen.

FELHASZNÁLT IRODALOM:
ERBE Krónika, 1950–2015. – Magyar Elektronikus könyvtár Budapest, 2017.
<https://mek.oszk.hu/25900/25985>



Akvamarin projekt – hidrogén-előállító és -tároló technológia
Fotó: Magyar Földgáztároló Zrt.

Sikerrel zárul a Magyar Földgáz-tároló Zrt. egyik kiemelt hidrogén-alapú projektje, az Akvamarin

A Magyar Földgáztároló Zrt. elkötelezett a korszerű hidrogénalapú energiatárolási lehetőségek hosszú távú bevezetésében. A 2021. február 1-én elindított projekt célja, hogy olyan komplex hidrogénalapú energiatárolási rendszert hozzunk létre, amely aktív szerepet vállalhat a magyar villamosenergia-rendszer szabályzásában is.

2023. március végére villamos energiából vízbontást végző PEM-elektrolizáló telepítésére került sor, ahol a termelt hidrogén kapcsán membrán kompresszor segítségével végezzük a tároláshoz szükséges nyomásfokozást. 2023 második felében megtörtént a beüzemelés és a berendezések funkciópróbái, majd 2024 során megoldásra kerültek a prototípus jellegű rendszer megbízható és biztonságos üzemeltetésével, valamint az 50% feletti terhelhetőségével kapcsolatos problémák, minek eredményeként 2025. március közepén sikeresen lezárult a teljes rendszer 72 órás

próbaüzeme, az új technológia használatba vételi engedélyt kapott.

Az Akvamarin projekt révén biztosítható lesz, hogy a megújuló energiaforrás „kikapcsolása” helyett a többlet villamos energia felhasználásával vízbontáson keresztül hidrogén álljon elő.

Terveink szerint 2025 tavasszal megkötésre kerül az MVM Partner Kiserőművi Szabályozó Központjával a csatlakozási szerződés, melynek révén a telepített technológia távüzemeltetéssel szolgálhatja a villamosenergia-ellátó rendszer rugalmasságának növelését, lehetővé téve ezzel a megújuló energiatermelés további térhódítását.

A projekt az Energiaügyi Minisztérium által kezelt Zöldgazdaság Finanszírozási Rendszer (ZFR) előirányzat keretében meghirdetett pályázat során végül 42% támogatásban részesült.

Forrás: Magyar Földgáztároló Zrt.

Aláírássra került az MVM Csoport újonnan létesülő CCGT erőművének fejlesztéséről szóló szerződés

Az MVM Tisza Erőmű Kft. tiszaujvárosi telephelyén létesülő, korszerű kombinált ciklusú gázturbinás (CCGT) erőmű fejlesztésére vonatkozó dokumentumot a nagyszabású projekt megbízói oldaláról az MVM Csoporthoz tartozó MVM Tisza Erőmű képviselői látták el kézjegyükkel, az új erőmű létesítésére és a gázturbinák hosszú távú karbantartására vonatkozó közbeszerzési eljárást elnyerő kétfős konzorcium részéről pedig Olaszország energetikai nagyvállalata, az Ansaldo Energia, valamint a török Calik Holding vezetői hitelesítették.

Az aláírási ceremónián Lantos Csaba energiaügyi miniszter hangsúlyozta, hogy a magyar állam támogatja a hazai energetikai szektor fejlesztéseit, és elkötelezett a zöld és fenntartható megoldások iránt. Az új létesítménynek fontos szerepe lesz a megújuló áramtermelés kiegyensúlyozásában, így a sikeres energiaátmenet megvalósításában is.

A kereskedelmi üzem megkezdését követően a két blokkból álló, 1000 megawatt (MW) teljesítményű, kombinált ciklusú gázturbinás erőmű várhatóan évente átlagosan 7 500 GWh villamos energiát fog biztosítani a magyar villamosenergia-rendszernek.

Mátrai Károly, az MVM Csoport vezérigazgatója pedig a beruházás lokális és regionális szerepét, valamint a társadalmi és gazdasági hatásait emelte ki. A tiszaujvárosi telephelyen megvalósuló erőmű – amelynek kapacitása a Paksi Atomerőmű körülbelül felével lesz egyenértékű – a meglévő villamos hálózati csatlakozásra, a hűtővíz rendszerre és a közeli földgáz csatlakozási lehetőségekre épít. A kedvező infrastruktúrának és a földrajzi adottságoknak köszönhetően a beruházás nemcsak a hálózat stabilitását erősíti, hanem új lendületet ad a helyi gazdaságnak és foglalkoztatásnak is.

Forrás: MVM Csoport

Az újonnan létesülő CCGT erőmű fejlesztéséről szóló szerződés ünnepélyes aláírásán résztvevő delegáció tagjai

Forrás: MVM Csoport



Hírek az energetikáról

2025. 1. félév

Épülhet Európa legnagyobb napelemparkja

Megkapott minden engedélyt, így elkezdődhet Európa legnagyobb napelemparkjának építése a magyar–román határ mellett – írta az economica.net január elején.

A napelemparkot két Arad megyei község, Ottlaka (Graniceri) és Nagypél (Pilu) területén fogják kialakítani. Tavaly decemberben mindkét önkormányzat megadta az utolsó engedélyeket, nyilatkozta Petru Claudiu Batrinut, Ottlaka polgármestere.

a beruházó úgy tájékoztatta, hogy az eredetileg tervezettnél kevesebb, de egyenként nagyobb teljesítményű napelemet fognak elhelyezni a napelemparkban, így a beépített összteljesítmény nem fog változni.

A Monsson Trading 2022-ben jelentette be, hogy a kontinens legnagyobb napelemparkját kívánják kialakítani Arad megyében, a román–magyar határ közelében. Az 1064 hektáros létesítmény beépített teljesítménye 1044 megawatt (MW) lesz. A beruházás becsült értéke 800 millió euró.

A Monsson két másik napelempark létrehozását is tervezi Arad megyében, Kisenőn (Chisineu Cris) és Mácsán (Macea). Ezeknek a tervezett beépített teljesítménye összesen mintegy 800 MW lesz. A Monsson Trading a megújuló forrásokból származó energia termelésére és energiátárolásra szakosodott Monsson Group tagja, amely egy román származású svéd üzletember tulajdonában van. A cégnek több napelemparkja és szélenergia-erőműve van Romániában, energiátárolói kapacitással is rendelkezik. A Monsson Trading 2023-ban 926 millió lej (mintegy 77 milliárd forint) árbevétel mellett 98,8 millió lej (megközelítőleg 8 milliárd forint) nyereséget ért el.

Forrás: MTI

Európa legnagyobb napelemparkja
Fotó: Paks II. Zrt.

„Részünkről valamennyi eljárás lezárult. A beruházók szerint a munkálatok tavasz-szal-nyáron kezdődnek” – mondta az ottlakai polgármester. Elmondása szerint

2,7 milliárd Ft értékben épülnek energiatárolók

Az Energiabörze cégcsoporthoz tartozó PLOOP Kft. 5,6 MW teljesítményű lítium-ionos energiatárolókat épít Csongrádon és Szabadbattyánban.

A beruházás az RRF-6.5.1-23-2024-00047 számú, „Hálózati energiatárolók telepítése energiapiaci szereplőkkel” című pályázat részeként az Európai Unió 756 millió forint értékű támogatásával, 2,7 milliárd forintos tervezett összköltséggel valósul meg. A fejlesztés célja az időjárásfüggő megújuló energiaforrások hatékonyabb integrációja a villamosenergia-rendszerbe, elősegítve a fenntartható energiatermelést és Magyarország klímacéljait. A lítium-ionos energiatárolók maximális teljesítményen üzemeltetve 2 órás folyamatos energia ki- és betáplálásra lesznek alkalmasak. A projekt fizikai befejezése 2026 áprilisára várható.

Az Energiabörze cégcsoport tagja, a PLOOP Kft. megkezdte az 5,6 MW beépített kapacitású energiatároló telepítési projektjének a megvalósítását Szabadbattyánban és Csongrádban két helyszínen.

A fejlesztés eredményeként lehetőség nyílik újabb, megújuló energiaforrások-alapú termelők létesítésére és hálózati csatlakozásukra, ezzel elősegítve a fenntartható energiatermelés növekedését és a zöldenergiaalapú gazdaság fejlődését.

Forrás: MTI

Új kézbe került Magyarország második legnagyobb gázerőműve

Lezárult Magyarország egyik legnagyobb és legmodernebb gáztüzelésű erőművének adásvételi tranzakciója. A francia Veolia és a német Uniper magyarországi érdekeltségei közötti megállapodást egy német kormánydöntés előzte meg – olvasható az Uniper januári közleményében.

Pont került a tavalyi év elején bejelentett, Magyarország egyik legnagyobb kombinált ciklusú gázturbinás erőművének adásvételére. A Gönyűn található erőművet, ami a rendszerszintű kiegyenlítő szabályozási szolgáltatások piacának egyik legjelentősebb szereplője, a nemzetközi Veolia Csoport magyarországi tagvállalata, a Veolia

Invest Hungary Zrt. vette meg a német háttérű, erőművet tulajdonló és üzemeltető Uniper Hungary Energetikai Kft. 100%-os üzletrészeinek kivásárlásával. A bejelentett tranzakció a tervezett időponthoz (2024. III. negyedév) képest csak most véglegesedett. A csúszást feltehetőleg a szükséges hatósági engedélyek beszerzése okozta.



Gönyői kombinált ciklusú gázturbinás erőmű
Fotó: Veolia

Az erőművet 2011-ben helyezték üzembe, összkapacitása pedig eléri a 428 MW-ot, ami a villamosenergia-piac meghatározó szereplőjévé teszi. Az erőmű kiemelt hatásokkal üzemel, Magyarország villamosenergia-termelésének közel 8%-át adja, ezáltal mintegy 600 000 fogyasztó részére biztosítva villamos energiát.

A tranzakcióra azt követően került sor, hogy a német államnak ki kellett mentenie az európai energiaválság, illetve az orosz-ukrán háború következtében az Unipert. A 13,5 milliárd eurós állami mentőcsomagot azzal a feltétellel hagyta jóvá az Európai Bizottság, hogy tíz különböző projektben el kell adnia a részesedését, köztük a gönyői gázerőművet is értékesítenie kell 2026 végéig.

Forrás: Portfolio.hu

Világrekorder energiatároló építésébe kezd a CATL

A világ legnagyobb, naperőművet és akkumulátoros energiatárolót kombináló rendszerét építi fel Abu-Dzabiban a Contemporary Amperex Technology Co. (CATL) és az Egyesült Arab Emírségekből származó Masdar. A rekorder rendszer 5,2 gigawatt napenergia- és 19 gigawatt energiatárolókapacitást nyújt majd.

A projekt a Debrecenben is akkumulátorgyárat létesítő CATL Tener technológiájára épül, amely kimagasló biztonságot és teljesítményt nyújt. A rendszert várhatóan 2027-ben helyezik üzembe – derült ki a kínai vállalat januári közleményéből.

A több mint 6 milliárd dollár (mintegy 2360 milliárd forint) értékű beruházás 5,2 gigawatt napenergia- és 19 gigawatt

energiatároló-kapacitás kiépítését célozza meg, amivel nem csupán a világ legnagyobb ilyen jellegű rendszere készül el, hanem az energiatároló kapacitása önmagában is globális rekorder lesz 2027-es elkészülését követően. A rendszer a tervek szerint a nap 24 órájában, a hét minden napján 1 gigawatt alapterhelési villamos energiát lesz képes biztosítani.

A CATL a beruházás megvalósításához a nagy teljesítményt nyújtó Tener technológiáját alkalmazza majd, amely biztonságtechnikára fókuszáló kialakítása mellett hosszú élettartamot és magas szintű integrációt is biztosít. A rendszer tervezésekor a vállalat korábbi termékefejlesztéseit alapul véve javított az energiatároló rendszer védelmi szintjén

és energiaelosztásán, illetve képes megoldást nyújtani a hektikusan ingadozó villamosenergia-igényekre.

A 2006-ban alapított Masdar kulcszerepet játszik abban, hogy erősítse az Egyesült Arab Emírségek globális pozícióját a fenntarthatóság területén

és az éghajlatváltozás elleni küzdelemben. A vállalat több mint 40 országban hajtott végre sikeres projekteket, és vett részt partneri együttműködésben annak érdekében, hogy megújulóenergia-portfóliójának kapacitása 2030-ra elérje a 100 gigawattot.

Forrás: vg.hu

Bezár a világ egyik legnagyobb naperőműve

Fölöslegesen pocsékolták el az adófizetők pénzét? Madarak és teknősök tömegének a pusztulását okozta a kudarcos naperőmű a Mojave-sivatagban. A kormányzatok néha rossz lóra tesznek, ez történt a kaliforniai-nevadai határ közelében lévő Ivanpah naperőművel. Távolról olyan, mint egy hatalmas csillogó tó, közelről egy földönkívüli, több százezer tükörből álló létesítmény. A tükrök három toronyra irányulnak, amelyek mindegyike magasabb, mint a New York-i Szabadság-szobor.

A Los Angeles Times a világ legrondább naperőművének minősítette a létesítményt, amely 2014 elején kezdett működni, és akkor a napenergia jövőjeként hirdették. Alig több mint egy évtizeddel később, most bezárják.

Az erőmű társtulajdonosa, az NRG Energy januárban jelentette be, hogy felbontja az áramszolgáltatókkal kötött szerződéseket, és a hatósági jóváhagyás függvényében 2026 elején megkezdí az erőmű bezárását, előkészítve a területet arra, hogy egy új típusú napenergia számára újból hasznosíthassák.

A CNN szerint egyesek számára az Ivanpah az elpazarolt adódollárok és a környezeti károk hatalmas, fényes emlékműve. Mások szerint az ehhez hasonló kudarcok természetes részei a tiszta energiára való áttérés legjobb megoldásainak megtalálásáért folytatott versenynek. A létesítmény

tervezésekor még potenciálátörésnek tekintették az itt alkalmazott, koncentrált vagy termikus napenergia technológiáját.

Ez úgy működik, hogy több százezer számítógép-vezérelt tükör, úgynevezett „heliosztát” követi a napot, és a sugarakat három toronyra koncentrálja, amelyek mindegyike körülbelül 137 méter magas, és a tetejükön vízzel töltött kazánok vannak. A nap koncentrált energiája ezt a vizet gőzzé alakítja, amely egy turbinát hajt meg, és így áramot termel.

Ennek a technológiának az egyik legfontosabb előnye, hogy képes tárolni a hőt, ami lehetővé teszi a villamosenergia-termelést éjszaka vagy akkor is, amikor nem süt a nap, anélkül, hogy akkumulátorokra lenne szükség. A projektet a kormány 1,6 milliárd dollár értékű, az Energiaügyi Minisztérium által nyújtott hitelgaranciával támogatta, két közműszolgáltató, a Pacific Gas

& Electric Company és a Southern California Edison pedig hosszú távú, 2039-ig szóló megállapodást kötött a termelt energia megvásárlására. Megnyitásakor, 2014-ben ez volt a világ legnagyobb naphőerőműve, amely mintegy 13 négyzetkilométernyi szövetségi területen terül el.

A dolog azonban nem úgy sült el, ahogyan tervezték. Először is kiderült, hogy a technológia kényes, soha nem működött olyan jól, mint ahogyan azt tervezték – magyarázta a hírtelvezítőnek Jenny Chase, a BloombergNEF napenergia-elemzője.

Az ilyen típusú erőműveket „technikailag nagyon nehéz működtetni”, mert nem elég, hogy üzemeltetni kell a turbinát és karban tartani a sok mozgó alkatrészt, ahogyan a fosszilis tüzelőanyaggal működő erőművek estében is, ráadásul még ötvözni is kell az elosztott energiaforrás kihívásaival. A technológia ugyanis a nap pontos követésére szolgáló tükrökre épül, azokat azonban nagyon nehéz tökéletesen felsorakoztatni, és mindig egy vonalban tartani.

A legnagyobb probléma azonban talán az volt az Ivanpah számára, hogy a fotovoltaiikus energia nagyon-nagyon olcsó lett. A világ egyes részein „gyakorlatilag egy kerítéspanel árérték meg lehet venni egy napelemet”, hangsúlyozta Chase, hozzátéve, hogy az Ivanpah építésének idején „senki sem gondolta volna, hogy a napelemek és az akkumulátorok ennyire olcsók lesznek”.

A projekt kritikusai szerint a bezárás újabb bizonyíték arra, hogy a létesítményt eleve meg sem kellett volna építeni. Julia Dowell, a Sierra Club környezetvédelmi egyesület vezető kampányszervezője pusztán „pénzpocsékolásnak és környezeti katasztrófának” nevezte. A projekt megépítése pótolhatatlan, érintetlen sivatagi élőhelyet pusztított el.

A Mojave ugyanis többek között a veszélyeztetett sivatagi teknősök élőhelye, és nagy felháborodást okozott a sok elpusztult madár is. A tükrök intenzív hősugarai által a levegőben elhamvasztott madarakról szóló sajtójelentések csak növelték a projekttel szembeni ellenállást.

Forrás: vg.hu

A kaliforniai-nevadai határ közelében lévő Ivanpah naperőmű
Fotó: vg.hu



Együttműködik az ABB és a Wieland Electric

Az ABB Energetika üzletágához tartozó Smart Buildings divízió és a Wieland Electric február közepén jelentette be stratégiai partnerségét, amelynek célja a moduláris és sorozatgyártás forradalmasítása modern, előregyártott villanszerelési, installációs rendszerekkel.

Az együttműködés ötvözi a Wieland innovatív csatlakozástechnológiáját az ABB széleskörű portfóliójával – beleértve a kapcsolókat, csatlakozóaljzatokat, kötődobozokat, energiaelosztó és okosotthon megoldásokat –, hogy a moduláris és sorozatgyártást alkalmazó építési projektek hatékonyságának növelése érdekében önkonfiguráló, plug-and-play villamos szerelvényeket biztosítson.

Ez a közös termékkínálat az ABB innovatív energiaelosztó rendszereit, kábelezési tartozékait és okosotthon megoldásait integrálja a WIELAND PREFAB® dugaszolható installációs rendszerével. A konfiguráláshoz digitális tervezőeszközöket használó önkonfiguráló, plug-and-play megoldás

az építkezésekre just-in-time szállítást tesz lehetővé, és akár 70%-kal is lerövidíti a helyszíni villanszerelési időt, a költségeket pedig mintegy 30%-kal csökkenti.

Az új termékcsomag ideális a fokozottan szabványosított projektekhez, például a többlakásos épületekhez és szállodákhoz, ahol a leginkább profitálhatnak a nagyobb hatékonyságból. A kevésbé szabványosított projektek és az egyedi lakóházak is kihasználhatják a megoldás előnyeit, megkönnyítve a szoros határidők betartását és a korlátozott erőforrások kezelését. Összességében a megoldás új mércét állít fel az építkezések gyorsasága, megbízhatósága és fenntarthatósága terén.

Forrás: ABB

Az ABB és a Sage Geosystems közösen aknázza ki a geotermikus energiában rejlő lehetőségeket

Az ABB és a geotermikus energiatermelés terén piacvezető Sage Geosystems együttműködési szándéknyilatkozatot írt alá az energiatermelő és geotermikus energiatermelő létesítmények fejlesztésére irányuló együttműködésről, amelyek a Föld mélyéből származó természetes hőt használják fel tiszta villamos energia előállítására.

A februárban létrejött együttműködés lehetővé teszi az ABB számára, hogy támogassa a Sage és a Meta, a Facebook és az Instagram anyavállalata közötti megállapodást, amelynek értelmében a Sage egy, az Egyesült Álla-

mokban, a Sziklás-hegységtől keletre épülő geotermikus erőműből akár 150 MW-nyi, megszakítás nélküli geotermikus alaperőművi áramot képes szállítani. A projekt első szakasza várhatóan 2027-re áll üzembe.



A Sage Geosystem Geopressed Geothermal System (GGS) technológiájára alapozott energiatároló létesítménye
Fotó: ABB

A szándéknyilatkozat értelmében az ABB megvizsgálja, hogy automatizálási, elektrifikációs és digitális technológiája miként alkalmazható a világszerte létesített geotermikus létesítményekben az energia-hatékonyság és a megbízhatóság maximalizálása érdekében. Ez magában foglalhatja az elosztott vezérlőrendszer (DCS), az elektromos infrastruktúra-architektúra és az olyan digitális megoldások szállítását, mint például az eszközteljesítmény-menedzsment megoldások, valamint a folyamatoptimalizálási és a kiberbiztonsági rendszerek. A partnerség keretében lehetőség nyílik a Sage energiatárolási technológiájához kapcsolódó megoldások fejlesztésére is, amely olyan időszakos megújuló energiaforrásokkal társítható, mint a nap- és a szélerőművek.

A geotermikus energia a jövő energiamixének fontos összetevője lehet, mivel a növelt hatékonyságú geotermikus rendszerek alig vagy egyáltalán nem bocsátanak ki üveg-

házhatású gázokat. A GGS-eljárás során nyomás alatt folyadékot pumpálnak egy mesterséges felszín alatti tározóba. Miután a tárolt víz több mint 150 °C-ra felmelegedett, a túlnyomás vagy a mechanikai energia felhasználásával a víz a felszínre emelhető, hogy hőcserélőkön és turbinákon keresztül áramot termeljen. Úgy vélik, hogy a geotermikus energia csak az Egyesült Államokban elegendő természetes hőforrást tudna biztosítani több mint 65 millió otthon energiaellátásához.

A Rystad Energy szerint a geotermikus energia részaránya a világ energiaellátásában a jelenlegi 0,3%-os piaci részesedéséről tovább fog növekedni. Globális szinten a kiépített geotermikus kapacitás jelenleg 16,8 GW, de ez a szám 2030-ra várhatóan eléri a 28 GW-ot, 2050-re pedig a 110 GW-ot. A piac növekedési pályája várhatóan több mint 120 milliárd dollár beruházást vonz 2035-ig.

Forrás: ABB

Magyar szoftver biztosítja a balti országok stabil villamosenergia-ellátását

Történelmi pillanathoz érkezett a balti villamosenergia-piac: sikeresen megvalósult Észtország, Lettország és Litvánia villamosenergia-rendszerének szinkronizálása a kontinentális Európával, és egyúttal megszűnt az orosz IPS/UPS rendszertől való függőségük. Ez a siker a magyar Navitasoft Zrt. szoftverfejlesztő nélkül elképzelhetetlen lett volna.

Évekig tartó előkészületek, hónapokig tartó finomhangolás és a végső visszaszámlálást követően a balti államok 2025. február 8-án, szombaton a kora reggeli órákban hivatalosan átkapcsolódtak a kontinentális Európa villamosenergia-hálózatára, hátrahagyva ezzel az orosz villamosenergia-rendszert. Ez a balti energiafüggetlenség meghatározó mérföldköve.

A Baltikum hálózatain belül jelentős infrastruktúrális fejlesztések mentek végbe, hogy önállóan is helyt tudjanak állni. Az átálláshoz azonban informatikai rendszerre is szükség volt: a Navitasoft és alvállalkozója, a belga N-SIDE által közösen kifejlesztett Balti Kiegyenlítő Kapacitáspiac (BBCM) platformra.

A BBCM platform optimalizálja a Baltikumban az erőforrások felhasználását, amivel növeli az ellátásbiztonságot, valamint elősegíti a megújuló energiaforrások biztonságos használatát. A rendszer képes kezelni a valós idejű piaci feltételeket, miközben fenntartja a hatékonyságot és az átláthatóságot.

A balti országok az Európához történő csatlakozással piaci alapon működő villamosenergetikai forrásokra tettek szert.

Az első napok tapasztalatai alapján az integráció jól működik, de az EU régi tagállamai és a balti országok közti átviteli hálózat szűkületei miatt magasabb kiegyenlítő piaci árak alakultak ki a korábbiaknál. „Iparági tapasztalatokra és a piac törvényszerűségeire alapozva szakértői egyetértés van abban, hogy a balti országokban rugalmas erőművek, akkumulátorok telepítése jelentős mértékben várható. Az EU energiaszolgáltató vállalatai addig is új piacot nyertek. Ne feledjük, hogy a villamos áram az együttműködő hálózatban a fizika törvényei szerint áramlik, amit a Navitasoft megoldása üzletileg is lekövet.” – mondta Füzi Ákos, a Navitasoft Zrt. alapítója és vezérigazgatója.

A BBCM sikeres elindítása meghatározó pillanat a balti energiaágazat számára. A platform bevezetésével Észtország, Lettország és Litvánia a villamosenergia-rendszerét az Európai Unióhoz kötötte, ezzel a világ talán legfejlettebb és legnagyobb együttműködő rendszeréhez csatlakozva megerősítette energiafüggetlenségét, és biztosította villamos hálózataik stabilitását a jövőre nézve. Ez hatalmas mérföldkő a szuverén balti nemzetek geopolitikai átalakulásában.

Forrás: Navitasoft Zrt.

Új napelem: forradalmi találmányt mutattak be

Új, ívelt kialakítású napelemes tetőcserepet mutatott be a Los Angeles-i CES 2025 expón a Jackery. A zöldenergiára szakosodott kaliforniai cég napelemes eszközei a meglévő tetőcserepekbe és struktúrákba integrálódnak, a cellák állítólag 25 százalék feletti hatékonysággal büszkélkedhetnek.



Jackery napelemes tetőcserepe
Fotó: yahooltech

A tetőcsereprendszer négyzetméterenként legfeljebb 170 wattot képes termelni, minden egyes cserép 38 watt névleges teljesítményű. A cserép két színben kapható, egy sötét obszián színű és egy klasszikusabb terrakotta változatban. A gyártó szerint idővel további színek is megjelennek majd a piacon.

A cserepekre 30 év garanciát adnak, és úgy tervezték őket, hogy ellenálljanak a szélsőséges időjárási körülményeknek, többek között a -40 és 85 Celsius-fok közötti hőmérsékletnek, a jégesőnek és

a nagy szélnek. Minden egyes cserép súlya 4,5 kilogramm. A Jackery Solar Roofot hálózati integrációra tervezték, és kompatibilis az intelligens energiagazdálkodási rendszerekkel, például a Jackery saját napelemes generátoraival és rendszereivel.

A vállalat által rendelkezésre bocsátott rövid videó alapján a cserepek MC4-es csatlakozókkal kapcsolódnak az inverterhez. Bár az egyes cserepek végső hatékonysága valószínűleg jóval alacsonyabb lesz, mint a cég által ismertetett érték, ívelt formájuk miatt így is kilógnak a napelemes cserepek piacán, ahol többnyire homogén sötét és lapos modulok érhetők el.

A Jackery további adatokat, így árinformációkat nem hozott nyilvánosságra, a cég csupán annyit közölt, hogy a Solar Roof nevű termék idén jelenik meg. A gyártó ezzel együtt a Jackery Explorer 3000v2-t is piacra dobta, amely egy korábbi napelemes generátor második kiadása. A Jackery szerint ez a legkisebb és legkönnyebb 3 kilowattórás, napelemek által működtetett lítium-vas-foszfát generátor a piacon.

Forrás: alternativenergia.hu

MEKH: Új felületen és bővített adattartalommal publikálják piacmonitoring riportjaikat

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) megújult piacelemzési honlapja interaktív adatvizualizációval, folyamatosan frissülő adatbázisokkal, az adatsorok összehasonlításának lehetőségével és letölthető adattáblákkal segítik a szakemberek és az érdeklődők munkáját.

A honlapon keresztül a felhasználók széles körű adatbázishoz férhetnek hozzá, amely információt nyújt többek között az európai és hazai energiaárak alakulásáról, az energiatermelés és -felhasználás trendjeiről, az import-export forgalomról, a szabályozási piac folyamatairól, valamint a rendszerterhelési adatokról.

Új piacelemzési honlap elérhetősége:



Forrás: MEKH

Hogyan profitál Finnország az áramár-ingadozásokból?

Megkezdődhet Finnország eddigi legnagyobb akkumulátoros energiatárolójának építése, miután a projekt megkapta a végső befektetési döntést (FID). A 70 megawattos rendszer, amely kétórányi áram tárolására lesz képes, várhatóan jövő év második felében áll üzembe. A növekvő negatív áramárak időszakok és a magas volatilitás egyre nagyobb piacot jelent az energiatárolási megoldásoknak, amit a befektetők is érzékelnek – írta meg március elején a Bloomberg.

A projektet az SEB Nordic Energy Locus Energy és az Ingrid Capacity AB indította el február végén. Az akkumulátoros tárolás gyorsan növekvő szektor, amely kulcsfontosságú szerepet játszik az egyre inkább ingadozó energiapiac stabilizálásában. Ahogy Európa egyre több megújuló energiaforrást épít ki, az árampiacon egyre gyakoribbá válnak a negatív árazások.

Ékes példája ennek az összeurópai árampiac, ahol akár 80 euró/MWh-s árkülönbségek is kialakulhatnak napközben. A negatív áras időszakokban lehetőségként felmerül, hogy az akkumulátor-üzemeltetők az alacsony árú vagy ingyenes áramot eltárolják későbbre, így azt a mennyiséget később – amikor magasabbak az árampiaci árak – el tudják adni. Ez az úgynevezett árarbitrázs



A kép illusztráció

módszer, ami egy igen jelentős részét teheti majd ki az újonnan telepített energiatárolók bevételei forrásainak.

„Jelenleg rengeteg szélerőmű épül az országban és hatalmas az igény a kiegyenlítésre. Emellett az intraday piac is jelentős Finnországban, amelyet különösen vonzónak találunk” – mondta Nicklas Backer, az Ingrid stratégiai igazgatója egy interjúban. Ezzel arra utalt, hogy a magas, napon belüli árampiaci mozgások miatt a kereskedők vonzónak találják ezt a piacot, hiszen minél nagyobbak ezek a kilengések, annál többet tudnak keresni rajta. Márpedig Finnországban erre bőven van lehetőség: 2023-ban 725 órán keresztül volt negatív az áramár, miközben 2021-ben mindössze 5 ilyen óra volt – ezzel jelentősen megelőzte a dobogó második

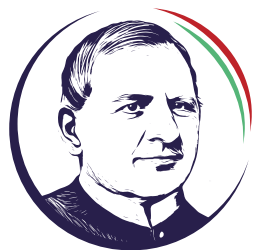
helyezettjét, Németországot is, ahol 455 negatív árazású óra volt tavaly.

„Nagy kihívásokkal nézünk szembe Finnországban, mivel az időjárásfüggő áramtermelés aránya egyre nő, miközben az alaperőművi termelés is bővül, például az Olkiluoto-3 atomerőmű beindításával” – mondta Backer. „Ha túl sok termelés van, az negatív árakat eredményez.”

A magas piaci volatilitás azonban egyre nagyobb piacot jelent az energiatárolási megoldásoknak. A BloombergNEF előrejelzése szerint 2035-re a globális energiatárolási kapacitás tízszeresére nő a jelenlegi szinthez képest, amit főként Kína, az Egyesült Államok, Németország, Olaszország és az Egyesült Királyság vezérelnek.

Forrás: Portfolio.hu

Elindul a Jedlik Ányos Energetikai Program



Jedlik Ányos Energetikai Program

440 milliárd forint felhasználásával elindul a Jedlik Ányos Energetikai Program, amelynek keretében tíz pályázat ösztönzi a vállalati fejlesztéseket – jelentette be március közepén Lantos Csaba energiaügyi miniszter.

A tárcavezető a pályázati kiírásokból az alábbi célterületeket emelte ki:

- vállalati energiahatékonyság javítása,
- céges energiatárolók létesítése,
- biogáz és biometán előállítása,
- energetikai kutatás-fejlesztés,
- több kiírás támogatja a földhő fokozott hasznosítását és
- a távhőrendszer korszerűsítését.

A miniszter rámutatott, hogy a program erősíti Magyarország energiafüggetlenségét

és a fogyasztók ellátásának biztonságát, a zöldenergia-termelés és -tárolás ösztönzésével a környezetvédelmet is segíti.

Legfontosabb hatása az, hogy csökkenti a hazai cégek rezsikiadásait, ezzel javítja a versenyhelyzetüket.

A felhívástervezetek kialakításába beépítik a szakmai javaslatokat, társadalmi egyeztetésük márciustól júliusig folyamatosan zajlik. Várhatóan augusztusig az összes pályázat élesben is elindul.

Forrás: Energiaügyi Minisztérium

Több mint duplájára növeli napenergia-termelését a MOL

Március közepén megkezdődött a termelés a ballószögi napelemparkban. A létesítmény elindulásával 66 megawattal bővült, és több mint duplájára növekedett a vállalat megújulóenergia-termelési kapacitása.

A MOL tavaly decemberben vásárolta meg a ballószögi naperőművet építő Naperőmű Farm Kft.-t, a létesítmény pedig a sikeres próbaüzemet követően megkezdte a zöldáram-termelést. Az erőmű által megtermelt áramot az ALTEO Energiaszolgáltató Nyrt.-n keresztül értékesíti a vállalat.

A MOL kiemelt stratégiai célja, hogy minél több saját forrásból termelt zöldenergiával erősítse Magyarország energetikai függetlenségét. Ennek részeként a vállalat 2026 második felére egy 48 MW kapacitású napelemparkot is felépít Tiszaújvárosban, és 2030-ig akár évi 2500 GWh megújuló villamos energiát is felhasználhat.

Dr. Bacsá György, a MOL Magyarország ügyvezető igazgatója a Magyar Megújuló Energia Szövetség rendezvényén jelezte:

a cégcsoport stratégiai célja, hogy meghatározó szereplővé váljon a megújulóenergia-termelésben, és ezzel aktívan hozzájáruljon Magyarország energia-biztonságához és fenntartható jövőjéhez. A ballószögi naperőmű beindításával újabb fontos mérföldkövet értek el: több mint duplájára növelték megújuló kapacitásukat, így zöldárammal tudják ellátni a létesítményeiket és akár a lakossági fogyasztókat is. A következő években további beruházásokkal szeretnék növelni a megújuló forrásból származó áram-termelésüket, hogy a MOL ipari energiaigénye mellett a magyar gazdaság fenntartható működését is támogassa.

A MOL az Optimum Vogt Kft.-től, az Ib vogt GmbH leányvállalatától vásárolta meg a Naperőmű Farm Kft.-t, amely 100 hektáron építette fel a ballószögi napelemparkot. A

113 000 panelből álló létesítmény 20 000 magyar háztartás éves fogyasztásának megfelelő áramot termel, és a legmodernebb technológiát alkalmazza: a napelemek a nap mozgását követve maximalizálják a termelést.

A MOL és partnerei 73,8%-os részesedéssel rendelkeznek az ALTEO Nyrt.-ben, amely megközelítőleg 110 MW megújulóenergia-kapacitással bír. A MOL jelenleg hat magyarországi és egy horvátországi napelemparkot üzemeltet, összesen

45 MW kapacitással, és 2026-ra ezt 200 MW fölé tervezi növelni.

Fenntarthatósági stratégiájának részeként a MOL tavaly elindította a régió legnagyobb, 10 MW-os zöldhidrogén üzemét Százhalombattán, amely évente 1600 tonna karbonsemleges hidrogént állít elő az üzemanyaggyártáshoz. A vállalat további zöldhidrogén üzemeket tervez Rijekában és Pozsonyban.

Forrás: MOL.hu

A kép illusztráció



Amerikai atomerőmű épülhet Indiában

Az Egyesült Államok és India közötti nukleáris együttműködés új lendületet kaphat, miután Washington januárban bejelentette, hogy véglegesíti a partnerség akadályainak elhárítására irányuló lépéseket – számolt be róla a Reuters. Jake Sullivan amerikai nemzetbiztonsági tanácsadó újdélhi látogatása során tett bejelentése fontos mérföldkő lehet a két ország közötti, évek óta húzódozó tárgyalásokban.

Az Egyesült Államok és India a 2000-es évek közepe óta folytat tárgyalásokat amerikai atomreaktorok Indiába történő szállításáról.

A megbeszélések egyik fő akadály a volt, hogy az indiai felelősségi szabályokat összehangba kellett hozni a globális normákkal.

Ezek a normák előírják, hogy egy esetleges baleset költségeit az atomerőmű üzemeltetőjének kell viselnie, nem pedig a gyártónak.

A civil nukleáris együttműködésről szóló megállapodást 2007-ben írta alá George W. Bush akkori amerikai elnök, ami jelentős lépés volt az Egyesült Államok számára a civil célú nukleáris technológia Indiának történő értékesítése felé.

Sullivan bejelentése szerint az Egyesült Államok most véglegesíti a szükséges lépéseket, hogy megszüntesse azokat a régóta fennálló szabályozásokat, amelyek megakadályozták a civil nukleáris együttműködést India vezető nukleáris szervezetei és az amerikai vállalatok között.

A két ország 2019-ben már megállapodott amerikai atomerőmű építéséről Indiában, azonban India szigorú nukleáris kompenzációs törvényei korábban nehézségeket okoztak a külföldi erőműépítőkkel kötött üzleteknél, ami késleltette az ország azon célját, hogy 2020-tól 2030-ig 20 000 MW atomenergia-kapacitást építsen ki.

Az új fejlemények jelentős előrelépést jelenthetnek az indiai-amerikai nukleáris együttműködésben, és hozzájárulhatnak India növekvő energiaigényének kielégítéséhez, valamint az ország atomenergia-programjának fejlesztéséhez.

Forrás: Portfolio.hu

Ötéves az első orosz úszó atomerőmű

Január közepén megtermelte az első milliárd kilowattórát a világ első úszó atomerőműve, amelyet az orosz atomerőműveket üzemeltető Roszenergoatom, a Roszatom állami konszern villamosenergia-ipari részlege öt éve működtet a csukcsföldi Pevek városában.

A Lomonoszov akadémikus nevét viselő úszó atomerőmű a csukcsföldi Csaunbilibinói villamosenergetikai-hálózatot sziget üzem módban látja el elektromos energiával. Az atomerőmű Csukcsföld nyugati részének fogyasztóit, jórészt bányavállalatokat és ércfeldolgozókat, valamint Pevek városát, illetve a jakutföldi Cserszkij települést látja el elektromos energiával. Pevekben a távhőszolgáltatást is az úszó atomerőmű biztosítja, amely évről évre növelte teljesítményét. Üzembe helyezésének 5. évfordulóját májusban ünneplik meg.

A Pevekben található úszó atomerőmű a világ első kis teljesítményű működő úszó atomerőműve és egyben a világ legészakibb

atomerőműve. Az úszó atomerőmű biztosítja a csukcsföldi Baimszkaja érclelőhely bányához a szükséges energiát. Az úszó atomerőmű összteljesítménye a pevek távfűtőrendszerbe táplált hőenergia nélkül 70 MW, a maximális hőteljesítménye 44 MW. A település lakossága 5000 fő. Az úszó atomerőmű ugyanakkor képes lenne akár egy 100 000 lakosú város számára is biztosítani a szükséges villamos energiát.

„A tavalyi év meghatározó volt az úszó atomerőmű számára. Sikeresen lezárult történetének első üzemanyagcseréje. Az északi-sarkvidéki körülmények között ez kihívást jelentett, de teljesítettük. Úgy vélem, ez a siker a hatékony munka-

szervezésnek és az atomerőművi személyzet összehangolt munkájának volt köszönhető. Munkánk egyik sajátossága, hogy a személyzet egy része rotációs alapon dolgozik, másik részük 5000 km távolságból távmunka keretében végzi a feladatokat, a többiek pedig állandó jelleggel Pevékben dolgoznak. A munkavégzés a kezdetektől fogva a hagyományostól eltérő módon zajlik az úszó atomerőművi projektben. A dolgozók professzionális musáinak, az egyéni teljesítményeknek és a csapatmunkának köszönhető a kiemelkedő termelési eredmény” – közölte Natalja Taraszova, az úszó atomerőmű személyzeti ügyekért felelős igazgatóhelyettese.

A Roszatom villamosenergia-ipari részlege a legnagyobb alacsony szén-dioxid-kibocsátású villamosenergia-termelő Oroszországban. A Roszenergoatom 11 atomerőművet üzemeltet, köztük a világ egyetlen úszó atomerőművét. A 28,5 GW összteljesítményű 35 blokk az Oroszországban termelt villamos energia hozzávetőleg 19%-át adja.



A világ első úszó atomerőműve
Fotó: Roszatom

A divízió vállalatai teljes körű szolgáltatást nyújtanak az atomerőművi blokkok üzembe helyezése, javítása, karbantartása és a személyzet képzése terén, izotópokat állítanak elő a gyógyászat, a mezőgazdaság és a mikroelektronika számára. Emellett a vállalat tevékenységi körébe tartozik az elektromos járművek töltési infrastruktúra-hálózatának fejlesztése, biogáz erőművek létesítése és ipari robotok gyártása is.

Forrás: Roszatom

Az EU áramtermelésének negyede atomenergiából származik

Miközben Németország végleg búcsút intett az atomenergiának, Franciaország újra felpörgette reaktorait, így az EU nukleáris áramtermelése 2023-ban enyhén növekedett. A kontinens 13 atomerőművet üzemeltető országa összesen több mint 600 ezer GWh villamos energiát állított elő, ami az uniós áramtermelés csaknem egynegyedét tette ki.

Érdekes számok olvashatók ki az Eurostat frissen közzétett adataiból: az Európai Unió 13, nukleáris energiát alkalmazó országa **2023-ban összesen 619 601 GWh villamos energiát termelt atomenergiából**, ami 1,7%-os növekedést jelent az előző évhez képest. Ezzel a nukleáris áram az EU teljes villamosenergia-termelésének 22,8%-át tette ki.

A szerény növekedés fő mozgatórugója Franciaország: az EU legjelentősebb nukleáris szereplőjeként az ország 338 202 GWh áramot állított elő, így az Európai Unió nukleáris termelésének több mint felét (54,6%) adta. Utána Spanyolország következik 58 873 GWh-val (9,2%), majd Svédország 48 470 GWh-val (7,8%)

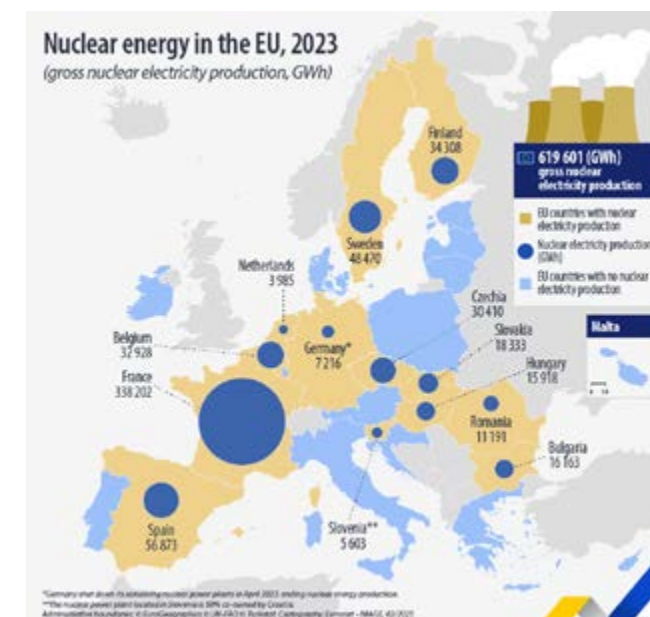
és végül Finnország, amely 34 308 GWh-t termelt (5,5%).

Fontos fordulópontot jelentett Németország döntése, amely 2023 áprilisában végleg kivonta az atomerőműveit a rendszerből. A teljes leállás előtt, 2023 elején még 7 216 GWh energiát termelt nukleáris alapon, de ezzel be is fejeződött az ország atomerőművi korszakának utolsó fejezete. Érdekes, hogy Németország egészen 2021-ig a második legnagyobb uniós nukleáris áramtermelő volt.

Mit hozhat a jövő? A nukleáris energia körüli viták folytatódhatnak: egyre több ország törekszik karbonsemlegességre és klímacélok elérésére, emellett a politikai és társadalmi megítélés is erősen befolyásolja a nukleáris bővítéseket vagy éppen kivezetéseket. A 2023-as termelési adatok ugyan a stabilizálódó nukleáris termelés felé mutatnak – különösen a francia állapotok rendeződésének köszönhetően –,

a hosszú távú trendek azonban a beruházási döntésektől, a technológiai fejlődéstől és a szabályozási környezettől függenek majd.

Forrás: Portfolio.hu



Az Európai Unió „nukleáris térképe”
Fotó: Eurostat

Úttörő jellegű beruházás lenne a kiskunhalasi geotermikus erőmű megépítése

Úttörő jellegű beruházás lenne a kiskunhalasi tervezett geotermikus erőmű megépítése, ez lenne az első folyamatosan működő, villamos energiát termelő és hőszolgáltatást is nyújtó ilyen létesítmény – hangsúlyozta az MTI-nek Horváth Viktor, az Energiaügyi Minisztérium (EM) energiaátmenetért felelős helyettes államtitkára csütörtökön Kiskunhalason. Horváth Viktor a geotermikus energia térségi hasznosításának terveiről és lehetőségiről szóló egyeztetés előtt elmondta, Magyarország

számára alapvető fontosságú a megújuló energia hasznosítása és az ellátásbiztonság megteremtése is. Ezt egyszerre biztosítja a geotermia, amely folyamatosan elérhető energiaforrás a nap minden órájában és az év minden napján – tette hozzá. A helyettes államtitkár reményét fejezte ki, hogy Kiskunhalason hamarosan találnak olyan hőfokú vizet, amelyből villamos energiát lehet előállítani, miközben a helyiek számára hőt is szolgáltatnak fűtésre, meleg vízre.

Forrás: MTI

Magyarország világelső a napenergia hasznosításában

2024-ben a hazai áramtermelés negyedét adták a napelemek, ez a legmagasabb arány nemcsak Európában, hanem az egész világon is.

Tavalyelőtt Chile és Görögország mögött a harmadik helyen álltunk ebben az összevetésben. Az Ember független nemzetközi think tank friss jelentése szerint a 25 százalékosra nőtt magyar részesedéssel mindkét országot megelőztük az elmúlt esztendőben.

Az 5 terawattóra feletti termelést elérők közül hazánkon kívül csak a két másik dobogós (Chile és Görögország sorrendben, 22 százalékkal) és Spanyolország (21 százalékkal) rendelkezik 20 százalék feletti napenergia-aránnyal. A szerzők megjegyzik, hogy a világ-rangsor két élvosa tíz éve még 2 százaléknál kisebb hányadot tudott felmutatni.

Az elemzők januári összevetéséből az is kiderült, hogy Magyarország az elmúlt öt esztendőben a legnagyobb arányú európai növekedést produkálta a 2019-ben még csak 4 százalékos szintről. Hollandia mellett

mi büszkélkedhetünk még azzal, hogy tavaly a csúcstermelési időszakokban több mint hetven napon fedezték a hazai áramigények több mint 80 százalékát a naperőművek. A korábbi jelentés kiemelte, hogy 2023-hoz képest ez leginkább hazánk esetében mutat érdemi előrelépést, tavalyelőtt ugyanis még csak 10 ilyen napot regisztráltak.

Magyarországon mintegy 7800 megawatt napenergia-kapacitás létesült 2025 tavaszára. A meglévő beépített teljesítmény négyötöde 2020 óta állt üzembe. 2022-től egymást követő három évben nőtt legalább 1200 megawattal a hazai napelemes kapacitás.

A jövő a zöldenergiáé. A tiszta áramtermelés előnyei akkor érvényesülhetnek igazán, ha megfelelő tárolási képességekkel egészülnek ki, és a megújulók közül teret nyernek az időjárástól és napszaktól nem függő alternatívák is. A kormány legújabban a Jedlik Ányos Energetikai Programban támogatja a vállalati energiatárolók létesítését, a földhő és a biogáz-biometán fokozott hasznosítását.

Forrás: Energiaügyi Minisztérium

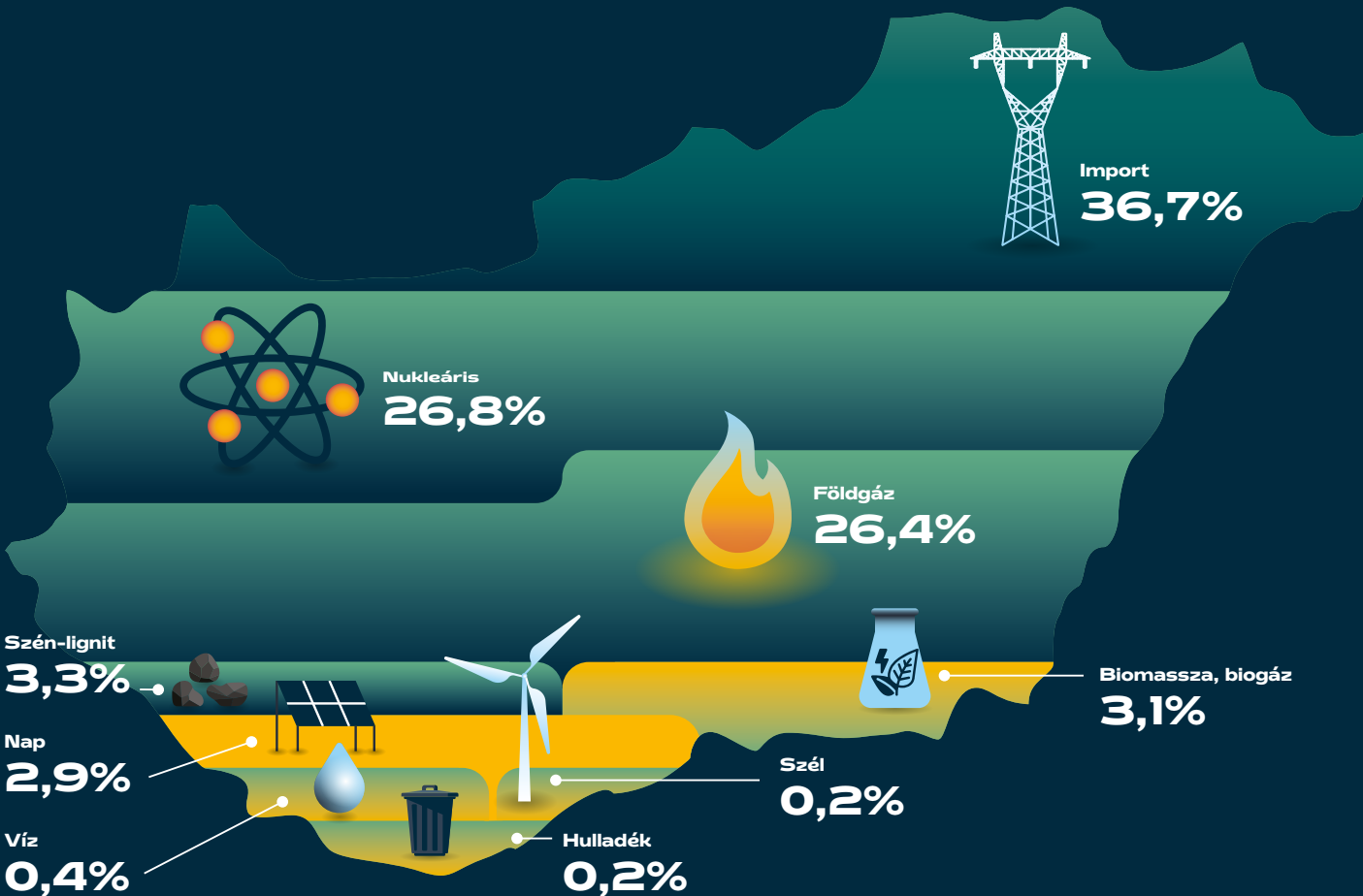
A kép illusztráció



A 2025. január 20-ai (12:00-12:15) rendszerterhelési csúcs pillanata*

Bruttó rendszerterhelés csúcs értéke:

7663 MW



Forrásösszetétel	Tényleges termelés	Beépített kapacitás január 20-án
Import-export szaldó	2816 MW	
Nukleáris	2051 MW	2026,6 MW
Földgáz	2023 MW	3214,8 MW
Szén-lignit	250 MW	926,3 MW
Biomassza, biogáz	234 MW	444,8 MW
Nap	226 MW	4049,9 MW
Szél	31 MW	61,2 MW
Víz	19 MW	49,4 MW
Hulladék	13 MW	325,1 MW

63,3%

Hazai termelés

6,8%

Megújuló energia

*A csúcsidei negyedóra átlag értéke

Forrás: MAVIR ZRt.

