ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *58. évfolyam 2017. 6. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

GAZDÁLKODÁSI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

KELLEMES ÜNNEPEKET
ÉS
ENERGIÁBAN GAZDAG
BOLDOG ÚJ ÉVET KÍVÁNUNK!

HUNYADI

ENERGETIKA. TERMÉSZETESEN. ETIKUSAN.

A Hunyadi Kft. 2017-ben Üzleti Etikai Díjban részesült.

Üzleti Etikai Díj

www.hunyadi.hu

Jegyezze elő naptárába!

HOTEL NAUTIS, GÁRDONY
2018. MÁRCIUS 7-8.

KLENEN'18

KLÍMAVÁLTOZÁS
ENERGIATUDATOSSÁG
ENERGIAHATÉKONYSÁG
XIII. KONFERENCIA ÉS KIÁLLÍTÁS

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

Az energiahatékonysági törvény végrehajtásának tapasztalatai, energetikai audit eredmények bemutatása

HATÁRIDŐK:

Jelentkezés kiállításra és termékbemutatóra	– 2018. január 15.
Jelentkezés a konferenciára	– 2018. január 31.

VÁRJUK JELENTKEZÉSÉT!

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

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

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *58. évfolyam 2017. 6. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

Főszerkesztő:
Dr. Gróf Gyula

Olvasó szerkesztő:
Dr. Bihari Péter

Szerkesztőség vezető:
Molnár Alexa

Szerkesztőbizottság:
Dr. Balikó Sándor, Dr. Bihari Péter,
Czinege Zoltán, Dr. Csűrök Tibor,
Eörsi-Tóta Gábor, Dr. Farkas István,
Gáspár Attila, Juhász Sándor,
Kádár Márton Gábor, Korcsog György,
Kövesdi Zsolt, Mezei Károly,
Dr. Molnár László, Dr. Nagy Valéria,
Németh Bálint, Dr. Péter Szabó István,
Romsics László, Dr. Serédiné Dr. Wopera Ágnes,
Dr. Steier József, Dr. Stróbl Alajos,
Szabó Benjámin István, Dr. Szilágyi Zsombor,
Vancsó Tamás, Dr. Zsebik Albin

Honlap szerkesztő:
Kierblewski Marius

www.ete-net.hu

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

Felelős kiadó:
Bakács István, az ETE elnöke

A szekesztőség címe:
BME Energetikai Gépek és
Rendszerek Tanszék

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
D épület 222 sz.
Telefon: +36 1 463 2981.
Telefax: +36 1 353 3894.

E-mail: enga@ete-net.hu

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

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

ISSN 0021-0757

Tipográfia:
Büki András
bukiandras@t-online.hu

Nyomdai munkák:
EFO Nyomda
www.efonyomda.hu

Lapunkat rendszeresen szemlézi a megújult

OBSERVER

www.observer.hu

TARTALOM • CONTENTS • INHALT

Villamos energia * Electricity * Elektrische Energie
Kimpián Aladár
A VVER-1200-V-491 típusú, 3+ generációs blokkokkal épülő Leningrád-2 Atomerőmű 2
Leningrad-2 Power Station Built Using 3+ Generation VVER-1200-V-491 blocks
Der Typ VVER-1200-V-491 Leningrad 2 Kernkraftwerk mit Blokk der 3+ Generation

Tudomány * Science * Wissenschaft
Virág Ádám, Csendes Zsolt, Laza Tamás
Pálinka lepárlásának hőtani vizsgálata hőkamera segítségével 13
Thermal analysis of pálinka distillation with using thermal camera
Untersuchung der Palinka Destillation mit Wärmekamera

Megújuló energia * Renewable energy * Erneuerbare Energie
Harangi-Rákos Mónika, Popp József, Oláh Judit
A megújuló energia termelésének kilátásai az EU energiafogyasztásában 19
Outlook of Renewable Energy Production in the Final Energy Consumption of EU
Aussichten der Erzeugung der erneuerbaren Energien in dem Verbrauch von EU

Mayer Martin János
Napelemparkok optimális méretezése 26
Optimal design of photovoltaic power stations
Optimales Design von Photovoltaik Freilandanlagen

Csipkés Margit
A megújuló energiák szerepe Magyarország és a szomszédos Románia villamosenergia-piacán 32
The renewable energy role of Hungary and neighbouring Romania electricity market
Die Rolle der erneuerbaren Energien im Strommarkt von Ungarn und dem benachbarten Rumänien

Energiagazdálkodás * Energy Management * Energiewirtschaft
Novotni Gergely István, Józsa Viktor
Turbulens, perdületes dízelolaj láng akusztikai spektrumának elemzése 37
Acoustic spectral analysis of a turbulent, swirling diesel oil flame
Akustische Spektralanalyse einer turbulenten, strudelnden Dieselölflamme

Energiapolitika * Energy Policy * Energiepolitik
Molnár László
Az európai villamosenergia-rendszer helyzete 41
Current Situation of the European Electricity System
Die Lage des europäischen Elektrizitätssystems

Gáztechnikai számítások * Gas Technical Calculations * Gastechnische Berechnungen
Szolyák Zsuzsanna
A fáklyázás szerepe és a lefúvató méretezési szabályai a gázipari technológiai állomásoknál 45
The Role of Gas Flare and Dimensioning Rules for Safety Valves at Industrial Gas Plants
Die Rolle des Fackeln und die Regeln der Bemessungen der Abblaseeinheiten bei den gasindustrieschen technologischen Stationen

Kőolaj * Crude Oil * Erdöl
Szilágyi Zsombor
A kőolaj szerepe a világgazdaságban 47
The Role of Crude Oil in Global Industry
Die Rolle des Erdöls in der Weltwirtschaft

Földgáz * Natural Gas * Erdgas
Szilágyi Zsombor
Mitől függ a földgáz ára? 49
What Determines Gas Prices?
Wovon häng der Gaspreis ab?

Szakkollégiumi hírek * News from the Student Association of Energy * Nachrichten aus dem Fachkolleg
Stratégia és jövőkép - Az energiaszektor következő 15 éve 51
Strategy and Outlook – The Next 15 Years of the Energy Sector
Strategie und Zukunftsbild – die nächsten 15 Jahre der Energiesektor

Szeniorok * Seniors * Senioren
ETE Szenior Klub programja 52
ETE Senior Club Programme
ETE Senioren Club Programm

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

A VVER-1200-V-491 típusú, 3+ generációs blokkokkal épülő Leningrád-2 Atomerőmű

Kimpián Aladár
ny. főmérnök, akimpian@t-online.hu

A Szentpétervártól 100 km-re, a Finn-öböl partján régi típusú blokkokkal működő Leningrád-1 atomerőmű mellett épül a Leningrád-2 atomerőmű, melynek legújabb típusú, 3+ generációs, 1200 MW-os blokkjait a ma létező legszigorúbb biztonsági előírások szerint tervezték. Ugyanilyen blokkok szerepelnek a Paks-2-re vonatkozó megállapodásban is. A primerkör elemei – a nyomottvizes reaktor, a 4 db főkeringető szivattyú, a 4 db gőzfejlesztő és a nyomáskompenzátor – a kettősfalú, 1,2 és 0,8 m falvastagságú, nagyszilárdságú vasbeton biztonsági védőépületben vannak elhelyezve, amely robbanás-, földrengés-, hurrikán-, tornádó-, cunamiálló, és kibírja repülőgép rázuhanását is. A nukleáris biztonságot garantálják többek között a kezelői beavatkozás nélkül is működő üzemzavari lehűtő és reaktorleállító rendszerek. A reaktor rendelkezik zónaolvadás-védelemmel, amely a legsúlyosabb üzemzavar, az aktív zóna összeolvadása esetén felfogja és lehűti az olvadékot és leállítja láncreakcióját.

*

100 km away from Sankt Petersburg on the shore of the Gulf of Finland next to the Leningrad-1 Nuclear Power Plant (with old type blocks) the construction of the Leningrad-2 Nuclear Power Plant with 1200 MW 3+ generation blocks is in progress. The new Paks-2 power plant is also planned with such 3+ generation blocks that are designed according to today's strictest safety regulations. Elements of the primary contour – the pressurized water reactor, four main circulation pumps, four steam generators and the pressure compensator – are placed in a double-walled reinforced concrete containment with 1,2 and 0,8 m wall thicknesses which is explosion-, eartquake-, hurricane-, tornado- and tsunamiproof and withstands an aircraft crash. The nuclear safety is among others guaranteed by accidental cooling and fission-stopping systems. The reactor is equipped with a core catcher which in case of the heaviest accident – the active zone melting – catches and cools the melt and stops the chain reaction.

* * *

A tisztán katonai célú, majd a vegyes (katonai és energetikai) rendeltetésű urán-grafit reaktorok két évtizedes tapasztalatai alapján az atom-tengeralattjárók reaktorainak létrehozására 1952-ben alapított N. A. Dollezsal Elektrotechnikai Tudományos Kutató- és Tervezőintézetben az 1960-as évek közepén kezdték kidolgozni a tisztán energetikai célú, nagyteljesítményű urán-grafit reaktorok elméleti alapjait. Az 1000 MW villamos teljesítményű, fémurán helyett urándioxid fűtőelemekkel és ezek burkolataként cirkónium-ötvözetekkel tervezett, grafit moderátoros, csatorna-típusú, forralóvizes reaktor az RBMK-1000 (Reaktor Bolsoj Moscsnosztyi Kanalnij) típusjelet kapta [1].

1966. április 15-én Jefim Szlávszkij középgépipari miniszter kiadta a Finn-öböl partján, Szentpétervár központjától 100 km-re nyugatra, Szosznovij Bor város mellett, első ütemben 2 db RBMK-1000 típusú blokkal építendő Leningrádi Atomerőmű feladattervét, majd 1966. november 29-én a Szovjetunió Minisztertanácsa határozatot hozott a kétblokkos I. ütem megépítéséről. Az 1. blokkot 1974-ben, a 2. blokkot 1976-ban helyezték üzembe. A számos tekintetben modernizált, biztonságosabbá tett 3. és 4. RBMK-1000-es blokk 1980-ban és 1981-ben kezdett termelni [1].

Az eredetileg 30 évre tervezett üzemidőt a folyamatos korszerűsítések alapján mind a négy blokknál 44 évre emelték, így az 1. blokk leállítására 2018-ban, a 2. blokkéra 2020-ban, a modernebb 3. és 4. blokkéra előre láthatólag 2024-2025-ben fog sor kerülni [1].

A (szovjet) orosz polgári és katonai atomipar a kezdetektől – az 1940-es évek elejétől – központi irányítással működik. A leghosszabb ideig, 1953-tól 1989-ig, 36 évig a Középgépipari Minisztérium (Министерство среднего машиностроения), a Minszredmas volt az ágazat irányítója, személy szerint elsősorban Jefim Szlávszkij (1953-tól 1957-ig mint a miniszter első helyettese, majd 1957-től 1986-ig mint miniszter), az oroszországi atomenergetika kiemelkedő alakja. Miniszterségе alatt épült a Szovjetunióban 17 atomerőmű, 57 első és második generációs blokkal és 6 európai országban 8 atomerőmű, 33 szovjet technológiájú blokkal, köztük az 1760 MW-os Paksi Atomerőmű, 4 db VVER-440 típusú nyomottvizes reaktorral. Az atomágazat fejlődése együtt járt a Minszredmas növekedésével: az 1970-80-as években a minisztériumban és vállalatainál, intézeteiben több mint 1,5 millió ember dolgozott [2].

Több átszervezés és minisztériumi összevonás után 2007 decemberében alakult meg a polgári és katonai atomipar mai irányító szerve, a „Roszatom" Állami Atomenergia Korporáció, mely az oroszországi atomipar több mint 360 vállalatát foglalja magában. Hozzá tartozik az összes polgári atomtársaság, a nukleáris katonai komplexum vállalatai, a tudományos kutató és tervező szervezetek, valamint az atomjégtörő flotta. Feladatai közé tartozik az atomenergetika és a nukleáris üzemanyagciklus vállalatainak fejlesztése éppúgy, mint az állam által ráruházott funkciók: a nemzeti biztonság, a nukleáris és a sugárvédelmi biztonság szavatolása, az alap- és az alkalmazott tudomány fejlesztése. Fel van hatalmazva Oroszország ez irányú nemzetközi feladatainak teljesítésére az atomenergia hasznosításának és a nukleáris anyagok elterjedésének megakadályozása terén [2].

A Roszatom működésének vezérfonala az „Oroszország atomenergia-ipari komplexumának fejlesztése a 2007-2010-es években, kitekintéssel 2015-ig", röviden az „ASZ-2006" célprogram, melynek keretében kidolgozták a 3+ generációs, nagyteljesítményű, termikus neutronokkal működő, könnyűvíz-moderátorú, nyomottvizes reaktoros atomerőművet, a következő műszaki és biztonságtechnikai jellemzőkkel [3]:

- A VVER-1200-V-491 típusjelű reaktor hőteljesítménye 3200 MW_t, villamos teljesítménye 1198,8 MW_v.
- A primerköri bórsavas könnyűvíz nyomása 16,2 MPa (162 bar), bemenő/kimenő hőmérséklete 298,6/329,7 °C, tömegárama 85 600 ± 2 900 m^3/h.
- 4 db főkeringető szivattyú a reaktor és a gőzfejlesztők közötti NÁ 850 mm-es csővezetékekben.
- 4 db vízszintes gőzfejlesztő, melyek egyenként 1602 + 112 t/h

tömegű, 7,0 MPa (70 bar) nyomású száraz telített gőzt állítanak elő.

- K-1200-6,8/50 típusú, egytengelyű, 2 kis- + 1 nagy- + 2 kisnyomású fokozatú, 3000 f/min fordulatszámú, 6,8 MPa (68 bar) bemenő nyomású, 1200 MW teljesítményű gőzturbina.
- TZV-1200-2UZ típusú, 1195 MW teljesítményű, 24 kV névleges feszültségű, két párhuzamos állórész-tekercselésű generátor ($I_n = 2\times16$ kA), az álló- és a forgórész vízhűtésű.
- A reaktor aktív zónájának átrakási ciklusideje 24 hónap.
- A nem cserélendő berendezések élettartama 60 év.

A legfontosabb biztonságtechnikai rendszerek [3]:

- Közös vasbeton alaplemezre épített kettős biztonsági védőburkolat (konténment):
  - a belső építmény előfeszített vasbetonból lévő, 44 m belső átmérőjű, 44,6 m magasságú, 1200 mm falvastagságú henger, 1000 mm vastagságú félgömb-kupolával lezárva, a belső felület a hermetikusság biztosítására 6 mm vastag szénacél lemezből hegesztett plattírozással, 0,5 MPa (5 bar) túlnyomás és 150 °C hőmérséklet elviselésére,
  - a külső védőburkolat a belsővel azonos alakú, 50 m belső átmérőjű, 0,8 m falvastagságú vasbeton építmény,
  - a két védőburkolat között 1,8 m-es átszellőzött, passzív szűrőrendszerrel ellátott, normál üzemben az atmoszférikusnál kisebb nyomású tér.
- A kettős biztonsági védőburkolat ellenáll
  - a Mercalli-skála szerinti 8 magnitúdójú (0,2 g vízszintes gyorsulású) földrengésnek,
  - 30 kPa frontú nyomáshullámnak, pl. cseppfolyós gázt szállító tartálykocsi felrobbanásának,
  - hurrikánnak, tornádónak, árvíznek, cunaminak,
  - 5,7 t tömegű, 100 m/s (360 km/h) sebességű repülőgép (pl. vadászgép) becsapódásának.
- Az aktív zóna üzemzavari lehűtésének rendszere (SZAOZ): ha a primerköri nyomás 5,9 MPa (59 bar) alá esik – pl. a primerköri csővezeték törése következtében – akkor a SZAOZ tartályok elzárószelepei segédenergia nélkül kinyitnak, és a bennük tárolt 16 g H_3BO_3/kg H_2O koncentrációjú bórsavas víz beömlik a reaktorba, és leállítja a láncreakciót.
- A gőzfejlesztőkben lévő hő passzív elvezető rendszere (SZPOT)
- Zónaolvadás-védelem a láncreakciót leállító, az olvadékot lehűtő „öngyilkos” anyaggal

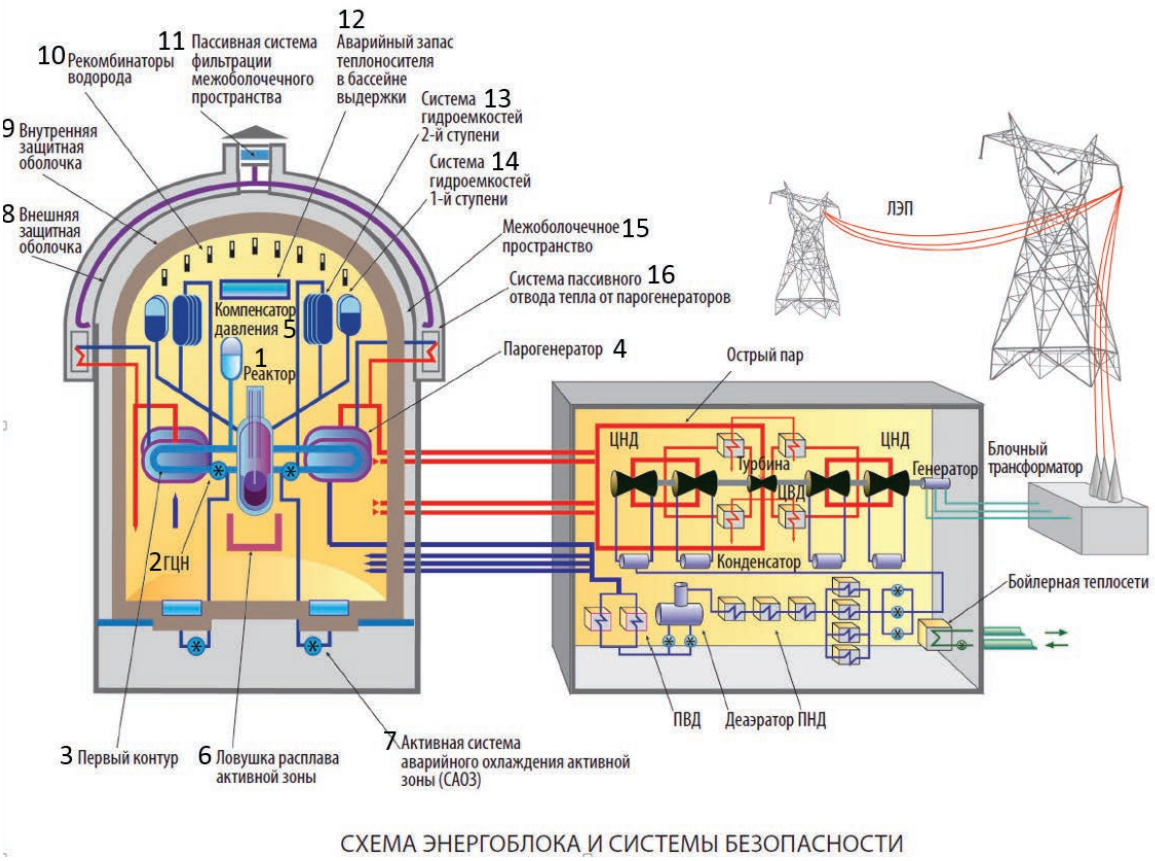
A biztonsági védőburkolat hermetikussága a fenti igénybevételek hatására sem szűnik meg, azaz ha a primerkörben kiszabadulna is radioaktivitás, az nem juthat ki a környezetbe [3].

A primerkör fő elemei:

1 − Reaktor, 2 − Főkeringető szivattyú (4 db), 3 − Primerköri csövezés, 4 − Gőzfejlesztő (4 db, fekvő), 5 − Nyomáskompenzátor

Primerköri biztonsági rendszerek:

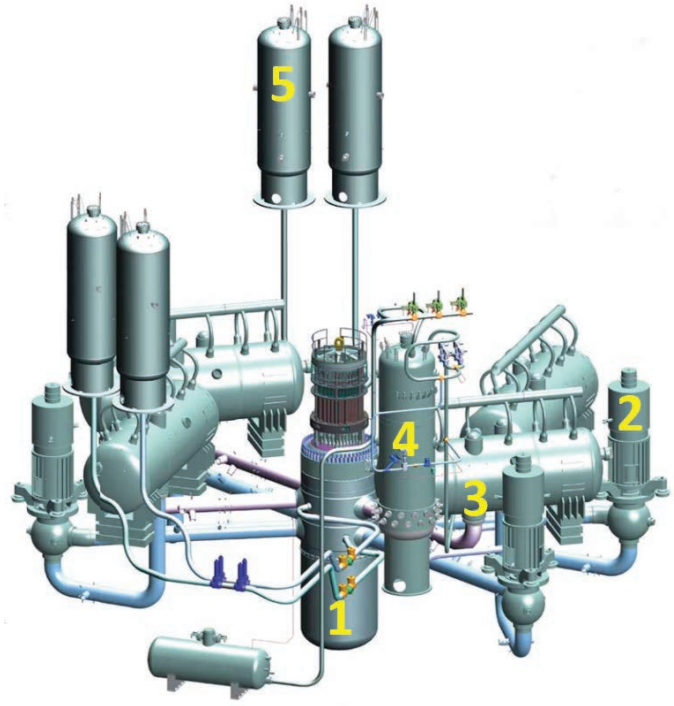
6 − Zónaolvadás-védelem, 7 − Az aktív zóna üzemzavari hűtésének aktív rendszere, 8 − Külső védőburkolat, 9 − Belső védőburkolat, 10 − Hidrogén rekombinátorok, 11 − A védőburkolatok közötti tér passzív szűrőrendszere,12 − Kiégett fűtőelemek üzemzavari hűtése, 13 − Bórsav tartályok 2. fokozat, 14 − Bórsav tartályok 1. fokozat, 15 − Védőburkolatok közötti tér, 16 − A gőzfejlesztők hőjének passzív elvezető rendszere.



1. ábra. **A VVER-1200 reaktoros erőmű sémája és biztonsági rendszerei [3]**

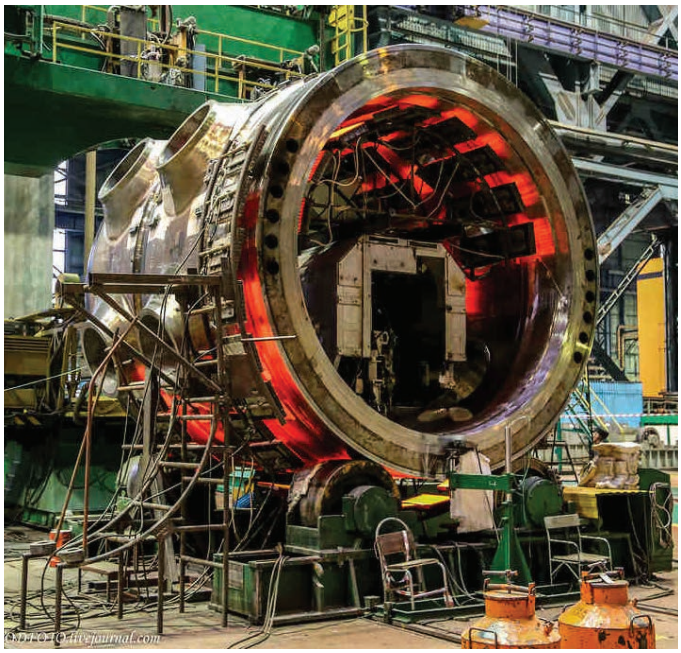
A szekunderkör fő elemei:

Kettős be- és kiömlésű nagynyomású és 2 + 2 kettős be- és kiömlésű kisnyomású fokozatú gőzturbina, mindegyik kisnyomású fokozatnak saját kondenzátora van, kis- és nagynyomású előmelegítők, gáztalanító, a hőfogyasztók hőcserélője, generátor, blokktranszformátor, nagyfeszültségű távvezeték [3].



2. ábra. **A VVER-1200 reaktor és primerköri főberendezései: 1 – reaktor, 2 – főkeringető szivattyú (4 db), 3 – gőzfejlesztő (4 db), 4 – nyomáskompenzátor, 5 – SZAOZ tartályok [4]**

A primerköri főberendezések gyártása és szállítása



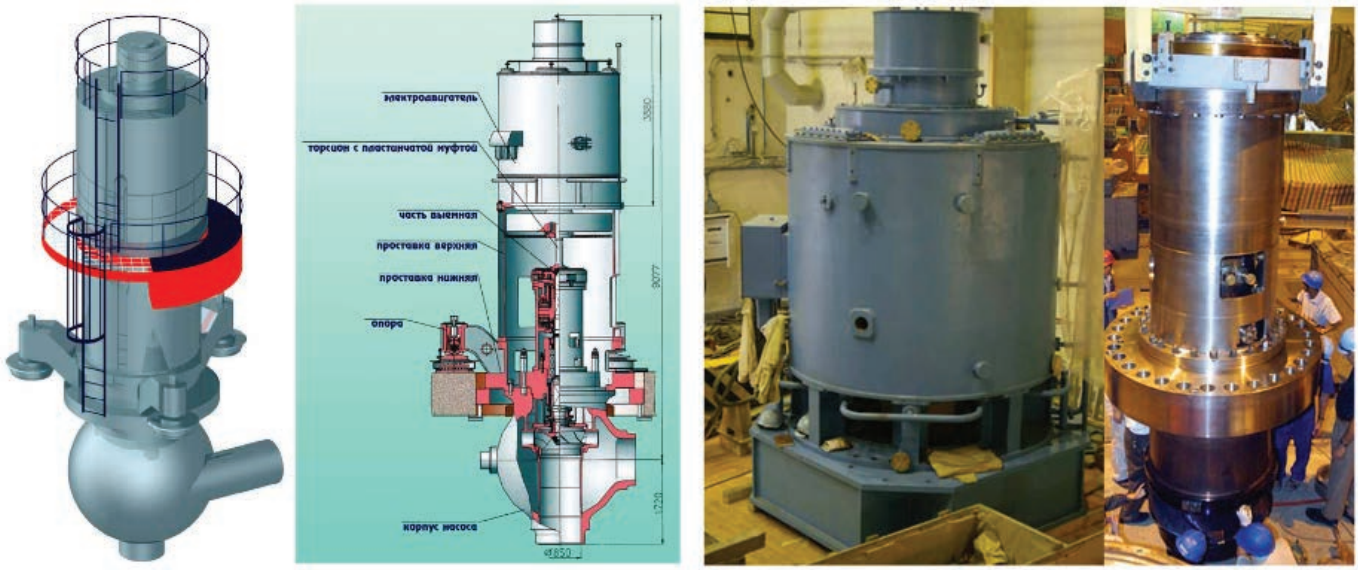
3. ábra. **A VVER-1200 reaktor tartályának összeépítése a hengergyűrűs szakaszok összehegesztésével [5]**

A reaktortartály falvastagsága az aktív zóna magasságában 197,5 (!) mm, ezért a varrat helyét gázégőkkel kívülről-belülről vörösizzásig hevítik; ez a varrat homogenitásának egyik feltétele.

4. ábra. **Az összeépített reaktortartály a végső hőkezelést végző gázfűtésű kemencébe való betolás előtt [5]**

5. ábra. **Befejező munkák a Leningrád-2 atomerőmű 1. blokkjának reaktortartályán a szentpétervári Izsorszki Gépgyárban [5]**

6. ábra. **A 334 t tömegű, 11,125 m hosszú, 4,645 m átmérőjű reaktortartály közúti szállítása az Izsorszki Gépgyárból a Leningrád-2 atomerőműbe [5]**



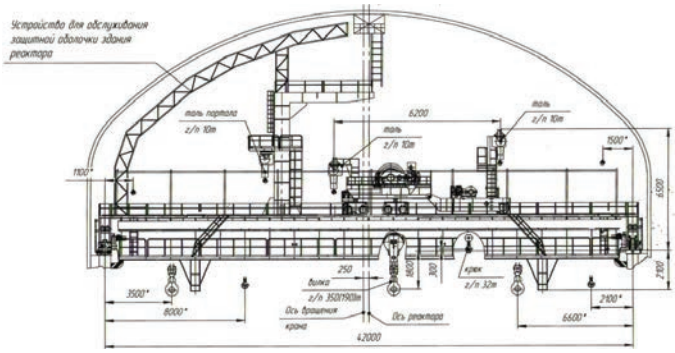
7. ábra. **A VVER-1200 reaktor GCNA-1391 típusú primerköri főkeringető szivattyúja [6]**

A 7. ábrán balról jobbra: a komplett szivattyú axonometrikus makettje; a belső részleteket feltáró hosszmetszeti kép (a teljes magasság 10,8 (!) m); az 5,25 MW teljesítményű, 10 kV feszültségű, hatpólusú aszinkron hajtómotor; a szivattyú aktív része, kiemelve.

Az egyfokozatú centrifugálszivattyú vízszállítása 27 000 m^3/h, bemeneti nyomása 16 MPa (160 bar), nyomómagassága 90 m, a közeg bemeneti hőmérséklete 300 °C, csapágyai vízkenésűek és -hűtésűek. Élettartama 60 év, karbantartásközi ideje 16 000 óra. A hajtómotor el van látva lendkerékkel, hogy feszültségkimaradás esetén hosszabb legyen a kifutási idő [6].

8. ábra. **Az 1. blokk 330 tonnás, 14,75 m hosszú gőzfejlesztőjének vasúti kiszállítása a Moszkva környéki ZiO Podolszk atomerőművi gépgyárból a folyami átrakóhoz [7]**

9. ábra. **A gőzfejlesztők szállítása folyami uszályon a Moszkva-folyón és a csatornákon, majd a Néva folyón át a Szosznovij Bor-i kikötőig [7]**



10. ábra. **A reaktorcsarnok körjáró híddarujának rajza [8]**

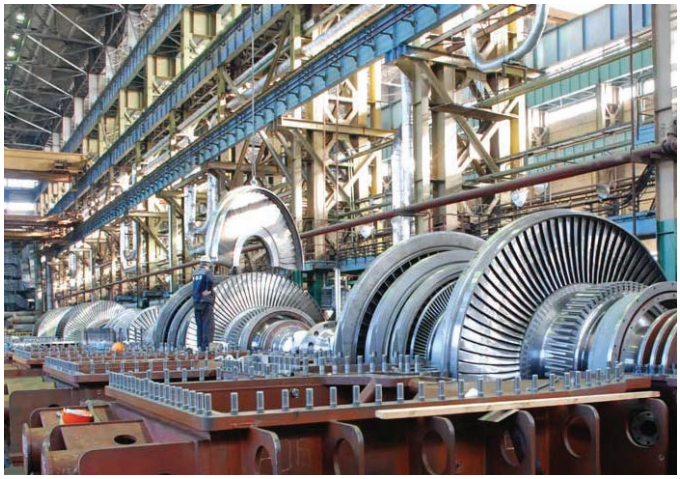
A körpálya átmérője 42 m, a daru össztömege 400 t, max. teherbírása 350 t, a nagyteherbírású futómacska szélső helyzetei a körpályától számítva 3,5, illetve 6,6 m-re vannak, villamos teljesítményfelvétele 275 kW. Külön állásáról elérhető a kupola legmagasabb pontja és szinte teljes belső felülete [8].

11. ábra. **Az MPSZ-V-1200 típ. fűtőelemkazetta-átrakógép a konstruktőr OKBM „Afrikantov" Intézet próbapadján [9]**

A berendezés jelentős része a magyar Ganz EEM-ben készült.

A szekunderköri főberendezések

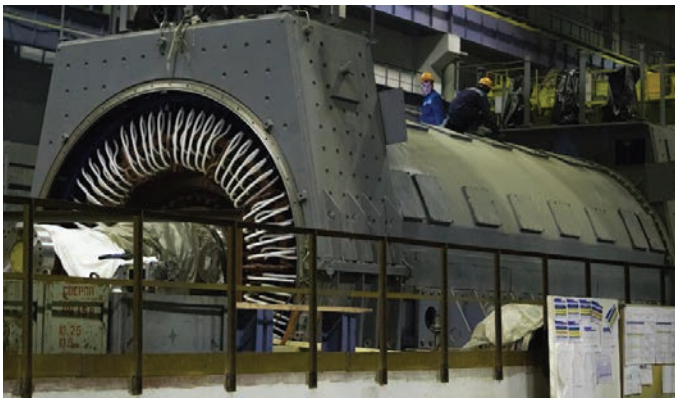
12. ábra. **A K-1200-6,8/50 típusú 1200 MW-os, 3000 f/min fordulatszámú, egytengelyű, 2 kis- + 1 nagy- + 2 kisnyomású fokozatú, 6,8 MPa (68 bar) bemenő nyomású gőzturbina, az LMZ (Ленинградский Металлический Завод) szerelőcsarnokában [10]**



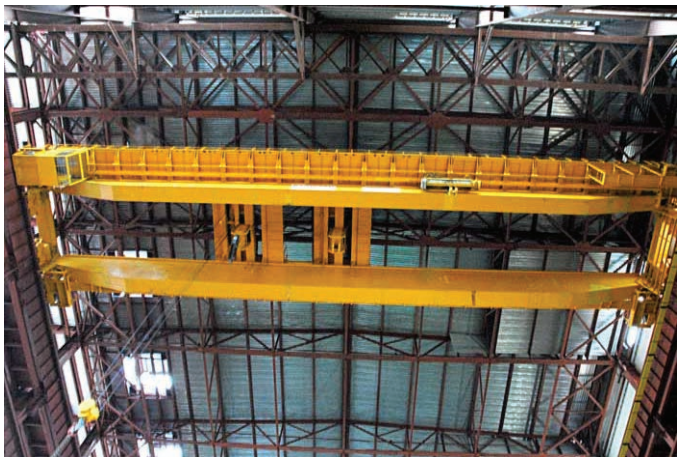
13. ábra. **Az 1200 MW-os turbina összeszerelés közben az LMZ szerelőcsarnokában [10]**

14. ábra. **A turbina egyik kisnyomású forgórésze az LMZ szerelőműhelyében [10]**

A szélső lapátkerekek 1200 mm hosszú lapátjai extranagy-szilárdságú titánötvözetből készülnek [10].



15. ábra. **A szentpétervári „Elektroszila" által gyártott TZV-1200-2UZ típusú, kettős tekercselésű generátor; teljesítménye 1195 MW, kapocsfeszültsége 24 kV, névleges árama 2×16 kA, álló- és forgórésze vízhűtésű [10]**



16. ábra. **A gépház (a turbina-generátor-csarnok) kétfutómacskás híddaruja. Teherbírása 2×220 t (azaz futómacskánként 220 t) [11]**

A Leningrád-2 atomerőmű építés-szerelése

17. ábra. **A Leningrád-2 atomerőmű építési területe a Finn-öböl felől nézve. Jobbra az 1. blokk, balra a 2. blokk [12]**

18. ábra. **Különböző teherbírású és gémkinyúlású, telepített és mobil (kerekes, lánctalpas) daruk erdejében emelkednek a reaktorcsarnokok, jobbra az 1., balra a 2. blokké [12]**

A daruk közül kiemelkedik a Liebherr LR 11350 típusú lánctalpas daru, melynek max. emelőképessége 12 m sugarú gémkinyúlásnál 1350 tonna, max. emelőmagassága 196 m, max. gémkinyúlása 140 m, teljesítményigénye 641 kW [13].

19. ábra. **A nagyméretű, nagysúlyú részegységeket a biztonsági védőépület hengeres falához illeszkedő vasbeton állványra emeli föl a Liebherr LR 11350 lánctalpas daru [13]**

20. ábra. **A reaktorcsarnok 350 t teherbírású körjáró híddarujának egyik, közel 44 m hosszú főtartója a gyártóműben, a dél-uráli szamarai területi Szüzrany városban működő „Tyazsmas” Nehézgépgyárban [8]**

21. ábra. **A körjáró daru helyszínen összeszerelt hídszerkezete, előkészítve a reaktorcsarnokba való beemelésre [12]**

22. ábra. **A 350 t teherbírású körjáró híddaru gerendázatának beemelése a fedetlen biztonsági védőépületbe az 1350 t teherbírású Liebherr daruval [12]**

23. ábra. **A biztonsági védőépület kupolájának helyszíni szerelése [12]**

24. ábra. **Az 1. blokk 334 tonnás reaktortartályának beemelése a Liebherr 11350 típusú lánctalpas óriásdaruval a biztonsági védőépületbe, a kupola helyén [12]**

27. ábra. **Gőzfejlesztő beemelése az 1350 tonnás Liebherr óriásdaruval [12]**

A daru – 2 db kétfülecses üvegszálas kötéllel emelve – a biztonsági védőépülethez illeszkedő vasbeton állvány sínpályáján mozgó lapos kocsira helyezi a 330 tonnás darabot. A kocsit a 9 m átmérőjű berendezés-beszállító zsilipen keresztül vontatják a reaktortérbe [12].

25. ábra. **A reaktortartály éjszakába nyúló beemelése. A tartály éppen átfér a reaktorcsarnoki körjáró daru két gerendája között. A leengedést a kívül álló Liebherr 11350 daru végzi [12]**

28. ábra. **A 9 m átmérőjű, 14 m hosszú, 350 t tömegű nagyberendezés-beszállító zsilip a volgodonszki „Atommas” szerelőcsarnokában [14]**

A zsilipet a kettős vasbeton biztonsági védőburkolatba építik be. Ajtajai kívül-belül hermetikusan zárnak [14].

26. ábra. **A biztonsági védőépület kupolájának beemelése a Liebherr 11350 óriásdaruval [12]**

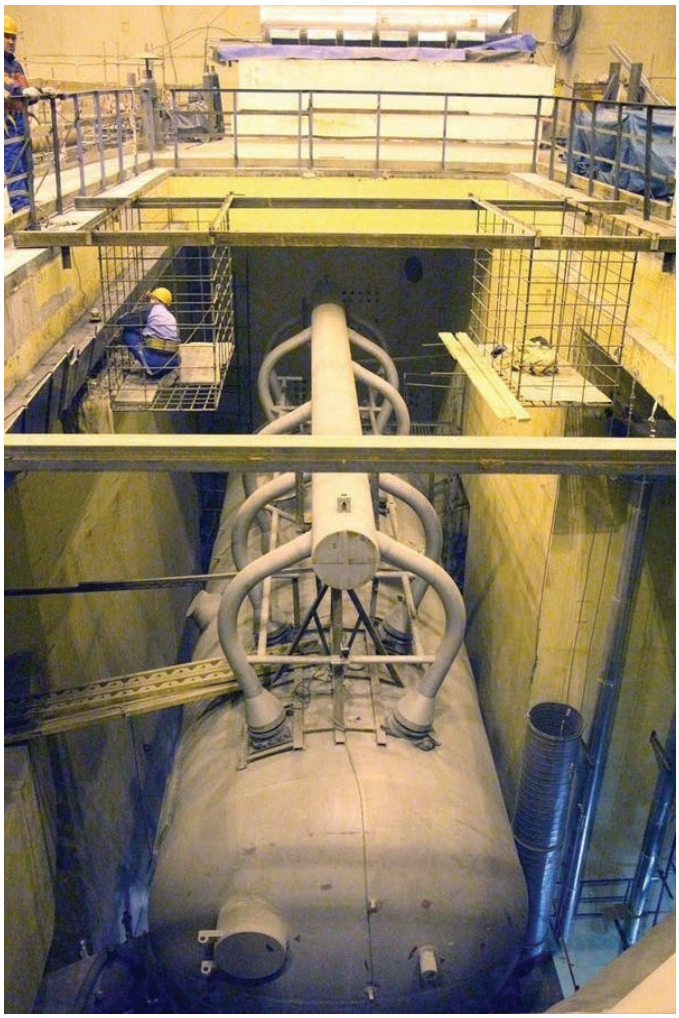
29. ábra. **A berendezés-beszállító zsilipen át benézve a reaktorcsarnokba [12]**

30. ábra. **A gőzfejlesztő már a reaktorcsarnokban van [12]**

A gőzfejlesztő a körjáró híddaru futómacskájának speciális emelőhídján függ, amely lehetővé teszi, hogy a gőzfejlesztőt a vasbeton aknájába való behelyezéshez vízszintes tengely körül elbillentsék. A kép bal alsó sarkában látható három álló tartály; ezek a SZAOZ (az aktív zóna üzemzavari hűtőrendszere) bórosvíz-tartályai [12].

31. ábra. **A gőzfejlesztő aknába süllyesztése ferde helyzetben, a körjáró híddaru speciális emelőhídjával [12]**

Az emelőhíd – természetesen villamos motoros hajtással – függőleges tengely körül is elforgatható, hogy a gőzfejlesztő pontosan illeszkedjék a helyére [12].

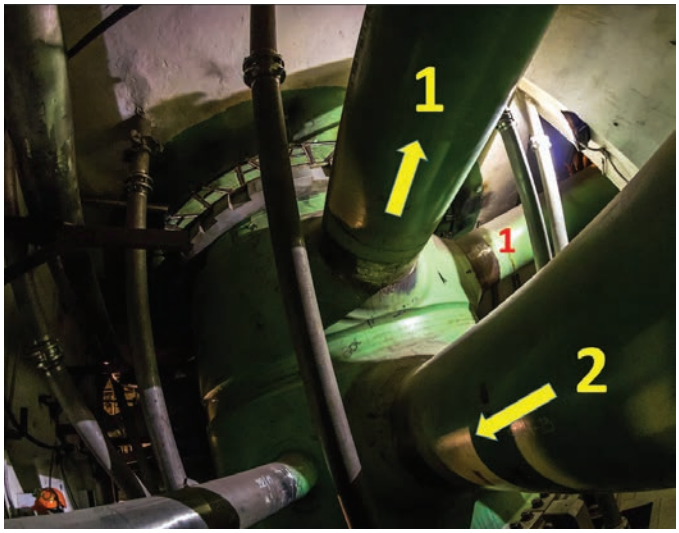


32. ábra. **A gőzfejlesztő már a helyén van, és felszerelték rá a száraz telítettgőz-gyűjtőt, amely a szekunderkör része [12]**

33. ábra. **A főkeringető szivattyú beemelése [12]**

A szivattyú NÁ 850 mm-es csőcsonkjai közül az alsó a szívó-, a jobb oldali hajlított a nyomóoldali [12].

34. ábra. **A főkeringető szivattyú hajtómotorjának beemelése [12]**



35. ábra. **Pillantás a reaktoraknába: az NÁ 850 mm-es primerköri csővezetékek hegesztett csatlakozása a reaktorhoz: 1 – a reaktorból a gőzfejlesztőbe menő, „meleg”-oldali (329,7 °C hőmérsékletű vizet szállító) cső; 2 – a főkeringető szivattyú nyomó oldalától a reaktorba menő, „hideg”-oldali (298,6 °C hőmérsékletű vizet szállító) cső [12]**

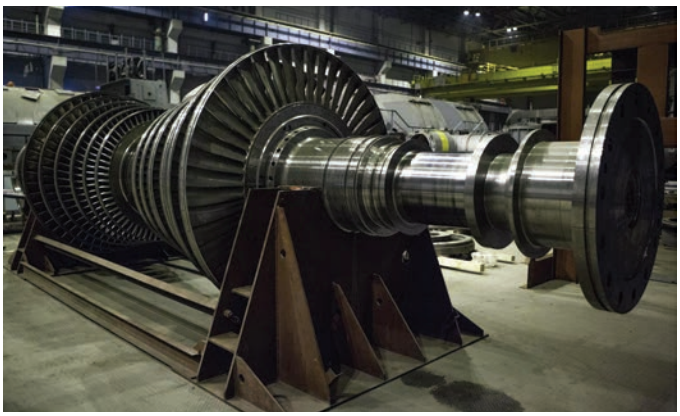
36. ábra. **A gépház (a turbina-generátor csarnok) építésének kezdete [12]**

A gépalapokkal egy időben építik az alsó és a felső (nagyteherbírású) darupályát, majd következik (a képen) a 2×220 tonnás, két futómacskás híddaru gerendájának beemelése.

Míg a reaktorcsarnok körjáró híddarujának gerendázatát az előszerelő téren építik össze, és a Liebherr 11350 óriásdaru egyben emeli be, a gépházi nagyteherbírású daru két gerendáját és futóműveit saját pályáján szerelik össze [12].

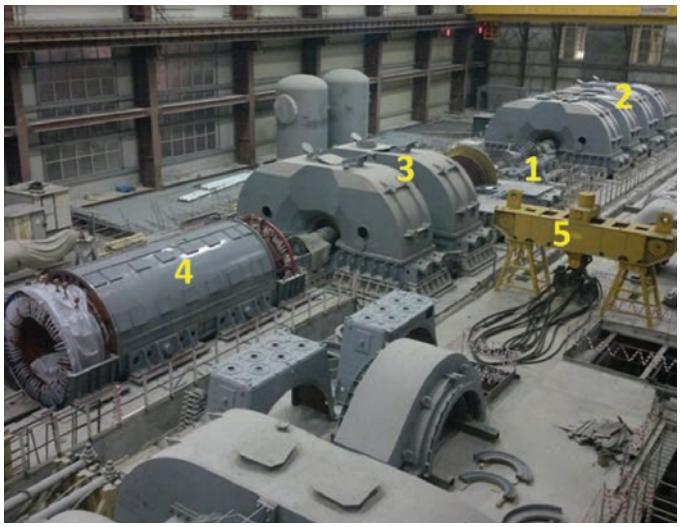
37. ábra. **A 2×220 tonnás gépházi híddaru gerendái vasúti kocsikon [11]**

38. ábra. **A 2×220 tonnás gépházi híddaru egyik futóművének szerelése [12]**



39. ábra. **A K-1200-6,8/50 típusú, LMZ gyártmányú 1200 MW-os turbina 6,8 MPa-os (68 baros) nagynyomású fokozatának forgórésze az atomerőmű gépházában, beemelésre előkészítve [12]**

40. ábra. **Az 1200 MW-os turbina egyik oldali kisnyomású fokozatainak helyszíni szerelése [12]**



41. ábra. **K-1200-6,8/50 típusú 1200 MW-os LMZ-turbina helyszíni szerelése [12]**

1 – a közép-beömlésű nagynyomású fokozat (mindkét háza levéve); 2 – a generátortól távolabbi 2 db kisnyomású fokozat; 3 – a generátorhoz közelebbi 2 db kisnyomású fokozat (a hátsó mindkét háza levéve); 4 – az 1200 MW-os generátor (mindkét pajzs levéve, a forgórész még nincs befűzve); 5 – az emelőhidat a daru kétmacskás emelésekor használják [12].

42. ábra. **Az 1200 MW-os Elektroszila-generátor 410 tonnás állórésze vasúton érkezik a helyszínre, a 4 db, egyenként 100 tonnás hidraulikus emelő gerendázata alá [12]**

Miután a vasúti szállítókocsi saját hidraulikájával leengedik a generátort az átrakó alapjára, a szállítókocsi két felét lecsatolják a generátorról, és kellő távolságra elvontatják. Ezután az emelő gerendáin átvetett 4 db kétfülecses üvegszálas kötéllel a generátort megemelik, a gumikerekes közúti trélert alátolják, majd a generátort ráengedik a trélerre; a szállítmány indulhat a gépházba [12].

43. ábra. **A generátor már a 10 tengelyes, tengelyenként 8 ikerkerekes (összesen tehát 160 kerekes) közúti tréleren áll [12]**

44. ábra. **A 410 tonnás generátor-állórész a közúti szállítókocsin megérkezik a gépházba. Itt a 2×220 tonnás híddaru két futómacskájára akasztott 440 tonnás híddal felemelik, … [12]**

45. ábra. **… 90 °-kal elforgatják, majd alapjára helyezik [12]**

46. ábra. **Az 1200 MW-os generátor pajzs nélkül. A világos sugárirányú elemek az állórész-tekercselés vízhűtésének csövei [12]**

47. ábra. **A fázisegységes blokktranszformátor egyik fázisa a helyszíni végszerelés előtt [12]**

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond Szabó Benjáminnak, az ETE Szenior Energetikusok Klubja elnökének, aki kezdeményezte, hogy a Klub keretében hangozzék el előadás a Leningrád-2 atomerőműről; ez képezi alapját a jelen cikknek.

Hivatkozások

[1] https://ru.wikipedia.org/wiki/Ленинградская_АЭС
[2] https://ru.wikipedia.org/wiki/Росатом
[3] https://ru.wikipedia.org/wiki/АЭС-2006
[4] https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидропресс_(ОКБ)
[5] https://ru.wikipedia.org/wiki/Ижорские_заводы
[6] ckbm.ru/product-and-services/pump-equipment/glavnyij-cirkulyacionnyij-nasosnyij-agregat.html
[7] https://ru.wikipedia.org/wiki/ЗиО-Подольск
[8] https://ru.wikipedia.org/wiki/Тяжмаш
[9] www.atomic-energy.ru/news/2016/05/25/66192
[10] https://gov.spb.ru/gov/otrasl/c_industrial/news/37441/
[11] https://ru.wikipedia.org/wiki/Балткран
[12] https://ru.wikipedia.org/wiki/Ленинградская_АЭС-2
[13] https://bigge.com/crane-information/Liebherr-Lr11350
[14] https://ru.wikipedia.org/wiki/Атоммаш

KÖZLEMÉNY

Az energetikai beruházások világméretű ösztönzésére van szükség

A szükséges energiainfrastruktúra létrehozása elengedhetetlen előfeltétele a külső gázellátási források összekapcsolhatóságának, diverzifikációjának és versenyképességének – mondta a magyar delegáció vezetőjeként Aradszki András energiaügyért felelős államtitkár az Energia Charta 28. miniszteri konferenciáján, a türkmenisztáni Asgabatban, 2017. november 29-én.

A kétnapos miniszteri szintű találkozón a fenntartható energiafelhasználást és a szállítási útvonalak diverzifikációját támogató beruházások élénkítéséről folytattak eszmecserét a résztvevők.

Aradszki András felszólalásában a legfontosabb kérdésként említette, miként tudják a nemzeti kormányok elősegíteni, hogy az energetikai beruházások a nemzeti céloknak és a piaci elvárásoknak is megfeleljenek. Szavai szerint elsősorban koherens nemzeti politikai keretre van szükség, tekintettel a gazdasági, környezeti és fogyasztói érdekek védelmére. Hozzátette: Magyarország álláspontja szerint a tiszta energiaforrások – köztük az atomenergia és a megújuló energia – részarányának növelése hatékony eszköz a gazdasági, társadalmi és politikai törekvések, továbbá az európai uniós és nemzetközi éghajlatvédelmi célok eléréséhez.

Az államtitkár felhívta a figyelmet arra, hogy ugyancsak nélkülözhetetlen feltétel a kiszámíthatóság megléte is az ösztönzési programok és a hozzáférhető finanszírozási banki konstrukciók esetében. Emellett fontos szempont, hogy az energetikai együttműködések különböző dimenzióira fókuszáló felek számára biztosított legyen a lehetőség a gyors és hatékony vitarendezésre.

Az energiaellátást érintő kihívások túlmutatnak az országok és az Európai Unió határain – emlékeztetett Aradszki András. Mint mondta, az új digitális technológiák fokozatos bevezetése és az energetikai átmenet megvalósítása további kihívásokat jelent a globálisan átalakuló energiaszektornak. Ennek megfelelően az országok energiaszektort is érintő, fokozódó globalizációja és egymásra utalt energetikai helyzetük egyre jelentősebb súllyal helyezi előtérbe a nemzetközi együttműködések szerepét.

Aradszki András úgy értékelt, hogy a befektetői bizalom erősítésével és a jó gyakorlatok cseréjének élénkítésével az Energia Charta Egyezmény határozottan elősegíti az ágazat hosszú távú modernizációját garantáló beruházások megvalósulását, az energiaforrások és azok szállítási útvonalainak változatosabbá tételét.

Nemzeti Fejlesztési Minisztérium
Kommunikációs Főosztály

Pálinka lepárlásának hőtani vizsgálata hőkamera segítségével

Virág Ádám
MSc hallgató; guszcsaszar@gmail.com

Csendes Zsolt
okl. pálinkamester; arcturus@digikabel.hu

Dr. Laza Tamás
okl. gépészmérnök; laza@energia.bme.hu

Laboratóriumi (duronüvegből gyártott) lepárlóberendezéssel lepárlásokat (pálinka előállítását) végeztünk el, melyek során a lepárló oszlop és a deflegmátor hőtani viszonyait, továbbá a hűtővíz be- és kilépő hőmérsékletének alakulását mérőeszközök, valamint hőkamerás felvétel segítségével együttesen követtük nyomon. Az elkészült pálinka minőségére fontos befolyásoló tényező a deflegmátorban kialakuló hőmérsékleti viszonyok, melynek változtatásával három jól elkülöníthető hőtani viszonyt lehetett meghatározni: normál, túlhűtött és aláhűtött állapotot, melyek mérését sorra végrehajtottuk. A lepárlások során 1500 ml kiinduló anyagból (Stanly szilvából készült cefre) kapott elő-, közép- és utópárlatok térfogatát és azok alkohol tartalmát mértük- Az elméleti értékek meghatározása és a hőkamerás felvétellel kapott eredményekkel együttesen a hűtési módok már jól elemezhetővé váltak, új lehetőséget alkotva a lepárlás optimalizálás folyamatához.

*

We performed (pálinka) distillation with a rectifier (made of borosilicate glasses), during which we monitored the distillation column and the dephlegmator's thermodynamical relations and the change in the in- and outlet temperature of the cooling water with thermometers and thermal imaging devices. The quality of the rectified pálinka is largely influenced by the temperature of the dephlagmator; it can be configured to three different settings: normal, overcooled and undercooled. We measured each of the three settings. During distillation, the volume of pre-mix, medium and secondary distillates obtained from 1500 ml starting material (Stanley plum wort) was measured and their alcohol content. As a result of determining the ideal values and the thermal camera's images, the cooling methods have become analyzed and developed as a new opportunity in the distillation optimization process.

* * *

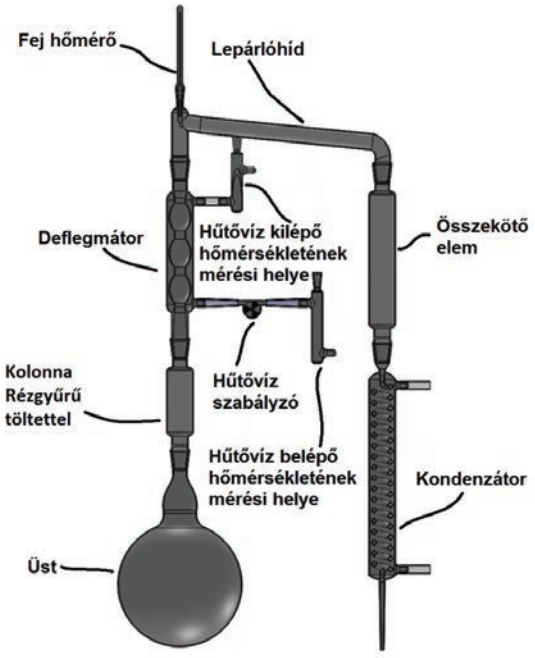
Elméleti alapok

Az alkoholos italok végigkísérik az emberiség történelmét, hol áldásként, hol átokként hatva az akkor élőkre. A honfoglaló magyarok is ittak erjesztett italokat, de csupán a 14. században az alkimisták hozták létre az első mai értelemben vett desztillációval előállított párlatot. Ezen termékeket kezdetben gyógytermékekként alkalmazták. Az Aqua Vitae-t, az „Élet vize" néven árulták, mely az első termék, melyről írásos emlékünk van. Ezen termékeket (14. században) Károly Róbert felesége Erzsébet fogyasztotta a köszvényére. A pálinka elnevezést (mely szláv eredetű) a 17. században először minden párlatra használták, később viszont kizárólag a gyümölcs párlatokra használták. Az első ipari forradalom előtt a párlatok minősége és a kihozatali mennyisége egyaránt változó értékű volt. Az ipari gőzlepárlók alkalmazásával a párlatok mennyisége megnőtt, minősége javult, ezáltal lehetővé vált a párlatok elterjedése, mint élvezeti cikk a széles közösség számára. A 20. században a szláv italkultúra hatására a pálinka eredeti értékeinek (a megfelelő illat, íz és alkohol tartalom) jelentősége csökkent, helyükre az aromákkal dúsított szeszes italok jelentek meg, melyek csupán kis mértékben tartalmaztak gyümölcspárlatot. Napjainkra az illatos, gyümölcsre jellemző íz világú pálinkák térhódítása növekedésnek indult és megjelentek a gasztronómiában és a kereskedelmi forgalomban, azaz a pálinkák ismét a reneszánszukat élik. [1]

A technológia fejlődésével felmerült az igény, a lepárlások során, a zárt lepárló berendezések belsejében végbemenő folyamatok pontosabb feltárására és megismerésére [2], ezáltal optimalizálva a lepárlás folyamatát. Eme igényt felismerve készítettük el a lepárlások során végbemenő folyamatok hőtani méréseit, valamint a desztillációk hőkamerás felvételeit.

A modern, egy lépcsős oszlopos pálinkafőző-készülékek rektifikációs elven működnek. A rektifikálás során az egymással nem egyensúlyban levő gőz- és folyadékfázis között kétirányú hő- és anyagátvitel játszódik le. A fázisok hőmérséklete különböző és azok egymáshoz képest ellenirányú áramlásban vannak. Rektifikációs módszerből létezik folytonos- és szakaszos rektifikálás. A folytonos rektifikáció során a művelet „végtelen" ideig tart (azaz addig, ameddig adagoljuk a rektifikálandó anyagot). A szakaszos eljárásnál egy meghatározott mennyiségű kiinduló alapanyagot adagolunk a berendezésbe és a művelet addig tart, míg az el nem fogy. [3]

Méréseink során szakaszos rektifikálásra alkalmas duronüvegből gyártott labortechnikai lepárló berendezésen végeztük el a lepárlásokat. A lepárló egy úgynevezett töltetes erősítő feltétes lepárló berendezés volt, mely az 1. ábrán látható:



1. ábra. **Mérőberendezés felépítése**

Az üst fűtése inframelegítővel történt, mely állandó hőbevitelt biztosít, valamint miután az alapanyag elérte a forrási hőmérsékletet, állandó hőmérsékleten tartja azt.

A fázisérintkezés a kolonnán (az erősítő feltéten) megy végbe. A kolonna hengeres réz töltettel van töltve (2. ábra), amelyen a fázisok érintkezése folytonos. Az erősítő feltétes lepárlás egy lépésben végzi el az alszesz képzést és a finomítást. Továbbá előnye, hogy gazdagabb aromatikai (íz, illat) összetevők érhetők el, energiatakarékos, finom elválasztásra alkalmas és jó kihozatalt eredményez. A deflegmátoron (részleges kondenzátoron) keresztüláramló hűtővíz függvényében szabályozható a reflux arány és ezáltal a lepárlás minősége, ezért szükséges a hűtővíz be- és kilépő hőmérsékletének ismerete és a mennyiségének szabályozhatósága. A lepárló híd és az összekötő elem a gőzáram továbbítására szolgál, itt már nem változik a párlat, de a hirtelen kondenzálás helyett e részekben van ideje a párlatnak fokozatosan hűlni, ezáltal a benne lévő íz- és illataromák nem vesznek el. A kondenzátor a gőzáramot folyadék fázisba viszi át. A lepárló berendezés utolsó eleme a fejhőmérő, mely a lepárlás folyamatának megfigyelésére szolgál, itt kapunk információt a lepárlás kezdetéről, mikor a hőmérséklet eléri a 78,3 °C-ot akkor már alkohol elérte a forráspontját, valamint a lepárlás végéről, mikor eléri a 100 °C-ot már a víz is forrásba lép.

2. ábra. **Rézgyűrű töltetes kolonna**

Elméleti lepárlás

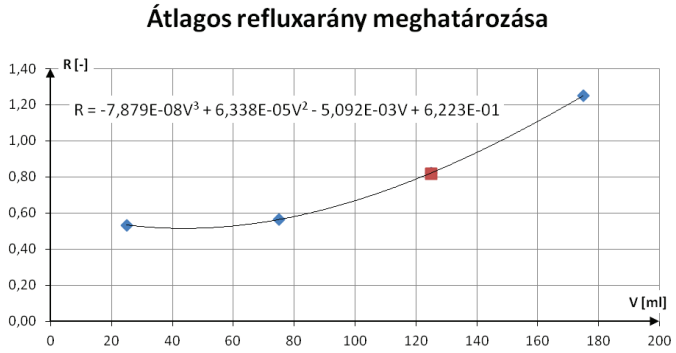
A tényleges pálinkakészítés előtt egy elméleti lepárlást végeztünk egy ismert etanol – víz eleggyel (10-90 V/V%). E lepárlás alapján meghatározhatóvá váltak a mérőberendezés főbb paraméterei: az elméleti tányérszám és az átlagos refluxarány. A töltetes oszlopok esetén nem beszélhetünk fizikai tányérokról, mivel a folyadék- és gőz fázisok az oszlop teljes fizikai terjedelmén jelen vannak, nem pedig az előre kialakított tányérokon. Ezért fontos tudnunk, hogy a kolonnánk hány fizikai tányérnak felel meg. Az elméleti tányérnak azt a tányért nevezzük, melyről a távozó összes gáz átlagos összetétele egyensúlyban van a távozó folyadék átlagos összetételével. [4] Ezen tányérok száma az elméleti tányérszám (ne). A visszavezetett folyadék neve reflux, a visszavezetett folyadék és az elvezetett párlat mennyiségi aránya pedig a refluxarány. [4]

A szakaszos rektifikálás kétféle módszerrel végezhető el: állandó refluxaránnyal, vagy állandó desztillátum-összetétellel. A méréseink során, mi az állandó összetételű desztillátum kihozatalára törekedtünk. Ennek eredménye képen a refluxarány folyamatosan változott, ezért a későbbi számítások egyszerűsítése érdekében meghatároztunk egy átlagos refluxarányt.

Az átlagos refluxarányhoz mértük a desztillátum és a maradék mennyiségét (dl) és alkoholtartalmát (1. táblázat, és 1. diagram). Az alkohol fokot Anton Paar gyártmányú Snap 40 típusú rezgő U-csöves sűrűségmérési elven alapuló alkoholmérővel mértük.

1. táblázat. Átlagos refluxarány meghatározása

Mérési pont	X_D	X_M	$X_D/(R+1)$	R	V [ml]
1	0,92	0,15	0,6	0,53	25
2	0,86	0,55	0,55	0,56	75
3	0,82	0,45	0,45	0,85	125
4	0,72	0,32	0,32	1,25	175



1. diagram. **Átlagos refluxarány meghatározása**

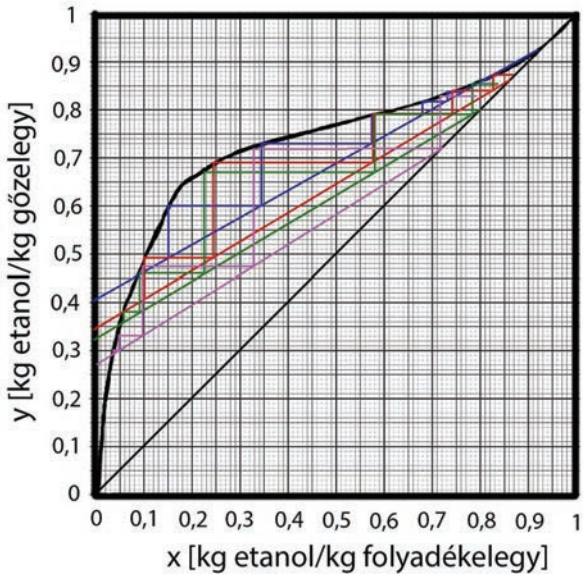
A lepárlás során a refluxarány egyre jobban nő, mely azt jelenti, hogy az állandó desztillátum kihozatalért a bevitt „teljesítményt" növelni kell. Az átlagos refluxarány meghatározása az 1. diagramon feltüntetett harmadfokú görbe egyenlete segítségével történik, az egyes területek arányai alapján:

$$R_{á} = \frac{R_1 \cdot A_1 + R_2 \cdot A_2 + R_3 \cdot A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (1)$$

Ahol $R_{á}$ [-] az átlagos refluxarány
A_n [ml] a görbealatti terület
$R_{án}$ [-] az egyes refluxok közötti átlagos érték

Az (1) egyenletet alapján az átlagos refluxarány értéke 0,82 [-].

Az elméleti tányérszám meghatározására McCabe – Thiele [5] féle módszert alkalmaztuk, amely a legelterjedtebb grafikus eljárás az elméleti tányérszám meghatározására (az egyes színek a különböző időhöz tartozó mérési adatokat jelölik: a kék az 1. , a piros a 2., a zöld a 3. és a lila a 4. mérési pont). Az ábrázoláshoz a Szent István Egyetem Élelmiszeripari Kar, Sör és Szeszipari Tanszék, Pálinkamester képzése által használt egyensúlyi görbét használtuk, valamint a munkavonalakat mérések alapján vettük fel. A módszer alapján az elméleti tányérszám minden esetben négyre adódott (lásd 3. ábra).



3. ábra. **Elméleti tányérszám meghatározása**

Mivel a valós lepárlásunkat ugyanezen berendezésen, hasonló körülmények között végeztük el, jó közelítéssel feltételezhetjük, hogy az elméleti tányérszám és az átlagos refluxarány értéke megegyezik az elméleti számításokban adódottakkal.

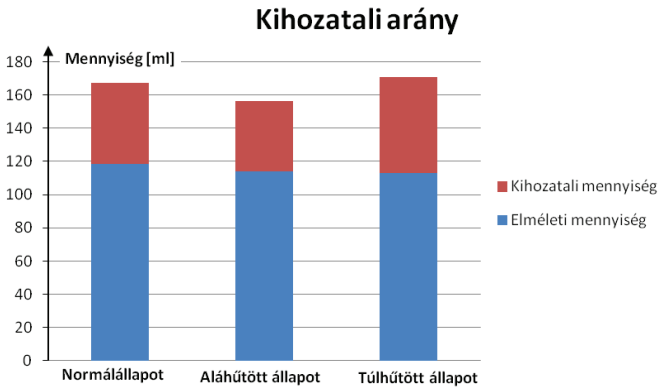
Valós lepárlás

Az elméleti és a valós lepárlás között a fő különbség az, hogy míg az elméletinél csupán két komponensünk van (etanol és víz), addig a valós esetben egy ismeretlen számú komponenst és aromatikát tartalmazó vegyület komplexünk van, melynek a főkomponense itt is a víz és az etanol. Az elmélet és a valós lepárlások között további különbség, hogy míg az elméletinél a teljes desztillátum hasznos, addig a valós esetben el kell különíteni elő-, közép- és utópárlatot, melyek alkohol tartalomban és aromatikában is eltérnek. (A hasznos kihozatal a desztillátum mennyiségének és alkoholtartalmának szorzataként adódik, mértékegysége ml·alkohol%.) Fogyasztásra csupán a középpárlat alkalmas, így ezt tekintjük hasznos kihozatalnak.

A valós lepárlás során Stanly szilvacefre lepárlását végeztük el, három különböző desztillálási beállítás mellett. A három beállítást a deflegmátor hűtésének különböző szabályozásával értük el. Először normál hűtést, majd aláhűtést, végezetül pedig túlhűtést alkalmaztunk. (Az aláhűtésnél a normál hűtési viszonyokhoz képest kevesebb hőt vontunk el, a túlhűtésnél pedig nagyobb mértékű a hűtést a normál lepárláshoz képest.) A lepárlások során a desztillátum összetevő aromatikájának függvényében három jól elkülöníthető szakaszt különböztetünk meg egymástól: elő- közép- és utópárlati szakasz.

Az egyes lepárlások során mértük a fej, az üst és a hűtővíz be- és kilépő hőmérsékletét, továbbá lepárlási szakaszonként a hűtővíz térfogatáramát, valamint a desztillátum térfogatait és alkoholkoncentrációit.

A normál üzemállapotban történt lepárlás a várakozásnak megfelelően hasonló eredményeket hozott, mint az elméleti lepárlás. Ennek oka, hogy a kezdeti cefre alkohol tartalma (9,2 V/V%) közel azonos volt az elméleti lepárlás során alkalmazott etanol – víz elegyével (10 V/V%). A mérőberendezéssel végzett, optimálisan szabályozott lepárlásnál a hasznos kihozatal az elméleti értékhez képest 1:2,03 arányra adódott. Ezt összevetve az iparban tapasztalt értékekkel (1:5; 1:5,5) elmondható, hogy egyes gyümölcsökre meghatározható egy olyan desztillálási beállítás, mely ipari körülmények között lévő



2. diagram. **A kihozatali- és az elméleti mennyiségek különböző hűtési beállítások mellett**

2. táblázat. Mérési adatok és a kihozatali arány

	Mennyiség	Alkohol tartalom	Kihozatal	Hasznos mennyiség	Hasznos mennyiség
	ml	V/V%	ml·alkohol%	ml·alkohol%	ml
Normálállapot					
Cefre	1500	9,2%	138,0	-	-
Előpárlat	34,75	86,9%	30,2	-	-
Középpárlat	58,25	84,1%	49,0	132,57	118,42
Utópárlat	140,5	37,3%	52,4	-	-
Maradék	1253,8	0,0%	0,0	-	-
Összehasonlítás az elmélettel: 2,03			2,03 : 1-hez arány		
Aláhűtött állapot					
Cefre	1500	9,2%	138,0	-	-
Előpárlat	29	72,0%	20,9	-	-
Középpárlat	48,5	87,2%	42,3	132,57	114,25
Utópárlat	134	48,0%	64,3	-	-
Maradék	1275,6	0,0%	0,0	-	-
Összehasonlítás az elmélettel: 2,36			2,36 : 1-hez arány		
Túlhűtött állapot					
Cefre	1500	9,2%	138,0	-	-
Előpárlat	29,5	78,0%	23,0	-	-
Középpárlat	65,5	88,2%	57,7	132,57	113,01
Utópárlat	125,5	40,4%	50,7	-	-
Maradék	1266,7	0,0%	0,0	-	-
Összehasonlítás az elmélettel: 1,73			1,73 : 1-hez arány		

lepárlásokat optimalizálni képes. [6] (A mérések eredményeit és azok kiértékelését a 1. táblázat és a 2. diagram tartalmazza.)

Az aláhűtött üzemállapotban történt lepárlás esetében a hasznos kihozatal az elméletihez képest 1:2,36 arányban adódott, ez a normál üzemű lepárláshoz képest 14%-kal kevesebb kihozatalt eredményezett. A normál lepárlással összehasonlítva ezen üzemállapotban az előpárlat mennyisége és alkoholtartalma is jelentősen kevesebb volt, ezzel szemben az utópárlat mennyisége közel azonos és alkoholtartalma jelentősen nagyobb volt. Ennek oka, hogy a középpárlatban nem tudott megfelelő mennyiségű és alkoholtartalmú párlat desztillálódni, így a slempében (a lepárlás során az üstben lévő cefrében) maradt alkoholtartalom az utópárlatban jelent meg.

A túlhűtött üzemállapotban történő lepárlás esetében a hasznos kihozatal az elméleti értékhez képest 1:1,73-ra adódott, mely 18%-kal nagyobb, mint a normál üzemállapotú lepárlás esetében. Továbbá a normál lepárlással összehasonlítva megállapítható, hogy az előpárlat mennyisége és alkoholtartalma itt is kisebb, valamint az utópárlat mennyisége is kevesebb, ezzel szemben az utópárlat alkohol tartalma közel azonos. Ennek következményeképpen adódott, hogy a hasznos kihozatala, mely a középpárlat alkoholtartalmától és mennyiségétől függ, nagyobb, mint a normál üzemállapotban történő lepárlás esetében.

A méréseink alapján kijelenthető, hogy a túlhűtött üzemállapotban a legnagyobb a kihozatali arány, viszont a kihozatal mennyisége még nem elegendő paraméter számunkra, ha a minősége nem megfelelő. Ezért a középpárlatokat hivatalos pálinkabíráló bizottság általi bírálat alá vetettük, melynek eredményeit a 2., 3. és 4. táblázat tartalmazza.

3. táblázat. Normálállapot minőségi bírálata

Megnevezés:		**Fő csoport:** Csonthéjasok			**Al csoport:** Stanly Szilva		
Minta száma	**Illat tisztaság (0-3)**	**Illat karakter (0-5)**	**Íz tisztaság (0-3)**	**Íz karakter (0-5)**	**Össz-benyomás (0-4)**	**Eredmény (0-20)**	**Bíráló száma**
1000	3	4	3	3	3	**16**	8
1000	3	4	3	4	2	**16**	12
1000	3	5	3	4	3	**18**	13
Konszenzusos eredmény:		**16 (Ezüst)** Illatában, izében fajta karakteres intenzív, rövid utó érzet, Üde friss karakterjegyek kiemelkedőek, kellemes simulékony.					
1001	3	4	3	4	3	17	2
1001	3	5	3	3	3	17	7
1001	3	4	3	3	3	16	10
Konszenzusos eredmény:		**17 (Ezüst)** Izében, illatában hibamentes fajtajegyeket magán viseli, Illata üde, markáns virágos jegyekkel, íze friss szilva jellemzőket hozza, utóizében lapos, rövid összhatásában selymes behízelgő.					
1002	3	4	3	3	3	16	12
Konszenzusos eredmény:		Nincs konszenzusos eredmény.					

4. táblázat. A túlhűtött üzemállapot minőségi bírálata

Megnevezés:		**Fő csoport:** Csonthéjasok			**Al csoport:** Stanly Szilva		
Minta száma	**Illat tisztaság (0-3)**	**Illat karakter (0-5)**	**Íz tisztaság (0-3)**	**Íz karakter (0-5)**	**Össz-benyomás (0-4)**	**Eredmény (0-20)**	**Bíráló száma**
9998	2	3	2	3	3	**13**	21
9998	2	2	2	2	2	**10**	7
9998	2	3	2	3	3	**13**	11
Konszenzusos eredmény:		**14 alatt (-)** Illatában, izében fajta karakterek alig felismerhetőek intenzív, alkoholos érzet dominál, hosszú csípős utóérzett, alkohol túlsúlyos.					

5. táblázat. Az aláhűtött üzemállapot minőségi bírálata

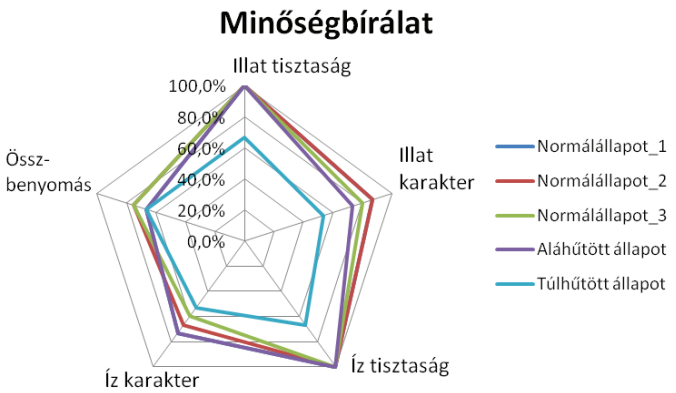
Megnevezés:		**Fő csoport:** Csonthéjasok			**Al csoport:** Stanly Szilva		
Minta száma	**Illat tisztaság (0-3)**	**Illat karakter (0-5)**	**Íz tisztaság (0-3)**	**Íz karakter (0-5)**	**Össz-benyomás (0-4)**	**Eredmény (0-20)**	**Bíráló száma**
9999	3	3	3	3	3	**15**	28
9999	3	4	3	4	2	**16**	12
9999	3	4	3	4	3	**17**	3
Konszenzusos eredmény:		**16 (Ezüst)** Illatában, izében gyümölcsös fajta karakterek főtt lekváros jegyekkel, dzsemes utó érzet, mély viaszos, fűszeres hosszú lecsengésű szilvás gombóc, szilvalekváros táska érzetét kelti.					

Az érzékszervi bírálatnak öt fő kategóriája van:

- Illat tisztaság (3 pont)
- Illat karakterisztika (5 pont)
- Íz tisztaság (3 pont)
- Íz karakterisztika (5 pont)
- Összbenyomás (4 pont).

A bírálók először a párlat tisztaságát és illat jegyeit érzékelik, majd ezután a mintát megkóstolva a párlat ízvilágáról, valamint összbenyomásáról alakítanak ki véleményt. Minden mintát egy három főből álló zsűri bírál el. A tagok először önállóan bírálják el a mintát, majd egymás között egyeztetve, konszenzusra törekedve kialakítják a zsűri testületi értékelésének megfelelő pontszámot. Az együttesen kialakított pontszámok alapján a következő kategóriákba sorolják a pálinkákat: arany (18–20 pont), ezüst (16–17 pont) és bronz (14–15 pont). Az aranyérmes minták közül a győztes – Champion – tételek kiválasztása az összes bíráló véleménye alapján történik a verseny végén.

Az eredményeket szemléletesebben mutatja be a pókháló diagram (lásd 3. diagram):



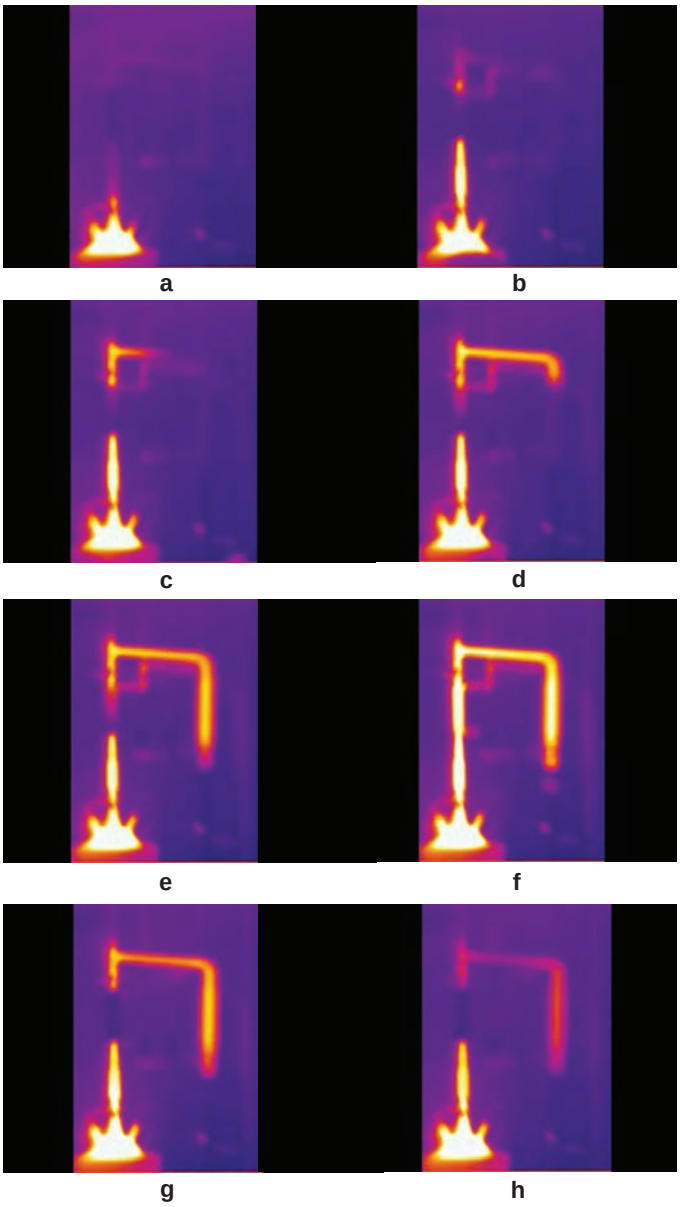
3. diagram. **Lepárlások minőségbírálatának diagramja**

Minél nagyobb a közbezárt terület, a pálinka annál nagyobb aroma karakterisztikával rendelkezik. A bírálóbizottság által készített bírálat alapján kijelenthetjük, hogy a normálállapotú lepárlás minősége is kiváló. Az eltérés az arany fokozattól, csupán a pálinkafőző mesterek évtizedes tapasztalatának hiányában rejlett. Ezzel szemben a túlhűtött üzemállapotban a minőség még a bronz fokozatot sem érte el, így kijelenthető, hogy ennek a minősége nem megfelelő. Tehát hiába ebben az állapotban a legnagyobb a kihozatal, mivel a minősége közel sem megfelelő, ezt az állapotot kerülni kell. Az aláhűtött üzemállapot minősége is elérte az ezüst fokozatot, de érdemes megfigyelni a konszenzusos eredményt is. Ez alapján elmondható, hogy a minősége a minősítés kategória szerint önmagában elfogadható lenne, de illata- íze inkább a főtt mélyebb szélesebb karakterjegyek felé tolódott „szilvás gombócra emlékeztető", nem pedig a minőségi pálinkára jellemző, ami az üde friss gyümölcsös jegyek és a befőttes, lekváros jegyek kiegyensúlyozott harmóniáját jelentené. Valamint mivel a kihozatala sem volt megfelelően nagy, így ezen üzemállapot sem alkalmas a minőségi és optimális kihozatalú pálinka készítésére.

Az eredményeket figyelembe véve az ideális pálinka lepárlást – mely mind íz világában, mind kihozatali mennyiségében optimális – a normálállapottal értük el, mely a deflegmátor megfelelő hűtési viszonyával valósítottunk meg. Ezen hűtési viszony folyamatos nyomon követése érdekében az összes mérés közben hőkamerával felvételt készítettünk, mely szemléletesen mutatja be a berendezésben történő hőmérsékletváltozást az idő függvényében.

Hőkamerás felvétel

Az infravörös hőkamera az úgy nevezett non – kontakt infravörös hőmérsékletmérő berendezések csoportjába tartozik, melynek nagy előnye a gyorsaság, az interferencia hiánya, biztonságos mérés és hogy magas hőmérsékleten (3000 °C) is képes mérni. [7] Működési elve az emberi szem működéséhez hasonlatos. A szemlencse képviseli az optikát, amin keresztül a mérendő test felületéről érkező sugárzás (foton áramlás) eléri a fényérzékeny felületet (retinát). Itt olyan jellé alakul át mely számítógéppel feldolgozható. A test által kibocsátott sugárzás arányos a test belsejében lévő molekulák mozgásával, mely az tárgy hőmérsékletétől függ (ezt nevezzük jellemző vagy karakterisztikus sugárzásnak). E sugárzás 0,7-1000 μm hullámhosszon belül mozog, mely a látható fénytartományon belül a vörös tartományba esik, ezért infravörös fénynek nevezzük.



4. ábra. **Lepárlás során a hőmérsékletek alakulása a berendezésen**

A 4. ábrán látható a normál lepárlás során kialakuló hőmérsékletek és ezek változásai. (A mérés teljes időtartalma alatt maximális kondenzátorhűtést alkalmaztunk, ezért ennek hőmérsékleti változása oly kismértékű melyet a hőkamera nem tudott kimutatni.) Az első képen („a") az üstben lévő Stanly szilvacefre kezdi elérni a 100 °C-os forrpontját (fehéren izzik az üst), ekkor a deflegmátor teljes hűtésen van. A „b" képen az úgy nevezett felállt oszlop látható. (Felállt oszlopnak azt az állapotot nevezzük mikor a rektifikálás a kolonnákon és a deflegmátoron egyszerre zajlik.) Ez az a pont mikortól a deflegmátor hűtésének a szabályozása elkezdődik. A „c" képen az előpárlat eléri a lepárlóhidat és a lepárlóhíd falának hőmérsékletét megnöveli. A „d" kép a deflegmátorból kilépő hűtővíz egyre nagyobb mértékű felmelegedése látható (az elmenő ágon a vezetékek sárgára színeződtek), ez a középpárlati szakasz kezdete melyet érzékszervi vizsgálattal (illat, íz) is ellenőrizni kell. Az „e" kép a középpárlati lepárlási szakaszt mutatja be. Ekkor a kolonnán az áramló gőz hatására a hőmérséklet az üst hőmérsékletével egyenlő, ezzel szemben a deflegmátorba belépő hűtővíz hatására a deflegmátor alján a hőmérséklet jelentősen alacsonyabb. Ahogy a hűtővíz melegszik, úgy melegszik a deflegmátor felszíne. A „f" képen utópárlati lepárlási szakasz látható, melyet érzékszervi vizsgálattal is megerősítettük. Ekkor mind a deflegmátor, a kolonna, a lepárlóhíd, valamint az összekötő elem egyre nagyobb mértékű melegedése miatt a hőképük fehér színű. Ennek oka, hogy a középpárlat befejeztével az utópárlatnál már nincs szükségünk a deflegmátor munkájára (ugyanis a még a cefrében maradt alkoholt szeretnénk kinyerni), ezért ennek a hűtését leállítottuk. Miután a fejhőmérő elérte a 99 °C-ot (ekkor már csupán vizet párolunk le) leállítottuk az üst fűtését és visszaadtuk a deflegmátorra a teljes hűtést, ez látható a „g" képen, ahol a deflegmátoron keresztülhaladó hűtővíz hatására a deflegmátor rövid időn belül visszahűlt. Az utolsó képen („h") a mérés befejezésekor kialakult állapot látható, ahol már semmilyen utópárlati komponenst nem lehet lepárolni, a véghűtőn a kondenzáció leállt, valamint a felmelegedett lepárlóhíd és összekötő elem is kezd visszahűlni.

Irodalom

[1] Aradi, Csendes, Dúl, Gyuris, Takács: Quintessence - 2016 A Pálinka Világa. Ongai Kulturális Egyesület, Onga, 2016.

[2] Panyik: Pálinkafőzés. Ágyas pálinka és likőr készítése. Cser kiadó, Budapest, 2013.

[3] Treybal: Mass- Transfer Operations, Third Edition. McGraw-Hill Book Company, Bogota, 1980.

[4] Gulyás: Diffúziós műveletek, Debreceni Egyetem. Debrecen, 2000.

[5] Hattiangadi: Application of modified McCabe-Thiele numerical method for multicomponent distillation. Lowell Techn., Inst, Lowell, 1974.

[6] Virág, Csendes, Laza: Pálinkafőzés hőtani vizsgálata hőkamera segítségével. XXIV. Nemzetközi Gépészeti Konferencia Kolozsvár, ETE, Kolozsvár, 2017.

[7] Global Focus Kft. Raytek képviselet: Az infravörös hőmérsékletmérés alapjai. (http://www.globalfocus.hu/download/Az_infravoros_homersekletmeres_alapjai.pdf utolsó elérés: 2017. 12. 04.) 2000.

Az MTA Energetikai Tudományos Bizottsága

A Magyar Tudományos Akadémia egyes szakterületekhez tartozó köztestületi tagjai 2017. szeptember 11-én éjfélig dönthettek a tudományos bizottságok összetételéről. A szavazás az elektronikus választási rendszeren történt.

A választás eredményeképpen az MTA Energetikai Tudományos Bizottságának tagjai a következő három évben az energetika szakterületen dolgozó Reményi Károly és Vajda György akadémikusok, és a köztestületi tagok által választott 18 fő, Aszódi Attila, Bihari Péter, Csom Gyula, Farkas István, Gács Iván, Gadó János, Garbai László, Gerse Károly, Imre Attia, Imre László, Katona Tamás János, Ősz János, Palotás Árpád, Penninger Antal, Szentannai Pál, Tersztyánszky Tibor, Woperáné Serédi Ágnes és Zsebik Albin.

A Bizottság alakuló ülése 2014. november 9-én az Akadémia székházának Elnöki Tanácstermében volt. Az ülést Kollár László akadémikus, a Műszaki Tudományok Osztály elnöke vezette. Az ülésen a levezető elnök értékelte az előző ciklus eredményeit, majd a bizottság elnökének Gadó Jánost, elnökhelyettesének Farkas Istvánt, titkárának Szentannai Pált választották.

Gadó János fizikus, az MTA doktora, az MTA Energiatudományi Kutatóközpont ny. főigazgatója, professzor emeritusa.
Kutatási területe: reaktorfizika, a reaktor fűtőelemek termomechanikai viselkedése, az atomenergia-termelés biztonsága.

Farkas István okl. villamosmérnök, egyetemi tanár, a Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Környezetipari Rendszerek Intézet igazgatója. Alapító tagja és jelenleg vezetője a SZIE Műszaki Tudományi Doktori Iskolának. Elnöke a Magyar Napenergia Társaságnak. A Solar Energy folyóirat társszerkesztője.
Kutatási területe: Folyamatirányítás, számítógépes szimuláció, a számítógépes folyamatirányítás, a mesterséges intelligencia, a napenergia-hasznosítás valamint az energia és környezet.

Szentannai Pál PhD.Mech.Eng., M.Sc.El.Eng. A BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszékén egyetemi docens és tanszékvezető helyettes.
Kutatási területei: Energetikai berendezések szabályozása modern eljárásokkal; energetikai folyamatok (instacionárius, többváltozós, nemlineáris) matematikai modellezése; modell alapú szabályozása. FBC, és a fluidágyas konverzió egyéb környezettechnikai alkalmazásai; megújulók, szilárd biomasszák energetikai hasznosítása és ártalmatlanítása; szilárd tüzelőanyagok reakciókinetikája.

A megújuló energia termelésének kilátásai az EU energiafogyasztásában

Harangi-Rákos Mónika
okl. gazdasági agrármérnök, rakos.monika@econ.unideb.hu

Popp József
okl. agrármérnök, popp.jozsef@econ.unideb.hu

Oláh Judit
okl. agrármérnök, olah.judit@econ.unideb.hu

2015-ben a megújuló energiaforrások aránya a villamosenergia-termelésben 28,8% volt az EU-ban. Ugyanakkor a tagországok között nagy szóródás tapasztalható, mert például Ausztriában, Svédországban, Lettországban és Dániában a megújuló energia aránya meghaladja az 50%-ot, Máltán, Luxemburgban, Magyarországon és Cipruson a 10%-ot sem éri el. Magyarország 7,3%-kal az EU átlagától is jócskán lemaradva az utolsó három helyen szerepel. Az EU-ban a hűtés és hőtermelés energiaigényének 18,6%-át tette ki a megújuló energia a hő- és vízszivattyú, valamit geotermikus energia felhasználásnak köszönhetően. Az egyes tagországok vegyes képet mutatnak, ugyanis míg Svédországban, Finnországban és Lettországban ez az arány meghaladja az 50%-ot, az Egyesült Királyságban, Hollandiában, Írországban még a 10%-ot sem éri el. Magyarországon a 21,3%-os arány meghaladja az EU átlagát. A közlekedési szektorban a megújuló energia aránya 6,7%-ra nőtt. Ugyanakkor nagy szóródás tapasztalható a tagországok között, mert Svédországban és Finnországban ez az arány 24%-ot és 22%-ot tett ki, míg Spanyolországban, Görögországban és Észtországban a 2%-ot sem érte el. Magyarországon ez az arány 6,2% volt, vagyis közel állt az EU-28 átlagértékéhez. Az EU a primerenergia termelésében, részarányát tekintve, a legfontosabb az atomenergia (28,9%) és a megújuló energiaforrás (26,7%) volt 2015-ben és az egyéb majdnem 2%-ot tett ki. A megújuló energiaforrás több mint 75%-át a biomassza és hulladék, valamint vízenergia adta.

*

In 2015, the share of renewable energy sources in electricity production was 28.8% in the EU. At the same time, there is a significant variation between EU member states, for example, I Austria, Sweden, Latvia and Denmark more than half the electricity used came from renewable energy sources. On the other hand, in Malta, Luxembourg, Hungary and Cyprus the share of electricity generated from renewable sources was less than 10%. In Hungary just 7,3% all the electricity consumed was generated from renewable energy sources. lagging behind in the last three places between EU member states. In the EU, renewable energy accounted for 18.6% of the energy and heat demand of heat and water, thanks to the use of heat and water and geothermal energy. Member states showed a mixed picture, while in Sweden, Finland and Latvia the share of renewable energy accounted for over 50% of total energy use for heating and cooling, in the United Kingdom, the Netherlands and Ireland the share of energy from renewable sources in heating and cooling was less than 10%. Hungary, with a share of 21.3% was above EU average. The average share of energy from renewable sources in transport increased to 6.7% in 2015. Among the EU member states, the relative share of renewable energy in transport fuel consumption ranged from highs of 24.0% in Sweden and 22.0% in Finland down to less than 2.0% in Spain, Greece and Estonia.In Hungary, the share of renewable energy in transport fuel was 6.2% compared with 6.7% in the EU-28. In 2015 nuclear energy had a share of 28.9% and renewable energy a share of 26.7% in the primary energy production in the EU and more than 75% of the renewable energy source was supplied by biomass, waste and hydropower.

** * **

Az elmúlt 35 évben a globális energiatermelés megduplázódott, miközben a megújuló energiaforrások hozzájárulása 13%-ról 19%-ra nőtt. Összességében a biomassza aránya az elmúlt két évtizedben stabil maradt globális szinten, ugyanakkor a modern megújuló energia felhasználása alacsony szintről indulva gyors ütemben emelkedett az 1990-es évek második felétől kezdve, vagyis gyorsabb ütemben bővül, mint a biomasszára alapozott bioenergia előállítása. A megújuló energiaforrásokon belül a „modern" megújuló energia 10,3%-ot (szél-, nap-, víz-, geotermikus-energia, bioüzemanyagok stb.), a tradicionális biomassza 8,9%-ot képvisel. A megújuló energiaforrásokból megtermelt energia 90-92%-át fűtésre, 5%-át közlekedésre, 3%-át villamosenergia-termelésre fordítják. Ugyanakkor a tradicionális biomassza kétharmadát (tűzifa) még mindig főzésre és fűtésre használják fel pazarló módon, elsősorban Afrikában. A biomasszából származó energiafelhasználás 88%-át az erdészet adja, ebből a tűzifa 68%-ot, a faszén 10%-ot, a feketelúgból 6,8%-ot, a fahulladék 1,8%-ot, a pellet 0,7%-ot és egyéb faipari hulladékok 0,7%-ot képviselnek. A biomasszából származó villamosenergia termelése folyamatosan nő, főleg Európában, az USA-ban és Kínában. A biomasszából a tisztán villamosáram előállítása nagyon alacsony hatásfokú (30-35%), ezért a kombinált, hő- és villamosenergia előállítású üzemek a perspektivikusak.

Az ENSZ 21. klímacsúcsán mintegy kétszáz ország kötelezte el magát az éghajlatváltozás megelőzésére az emberi civilizáció védelme érdekében. A 2015. december 12-én elfogadott párizsi megállapodás célként fogalmazza meg a 1,5 °C-os globális felmelegedési küszöbértéket 2030-ra. A megállapodás kötelezettség vállalást jelent a fosszilis energiahordozók arányának mérséklésére, a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére és a globális felmelegedés legfeljebb 2 °C, de lehetőség szerint 1,5 °C alatt tartására (COP21, 2016).

Az Európai Unió 2020-ig tartó energia- és éghajlat politikai célkitűzéseiről szóló 2009/28/EK irányelv előírja a megújuló energiaforrások arányának növelését a végső energiafelhasználásban. Az EU-ban a kötelező érvényű 20%-os részarány eléréséhez az egyes tagországok eltérő részesedéssel járulnak hozzá. A közlekedésben a megújuló energia részarányát minden tagállamnak egységesen 10%-ra kell növelni (Európai Parlament, 2009). Az előírt és vállalt részesedést nem teljesítő tagországokra pénzügyi büntetés vár,

amely összeget egy közös alapba kerülve a nemzeti célkitűzéseket teljesítő országok között osztják szét (Popp – Potori szerk., 2011).

Anyag és módszer

Összehasonlító és idősorelemzéssel vizsgáltuk a megújuló energiaforrások arányát a végső energiafelhasználásból az EU tagországaiban (2004-2015). Az elemzéseinkhez az EUROSTAT adatbázisai és különböző a téma szempontjából releváns szakirodalmak és tanulmányok voltak a segítségünkre. Az EU-28-ban 2004 és 2015 között vizsgáltuk:

- a megújuló energiaforrások megoszlását a végső energiafelhasználásból,
- a megújuló energiaforrások megoszlását az elektromos energia előállításában, megújuló energiaforrások arányát az elektromos energia-termelésben,
- a megújuló energiaforrások arányát a hőenergia termelésben és fűtésben, valamint a megújuló energiaforrások arányát az EU közlekedési szektorában,
- a primer energia-termelést, valamint
- a primer energia termelésének alakulását energiaforrások.

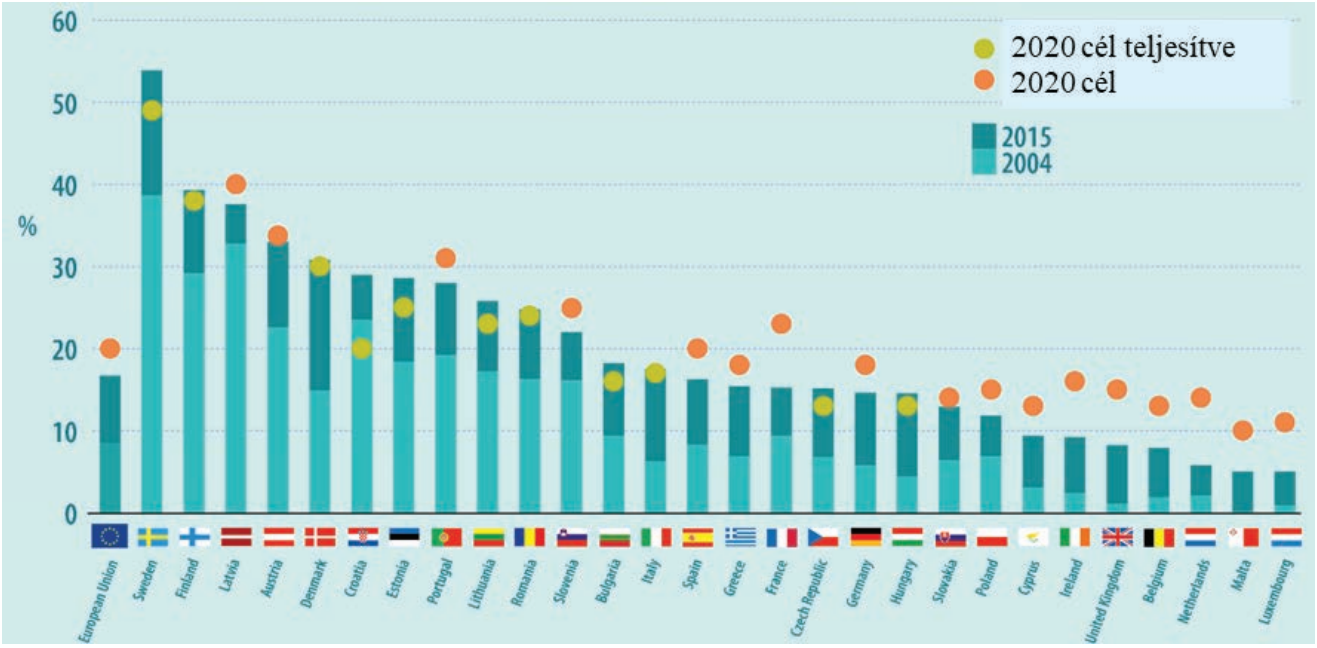
A megújuló energiaforrások termelése az EU tagországaiban

2015-ben az uniós tagállamok közül már 11 teljesítette a 2020-ra kitűzött célját. Míg 2004-ben az energiafogyasztás 8,5%-át fedezték a megújuló energiák, addig 2015-ben már 16,7%-át. Ugyanakkor a tagországok vegyes képet mutatnak, mert a megújuló energia aránya például Svédországban elérte az 53,9%-ot, de Luxemburgban és Máltán csupán az 5%-ot. Nincs összefüggés a tagország fejlettsége és a megújuló energia aránya között, mert a lista végén Luxemburg és Málta mellett szerepel még Hollandia (5,8%), Belgium (7,9%) és az Egyesült Királyság (8,2%) is. Európában egyébként Izland (70,2%) és Norvégia (69,4%) vezet a megújuló energia termelésében. Hozzá kell tenni, hogy az egyes tagországok vállalása is szélsőséges arányokat mutat. Ausztria például hiába ért el 2015-ben hazánknál kétszer nagyobb arányt, még nem teljesítették vállalásukat. A tagországok által kitűzött céltól ma Hollandia lemaradása a legnagyobb, mert 8,2%-ot szükséges még teljesítenie 2020-ig. Hollandia után következik Franciaország (7,8% hiány a célkitűzéshez képest) és Írország, Egyesült Királyság (6,8% hiány a célkitűzéshez képest).

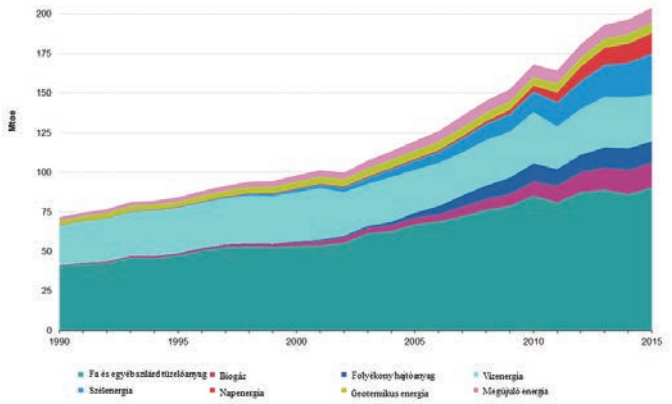
Magyarország 14,5%-kal szerepel a listán, ezzel már túl is szárnyaltuk a 13%-os vállalásunkat, ugyanakkor 2013-ban 16,2% volt ez az arány, azután pedig csökkent. A régió országaival összevetve a középmezőnyben helyezkedünk el, mert a megújuló energia aránya Lengyelországban 11,8%, Szlovákiában 12,9%, Csehországban 15,1%, Szlovéniában 22%, Romániában 24,8%, Horvátországban 29%, Ausztriában pedig 33% volt 2015-ben (1. ábra).

2005 és 2015 között a megújuló energia termelése az EU-28-ban 70,2%-kal, évi átlagban 5,5%-kal emelkedett. 2015-ben a végső felhasználásra kerülő megújuló energiaforrásokból 44%-ot tett ki a fa és egyéb szilárd tüzelőanyag, valamint megújuló hulladék. A vízenergia14,4%-os arányával a második legfontosabb energiaforrás, ezt követi a szélenergia 12,7%-kal és napenergia 6,4%-kal. A szél- és napenergia aránya (19,1%) a megújuló energiaforrásokon belül még viszonylag alacsony, de termelésük az utóbbi években gyorsan nőtt. A biogáz és folyékony hajtóanyag aránya mintegy 7-7% volt. A geotermikus energia mindössze 3,2%-kal járult hozzá a megújuló energia előállításához (2. ábra). Energiatermelésre a tengervíz hullámzása, az árapály-jelenség, az óceánok hőkészlete is felhasználható, de alkalmasak rá a különféle tengeri áramlatok is. Ennek aránya egyelőre elenyésző a megújuló energia előállításában, de Franciaországban és az Egyesült Királyságban már alkalmazzák ezt a technológiát.

A zöld villamos energia termeléséhez elsősorban a víz- és szélenergia (kétharmad arány), valamint a napenergia és szilárd biomassza járul hozzá. A szélerőművek – a beépített teljesítményt és megtermelt villamos energia mennyiségét figyelembe véve – éves szinten csak 23%-os kihasználtsággal tudtak energiát termelni 2015-ben. Így a beépített 329,3 MW szélerőművi teljesítmény a valóságban csak átlagosan 73,3 MW teljesítményt képviselt. A szélerőművek teljesítménye 5,84 MW és 306,65 MW között folyamatosan, hektikusan változott (MAVIR, 2017).

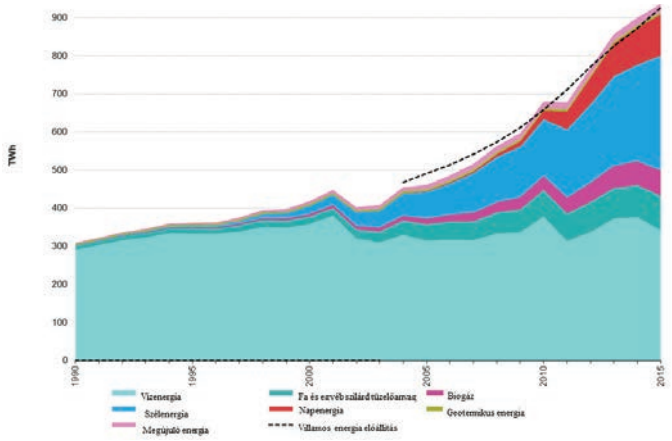


1. ábra. **A megújuló energiaforrások aránya a végső energiafelhasználásból az EU tagországaiban (2004-2015)**
Forrás: EUROSTAT (2017a)



2. ábra. **A megújuló energiaforrások megoszlása a végső energiafelhasználásból az EU-28-ban, millió toe (1990-2015)**
(Forrás: EUROSTAT (2017a))

A vízenergia aránya 38,4%-ot tett ki 2015-ben, de 1990 óta nem vagy alig változott ez az érték. Az utóbbi időszakban gyorsan nőtt a szélenergia- és szilárd tüzelőanyag aránya és 2015-ben elérte a 31,3%, illetve 18,4%-ot, míg a napenergia részesedése a vizsgált időszakban 0,3%-ról 11,2%-ra nőtt (3. ábra).

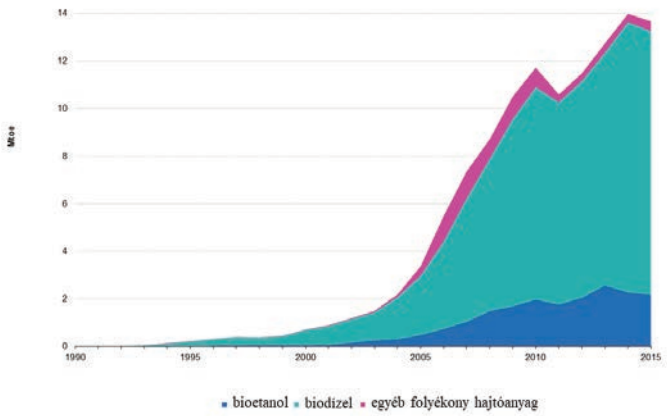


3. ábra. **A megújuló energiaforrások megoszlása az elektromos energia előállításában az EU-28-ban, TWh (2004-2015)**
Forrás: EUROSTAT (2017a)

A megújuló energiaforrások aránya a villamosenergia-termelésben 2015-ben 28,8% volt az EU-28-ban. Ugyanakkor a tagországok között nagy szóródás tapasztalható, mert például Ausztriában, Svédországban, Lettországban és Dániában a megújuló energia aránya meghaladja az 50%-ot, Máltán, Luxemburgban, Magyarországon és Cipruson a 10%-ot sem éri el. Magyarország 7,3%-kal az EU-28 átlagától is jócskán lemaradva az utolsó három helyen szerepel. A megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia forrása megközelítőleg 81%-ban a szélenergia és a biomassza (Csipkés et al., 2017). A régió tagországaival összevetve utolsó helyen szerepelünk, mert ez az arány Ausztriában 70,3%, Horvátországban 45,4%, Romániában 43,2%, Szlovéniában 32,7%, Szlovákiában 22,7%, Csehországban 14,1%, Lengyelországban pedig 13,4% % volt 2015-ben. Magyarországon 2009 óta nem tapasztalható elmozdulás e területen (1. táblázat).

Az EU-ban a hűtés és a hőtermelés energiaigényének 18,6%-át tette ki a megújuló energia a hő- és vízszivattyú, valamit geotermikus energia felhasználásnak köszönhetően 2015-ben. Ez komoly előre lépésnek tekinthető, ugyanis 2004-ben még csak 10,2% volt ez az arány. Magyarország földrajzi adottságait figyelembe véve leginkább a biomassza alapú – főleg erdészeti és mezőgazdaságból származó –, geotermikus-, termál- és napenergia termelést tartja a kormány perspektivikusnak, melyet CSIPKÉS (2017) számításaival alá is támasztott 2017-ben. Számítások szerint a Magyarországon a rendelkezésre álló potenciális megújuló energia 2 600-2 700 PJ évente (jelenleg 1 000-1 100 PJ közötti az energiafelhasználás), amelyből a napenergia potenciálisan 70%-os, szélenergia 20%-os, a biomassza 7,5-12,0%-os arányban részesülhet. A jövőben ezeken kívül még a geotermikus- és vízenergia jöhet számításba (Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, 2012). Ehhez elsősorban az ipari és a szolgáltatási szektor, valamint a lakóépületek járultak hozzá (2. táblázat). Az egyes tagországok vegyes képet mutatnak. Svédországban, Finnországban és Lettországban ez az arány meghaladja az 50%-ot, az Egyesült Királyságban, Hollandiában, Írországban még a 10%-ot sem éri el. Magyarországon a 21,3%-os arány magasabb érték az EU átlagánál, a régió tagországokban ez az arány többékevésbé a magyar arány körül mozog (2. táblázat) Magyarországon a megújuló energiából 2014. évben 45,42 PJ energiát használtak fel fűtés-hűtési célra. A legnagyobb hányada ennek az energiának a szilárd biomasszából származik (84,4%), melyet jóval kisebb részaránnyal a geotermikus energia követ (11,4%) (Csipkés, 2016).

A közlekedési szektorban a megújuló energia aránya 2004-2015 között 1,4%-ról 6,7%-ra nőtt. Nagy szóródás tapasztalható a tagországok között, Svédországban és Finnországban ez az arány már 24%-ot és 22%-ot tett ki 2015-ben, de Ausztriában is kétszámjegyű volt (11,4%), míg Spanyolországban, Görögországban és Észtországban a 2%-ot sem érte el. Magyarországon ez az arány 6,2% volt, vagyis közel állt az EU-28 átlagértékéhez (3. táblázat). A folyékony hajtóanyagok előállításában magasan a biodízel vezet, energia-egyenértékben részesedése megközelíti a 80%-ot (4. ábra). A biodízel-előállítás és -felhasználás ma főleg Európára – az EU részesedése a globális termelésből 40% körül alakul – és kisebb mértékben az USA-ra koncentrálódik, bár az utóbbi években több ország (Argentína, Indonézia, Thaiföld stb.) is bekapcsolódott a biodízel-gyártásba. 2016-ben a 34 milliárd liter globális biodízeltermelésből az EU 13,5, az USA 6,3 milliárd litert állított elő. 2026-re a globális biodízelgyártás várhatóan 41 milliárd literre nő (OECD/FAO, 2017; RFA, 2017).



4. ábra. **A folyékony hajtóanyagok előállításának alakulása az EU-28-ban, millió tonna (1990-2015)**
Forrás: EUROSTAT (2017a)

1. táblázat. A megújuló energiaforrások aránya az elektromos energia termelésben, % (2004-2015)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EU-28	14,3	14,8	15,4	16,1	17,0	19,0	19,7	21,7	23,5	25,4	27,5	28,8
Belgium	1,7	2,4	3,1	3,6	4,6	6,2	7,1	9,1	11,3	12,5	13,4	15,4
Bulgária	9,1	9,3	9,3	9,4	10,0	11,3	12,7	12,9	16,1	18,9	18,9	19,1
Csehország	3,6	3,7	4,0	4,6	5,2	6,4	7,5	10,6	11,7	12,8	13,9	14,1
Dánia	23,8	24,6	24,0	25,0	25,9	28,3	32,7	35,9	38,7	43,1	48,5	51,3
Németország	9,4	10,5	11,8	13,6	15,1	17,4	18,1	20,9	23,6	25,3	28,2	30,7
Észtország	0,6	1,1	1,5	1,5	2,1	6,1	10,4	12,3	15,8	13,0	14,1	15,1
Írország	6,0	7,2	8,7	10,4	11,2	13,4	14,6	17,4	19,7	21,0	22,9	25,2
Görögország	7,8	8,2	8,9	9,3	9,6	11,0	12,3	13,8	16,4	21,2	21,9	22,1
Spanyolország	19,0	19,1	20,0	21,7	23,7	27,8	29,8	31,6	33,5	36,7	37,8	36,9
Franciaország	13,8	13,7	14,1	14,3	14,4	15,1	14,8	16,3	16,4	16,9	18,3	18,8
Horvátország	35,5	35,6	35,0	34,0	33,9	35,9	37,6	37,6	38,8	42,1	45,3	45,4
Olaszország	16,1	16,3	15,9	16,0	16,6	18,8	20,1	23,5	27,4	31,3	33,4	33,5
Ciprus	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,4	3,4	4,9	6,6	7,4	8,4
Lettország	46,0	43,0	40,4	38,6	38,7	41,9	42,1	44,7	44,9	48,8	51,1	52,2
Litvánia	3,6	3,8	4,0	4,7	4,9	5,9	7,4	9,0	10,9	13,1	13,7	15,5
Luxemburg	2,8	3,2	3,2	3,3	3,6	4,1	3,8	4,1	4,6	5,3	5,9	6,2
Magyarország	2,2	4,4	3,5	4,2	5,3	7,0	7,1	6,4	6,1	6,6	7,3	7,3
Málta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	1,1	1,6	3,3	4,2
Hollandia	4,4	6,3	6,5	6,0	7,5	9,1	9,6	9,8	10,4	10,0	10,0	11,1
Ausztria	61,8	62,0	62,2	64,3	65,3	67,9	65,7	66,0	66,5	68,0	70,1	70,3
Lengyelország	2,2	2,7	3,0	3,5	4,4	5,8	6,6	8,2	10,7	10,7	12,4	13,4
Portugália	27,5	27,7	29,3	32,3	34,1	37,6	40,7	45,9	47,6	49,1	52,1	52,6
Románia	25,0	26,9	28,1	28,1	28,1	30,9	30,4	31,1	33,6	37,5	41,7	43,2
Szlovénia	29,3	28,7	28,2	27,7	30,0	33,8	32,2	31,0	31,6	33,1	33,9	32,7
Finnország	26,7	26,9	26,4	25,5	27,3	27,3	27,7	29,4	29,5	30,9	31,4	32,5
Svédország	51,2	50,9	51,8	53,2	53,6	58,3	56,0	59,9	60,0	61,8	63,2	65,8
Egyesült Királyság	3,5	4,1	4,5	4,8	5,5	6,7	7,4	8,8	10,7	13,8	17,9	22,4
Izland	93,1	94,9	93,5	113,7	90,8	92,9	92,4	93,9	95,4	96,7	97,1	93,1
Norvégia	97,3	96,8	100,2	98,5	99,6	104,7	97,9	105,5	104,4	106,9	110,3	106,4
Albánia	63,0	72,1	74,2	79,6	73,3	70,7	74,6	66,1	72,4	62,7	71,0	79,2
Montenegró	-	39,1	37,7	37,6	38,3	46,6	45,7	41,6	42,8	49,1	51,4	49,6
Macedónia	14,5	14,0	14,0	13,7	13,9	15,5	15,8	14,8	16,7	18,2	19,3	21,7
Törökország	27,9	26,4	24,7	23,2	22,8	24,7	25,3	25,1	27,1	30,0	30,5	33,2

Forrás: EUROSTAT (2017a)

Energiatermelés és -import az EU tagországaiban

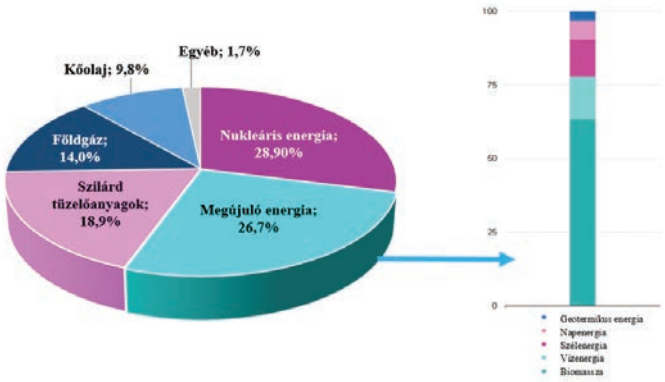
Az EU-28 tagállamaiban a primerenergia-termelés összesen 767 millió tonna olajegyenértéket (toe) tett ki 2015-ben, 15,23%-kal kevesebbet, mint egy évtizeddel korábban. Az EU-28 primerenergia-termelésében megfigyelhető csökkenő tendencia arra vezethető vissza, hogy a nyersanyagkészletek kimerülnek és a termelők nem találják gazdaságosnak a korlátozottan rendelkezésre álló erőforrások kitermelését. Az uniós tagállamok közül 2015-ben Franciaország járt az élen a primerenergia-termelésben, 17,8% volt a részesedése az EU-28 össztermeléséből; a rangsorban Németország (15,6%) és az Egyesült Királyság (15,40%) követte. Az EU tagállamainak felében bővült a primer energia termelés az elmúlt évtizedben, a legnagyobb mértékben Olaszországban, Spanyolországban, Ausztriában, Portugáliában és Észtországban emelkedett. Ezzel szemben az Egyesült Királyságban Németországban, Dániában és Lengyelországban csökkent a termelés (EUROSTAT, 2017b).

Az EU-28 tagállamaiban a primer energiatermelés 2015-ben számos különböző energiaforrás között oszlott meg, amelyek közül részarányát tekintve a legfontosabb az atomenergia volt (28,9%). A nukleáris energia különösen Franciaországban jelentős, ahol részesedése 82,5%, majd Belgium 65,0% és Szlovákia 62,6% következett. A többi tagállamban az atomenergia az össztermelése felét sem tette ki, sőt 14 tagállam egyáltalán nem állított elő atomenergiát. A német kormány bejelentette, hogy 2022-re az összes atomreaktor bezárását tervezi. A termelés 26,7%-a megújuló energiaforrásokból származott, ennek több mint 75%-át a biomassza és hulladék, valamint vízenergia tette ki. A szilárd tüzelőanyagok részaránya 18,9%-ot (nagyrészt szén), a földgázé 14,0%, a kőolajé 9,8% és az egyéb 1,7% volt (5. ábra).

2. táblázat. A megújuló energiaforrások aránya a hőenergia termelésben és fűtésben, % (2004-2015)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
EU-28	10,2	10,9	11,4	12,8	13,1	14,7	14,9	15,6	16,4	16,9	18,1	18,6
Belgium	2,9	3,4	3,7	4,5	5,0	6,0	6,1	6,6	7,3	7,4	7,7	7,6
Bulgária	14,1	14,3	14,8	13,9	17,3	21,7	24,4	24,9	27,5	29,2	28,3	28,6
Csehország	9,9	10,9	11,2	12,4	12,9	14,3	14,1	15,4	16,3	17,6	19,6	19,8
Dánia	20,6	22,8	23,8	26,9	28,1	29,5	31,0	32,3	33,6	34,9	37,9	39,6
Németország	6,3	6,8	7,0	8,4	7,4	9,2	9,8	10,5	10,4	10,6	12,2	12,9
Észtország	33,2	32,2	30,7	32,7	35,5	41,8	43,3	44,1	43,1	43,2	45,2	49,6
Írország	2,9	3,5	3,6	3,9	3,6	4,3	4,5	5,0	5,1	5,4	6,6	6,4
Görögország	12,8	12,8	12,5	14,4	14,3	16,5	17,9	19,4	23,4	26,5	26,9	25,9
Spanyolország	9,5	9,4	11,4	11,3	11,7	13,3	12,6	13,6	14,1	14,1	15,7	16,8
Franciaország	12,3	12,2	11,5	12,5	13,0	14,9	15,8	16,0	16,9	17,9	18,8	19,8
Horvátország	29,4	30,0	29,1	29,2	28,6	31,2	32,8	33,7	36,5	37,2	36,2	38,6
Olaszország	5,7	8,2	10,1	13,3	15,3	16,4	15,6	13,8	17,0	18,1	18,9	19,2
Ciprus	9,3	10,0	10,4	13,1	14,5	16,3	18,2	19,2	20,7	21,6	21,6	22,5
Lettország	42,5	42,7	42,6	42,4	42,9	47,9	40,7	44,7	47,3	49,7	52,2	51,8
Litvánia	30,4	29,3	29,2	29,1	32,0	33,7	32,5	32,8	34,5	36,9	40,6	46,1
Luxemburg	1,8	3,6	3,6	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	5,0	5,5	7,2	6,9
Magyarország	6,5	6,0	7,5	8,9	8,3	10,5	18,1	20,1	23,3	23,7	21,2	21,3
Málta	1,1	2,2	2,6	3,2	3,6	1,8	7,8	12,2	13,2	15,7	14,5	14,1
Hollandia	2,2	2,4	2,8	3,0	3,1	3,4	3,1	3,7	3,9	4,1	5,2	5,5
Ausztria	20,1	22,3	23,0	25,6	25,9	27,6	29,5	30,0	30,9	32,7	32,0	32,0
Lengyelország	10,2	10,2	10,2	10,5	10,9	11,5	11,7	13,1	13,4	14,1	14,0	14,3
Portugália	32,5	32,1	34,2	35,0	37,5	38,0	33,9	35,2	33,2	34,6	34,0	33,4
Románia	17,6	18,0	17,6	19,4	23,2	26,4	27,2	24,3	25,8	26,2	26,7	25,9
Szlovénia	18,4	18,9	18,6	20,4	19,2	27,6	28,1	30,3	31,5	33,4	32,4	34,1
Finnország	39,5	39,1	41,4	41,4	43,3	43,1	44,2	45,9	48,3	50,7	51,9	52,8
Svédország	46,7	51,9	56,4	58,7	61,1	63,6	60,9	62,2	65,8	67,1	68,0	68,6
Egyesült Királyság	0,7	0,8	0,9	1,0	1,9	2,3	2,7	3,0	3,2	4,0	4,7	5,5
Izland	52,3	53,4	56,9	58,6	62,0	62,1	63,9	65,2	64,6	59,0	58,2	63,4
Norvégia	25,5	28,8	28,4	29,3	30,8	31,8	32,6	33,8	33,2	32,7	31,7	33,8
Albánia	34,2	39,1	31,0	33,5	38,8	34,7	31,7	32,0	39,1	37,8	31,0	34,6
Montenegró	-	52,9	51,4	49,1	46,0	62,1	76,5	81,4	79,9	68,6	67,7	68,6
Macedónia	23,4	24,7	24,9	22,5	24,6	29,2	26,5	27,3	29,6	31,8	35,0	35,8
Törökország	17,7	17,1	15,3	14,7	14,9	15,8	14,6	12,2	11,8	12,7	12,4	12,2

Forrás: EUROSTAT (2017a)



5. ábra. **Primer energia termelés az EU-28-ban (2015), % toe alapján**
Forrás: EUROSTAT (2017b)

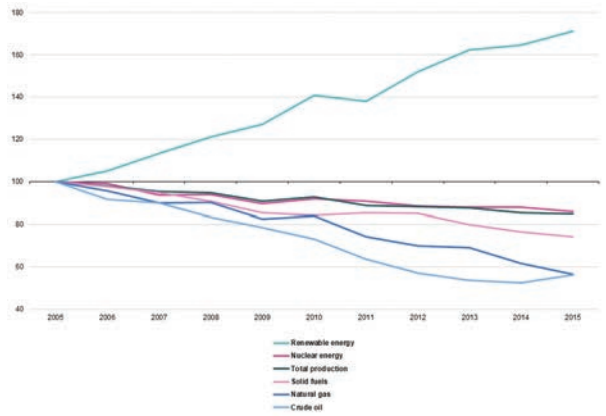
A megújuló energiaforrásokból származó elsődleges termelés 2005-2015 közötti 71%-kal nőtt, a többi primerenergia-forrás termelési szintje visszaesett, ezen belül a kőolajé 43,9%-kal, a földgázé 43,5%-kal, a szilárd tüzelőanyagoké 25,7%-kal és a nukleáris energiáé 14,1%-kal (6 ábra).

A feketeszén, a barnaszén, a kőolaj, a földgáz és az utóbbi időben az atomenergia elsődleges termelésének zsugorodása miatt az EU-nak egyre növekvő mértékben importál primer energiát. Az import 2015-ben közel 902 Mtoe-vel haladta meg az exportot. Jelenleg egyetlen tagállam sem számít nettó energiaexportőrnek. Az EU-28 energiaimportjának származási helye megváltozott az elmúlt években, de Oroszország maradt az EU elsődleges kőolaj- és földgáz-, valamint szilárdtüzelőanyag-szállítója. 2015-ben az EU-28 kőolajimportjának 27,7%-a és szilárd tüzelőanyag-importjának 25,8%-a Oroszországból származott. Ugyanakkor Oroszországnak

3. táblázat. A megújuló energiaforrások aránya a hőenergia termelésben és fűtésben, % (2004-2015)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020 cél
EU-28	1,4	1,8	2,5	3,1	3,9	4,6	5,2	4,0	5,6	5,9	6,5	6,7	10,0
Belgium	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	2,1	4,7	4,7	4,8	5,0	5,7	3,8	10,0
Bulgária	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9	1,0	1,4	0,8	0,6	6,0	5,8	6,5	10,0
Csehország	1,6	0,9	1,2	1,4	2,7	4,1	5,1	1,2	6,1	6,3	6,9	6,5	10,0
Dánia	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	1,1	3,6	6,4	6,6	6,7	6,7	10,0
Németország	2,2	4,0	6,8	7,5	6,4	5,9	6,4	6,6	7,5	6,9	7,3	6,8	10,0
Észtország	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	10,0
Írország	0,0	0,1	0,1	0,5	1,3	2,0	2,4	5,4	4,8	5,7	5,8	6,5	10,0
Görögország	0,1	0,1	0,7	1,3	1,1	1,1	1,9	0,6	0,9	1,0	1,3	1,4	10,0
Spanyolország	1,0	1,3	0,8	1,4	2,2	3,7	5,0	0,7	0,7	0,8	0,8	1,7	10,0
Franciaország	1,5	2,1	2,3	4,0	6,2	6,6	6,5	1,0	7,5	7,7	8,4	8,5	10,0
Horvátország	1,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,1	1,0	1,0	4,3	4,1	3,5	10,0
Olaszország	1,2	1,0	1,0	1,0	2,6	3,9	4,8	5,0	6,0	5,4	5,0	6,4	10,0
Ciprus	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	2,0	2,0	0,0	0,0	1,1	2,7	2,5	10,0
Lettország	2,1	2,4	2,2	1,7	1,7	1,9	4,0	4,1	4,0	4,0	4,1	3,9	10,0
Litvánia	0,4	0,6	1,9	3,8	4,3	4,5	3,8	3,8	4,9	4,8	4,3	4,6	10,0
Luxemburg	0,1	0,1	0,2	2,2	2,2	2,2	2,1	2,3	2,8	4,0	5,4	6,5	10,0
Magyarország	0,9	0,9	1,1	1,5	5,1	5,7	6,0	6,0	5,9	6,2	6,9	6,2	10,0
Málta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,2	3,4	4,6	4,7	10,0
Hollandia	0,5	0,5	0,8	3,1	2,9	3,8	2,6	4,8	4,9	5,1	6,2	5,3	10,0
Ausztria	4,5	4,8	7,6	8,2	9,6	11,1	10,9	9,9	9,9	9,5	10,9	11,4	10,0
Lengyelország	1,4	1,6	1,7	1,7	4,0	5,3	6,6	6,8	6,5	6,6	6,2	6,4	10,0
Portugália	0,4	0,5	1,6	2,5	2,6	3,9	5,6	0,7	0,8	0,9	3,7	7,4	10,0
Románia	1,6	1,6	1,4	2,4	3,4	4,5	3,8	3,1	4,9	5,4	4,7	5,5	10,0
Szlovénia	0,9	0,8	1,1	1,5	1,8	2,3	3,1	2,5	3,3	3,8	2,9	2,2	10,0
Finnország	1,0	0,9	1,0	1,0	2,9	4,6	4,4	1,0	1,1	10,2	22,0	22,0	10,0
Svédország	6,3	6,2	7,1	8,0	8,3	8,9	9,2	11,5	14,8	19,2	21,1	24,0	10,0
Egyesült Királyság	0,3	0,5	0,7	1,1	2,3	2,9	3,3	3,2	3,9	4,7	5,3	4,4	10,0
Izland	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,9	1,4	2,0	3,3	5,7	10,0
Norvégia	3,1	3,1	3,3	3,7	5,3	5,6	5,9	3,5	3,9	3,8	7,1	8,9	10,0
Albánia	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Montenegró	-	0,5	0,5	1,0	0,9	0,7	0,8	0,7	0,9	1,4	1,4	1,5	-
Macedónia	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-
Törökország	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	-

Forrás: EUROSTAT (2017a)



6. ábra. **A primer energia termelésének alakulása energiaforrások szerint az EU-28-ban 2005-2015 között, toe alapján (2005=100)** Forrás: EUROSTAT (2017b)

az EU-28 földgázimportjából való részesedése 2005 és 2015 között 34,6%-ról 29,4%-ra csökkent. Az elmúlt évtizedekben Norvégia maradt az Unió második legjelentősebb kőolaj- és földgázszállítója 11,4%, illetve 25,9%-os részesedéssel (EUROSTAT, 2017b).

A nagyarányú energiaimport viszonylag kevés partner kezében összpontosul. 2015-ben az EU-28 földgázimportjának 64,1%-a és kőolaj behozatalának 47,1%-a Oroszországból, Norvégiából és Nigériából érkezett. A szilárd tüzelőanyag behozatal 61%-a Oroszországból, Kolumbiából és az Egyesült Államokból származott. Az EU-28 energiaimporttól való függősége a bruttó energiafogyasztásban a 1980-2015 között 40%-ról 54%-ra emelkedett. Az energiafüggőségi arány a kőolaj (88,8%) és a földgáz (69,1%) és szilárd tűzelőanyag (42,8%) esetében volt a legmagasabb. 2005-2015 között az EU energiaimporttól való függősége (harmadik országokból származó energia) a fölgáznál 12%-ponttal, a kőolajnál 10%-ponttal és a szi-

lárd tüzelőanyagnál 3,4%-ponttal nőtt. 2005-2015 között az EU-28 nettó energiaimportja meghaladta az elsődleges termelését, vagyis a bruttó belföldi energiafelhasználásának több mint felét a nettó import fedezi. 2015-ben a legalacsonyabb függőségi rátával Észtország, Dánia, Románia és Lengyelország rendelkezett (30,0%-nál alacsonyabb). Málta, Luxemburg és Ciprus függőségi rátája meghaladta a 90%-ot, teljes mértékben a primerenergia-importtól függött. Magyarország energiafüggőségi rátája meghaladta az 50%-ot a vizsgált időszakban. Az EU-28 energiájának több mint felét harmadik országok szolgáltatják, ez az arány összességében növekedett az elmúlt évtizedben, noha a függőségi ráta az utóbbi években stabilizálódott. Az EU-ba importált energiamennyiség nagyrészt Oroszországból érkezik, amelynek a tranzit országokkal folytatott vitái az elmúlt években az ellátás megszakadásának veszélyével fenyegettek. Az Oroszországból érkező import biztonságával kapcsolatos aggályokat az ukrajnai konfliktus még inkább elmélyítette (EUROSTAT, 2017b).

A 2009. januári orosz-ukrán gázválságra reagálva az Unió felülvizsgálta az ellátás biztonságával kapcsolatos jogi keretet, 2009 szeptemberében pedig az Európai Unió Tanácsa elfogadta a tagállamok minimális kőolaj- és/vagy kőolajtermék-készletezési kötelezettségéről szóló 2009/119/EC irányelvet. Ezeknek a kőolaj- és földgázpiacot érintő intézkedéseknek a célja az ellátás esetleges zavaraiból eredő következmények megelőzése és enyhítése. A 2005 októberében létrehozott Energiaközösség útján az Unió törekszik arra is, hogy a szomszédos országokat integrálja belső energiapiacába. A felhasznált energiaforrások sokfélesége és a szállítók, szállítási útvonalak és szállítási mechanizmusok változatossága egyaránt fontos szerepet játszhat az energiaellátás biztosításában. A szállító, a tranzit- és a fogyasztó országokkal fennálló biztos partnerkapcsolat kialakítása lehet az Unió energiafüggőségével kapcsolatos kockázatok csökkentésének egyik módja, ezért az Európai Bizottság 2011 szeptemberében elfogadta az „Uniós energiapolitika: partnerkapcsolatok fenntartása határainkon túl" című közleményt (COM(2011) 539 final).

Jelenleg számos olyan kezdeményezés zajlik, amelynek célja az Európa, valamint keleti és déli szomszédjai közötti gázvezetékek kiépítése. Ide tartozik az Északi Áramlat (az Európai Unió és Oroszország között a Balti-tengeren át), amely 2011 novemberében kezdte meg működését, valamint a transzadriai gázvezeték (amely Törökországot Görögországon és Albánián át Olaszországgal összekötve a Kaszpi-tenger térségéből szállítana földgázt az Európai Unióba). Az EU energiaimporttól való függőségével kapcsolatos aggályokra válaszolva az Európai Bizottság 2014 májusában az „Európai energiabiztonsági stratégia" (COM(2014) 330 final) című közleményben vázolta a stabil és bőséges energiaellátás biztosításával kapcsolatos terveit. A stratégia egyrészt rövid távú intézkedésekre tesz javaslatot – így többek között vizsgálja az orosz földgázimport leállításának vagy az Ukrajnán keresztüli import fennakadásainak hatásait –, másrészt pedig foglalkozik az ellátásbiztonság terén felmerülő hosszú távú kihívásokkal is, és öt területen tesz javaslatot különböző fellépésekre. E javaslatok között szerepel az Európai Unió energiatermelésének növelése, a beszerzési források és a kapcsolódó infrastruktúra diverzifikálása, valamint egységes álláspont képviselete a külső energiapolitikai kérdésekben.

Az iparág jövője nagymértékben függ a technikai fejlődés sebességétől és a bioüzemanyagok környezeti és társadalmi hatását vizsgáló kutatások eredményétől. Egyes előrejelzések szerint a jövőben a közúti közlekedés energiaigényének jelentős részét nem az ásványolaj- vagy a biomassza-alapú hajtóanyagok fogják kielégíteni, hanem a leginkább környezetbarátnak tekintett hidrogéncellák, illetve elektromos akkumulátorok, amelyek töltéséhez az áramot részben víz, nap, szél és árapály erőművekkel állítják elő. E fejlett rendszerek azonban technológiailag még nem kiforrottak, így egyelőre a bioüzemanyagoknak van a gyakorlatban létjogosultsága.

Irodalom

[1] COP21 (2016): Energy Matter, How COP21 can shift the energy sector onto a low-carbon path that supports economic growth and energy access, International Energy Agency, Ministrial Statement on Energy and Climate Change, 18 november 2015, http://www.cop21.gouv.fr/en/les-mots-de-laccord/

[2] Csipkés M. (2016): A megújuló energiaforrás felhasználása fűtés-hűtési célra Magyarországon az elmúlt 11 évben. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 57:(5-6.) pp. 12-16.

[3] Csipkés M. Nagy S. – Nagy L. (2017): Magyarország másfél évtizedes energiagazdálkodásának áttekintése. MAGYAR ENERGETIKA 3: pp. 34-37.

[4] Csipkés M. (2017): A megújuló energiák szerepe Magyarország és a szomszédos Románia villamos energia piacán. ENERGIAGAZDÁLKODÁS 58. 6. szám 2-6 pp.

[5] EC (2017): European Commission. Proposal for a Directive of the European Parlament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources, This document corrects document COM (2016) 767 final of 30.11.2016, http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52016PC0767R%2801%29.

[6] EUROSTAT (2017a): Renewable energy statistics, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Renewable_energy_statistics

[7] EUROSTAT (2017b): Energy production and imports. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports

[8] OECD/FAO (2017): OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026, OECD Publishing, Paris.

[9] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2012): Nemzeti Energiastratégia 2030. Magyarország. ISBN 978-963-89328-1-5, pp. 136.

[10] Mavir (2017): Adatpublikáció, https://www.mavir.hu/web/mavir/adatpublikacio

[11] Popp J. – Potori N. (szerk.) (2011): A biomassza energetikai célú termelése Magyarországon. Budapest, Agrárgazdasági Kutató Intézet, ISBN: 978 963 491 570 6, pp. 160.

[12] RFA (2017): World fuel ethanol production. Renewable Fuels Association: http://www.ethanolrfa.org/resources/industry/statistics/#1454099103927-61e598f7-7643

Energetikai auditok ellenőrzése

Az ETE Energiahatékonysági Szakosztálya és az AEE Magyar Tagozat 2017. október 28-án közös szakmai fórumot szervezett az aktuális energetikai auditori és szakreferensi feladatokról.

A fórumon két előadás hangzott el, majd az előadók résztvevők kérdéseire válaszoltak, meghalgatták jobbító javaslataikat.

Az előadások és előadóik:

- Az energetikai auditok ellenőrzésének tapasztalatai, a várható rendeleti változások, különös tekintettel az almérők beépítési feltételeire − dr Zoboky Péter, MEKH
- Az energetikai auditorok és szakreferensek kötelező éves szakmai továbbképzése − Dr. Zsebik Albin ETE

Dr. Zoboky Péter előadásának ppt képei megtekinthetők az ETE honlapjának (http://ete-net.hu/) tagok részére elérhető felületén.

Napelemparkok optimális méretezése

Mayer Martin János
okl. gépészmérnök, mayer@energia.bme.hu

A napelemparkok tervezése során számos olyan kérdés merül fel, melyek optimalizálásával javítható az erőmű gazdaságossága. Elsőként az optimalizálást meghatározó gazdaságossági szemléletet, majd a méretezéshez szükséges szimulációs módszereket és meteorológiai adatbázisokat mutatom be. Egy napelemes rendszer fontos jellemzőjének, a napelemek és az inverterek teljesítményarányának optimalizálására felvázolok egy számítási módszert, majd ezzel összefüggésben a napelem modulok legkedvezőbb kapcsolásának feltételeire is kitérek. Ezt követően a tartószerkezet kialakításának, dőlésszögének és sortávolságának optimális megválasztási szempontjait fejtem ki az árnyékolás hatásának pontos figyelembevételével. A cikk utolsó részében az egyes berendezések kiválasztásával, elhelyezésével és a kábelezés méretezésével kapcsolatos további tényezőket tárgyalom.

*

This paper presents the most important factors that can be optimized during the design of a photovoltaic power station in order to improve its profitability. Firstly, the economic approach of the optimization and the mathematical models and meteorological databases required for the simulations are presented. A calculation method of the optimal AC/DC ratio of the PV plant is described alongside with its effect on the proper connection of the modules. Afterwards the optimization aspects of the mounting structure, tilt angle and row spacing are introduced, considering the effect of shading. At the end of the paper, several factors related to the selection and placement of the main components and the dimensioning of wires are discussed.

* * *

Magyarországon a napenergia a legnagyobb mennyiségben rendelkezésre álló energiaforrás, melynek hasznosításával környezetbarát módon, hazai forrásból állíthatunk elő energiát. A napelemek szélesebb körű elterjedése bő egy évtizede kezdődött a megújuló energiaforrások fejlesztését és a CO_2-kibocsátás klímavédelmi célú csökkentését elősegítő támogatásoknak köszönhetően. 2017 elejére a világszinten beépített napelem kapacitás meghaladta a 300 GW-ot, amely hatalmas növekedés az egy évtizeddel korábbi mindössze 8 GW-hoz képest [1]. A jelentős terjedésnek oka és egyben következménye volt a napelemek költségének nagyarányú csökkenése, 2009 nyara óta mintegy ötödére esett a napelem modulok ára [2]. Míg a kezdeti időszakban jelentős támogatásra volt szükség, az elmúlt években már az egyre csökkenő támogatások mellett is gazdaságossá váltak a napelemes rendszerek. Egy közelmúltban megjelent tanulmány szerint az USA napsütöttebb részein már most a napelemek jelentik a legolcsóbb villamos energia előállítási módot még a hagyományos erőműveket figyelembe véve is [3]. Az árak további csökkenésével a közeljövőben hazánkban is eljöhet az az idő, amikor a napelemes rendszerek támogatás nélkül, piaci alapon is gazdaságossá válnak.

A technológia árának csökkenése természetszerűleg magával vonja a támogatások csökkentését is, többek közt erre vezethető vissza az is, hogy a korábbi kötelező átvételi (KÁT) rendszert 2017. év elejétől felváltotta az új megújuló energia támogatási rendszer (METÁR). A METÁR-ban az 1 MW teljesítmény feletti erőművek már csak pályázat útján nyerhetnek el licitáras prémium típusú támogatást, amelynek mértékét már a piaci viszonyok határozzák meg, így elkerülhető a túltámogatás [4]. A KÁT rendszer megszűnése előtt, 2016 végén a kedvező támogatási feltételek hatására csaknem 2500 engedélykérelmet adtak be napelemparkokra 2000 MW-ot meghaladó összteljesítménnyel, ennek alapján még akkor is igen jelentős napelemes kapacitás bővülés várható a következő évben, ha a tervezett beruházások töredéke valósul csak meg [5]. A METÁR szerinti telepítésekre e hullám lecsengését követően, legkorábban 2019-től lehet számítani. A hazai napelemes piac példátlan mértékű bővülése hatására számos napelemes tapasztalattal nem rendelkező szereplő is megjelenik a piacon, így félő, hogy nem minden esetben áll rendelkezésre a kellően mély szakértelem az erőművek helyes megtervezéséhez. A napelemparkok jóval könnyebben megtervezhetők egy hagyományos erőműhöz képest, ami felveti az elnagyolt, a magas szintű műszaki tartalom helyett mindössze a működőképességet szem előtt tartó tervezés veszélyét, pedig a méretezés során elvégzett optimalizálásokból adódó megtakarítások messze felülmúlják az ehhez szükséges tervezési többletköltséget. A METÁR rendszer szerinti támogatások aukción történő szétosztása során az optimális tervezés döntő versenyelőnyt jelenthet a versenytársakhoz képest.

A cikk célja, hogy a teljesség igénye nélkül bemutassa azokat a legfontosabb méretezési kérdéseket és szempontokat, amelyek optimalizálásával jelentősebb megtakarítás érhető el egy általános ipari gyakorlaton vagy ökölszabályokon alapuló döntéshez képest. Az anyag nem egy teljeskörű tervezési útmutató, így nem tér ki a tervezés minden szükséges részletére, hanem megfelelő háttérismeretet feltételezve csak a gazdaságossági szempontból meghatározó tényezőkkel foglalkozik. A leírtak kimondottan napelemparkokra vonatkoznak, bár a következtetések egy része háztartási méretű napelemes kiserőművekre is érvényes, utóbbiak esetében sokszor más szempontok döntőek.

Napelemparkok gazdaságossága

A napelemparkok optimalizálásának közvetett célfüggvénye a napelempark megtérülése, amely a pénz időértékét is figyelembe vevő nettó jelenérték (NPV) számítás segítségével határozható meg. Egy napelemes beruházás nettó jelenértéke (1) alapján számítható:

$$NPV = \sum_{i=1}^{n} \frac{E_i \cdot p_i - C_{Ü+K,i}}{(1+r)^i} - B_0 \qquad (1)$$

ahol E az adott évben termelt energia mennyisége [kWh/a], p az energia értékesítési egységára [Ft/kWh], $C_{Ü+K}$ az éves üzemeltetési és karbantartási költség [Ft/a], B_0 a beruházási költség átadás időpontjára diszkontált értéke [Ft], r a pénz időértékét kifejező diszkontráta [1/a], n a gazdaságossági számítás időhorizontja években kifejezve, i pedig az adott év sorszáma. A termelt energia mennyiségét, átvételi árát és az éves költségeket állandónak tekintve az éves pénzáramok jelenértéke az annuitásra vonatkozó összefüggéssel közvetlenül számítható:

$$NPV = (E \cdot p - C_{Ü+K}) \cdot \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^n}}{r} - B_0 \qquad (2)$$

A napelemparkok működtetéséhez nincs szükség tüzelőanyagra vagy drága segédanyagokra, így éves kiadásaik az üzemeltetésre és a karbantartásra korlátozódnak, melyek jellemzően alacsonyak, így egyszerűsített számítások során megadhatóak az éves bevételekhez vagy a beruházási költséghez viszonyítva, de jelen gondolatmenet szempontjából el is hanyagolhatóak. A megtérülés határállapotában a beruházás nettó jelenértéke zérus, ezt és a költségek elhanyagolását felhasználva a (2) az alábbi alakra hozható:

$$\frac{E \cdot p}{B_o} = \frac{r}{1 - \frac{1}{(1+r)^n}} \tag{3}$$

Az egyenlet bal oldala az éves bevételek és a beruházási költség aránya, míg a jobb oldal csak a megtérülést kifejező paramétereket tartalmaz, és magasabb értéke kedvezőbb megtérülést jelent. A kívánt megtérülési idő *(n)* ismeretében kiszámítható belőle az elérhető hozamot kifejező belső megtérülési ráta (IRR), vagy adott hozamelvárás *(r)* esetén a megtérülési idő. A tervezés során lehetséges változtatások általában a beruházási költségre és az éves energiatermelésre egyaránt hatással vannak, az optimális méretezés célja az ezek közti kompromisszum megtalálása. A (3) alapján azok a változtatások javítják a napelempark megtérülését a tervezés során, amelyek nagyobb mértékben növelik, vagy kisebb mértékben csökkentik a termelt energia mennyiségét a beruházási költség változásához képest. A méretezés akkor optimális, ha az E/B_0 arány maximális, ezzel az egyszerű összefüggéssel könnyedén összehasonlíthatóak a különféle alternatívák részletes gazdaságossági vizsgálatok nélkül. Egy teljes körű gazdaságossági értékelés a fenti egyenletekben szereplő jellemzők időbeli változását és esetleges más paramétereket is figyelembe vesz, de az optimális tervezés szempontjából ezeknek nincs számottevő jelentősége.

Napelemes rendszerek modellezése

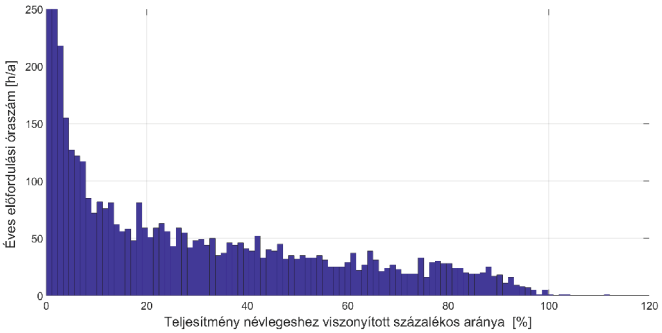
Egy tervezett napelempark által éves szinten termelt villamos energiát számítógépes szimuláció segítségével határozhatjuk meg. A számításhoz szükség van egy meteorológiai adatbázisra és egy, a napelemes rendszert leíró matematikai modellre, melyek megfelelő megválasztása döntően befolyásolja az eredmény helyességét. A meteorológiai adatbázis tekintetében fontos, hogy az egy több év mérési adataiból összeállított átlagos évre vonatkozzon, illetve, hogy párhuzamosan mért sugárzás és hőmérséklet adatokat is tartalmazzon, mivel ez a két környezeti jellemző együttesen határozza meg a napelemek által termelt energiát. Lényeges továbbá az adatbázis szerkezete, célszerű olyat választani, amely egy teljes év minden napjára tartalmaz legalább órás bontású adatokat. Népszerű az Európai Bizottság Közös Kutatóközpontjának PVGIS 4 adatbázisa [6], amely azonban csak minden hónapban egy átlagos nap adatait tartalmazza, így a szélsőségek nem jelennek meg benne, és bár éves összeget tekintve pontos az eredmény, méretezésre nem használható. Ezt a hiányosságot az idei évben megjelent új verzió, a PVGIS 5 pótolja [7], amelyből már az elmúlt 10 éves időszak teljes órás bontású adatsora, illetve egy átlagos évhez tartozó adatsor is lekérhető, ráadásul négy különböző adatbázis alapján. A követelményeknek megfelel továbbá a hosszabb múltra visszatekintő Meteonorm adatbázis [8], illetve hazai helyszínre vonatkozóan az Országos Meteorológiai Szolgálattól is vásárolhatóak adatok.

A napelemes rendszer modellje a napelemek viselkedését és a további berendezések és kábelek veszteségeit írja le, és elsődleges feladata a kiadott teljesítmény meghatározása a meteorológiai jellemzők függvényében. Az egyszerűbb, kézi számítást is lehetővé tevő modellek jellemzően pontatlanok és kevés paraméter alapján számolnak, így nem képesek figyelembe venni a napelempark egyedi adottságait, gyakran az optimalizálni kívánt jellemzők hatását sem. A napelem modulok leírására leggyakrabban az egy diódás helyettesítő áramkörön alapuló modellt használják [9], amelyben egy transzcendens egyenlet megoldásával meghatározható a napelem modul karakterisztikája a sugárzás és a környezeti hőmérséklet függvényében. A karakterisztika ismeretének előnye, hogy az MPP teljesítményen túl az ahhoz tartozó áram és feszültség is meghatározható, így a kábelek és az inverter veszteségei is pontosabban számíthatók, valamint ellenőrizhető az is, hogy a napelem sztringek feszültsége minden üzemállapotban az inverter működési tartományán belül esik. Az inverter, transzformátor és kábelek veszteségeinek számítása a villamosmérnöki gyakorlatban szokványos számítási módszerekkel, az árnyékolás leírása pedig általános geometriai összefüggésekkel történhet. A vázolt matematikai modell alapján egyedi szimuláció is készíthető valamilyen általános programozási környezetben [10], mely nagyobb szabadságot biztosít a számítások során, de léteznek erre a célra kifejlesztett szoftverek is, például a hazai gyakorlatban elterjedt PVsyst is hasonló modell alapján számol [11].

Napelem és inverter teljesítmény arány

Napelemes rendszerek esetében a napelemek összes egyenáramú (DC) és az inverterek váltakozó áramú (AC) teljesítményének egyaránt nagy jelentősége van. A napelemek összteljesítményével arányos a termelt energia mennyisége, az éves bevételek és a létesítés költsége, valamint az erőmű területigénye is, így tulajdonképpen ez határozza meg a beruházás nagyságát. Az inverterek teljesítményétől függ a további AC rendszerelemek, valamint a hálózati csatlakozás és az erőmű csúcsteljesítménye. A napelemek névleges teljesítménye az ún. standard teszt körülményekre (STC) vonatkozik, ami 1000 W/m^2 sugárzást és 25 °C modul hőmérsékletet jelent, a valóságban azonban ritka az ilyen kedvező körülmény, így a napelemek csak az év kis részében termelnek névleges teljesítményük közelében. A napelemek által előállított teljesítmény a névlegeshez viszonyított 1%-os tartományokra vonatkozó éves gyakorisági hisztogramja az 1. ábrán látható. A hisztogram éves szimuláció alapján készült, mely a Meteonorm 6.1-es adatbázis alapján egy budapesti helyszínre vonatkozik, valamint egy átlagos polikristályos napelemet és az adott helyszínen optimális déli tájolást és 34°-os dőlésszöget vesz figyelembe. Látható, hogy a napelemek névleges teljesítménye nem egy elméleti maximális érték, így éves szinten néhány órában ennél magasabb teljesítmény is elfordulhat, de a névleges teljesítmény közeli termelés éves viszonylatban ritka, így elegendő az inverterek alacsonyabb teljesítményre méretezése.

Amennyiben a napelemek nagyobb teljesítményt lennének képesek leadni, mint az inverterek maximális bemeneti teljesítménye,



1. ábra. **Napelemek teljesítményének éves gyakoriság hisztogramja**

akkor az inverterek a legnagyobb teljesítményű pontból (MPP) egy másik munkapontba vezérlik a modulokat, így a rendszer csökkentett teljesítményen, de túlterhelés veszélye nélkül továbbra is működőképes marad. A ténylegesen előállított teljesítmény az alábbi módon számítható:

$$P_{termelt}(t, P_{határ}) = \max(P_{határ}, P_{MPP}(t)) \quad (4)$$

ahol $P_{MPP}(t)$ a napelemek MPP teljesítményének időfüggvénye [W], $P_{termelt}(t,P_{határ})$ a hasznosított teljesítmény időfüggvénye [W], $P_{határ}$ pedig a határoló teljesítmény [W], ami felett leszabályozásra kerül sor. A termelt energia mennyisége a teljesítmény idő szerinti integráljaként számítható:

$$E_{MPP} = \int_{t_{min}}^{t_{max}} P_{MPP}(t)dt \quad (5)$$

$$E_{termelt}(P_{határ}) = \int_{t_{min}}^{t_{max}} P_{termelt}(t, P_{határ})dt \quad (6)$$

ahol E_{MPP} a maximálisan termelhető energia, ha a napelemek végig MPP teljesítményen működnek [Wh], $E_{termelt}(P_{határ})$ pedig a ténylegesen megtermelt energia [Wh], t_{min} és t_{max} pedig a vizsgált időszak kezdete és vége [h]. Ezek alapján kiszámítható a leszabályozásból fakadó energiaveszteség aránya (V) a teljes mennyiséghez képest:

$$V(P_{határ}) = \frac{E_{MPP} - E_{termelt}(P_{határ})}{E_{MPP}} \quad (7)$$

Jelölje R az inverterek alulméretezésének arányát (8) szerint:

$$R(P_{határ}) = \frac{P_{DC} - P_{határ}}{P_{DC}} \quad (8)$$

A gazdaságilag optimális határoló teljesítmény meghatározásához ismernünk kell, hogy az alulméretezés milyen mértékű költségmegtakarítást eredményez. Egy napelempark beruházási költségét közelítőleg felbonthatjuk egy állandó, egy napelem teljesítménnyel arányos és egy inverter teljesítménnyel arányos költségrészre. Utóbbi kategóriába tartozik az inverterek költségein túl az AC kábelek, a transzformátorok, a középfeszültségű kapcsolóállomás és a hálózati csatlakozás költségeinek jelentős része is, az inverterek alulméretezésével tehát ezeken a tételeken jelentkezik megtakarítás. Jelölje b_{AC} a teljes beruházási költség inverter teljesítménnyel arányos hányadát, ez alapján a megtakarított költség aránya:

$$M(P_{határ}) = R(P_{határ}) \cdot b_{AC} \quad (9)$$

Az alulméretezés akkor gazdaságos (3) szerint, ha a megtakarítás aránya nagyobb, mint a veszteség aránya: $V(P_{határ}) < M(P_{határ})$. Ez a feltétel a (8) felhasználásával az alábbi alakban is felírható:

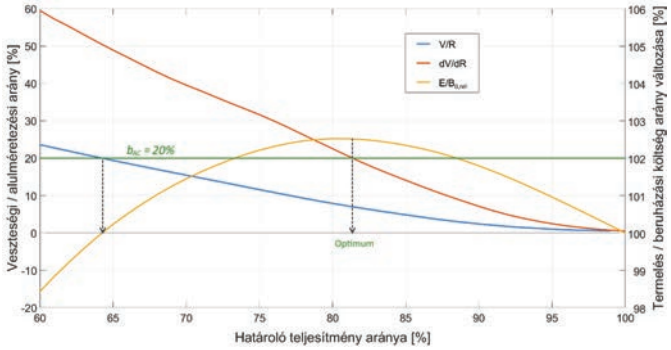
$$\frac{V}{R}(P_{határ}) < b_{AC} \quad (10)$$

Az alulméretezés tehát minden olyan $P_{határ}$ teljesítmény esetén javítja a gazdaságosságot a névleges teljesítményre méretezéshez képest, amikor a veszteségek és az alulméretezés arányának hányadosa kisebb, mint b_{AC}. Az optimális érték egy határállapotra vonatkozik, így a (10) szerinti két függvény hányadosa helyett a differenciálhányadosra vonatkozó feltétel ad jó közelítéssel pontos eredményt:

$$\frac{\partial V}{\partial R}(P_{határ,opt}) = b_{AC} \quad (11)$$

Ennek a megközelítésnek előnye, hogy a V és R függvények, így a (10) szerinti hányados és a (11) szerinti derivált is döntően a meteorológiai adatoktól függ, a napelemek típusa azonos technológián belül csak elhanyagolható mértékben befolyásolja, így a helyszín kiválasztása után, a projekt részleteinek ismerete nélkül is kielégítő pontossággal meghatározhatók. A V/R és a $\partial V/\partial R$ függvények 2. ábrán látható ábrázolásával nem csak az optimális határoló teljesítmény, de annak a költségszerkezetre, azon belül is az AC berendezések b_{AC} költségarányára vonatkoztatott érzékenysége is meghatározható.

A b_{AC} költségarány egy átlagos napelempark esetében közelítőleg 20%, de egy konkrét projektre ennél pontosabban is becsülhető. A diagramban szerepel még a (3) szerinti, gazdaságosságot kifejező E/B_0 arány változása is $b_{AC} = 20\%$ esetén, mely görbe nevezetes pontjait a (10) és (11) szerint metszéspontok jelölik ki az ábrán jelölt módon. A vizsgált budapesti helyszínre az optimális határoló teljesítmény a névleges napelem teljesítmény 82%-a, ekkor a várható éves energiatermelés leszabályozásból fakadó 1,2%-os csökkenése árán 3,6%-os beruházási költség megtakarítás érhető el, amely így 2,5%-os E/B_0 arány növekedést, ezáltal kedvezőbb megtérülést eredményez. A diagramon megfigyelhető az is, hogy a határoló teljesítmény arányának bármilyen 64% feletti értéke jobb megtérülést eredményez a névleges teljesítményre méretezéshez képest. A számítás érzékeny a meteorológiai adatbázisra, a PVGIS 5-ben elérhető CMSAF, SARAH, ERA5 és COSMO adatbázisok alapján eltérő értékek, rendre 85%, 86%, 83% és 79% adódott az optimális határoló teljesítmény arányára. Ezek fényében a Meteonorm alapján számolt 82% egy közepes, reális érték.



2. ábra. **A veszteségi és az alulméretezési arány hányadosa átlagosan (V/R) illetve határállapotban (∂V/∂R), valamint az energiatermelés és a beruházási költség arányának változása ($E/B_{o,rel}$) és az ezek közti összefüggések szemléltetése**

A határoló teljesítményen azt a legnagyobb teljesítményt értjük, melyet a napelemek az inverterek túlterhelése nélkül előállíthatnak, ez az inverterek névleges AC teljesítményénél magasabb az inverterek és a DC kábelek veszteségei miatt. Ezen veszteségek aránya egy korszerű napelempark esetében mintegy 2-3%, amely egy konkrét beruházás esetében az inverter névleges terheléshez tartozó hatásfoka és a kábelezés adatai alapján pontosan is kiszámítható. Ezt figyelembe véve az előbbiekben számított 82%-os határoló teljesítmény arány 80%-os inverter teljesítmény arányt, más néven AC/DC teljesítmény arányt jelent, ami ökölszabályként használható a hazai napelemparkok tervezésekor, bár nagyméretű beruházások esetében célszerű a fenti számítás pontos, adott helyszínre és költségszerkezetre aktualizált elvégzése.

Egy inverterhez egész számú párhuzamos sztring csatlakozik, amelyek mindegyike egész számú napelemet tartalmaz, így az AC/DC arány nem vehet fel tetszőeges értéket, csak kb. 4-5%-os lépésekben változtatható. Az egy sztringben sorba kapcsolható napelem modulok számát a modulok feszültsége és az inverter feszültségtartománya határozza meg. A méretezés szokványos szempontjai:

1. a napelem sztring üresjárási feszültsége a minimális méretezési cellahőmérséklet esetében sem haladhatja meg az inverter maximális bemeneti feszültségét

2. a napelem sztring MPP feszültsége a minimális méretezési cellahőmérséklet esetében se haladja meg az inverter maximális MPP feszültségét
3. a napelem sztring MPP feszültsége a maximális méretezési cellahőmérséklet esetében se legyen alacsonyabb az inverter minimális MPP feszültségénél

Az első szempont megszegése a túlfeszültség miatt az inverterek károsodásához vezethet, míg a másik kettő hozamveszteséget jelent. Az első két feltétel a sorba kapcsolható napelemek számára felső, míg a harmadik feltétel alsó korlátot jelent. A sorba kapcsolt napelemek számát úgy érdemes meghatározni, hogy ezek a korlátok betartása mellett az optimális értékhez legközelebbi AC/DC teljesítmény arányt eredményezze. Az egy inverterre jutó párhuzamos sztringek számát általában az inverter bemeneteinek száma határozza meg, bár amennyiben a sorba kapcsolható modulok száma megengedi, érdemes kevesebb sztringet alkalmazni, mivel ez kevesebb szükséges kábelhosszt és kisebb kábelveszteségeket eredményez. Napelemparkok esetében célszerű a moduláris kialakítás, tehát azonos számú napelem csatlakoztatása minden inverterhez, tervezési, kivitelezési, üzemeltetési és diagnosztikai szempontból egyaránt.

Az alacsonyabb AC/DC arány csökkenti a hálózat szempontjából kedvezőtlen magas, rövid ideig jelentkező teljesítménycsúcsokat és növeli a napelempark hálózati csatlakozási teljesítményére vonatkoztatott kihasználási tényezőjét. Az inverterek alulméretezése ezáltal nem csak a napelempark megtérülését javítja, de a villamosenergia-rendszerbe illeszkedését is elősegíti.

Tájolás, sortávolság és elrendezés

Magyarországon a déli tájolású napelem modulok állítják elő a legtöbb energiát, mivel a délelőtti jellemzően párásabb légkör és a délutáni magasabb hőmérséklet hatása közelítőleg kiegyenlíti egymást. Ettől eltérő tájolás akkor lehet optimális, ha keleti vagy nyugati irányból valamilyen építmény vagy domborzati elem árnyékot vet a napelempark területére, bár ilyen esetben az árnyékolás mértékétől függően gyakran inkább egy új telephely választása javasolt. A délitől eltérő tájolás akkor lehet előnyös, ha a villamos energia átvételi ára nem állandó, hanem időfüggő, hiszen ekkor a termelés eltolása a magasabb árú időszakok felé a csökkenő termelt energia mennyiség ellenére is javíthatja a bevételeket. A KÁT rendszer napelemparkok esetében időszaktól független állandó átvételi árat kínál, a METÁR azonban 0,5 MW feletti napelemparkok számára az energia piaci értékesítését írja elő, és prémium típusú támogatást nyújt. A Magyar Szervezett Villamosenergia-piac másnapi aukciós (HUPX DAM) árait vizsgálva azt tapasztalhatjuk, hogy az elmúlt években nem volt szignifikáns eltérés a délelőtti és délutáni átlagárak között, a magasabb árat jelentő esti csúcsidőszak érthető módon csak naplemente után kezdődött, amikor a napelemek már nem termelnek energiát. Ezek alapján sem kötelező átvétel, sem pedig piaci értékesítés esetén sem érdemes eltérni a déli tájolástól tároló nélküli napelemparkok tervezésekor. Tároló alkalmazása esetében kiemelt jelentőségűvé válik a termelés időbelisége, de a jelenlegi árak mellett még egyértelműen gazdaságtalan egy jelentősebb akkumulátoros energiatároló telepítése, illetve egy tárolós rendszer optimális tervezése és üzemeltetése még jelentős kutatási munkát is igényel.

Hazánk területén a 30-35°-os dőlésszögű felületet éri éves szinten a legnagyobb besugárzás, mintegy 15%-kal több egy vízszintes felülethez képest, így a termelt energia mennyisége szempontjából ez az optimális. Az ennél laposabb elhelyezés nyáron, míg a meredekebb télen teremt kedvezőbb beesési szöget. A gyakorlatban általában érdemes az optimálisnál kis mértékben laposabb dőlésszöget választani, mert bár egy 20°-os felület esetében mintegy 2%-kal kevesebb energiatermelés érhető csak el az optimális szöghöz képest, a kisebb dőlésszögből fakadó előnyök ezt gyakran kompenzálják. Ilyen előny például az, hogy a laposabb dőlésszög esetén alacsonyabb, így valamivel olcsóbb tartószerkezet is elegendő. A napelem tartószerkezetek sortávolsága vízszintes talaj esetében az alábbi képlettel számítható:

$$D = L \cdot \left(\cos\beta + \frac{\sin\beta}{\mathrm{tg}\gamma_s} \right) \tag{12}$$

ahol D az egymás melletti sorok azonos pontja közti távolság [m], L a tartószerkezet sor ferde irányú szélessége [m], β a modulok dőlésszöge [°], γ_s pedig a Nap magassági szöge az árnyékolás határállapotában [°], tehát ennél alacsonyabb napállás esetében vetnek árnyékot az egyes sorok a mögöttük levőkre. Ferde talaj esetén, a lejtő irányára merőlegesen elhelyezett tartószerkezet sorokat feltételezve a (12) az alábbiak szerint módosul:

$$D = L \cdot \left(\cos\beta + \frac{\sin\beta - \cos\beta \cdot \mathrm{tg}\beta_t}{\mathrm{tg}\gamma_s + \mathrm{tg}\beta_t} \right) \tag{13}$$

ahol β_t a talaj dőlésszöge [°], D a sortávolság vízszintes vetülete [m], és minden szög a vízszintestől számítva értendő. Gyakori eljárás, hogy a sortávolságot úgy választják meg, hogy a Nap delelésekor még a téli napforduló idején se legyen árnyékolás, az ehhez tartozó magassági szög az alábbi képlettel számítható:

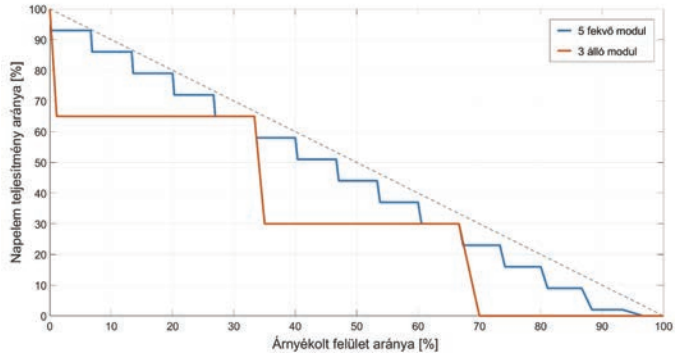
$$\gamma_{s,tnfd} = 90° - \varphi - 23{,}5° \tag{14}$$

ahol φ a telephely földrajzi szélessége [°], $\gamma_{s,tnfd}$ a magassági szög a téli napfordulón deleléskor [°], mely Magyarországon 18-21° között változik. A sortávolságot ez a szög szerint méretezve a téli napfordulón gyakorlatilag a dél körüli rövid időszak kivételével egész nap történik árnyékolás, és bár rövidebb ideig, de valamennyi árnyékolás az év minden napján előfordul. A (12) és (13) alapján látható, hogy az egyes paraméterek gyakorlatban használatos értékei esetében az alacsonyabb dőlésszög kisebb sortávolságot tesz lehetővé, vagy azonos sortávolság mellett csökken az árnyékolás mértéke. A sortávolság növelésével csökken az árnyékolás, de nő az erőmű területigénye, valamint a nagyobb távolságok miatt több kábelre van szükség, ami mind többletköltséget eredményez. A dőlésszög és a sortávolság tehát csak egymást figyelembe véve optimalizálható, mely optimum erősen függ attól, hogy a napelemek teljesítménye milyen mértékben csökken az árnyékolás hatására.

A napelem cellák tulajdonképpen nagy felületű p-n átmenetet tartalmazó diódák, melyeken üzemszerűen záróirányú áram folyik a napsugárzás okozta töltésszétválasztás hatására. Amennyiben valamelyik cellát nem éri sugárzás, akkor azon záró irányban nem folyhat áram, így a vele sorba kapcsolt cellák sem tudnak energiát termelni. Egy szokványos kristályos szilícium napelem 60 sorba kapcsolt cellát tartalmaz, és egy sztringen belül jellemzően 18-24 modult kapcsolnak sorba, amely összesen 1080-1440 sorosan kapcsolt napelem cellát jelent, melyek közül egyetlen cella teljes árnyékolása esetén is megszűnhet az egész sztring termelése. Rosszabb esetben a nem árnyékolt cellák együttes feszültsége meghaladja az árnyékolt cella záró irányú letörési feszültségét, így azon áram folyik és a többi cellán termelt energia az árnyékolt cellán disszipálódva túlmelegíti és tönkreteszi azt. Az ilyen károsodások elkerülésére ma már általános, hogy a gyártók ún. bypass diódákat építenek be a modulokba a cellák egy részével párhuzamosan kapcsolva. Ennek előnye, hogy egy cel-

la árnyékolása esetén a párhuzamos bypass diódán folyhat az áram, így egyrészt csak az adott cellacsoport teljesítménye szűnik meg, a sztring többi része továbbra is képes energiát termelni, másrészt pedig egy cellacsoporton belül nem alakul ki akkora feszültség, ami az árnyékolt cellát károsíthatná. Az elterjedt, 6·10-es elrendezésben 60 cellát tartalmazó kristályos szilícium modulok esetében általában 3 bypass diódát építenek be, amely a rövidebb oldal mentén három darab 2·10-es elrendezésű, 20 cellás részre osztja a modult.

A sorok közti árnyékolás hatása szempontjából tehát nem mindegy, hogy álló vagy fekvő elrendezésben szerelik fel a modulokat a tartószerkezetre. Álló elrendezés esetén az alsó cellasor beárnyékolásakor mindhárom cellacsoport árnyékot kap, így a teljes modulsor kiesik a termelésből. A fekvő elrendezés egyértelműen kedvezőbb, hiszen ekkor az alsó cellasor árnyékolása csak az egyik cellacsoport teljesítményét csökkenti le, a modul kétharmad része továbbra is termelőképes marad, az árnyék felfele haladásával is fokozatosabban csökken a teljesítmény. A 3. ábra az árnyékolásból fakadó teljesítménycsökkenés mértékét mutatja az árnyékolt felület arányának függvényében szokványos párhuzamos tartószerkezet sorokat feltételezve. Az ábrán egy 3 álló, illetve egy 5 fekvő elrendezésű modult tartalmazó esetet hasonlítottam össze, mindkettő azonos, L = 5 m szélességű tartószerkezetet jelent. A párhuzamosan kapcsolt sztringek elrendezésének is jelentősége van, célszerű ezeket úgy tervezni, hogy adott árnyékolás esetén minden sztringen belül ugyanannyi cella maradjon üzemben, ilyen eset látható az ábrán is. Eltérő cellaszám hatására eltérnek a sztringfeszültségek is, így nem minden sztring működhet a legnagyobb teljesítményű munkapontban, ami további veszteséget jelent a diagramban látható értékekhez képest. A számítás során a bypass diódákon eső feszültségből eredő teljesítménycsökkenést is figyelembe vettem, melynek főleg nagy árnyékolási arány esetén látható a hatása. A számítás során elhanyagoltam a beárnyékolt felületre érkező szórt sugárzás hatását, mivel annak csak nagy arányú árnyékolás esetén van hatása, amikor az alacsony napállás miatt amúgy is keveset termel a napelem, figyelembe vétele azonban jelentősen rontaná a diagramban bemutatott tendenciák érthetőségét.



3. ábra. **A tartószerkezet sorok árnyékolásának napelem teljesítményre gyakorolt hatása**

A diagramon látható lépcsők számát az árnyék haladásának irányában található bypass diódák által elkülönített cellacsoportok száma határozza meg, a több lépcső kisebb veszteséget eredményez, de a napelemek teljesítménye a beárnyékolt felület arányánál minden esetben nagyobb mértékben csökken. Az árnyékolás szempontjából az a legkedvezőbb, ha az adott tartószerkezet minél több sornyi fekvő napelem modult tartalmaz. A modul sorok számának növelésével azonban nő a tartószerkezet magassága és ezáltal a szélterhelés is, ami az anyagigény növekedését és magasabb költséget von maga után. Kompromisszumos megoldásként általában 3-6 fekvő modul szélességű tartószerkezetet használnak, az ennél keskenyebbek esetében már a sorok közti távolság ahhoz sem mindig elégséges, hogy a napelemek tisztítását végző jármű biztonsággal közlekedhessen. A gyakorlatban a döntő szempont jellemzően az, hogy a rendelkezésre álló beszállítói háttér milyen tartószerkezetet képes legegyszerűbben és legolcsóbban legyártani. Amennyiben a modulok bármilyen okból, például az erre alkalmas tartószerkezet számottevően alacsonyabb fajlagos költsége miatt, mégis álló elrendezésben kerülnek beépítésre, akkor érdemes a dőlésszögüket alacsonyabbra, a sortávolságot pedig nagyobbra választani az árnyékolási veszteség jelentős megnövekedésének elkerülése érdekében.

További szempontok

A napelemparkban felhasznált napelemek kiválasztása során a leggyakoribb szempont az adott szállítási határidőre vonatkozó, egységteljesítményre fajlagosított költség. Ezeken túl a modulok műszaki paramétereit, feltételezhető megbízhatóságát és a gyártói garanciákat is érdemes figyelembe venni, még ha ezek tekintetében nincs is jelentős különbség a manapság legelterjedtebb kristályos szilícium napelemek esetében. Lehetőség van vékonyréteg, vagy más innovatív, feltörekvő napelem típusok használatára is, melyek jellemzően az alacsonyabb hatásfokukat ellensúlyozó jóval olcsóbb árukkal próbálnak betörni a piacra, de a szilícium napelemek dinamikusan csökkenő ára mellett ezeknek együttesen sem sikerült 10%-ot meghaladó piaci részesedést elérniük [12]. A modulok egységteljesítményének kijelölése során figyelembe kell venni azt is, hogy kisebb teljesítményű napelemből több kell adott összteljesítmény eléréséhez, ami növeli a terület, a tartószerkezet, a kábelezés és a szerelés költségeit is, így a nagyobb teljesítményű modulok magasabb fajlagos költségeik ellenére is kedvezőek lehetnek. A nagyobb teljesítményűt ráadásul általában korszerűbb módszerekkel, például a modul belső ellenállását csökkentő több vezetősín alkalmazásával, vagy polikristályos modulok esetében a fotonok elnyelődését növelő passzivált hátsó felületű ún. PERC (Passivated Emitter Rear Contact) cellákkal érik el. Ezek előnye nem csak a névleges hatásfok javulása, hanem a modulok alacsony sugárzás esetén bekövetkező hatásfokcsökkenését is mérséklik.

Az inverterek tekintetében a teljes rendszer tervezését érintő fontos különbség, hogy sztring vagy központi invertert alkalmaznak. A sztring inverterek teljesítménytartománya a háztartási méretű 2-3 kVA-es egységektől 100 kVA-ig terjed, a napelemparkokban ezek nagyobb, 50 kVA körüli változataikat használják, melyekhez jellemzően 8-12 sztring kapcsolódik. A központi inverterek teljesítménye 100 kVA feletti és akár az 1 MVA-t is elérheti, így akár száznál is több sztring csatlakozhat egyetlen inverterhez. A központi inverterek előnye az alacsonyabb fajlagos költség, hátrányuk azonban az alacsonyabb megbízhatóság, mivel egyetlen inverter meghibásodásával a park jelentős része kiesik a termelésből. A központi inverterek közül előnyösebb a minél modulárisabb felépítésű egység választása, mivel ekkor egy részegység meghibásodásának a hatása is kisebb és a csere is kevesebb költséggel jár.

A központi inverterek másik hátránya, hogy jellemzően csak 1-2 maximális munkapont követő egységet (MPPT) tartalmaznak, így igen nagy számú napelemet állítanak közös munkapontba. Elméleti esetben, azonos típusú és tájolású napelemek esetében ez nem jelentene problémát, a valóságban azonban bizonyos mértékben az

azonos típusú napelemek tulajdonságai is eltérnek, így a közös munkapont nem egyezik meg az egyes modulok eltérő MPP munkapontjával, így a napelemek a maximálisnál kevesebb teljesítményt adnak le. Az ebből fakadó ún. eltérési (mismatch) veszteség valószínűségi jellege miatt Monte Carlo szimulációval számítható az egyes modulok névleges MPP áram és feszültség eloszlásának, illetve a sorba és párhuzamosan kapcsolt modulok számának ismeretében. A gyártók általában 5%-os hibasávot adnak meg ezekre a jellemzőkre, amelyek alapján az eltérési veszteség egy átlagos napelempark esetében a 2%-ot is meghaladhatja, amely idővel a cellák eltérő degradációja miatt nőhet is. Ez a veszteség csökkenthető lenne kevesebb sorba kapcsolt napelemmel, ez azonban alacsonyabb sztring feszültséghez és így növekvő kábelveszteséghez vezet, ezért rendszerszinten nem előnyös. Az eltérési veszteség az egy MPPT-re jutó sztringek számával is csökkenthető, ilyen szempontból előnyösebbek a sztring inverterek, azon belül is azok, amelyek egy inverteren belül több MPPT-vel rendelkeznek. Az eltérési veszteség csökkentésének másik lehetséges módja az MPP áram szerint osztályozott napelemek használata, melyek esetében a közel azonos áramú modulok kerülnek egy csomagba, így ezeket sorba kapcsolva a közös munkapont minden modul számára kedvezőbb lesz. Ez a módszer egy napelemparkban csak akkor alkalmazható, ha a gyártó vállal ilyen módú szállítást, illetve ez a megoldás telepítés során is nagyobb odafigyelést igényel.

A napelemparkban az energia szállításának veszteségeit, a kábelveszteségeket is célszerű optimalizálni. A szállítás veszteségei alapvetően a feszültségszinttől függenek: egy napelemparkban a DC kábelek feszültsége átlagosan 7-800 V, míg AC oldalon az inverter és a transzformátor között 230 V, a transzformátor után pedig kb. 12 kV a fázisfeszültség. Középfeszültségen a veszteség töredéke a kisfeszültséghez képest, így érdemes a transzformátorokat a napelemekhez minél közelebb, a park területén elszórva elhelyezni. Kisfeszültségen a DC oldalon magasabb a feszültség, így azonos kábelhossz és keresztmetszet esetén mintegy harmada a veszteség az AC oldalhoz képest, ennek megfelelően érdemesebb inkább hosszabb DC és rövidebb AC kábeleket használni. Fontos azonban, hogy míg DC oldalon sztingenként külön vezetékpár fut, AC oldalon akár inverterenként egyetlen vastagabb, három fázisú vezeték is használható, aminek fajlagosan alacsonyabb lehet a költsége. Az inverterek térbeli elhelyezkedését is ez alapján érdemes meghatározni, és a hozzá kapcsolódó modulok és a transzformátor közé, inkább az utóbbihoz közelebb elhelyezni. Az optimális elhelyezés és kábel nyomvonalak megtalálásával többlet beruházási költség nélkül is csökkenthető a veszteség, így javítható a napelempark gazdaságossága.

A kábelek vesztesége a kábelkeresztmetszetek növelésével is csökkenthető, ez azonban növekvő költségekkel jár. A kábeleket általában feszültségesésre méretezik, hiszen ez névleges állapotban könnyedén kiszámítható. Alacsonyabb sugárzás esetén a napelemek árama a sugárzással közel arányosan csökken, míg feszültségük csak kis mértékben változik, így a kábelveszteségek aránya részterhelésen kisebb, mint névleges állapotban. A vizsgált budapesti helyszínen, az 1. ábrán bemutatott teljesítmény gyakoriságok alapján az éves kábelveszteség aránya a névleges feszültségesés arányának 54%-a, tehát 1% feszültségesésre méretezett kábelek esetében 0,54%-os éves kábelveszteségek jelentkeznek. A veszteségek és a feszültségesés 50% körüli aránya a legtöbb hazai helyszín esetében jó közelítésnek tekinthető. Az optimális keresztmetszet kiszámításához a (3) szerinti alapelvet kell figyelembe venni, hogy a keresztmetszet növelése nagyobb mértékben növelje az éves energiatermelést, mint a beruházási költséget.

Összefoglalás, javaslatok

A cikkben összefoglaltam a legfontosabb műszaki szempontokat, amelyeket figyelembe kell venni egy nem csak működőképes, de gazdaságossági szempontból is optimális napelempark megtervezése során. A legkedvezőbb AC/DC arány megtalálására konkrét számítási módszert is bemutattam, míg más témában hasonlóan általános leírási mód hiányában a módszertan mögöttes gondolati hátterének leírására törekedtem, amelyek alapján egy tetszőleges beruházásra könnyedén adaptálhatók számítások. Egy napelempark költségeit a fő berendezések jó partneri kapcsolaton alapuló kedvezményes beszerzési ára is jelentősen befolyásolhatja, de az optimális tervezésben rejlő mintegy 5%-os megtakarítás is döntő lehet pályázati helyzetekben, és mindenképpen nagyobb gazdasági előnyökkel jár, mint a tervezési munkával járó többlet ráfordítás. Az optimalizálásból adódó megtakarítás adott esetben a műszaki tartalom növelésére, például egy fejlett felügyeleti rendszer kiépítésére is fordítható, amely később, az üzemeltetés során jelent előnyöket.

A cikkben leírtak a jelenlegi szabályozási keretek és piaci viszonyok között érvényesek, a jövőben azonban további szempontok is megjelennek majd. Változó átvételi árak vagy piaci energiaértékesítés esetén már nem a termelt energia mennyiségét, hanem a bevételeket kell optimalizálni, így előtérbe kerül a termelés most még csak érintőlegesen említett időbelisége. A manapság még drága akkumulátoros energiatárolás árának csökkenésével gazdaságossá válnak majd a tárolóval ellátott napelemparkok is, melyek esetében a tároló a menetrendi eltérésekből fakadó kiegyenlítő energia költségének csökkentésén és a termelés időbeli eltolásán keresztül is növeli majd a bevételeket. Az ilyen tárolós napelemparkok optimális méretezésére és üzemeltetésére még nem létezik kiforrott gyakorlat, ennek kidolgozása még jelentős kutatási munkát is igényel.

Irodalom

[1] REN21: “Renewables 2017 Global Status Report,” Paris, 2017.

[2] SolarServer: “PVX spot market price index solar PV modules.” https://www.solarserver.com/service/pvx-spot-market-price-index-solar-pv-modules.html (2017. nov. 21).

[3] Lazard: “Lazard’s levelized cost of energy analysis,” 2017.

[4] Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal: “Tájékoztató az új Megújuló Energia Támogatási Rendszerről (METÁR),” Budapest, 2017.

[5] Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal: “Két és félszeresére növekedhet Magyarországon a megújuló erőforrásból származó villamosenergia-termelés,” 2017. http://www.mekh.hu/ket-es-felszeresere-novekedhet-magyarorszagon-a-megujulo-eroforrasbol-szarmazo-villamosenergia-termeles (2017. nov. 21).

[6] EC Joint Research Centre: “Photovoltaic Geographical Information System 4.” http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php (2017. nov. 01).

[7] EC Joint Research Centre: “Photovoltaic Geographical Information System 5,” 2017. http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html (2017. nov. 01).

[8] Meteonorm: “Irradiation data for every place on Earth.” http://www.meteonorm.com/ (2017. nov. 01).

[9] Townsend, T. U.: “A Method for Estimating the Long-Term Performance of Direct-Coupled Photovoltaic Systems,” University of Wisconsin-Madison, 1989.

[10] Mayer M. J. and Dán A.: “Napelemes rendszerek modellezése,” Elektrotechnika, vol. 108, no. 1–2, pp. 5–9, 2013.

[11] PVsyst: “Photovoltaic software.” http://www.pvsyst.com/en/ (2017. nov. 01).

[12] Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems: “Photovoltaics Report,” Freiburg, 2017.

A megújuló energiák szerepe Magyarország és a szomszédos Románia villamosenergia-piacán

Csipkés Margit
okl. gazdasági agrármérnök, csipkes.margit@econ.unideb.hu

Cikkemben Magyarország és Románia megújuló energiaforrás lehetőségeit vizsgáltam az energiagazdálkodásban. Célom volt áttekinteni, hogy az egyes megújuló energiaforrások mennyiben járulnak hozzá mindkét ország energiagazdálkodásához. Magyarország számára különösen fontos az új energiák keresése, hiszen az ország energiaigényének felét jelenleg a paksi atomerőmű biztosítja Ennek fennállása hosszútávon kérdéses, mivel az energiát a gyorsan fogyó urán alapanyagból állítják elő. A magyarországi előállított energia másik részét pedig olyan hőerőművek fedezik, melyek a közeljövőben nagy beruházást igényelnének a korszerűsítésük miatt (a 60-as 70-es években épültek). Természetesen Romániának is (mint uniós tagnak) cél a megújuló energiaforrások minél nagyobb térnyerése az energiagazdálkodásban. A kutatás alapját a MAVIR (magyarországi energia adatbázis) és az ANRE (romániai energia adatbázis) adatai adták, mely alapján a két ország energiarendszerének összehasonlítását végeztem el.

*

In my article I examined the possibilities of renewable energy sources in Hungary and Romania in energy management. My aim was to see how each renewable energy contributes to the energy management of Hungary and Romania. Hungary is particularly important in the new energy search, since the country's energy needs, half of currently the Paks nuclear power plant provides. The Paks power plant's existence in the long term is questionable, since the energy of the fast moving uranium materials produced from. The other part of the energy produced in Hungary is covered by thermal power plants that would require a large investment in the near future due to their upgrading (the 60s-70s were built). Of course Romania is also aiming for the greatest potential for renewable energy sources in energy management. The basis of the research was the data of MAVIR (Hungarian energy database) and ANRE (Romanian energy database) databases, based on which I compared the energy system of Hungary and Romania.

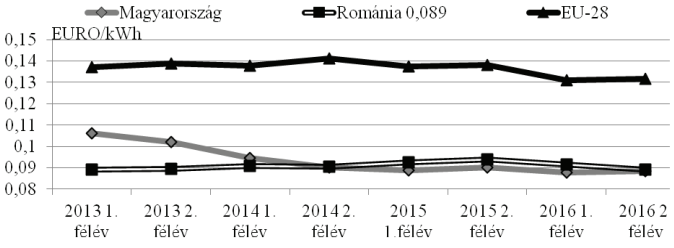
* * *

Magyarország és Románia villamosenergia-piaca

A szakirodalom tanulmányozása során azt tapasztaltam, hogy a két ország megújuló erőforrásainak a mennyisége rendkívül eltérőek. Magyarország mezőgazdasági ország lévén a biomasszában erős. Ezzel szemben a szomszédos Romániának nagy előnye a magashegységek, illetve a tengerpartok, elektromos energia szektorában a víz és a szél tekintélyes részt vállal a megújuló energiák energiagazdálkodásba való bevonásánál.

Érdemes ezért jobban megvizsgálni a két ország villamos energia egységárait. A két ország lakossági villamosenergia-egységárait az adók és illetékek nélkül az 1. ábrán mutatom be.

Mind Románia, mind Magyarország energiaárai az Európai Uniós átlag alatt vannak. Míg a román árak stagnálást mutatnak az utóbbi években, addig a magyar árak főleg kormányzati intézkedések hatására csökkentek. Az éves keresetek változása esetében



1. ábra. **A magyarországi és a romániai lakossági villamosenergia-árak alakulása**
Forrás: Saját számítás az EUROSTAT (2017a) adatai alapján

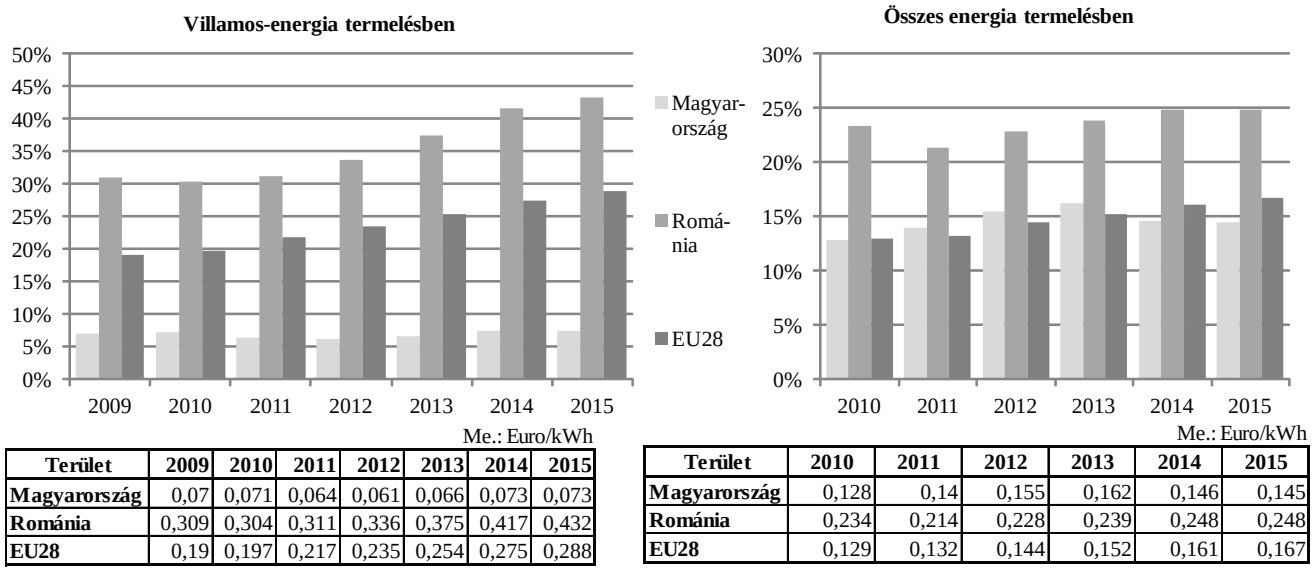
azt tapasztaltam, hogy a keresetekhez képest az elektromos áram drágább, mint egy átlag európainál. Magyarországon az átlagos fizetés a versenyszférában 10 205 EUR, Romániában 6 746 EUR, még az uniós átlag 34 210 EUR volt 2014-ben.

Mivel egy ország esetében fontos az energiafüggőség minél kisebb arányra való leszorítása, így törekedni kell a minél nagyobb mennyiség előállításra az adott országban. Magyarországon legnagyobb jelentősége a Paksi Atomerőműnek van, mely 2015-ben az ország megtermelt energiájából 53%-ban részesedett. Az atomerőmű 1982-ben kezdte meg a lakossági villamosenergia-termelését, és az üzemidő hosszabbítási program eredményeként 2012-ben és 2014-ben megkapta az 1. és a 2. blokk a húsz évre szóló üzemengedélyt. Az erőmű bővítése folyamatban van, Oroszországgal kötött államközi megállapodás keretében 2020-as évek végére két új 1200 MW teljesítményű blokkal fog bővülni. Ez azt is jelenti, hogy Magyarország az orosz import energiahordozóktól fog a következő évtizedekben nagymértékben függeni. Ezzel szemben Románia legnagyobb erőműve a Turceni Hőerőmű (Complexul Energetic Turceni), mely a teljes lakossági villamos energia előállításából mindössze 25%-kal részesedik. Ez azt jelenti, hogy egy üzemleállás esetében az országot nem fenyegetni egy nagyobb energiaválság, mivel a másik 75%-át más forrásból állítják elő az energiának. Szakirodalmazásom alatt kiderült, hogy Románia energiaforrásai jóval differenciáltabb képet mutatnak, mint a magyarországi, azaz Románia jobban támaszkodik a megújuló energiaforrásokra, mint Magyarország.

A megújuló energiák szerepe a villamosenergia-termelésében Románia és Magyarország esetén

Románia és Magyarország rendkívül eltérő adottságokkal rendelkezik a megújuló energiaforrások terén, mellyel magyarázni lehet a megújuló energiaforrások energiagazdálkodásba való bevonási lehetőségeit. Míg Magyarország nagy kiterjedésű sík területekkel, valamint tengerparttal nem rendelkező ország, addig Románia nagy hegyekkel, nagy eséső folyókkal, valamint viszonylag hosszú tengerparttal rendelkezik.

Mivel a rendszerváltás előtti időszak vizsgálatánál azt tapasztaltam, hogy hasonló volt az energiagazdálkodása mindkét ország-



Me.: Euro/kWh

Terület	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Magyarország	0,07	0,071	0,064	0,061	0,066	0,073	0,073
Románia	0,309	0,304	0,311	0,336	0,375	0,417	0,432
EU28	0,19	0,197	0,217	0,235	0,254	0,275	0,288

Me.: Euro/kWh

Terület	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Magyarország	0,128	0,14	0,155	0,162	0,146	0,145
Románia	0,234	0,214	0,228	0,239	0,248	0,248
EU28	0,129	0,132	0,144	0,152	0,161	0,167

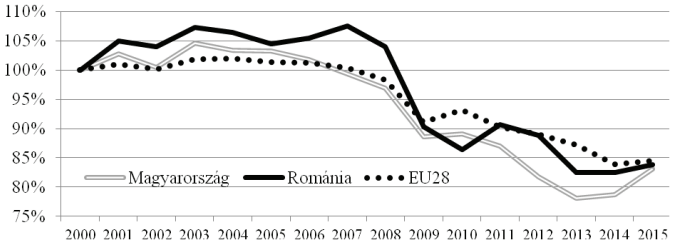
2. ábra. **A megújuló energiák részesedése a villamos- és az összes energiatermelésben 2009-2015 között Magyarországon és Romániában** (Forrás: Saját számítás az EUROSTAT (2017a) adatai alapján)

nak, így indokolt a két ország jelenlegi energiagazdálkodását vizsgálni. A rendszerváltás után az energiahelyzet is változott, mivel egyre jobban próbáltak támaszkodni a megújuló energiaforrásokra minden Európai Uniós országban. Vállalások is történtek az egyes tagországok részéről a megújuló energiaforrások energiagazdálkodásba való bevonására. Ezen vállalásokban az uniós tagok kevésbé környezetszennyező megoldások alkalmazását vállalták be az országuknak. Az általam vizsgált két ország energiaszektorában betöltött megújuló energia részarányát a 2. ábra szemlélteti.

Míg Magyarország csak minimálisan, addig Románia messze az Európai Uniós átlagot meghaladva vonja be a megújuló energiaforrásokat a villamosenergia-termelésbe (2. ábra). A teljes villamosenergia-termelés esetében már a magyarországi átlag megközelíti az EU-s átlagot. Ez annak köszönhető, hogy Magyarország a villamos energia részaránynál megismert értékhez képest nagyobb részaránnyal rendelkezik a fűtésnél. Ha az összes energiatermelést nézzük, akkor Magyarország teljesítheti a 2020-as vállalását (jelenlegi trendekkel ellentétben). Már 2017. évben is nagyobb törekvések vannak a megújuló energiaforrások energiagazdálkodásba való bevonásával szemben. A villamosenergia-szektorban is nőni fog a megújulók részaránya a közelgő atomenergia-beruházások miatt.

Ezzel szemben Románia a 2020-as vállalását már 2014-ben teljesítette és jövőben is tiszta energia beruházások várhatóak az országban. Ezen korai teljesítés annak köszönhető, hogy Románia a 2009 előtti meglévő vízerőmű-kapacitásai mellé 2009-ben és 2011-ben látványos megújuló energia beruházásokba kezdett, főleg szél- és fotovoltaikus erőművek terén.

A megújuló energiaforrások energiagazdálkodásába való bevonásával érdemes az üvegházhatású gázok kibocsátását is megvizsgálni, mivel hosszú távú célja az Európai Uniónak, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátását minél jobban visszaszorítása. Az üvegházhatású gázok vizsgálatánál a 2000-es évet választottam bázisévnek (ellentétben a szakirodalommal, ahol az 1990-es évhez történnek a viszonyítások). Az adataim CO_2 egyenértéknek megfelelő tonnában voltak megadva. A jobb értelmezés érdekében bázis viszonyszámokat alkalmaztam, melyek azt mutatják meg, hogy a 2000-es évhez képest hogyan alakult a vizsgált kibocsátás az adott évben. Megállapítható, hogy nagymértékű üvegházhatású gáz kibocsátás csökkenés az Európai Uniós csatlakozásokat követően következtek be a vizsgált országoknál (Magyarország 2004-ben, Románia 2007-ben csatlakozott). Mindkét országban a 2000-es évek közepén kezdődtek meg nagyobb megújuló energiás projektek, természetesen Magyarország estében azzal is kalkulálni kell, hogy ebben az időben az atomenergia is nagyobb teret nyert, amely szintén nem járt nagymértékű üvegházhatású gázok kibocsátásával.



3. ábra. **Az üvegházhatású gázok kibocsátásának alakulása (2000. év = 100%)**
Forrás: Saját számítás az EUROSTAT (2017f) adatai alapján

A következőkben a megújuló energiaforrások jelentőségét szeretném bemutatni a villamos energiatermelésben Magyarország és Románia esetében.

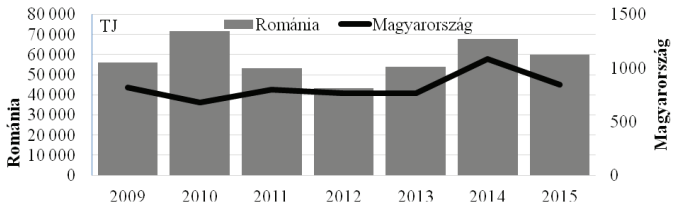
A vízenergia szerepe Magyarország és Románia villamosenergia-termelésében

A leghatékonyabb és legnagyobb körben elterjedt megújuló energia a villamos energiatermelésben mindkét ország esetében a vízenergia. Mennyisége változó természetesen mindkét ország esetében, mivel a megtermelt energiát befolyásolja az időjárás (árvizes vagy aszályos időszak, a tavaszi és kora nyári esők, a folyók forrásvidékén történő tavaszi hóolvadás stb.). Románia és Magyarország legnagyobb folyama a Duna (legnagyobb elméleti vízenergia potenciállal ez rendelkezik Európában), mely közel 3000 km-es útja során még 8 országot érint. Románia ezt a folyót használja ki az vízener-

gia előállítására a román-szerb közös projekt keretében épült Vaskapu I. és II. erőművek (Porţile de Fier, Ђердапска клисура) segítségével. Ezek az erőművek Európa legnagyobb vízerőműveinek az egyike, amelyek a Kárpát-medence egyik legfontosabb kifolyási pontjánál épültek, itt lép ki a Duna a medencéből. A Vaskapu jelentőségét már Széchenyi István is felfedezte a vízgazdálkodásban, majd 100 évvel később épült rá a román-szerb projekt keretében a vízi erőmű.

Természetesen a magyaroknál is tervben volt egy nagy Duna-projekt (magyar-csehszlovákiai projekt) még a 70-es években, de az akkori kormány elállt a tervtől és felbontotta a szerződést. A szerződés kilépése ellenére az akkori Szlovákia azonban a saját részét megcsinálta és fel is használta az energiagazdálkodásában. A „megálmodott" Duna-projekt Csehszlovákiával a Bős-nagymarosi vízlépcső nevet viselte volna, mely a jelenlegi vízerőmű-kapacitásnál nagyságrendekkel nagyobb lett volna. A magyarországi rész még mai napig sem épült meg, pedig a vízlépcső megépítésével növekedhetne a magyarországi vízenergia potenciál. A jelenleg megtermelt vízenergiáját a 4. ábra szemlélteti.

Látható, hogy a megtermelt energia Romániában nagyságrendekkel magasabb, mint Magyarországon, így a 4. ábrán külön tengelyek felhasználásával mutatom be a teljesítéseket.



4. ábra. **Románia és Magyarország megtermelt energiája a vízerőművekből**
Forrás: Saját számítás az EUROSTAT (2017d) adatai alapján

A vízenergia a legrégebb óta alkalmazott megújuló energia mindkét országban, mivel Romániában 1960 körül, míg Magyarországon a 20. század elején telepítették az első vízerőműveket. Romániában a moldvai Aranyos-Besztercén (Vaskapu), míg Magyarországon a Kiskörén épültek ezek az erőművek. A nagy fejlődéseket követően mindkét országban megálltak a fejlesztések, s az utóbbi években stagnálás figyelhető meg.

Látható tehát, hogy a két ország közül a románok használják ki jobban a vízenergia potenciáljukat, de a magyarok is próbálkoznak a víz energiájának minél jobb felhasználására.

Magyarország a nagyobb esésű folyókra (Hernád, Rába) kisebb teljesítményű erőművek létesítésével próbálkozik, mely erőművek a legrégebbiek Magyarországon. A Dunán egyetlen időszakosan működő vízerőmű van, a Kvassay-zsilip. A magyarországi vízi erőműveket az 5. ábrán mutatom be.

Ezzel szemben Románia a nagyobb vízpotenciájú folyóin (Olt, Lotru, Szamos) több erőművet is létesített, azonban még ezzel is nagy lemaradásban van az EU28 átlagához képest. Magyarországhoz képest jobb, de az Európai Uniós tagországokhoz képest rosszabb helyzetben van Románia, mivel a legnagyobb potenciálú országokhoz képest az előállított mennység az minimális.

Megállapítható tehát, hogy az európai viszonyok között mind a két vizsgált ország szerény vízpotenciállal rendelkezik.

5. ábra. **A magyarországi vízerőműveinek elhelyezkedése**
Forrás: Saját számítás az EUROSTAT (2017d) adatai alapján

A szélenergia szerepe Magyarország és Románia villamosenergia-termelésében

A vízenergia mellett a szélenergiában is körülményes az összehasonlítása a két országnak, mivel a területi adottságok nagyon eltérnek egymástól. Magyarország medencejellegű ország, így a tengerek felől fújó szelek mire az országba érnek lelassulnak a domborzat hatására, így csak minimálisan állítható elő villamos energia belőle. Ezzel szemben Romániában Erdély és a Partium területén a Bánát hegyeinek nyugati lejtői alkalmasak szélenergia gazdaságos kihasználására. Mivel jelentősége ezen energianyerésnek kisebb, ezért mindkét ország későn kapcsolódott be a szélenergia előállítási projektekbe, (Magyarország 2001-ben, míg Románia 2009-ben) és ma sem láthatók nagyobb előrelépések az előállítás terén.

A magyar szélerőművek nagy része a Nyugat-Dunántúlon található, mivel Magyarország legszelesebb része ez (kivétel például: Kulcs (Közép-Dunántúl) vagy Felsőzsolca (Észak-Magyarország)). A legnagyobb erőműparkok a Kisalföldön, Mosonmagyaróvár és Komárom környékén vannak.

Ezzel szemben Románia szélerőművei az úgynevezett „regáti" részen találhatók, azaz a Barlád folyó (Bârlad) környéki fennsík Moldvában, a Dobrudzsa (Doborgea) keleti része, illetve a Fekete-tengerhez közelebbi részek. Magyarország Románia szélenergia-termelését a 6. ábrán mutatom be.

6. ábra. **Magyarország és Románia szélerőművekből termelt energiája 2009-2015 között**
Forrás: Saját számítás az EUROSTAT (2017d) adatai alapján

Látható, hogy Romániában nagy léptékben növekszik a szélenergia kihasználása, mivel a 2009. évi minimális terajoule értékéhez képest 2011. évre már megközelítőleg 5000 terajoule értékű volt a szélerőműből megtermelt energia. 2015. évre már több mint 25 ezer terajoule előállítása történt. Az adatok alapján megállapítottam, hogy 205%-os éves növekedés figyelhető meg átlagosan Romániában 2009-2015 évek között. A látványos növekedés 2014-ig volt, azóta csak kismértékű növekedések figyelhetők meg. Románia ezen ener-

gia mennyiségével még így is Kelet-Európában meghatározó szerepet játszik szélenergia felhasználás tekintetében. Románia első szélerőműve 2004-ben épült, de a növekedés 2008-ban volt, amikor is egy törvényrendeletet hoztak (220/2008), ami lehetővé tette a fosszilis energiahordozók prioritásának a megtörését Románia energiatermelésében. Ezen törvényrendeletnek köszönhető, hogy 2008-ban elindultak a nagy szélprojektek, és Románia is vállalást tett a 2020. évi energiatermelésére, hogy az energiatermelésének 24%-át megújuló energiaforrásokból fogja fedezni (I6). Ezen törekvést úgy kívánták/kívánják elérni, hogy 2009-től kezdve minden évben minimum 350 MW teljesítményű szélerőművet helyeznek üzembe Romániában. 2012. évben már a magyarországi kapacitás közel háromszorosát (976 MW teljesítményű energia szélkerekekkel), 2015-ben pedig a tízszeresét állították elő Romániában. Európa egyik legnagyobb szélerőmű-parkja Romániában található a dobrudzsai régióban (Cogealac és Fântânele községek határában) Konstanca (Constanţa) megyében, ahol a teljes szélerőmű-park 600 MW beépített teljesítménnyel bír (Dragomir et al., 2016).

Ezzel szemben Magyarországon 2009-ben még sokkal magasabb volt az energia előállítása szélből, mint Romániában, azonban a növekedési tendencia csak minimális volt (jelenleg is az) a jövőre vonatkozóan. Ez azt jelenti, hogy 2011-re már a romániai energiamennyiség 122%-kal volt magasabb a magyarországinál. Magyarországon a kezdeti 2009. évi értékhez képest csak kismértékű növekedés következett be. Ennek egyik oka, hogy a magyar engedélykiadások megszűntek, mikor az országban 1100 MW új szélerőmű létesítésére mutatkozott igény.

Az erőművek felállítása a vizsgált években különböző volt, mivel Magyarországon már 2008-ban 60 megawatt összteljesítményű szélerőműveket helyeztek üzembe, azonban ez 2011. évre befejeződött és azóta nem helyeztek üzembe egyet sem. Együttesen jelenleg Magyarországon így 330 MW teljesítményű szélerőmű működik. Ezzel szemben Romániában csak a 2014 óta létesített erőművek összteljesítménye meghaladja a 354 MW-t.

A kutatásom alapján megállapítható, hogy Magyarországon is megfelelő magasságban elegendő szélenergia lenne, melyet gazdaságosan ki lehet használnia Magyarországnak. Mivel Románia szélenergiáját is jól kihasználja, így ez is hozzájárul a kisebb energiafüggőségéhez. Az EU28 tagországai közül az utolsó harmadba tartozik függőség alapján Románia.

A napenergia szerepe Románia és Magyarország villamosenergia-termelésében

A megújuló energiaforrások közül a harmadik vizsgálati elem a napenergia. A napenergia közvetlen villamosenergia-termelésére a fotovoltaikus (napelemes) erőműveket alkalmazzák. Sem Románia, sem Magyarország esetében jelenleg nem játszik nagy szerepet a napenergia az energiatermelésben. A minimális kihasználás oka az, hogy a napenergia az egyik legdrágább telepítési költségű erőmű a jelenlegi energiapiacon (elektromos energiát előállító része), melyet csak támogatásokból lehet megfelelően fedezni.

Románia energiaszükségletének 1%-át, míg Magyarország energiaszükségletének 0,03%-át fedezték 2015-ben fotovoltaikus erőművekből. Magyarországon a legalkalmasabb terület a napenergia kinyerésére a Dél-alföldi régió, de mégis a Magyarország legnagyobb ilyen típusú erőműve a Mátrában található. Ez az erőmű egy 72 480 db napelemből álló létesítmény, amely 15 MW összteljesítményű. Az erőmű a visontai Mátra Erőműhöz tartozik, amely így az ország egyik legtöbb különböző energiaforrást hasznosító erőműve, hiszen a napenergia mellett lignitet, földgázt és biomasszát is használt a termelt villamos energia előállításához. A Magyarországon előállított napenergiát az 1. táblázatban mutatom be. Annak érdekében, hogy lássuk, milyen kicsi is a napenergia jelentősége Magyarországon áttekintettem az éves villamosenergia-felhasználásokat. A magyarországi adatokat a MAVIR hivatalos oldaláról (2015-ben Magyarország 43 800 GWh körül volt az energia előállítás), míg a romániait az ANRE összefoglalóiból szedtem össze (Romániában 2015-ben 57 700 GWh az energia előállítás).

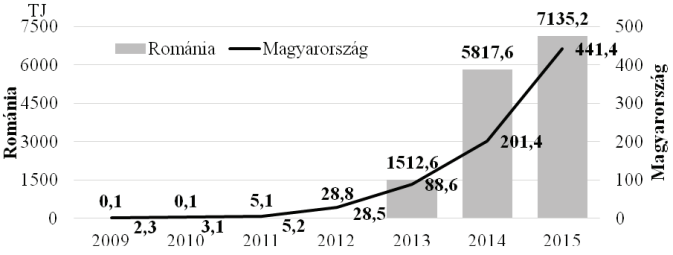
Romániában a napenergia kinyerésével a 2013. évben kezdtek el foglalkozni csak. Nagyon sok napkollektort kezdtek el ebben az időben telepíteni, de sajnos csak 10%-a van üzemben jelenleg.

Az 1. táblázatból is jól látszik, hogy Magyarország napenergia felhasználásában 2015-ben volt egy nagymértékű ugrás, amikor a mátrai és a pécsi erőművek átadták. A mátrai 15 MW, a pécsi 10 MW beépített teljesítménnyel bír.

1. táblázat. Fotovoltaikus erőművekben előállított elektromos energia Magyarországán és Romániában (Forrás: Euro Barometer 2013-2017 adatai alapján saját szerkesztés)

Országok	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Magyarország	3,3	4,7	25	26,8	123	174
Románia	2	2	420	1 355	1 982	1 845

A romániai helyzetet mutatja, hogy a 2000-es években (a szélenergia-iparhoz hasonlóan) gyakorlatilag ez az ágazat sem létezett. Nagy ugrás 2013-ban volt, amikor is Romániában átadták az ország két nagy naperőművét (az egyik a Máramaros megyei Sárközön (Livada) 56 MW, a másik a Brassó megyei Felsőucsán (Ucea de Sus) 55 MW beépített teljesítménnyel). Ezek az erőművek ma is a legnagyobb fotovoltaikus erőművei Romániának (I7). A fotovoltataikus erőművek által termelt mennyiségeket a 7. ábrán mutatom be.



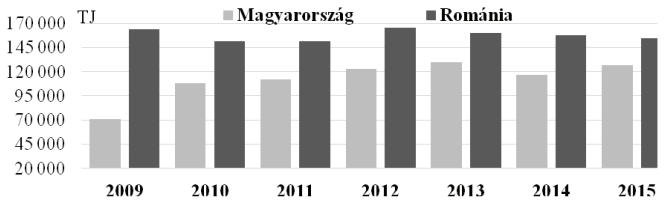
7. ábra. **Magyarország és Románia fotovoltaikus erőművekből termelt energiája 2009-2015 között**
Forrás: Saját számítás az EUROSTAT (2017d) adatai alapján

A napenergia mellett itt szeretnék a két ország geotermikus energiájáról is pár szót ejteni. A geotermikus energia közvetlenül nincs kapcsolatban az elektromos energiaiparral, mivel a geotermikus energiát a gyógyfürdőkben és lakossági fűtésben alkalmazzák nagyarányban, sok energiát megspórolva ezzel a távfűtési rendszerekben. Természetesen a tudatos gazdálkodás itt is elengedetlen, mivel meg kell oldani a termálvíz visszaengedését a kinyert helyre, valamint figyelni kell arra, hogy ne használjuk ki túlzottan a készleteket, mivel kiapadhatnak a meleg-vizes források. A magyarországi leghíresebb fürdői Hajdúszoboszló, Hévíz és Gyula. Fontos kiemelni Budapestet is, mivel Budapest a világ egyetlen fővárosa, mely jelentős termálvíz készlettel rendelkezik.

Románia erdélyi részén is (vulkános tevékenységnek köszönhetően) sok termálvizes forrás található. A leghíresebb fürdőhelyei Félixfürdő (Băile Felix) és Herkulesfürdő (Băile Herculane).

Földhasználat és biomassza Magyarországon és Romániában

A megújuló energiaforrások között említhetjük a szántóföldi termelés során, a területen maradt származékokat, illetve az egyéb energia előállítására alkalmas energianövényeket, melyek az energiatermelés egyik fontos elemei lehetnek. A biomasszából nyert éves energia mennyiségeket a 8. ábrán mutatom be. Itt találtam a legkisebb eltéréseket a két vizsgált ország között. A MAVIR és az ANRE energia összefoglalóiból kiderült, hogy Magyarországon az éves szükséglet 3,8%-át (azaz 1661 GWh-t), míg Romániában 0,72%-át (azaz körülbelül 421 GWh-t) fedezte az éves szükségleteknek a biomassza 2015-ben (MAVIR és ANRE). Mindkét vizsgált országban, az utóbbi években egy stagnálás figyelhető meg, mivel 2012 óta nagymértékben nem változott a biomasszából származó megtermelt energia sem Magyarországon, sem Romániában.



8. ábra. **Magyarország és Románia biomasszából termelt energiája 2009-2015 között**
Forrás: Saját számítás az EUROSTAT (2017d) adatai alapján

Magyarországon jelenleg több olyan erőmű is van, melyben vegyes tüzelésre van lehetőség a szennyező anyagok kibocsátásának csökkentése érdekében (például: Mátrai Erőmű, az Ajkai Erőmű és a Pécsi Erőmű). Ezekben az erőművekben a biomasszát a gyenge égéshőjű lignit javítására vagy a dunántúli szénvagyonunk elapadása miatt használják. Romániában a Szucsáva (Suceava) megyei Radócon (Rădăuţi) található az ország legnagyobb biomassza tüzelésű hőerőműve, mely 22 MW teljesítményű. Jelentős szerepe van még a székelyföldi Réty (Reci) község határában lévő biomassza égető üzemnek is.

Összefoglalás

Kutatásom elvégzésére azért került sor, mivel magyarországi lakosként érdekelt, hogy Magyarországon, illetve a szomszédos Romániában a megújuló energiaforrások energiagazdálkodásba való bevonása milyen aránnyal rendelkezik jelenleg. Fő szegmensét jelentette a kutatásomnak, hogy a megújuló energiaforrások villamos energiagazdálkodásba való bevonása milyen nagyságrendileg, és hol vannak még rejtett tartalékok Románia és Magyarország esetében. Nem szabad elfelejteni, hogy a megújuló energiaforrásokat minél nagyobb arányba célszerű bevonni az energiagazdálkodásba, mivel a megújuló energia alapanyagokkal működő erőművek mindenfajta káros kibocsátás nélkül termelik az elektromos energiát, így használt nem csak a jelenkor, de a jövő generációi is nagyra fogják értékelni.

Irodalom

[1] Villamosenergia-árak a háztartásokban. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do? dataset=nrg_pc_204&lang=en Letöltés dátuma: 2017.09.12.
[2] Megújuló energiák részesedése a bruttó villamosenergia-termelésből http://ec.europa.eu /eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode =ten00119&plugin=1 Letöltés dátuma: 2017.09.30.
[3] A megújuló energiák részesedése a végső energiatermelésben (%): http://ec.europa.eu /eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_31&plugin=1 Letöltés dátuma: 2017.10.01.
[4] Üvegházhatású gázok kibocsátása: http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/graph.do ?tab=graph&plugin=1&language=en&pcode=tsdcc220&toolbox=type Letöltés dátuma: 2017.10.16.
[5] A megújuló energiák részesedése a végső energiatermelésben (TJ): http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_31&plugin=1 Letöltés dátuma: 2017.10.12.
[6] Miskolci Egyetem Műszaki Földrajztudományi Kar oldala: http://foldrajz.unimiskolc.hu /segedletek.html Letöltés dátuma: 2017. 10.11.
[7] Global Wind Energy Council http://www.gwec.net/wpcontent/uploads/2015/02/GWEC_GlobalWindStats2014_FINAL_10.2.2015.pdf Letöltés dátuma: 2017.10.07.
[8] Dragomir, G. – Şerban, A – Năstase, G. – Berzenau, A. I. (2016): Wind energy in Romania. A review from 2009 to 2016, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 64, October 2016, pp. 129-143.
[9] Beszámolók a napenergiáról 2013-2017: https://www.eurobserv-er.org/category/all-photovoltaic-barometers/ Letöltés dátuma: 2017. 10.01.
[10] PV resources http://www.pvresources.com/en/pvpowerplants/top150pv.php Letöltés dátuma: 2017. 10.18.

KÖZLEMÉNY

Három cég köthet újabb szénhidrogén-koncessziós szerződést

A 2017-es bányászati tenderen benyújtott eredményes pályázataik alapján a MOL Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt. három (Őrség, Somogybükkösd és Somogyvámos), míg a HHE GROUP Kft. (Drávapalkonya) és a Vermilion Exploration B.V. (Békéssámson) egy-egy területre köthet koncessziós szerződést szénhidrogén kutatására, feltárására és kitermelésére.

A nemzeti fejlesztési miniszter a koncesszióról és a bányászatról szóló törvények rendelkezései szerint, a minősítő bizottságok értékelése és javaslata alapján döntött a koncessziók megadásáról. A 2017 júniusában megjelent kiírásokra összesen hét pályázat érkezett, melyek közül formailag hat minősült érvényesnek. Fedémes, Gádoros, Hatvan, Körösladány és Tab területek pályázati kiírásai beérkezett érvényes ajánlat híján eredménytelenül zárultak. A nyertesek az eredményhirdetéstől számított 90 napon belül köthetik meg a szerződéseket, e határidő egy alkalommal, legfeljebb további 60 nappal meghosszabbítható. A szénhidrogén koncessziók 20 évre szólnak, ugyanakkor az időtartam egy alkalommal, újabb pályázat kiírása nélkül, tíz évvel meghosszabbítható.

A nemzetközi iparági gyakorlattal összhangban álló hazai bányászati koncessziós rendszer vonzó feltételeket teremtett a szektorba irányuló befektetések ösztönzésére. A felelős, fenntartható ásványvagyon-gazdálkodás megvalósítását és az ellátásbiztonság növelését szolgáló tenderek kedvező fogadtatásra találtak a bányavállalkozók körében. A magyarországi bányászati kutatási és kitermelési tevékenység elősegítése érdekében a fejlesztési tárca a jövőben újabb koncessziós pályázatok megjelentetését tervezi.

Nemzeti Fejlesztési Minisztérium
Kommunikációs Főosztály
Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat

Turbulens, perdületes dízelolaj láng akusztikai spektrumának elemzése

Novotni Gergely István
MSc hallgató, novigeri93@gmail.com

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

A folyamatosan szigorodó károsanyag kibocsátási előírások következtében a stacionáriusan üzemelő tüzelőberendezések egyre szegényebb tüzelőanyag-levegő keverékkel üzemelnek: Azonban ez az üzemállapot a lánglefúvási határhoz közel esik tervezés szerint. Kutatásunk során egy 15 kW-os, levegő segédközeges porlasztású, előkeveréses, perdítőelemes, előpárologtató rendszerű égő akusztikai spektrumát vizsgáltuk. A tüzelőanyag dízelolaj volt, melyet egy levegő segédközeges porlasztóval porlasztottunk. A mérés során 6 különböző félkúpszögű diffúzort helyeztünk az égőszájra és fix porlasztónyomás mellett folyamatosan növeltük az égéslevegő mennyiségét a láng lefúvásáig. A perdület-paramétert növelve egyenes, illetve V alakú lángot tapasztalhatunk, valamint a kettőt egy bistabil régió választja el, melyben a két lángalak felváltva van jelen.

*

The steady-operating combustion plants operate with an increasingly lean fuel-air mixture due to the continuously tightening emission standards. However, such conditions lie close to the flame blowout limitation by design. In this paper, the acoustic spectrum of a 15 kW lean premixing prevaporizing-type (LPP) swirl burner was investigated. Diesel oil was utilized as fuel which was atomized by an airblast-type atomizer. Six diffusers with various half cone angle were installed on the burner lip, and the combustion air flow rate was increased until blowout at a constant atomizing pressure. By increasing the swirl number, straight and V-shaped flames were observed. Between them, a bistable regime appeared, in which both stable states occur.

* * *

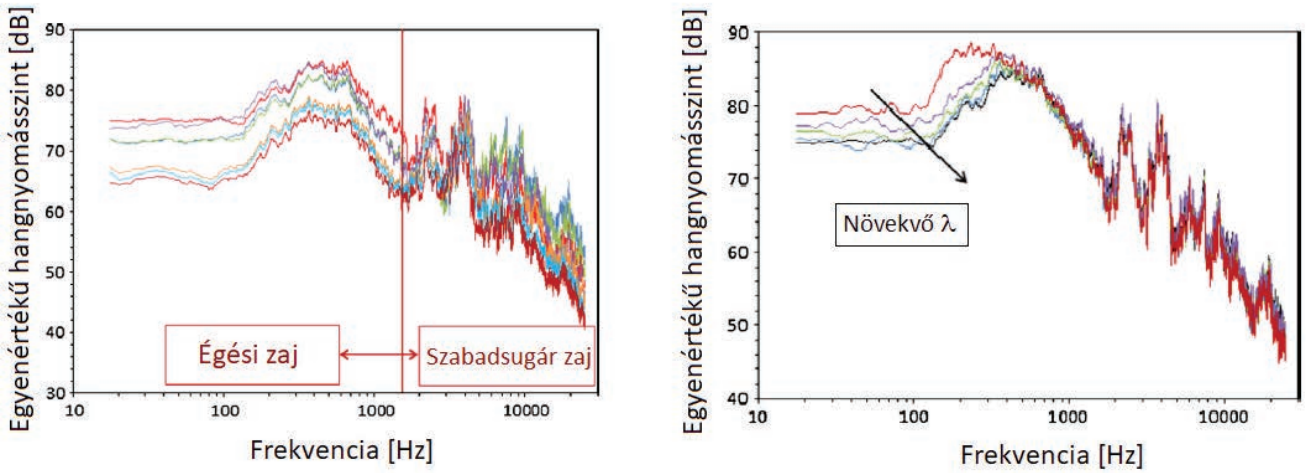
Napjainkban a tüzelőberendezések egyik legfontosabb kritériuma a megfelelően alacsony károsanyag kibocsátás biztosítása. Az NO_X kibocsátás csökkentésének egy hatékony módja, ha szegény keverékek esetében tovább növeljük a légfelesleg-tényezőt [1]. Azonban a szegény, legalább részben előkevert lángok esetén előtérbe kerültek az akusztikai eredetű égési instabilitások, melyek a diffúziós lángoknál nem jelentkeztek. Az égési zaj fontos zajforrás többek között ipari kemencékben és tüzelőberendezésekben, fáklyázásnál, repülőgép hajtóműveknél, gázturbináknál és diesel motoroknál [2].

Jelen cikkben egy szegény, előkevert, perdületes dízelolaj láng égési zaját vizsgáljuk spektrálisan. A különböző üzemi paraméterek ezen jellemzőkre gyakorolt hatását számos tanulmány vizsgálja, azonban a zajban lévő frekvenciák elemzését már jóval kevesebb. Singh és munkatársai [3] tanulmányukban vizsgálták a spektrumot perdületes diffúz láng esetén, mely az 1. ábrán látható. A vizsgálat során állandó égéslevegő térfogatáram mellett folyamatosan változtatták a tüzelőanyag mennyiségét, így változtatva a légfelesleg-tényező értékét. Több mikrofont helyezett el a láng környezetében, a bal oldali diagramon a különböző helyeken lévő mikrofonok által rögzített zaj spektruma látható. Az égési zaj jellemzően 1500 Hz-ig tart, e fölött a szabadsugár zaja figyelhető meg az eredményeik alapján [3].

A jobb oldali diagram különböző légfelesleg tényezőjű eseteket mutat (rendre 1,43 − 1,25 − 1,11 − 1 és 0,91). Látható, hogy a légfelesleg-tényező befolyásolja a különböző összetevők hangnyomásszintjét, de a karakterisztikán nem változtat, tehát érdemes a spektrumot vizsgálni és összefüggéseket keresni az üzemi paraméterekkel.

A tüzelőberendezésekben alapvetően két oka van a zaj keletkezésének. Az egyik a turbulencia, ami eleve spektrális jelenség, míg a másik a hőfelszabadulás, ami a turbulens áramképpel való interakció miatt szintén széles frekvenciatartománnyal jellemezhető [4]. Perdületes áramlások, így égések összehasonlítására a perdület-paramétert alkalmazzuk, melynek számítása (1) szerint történik [5]:

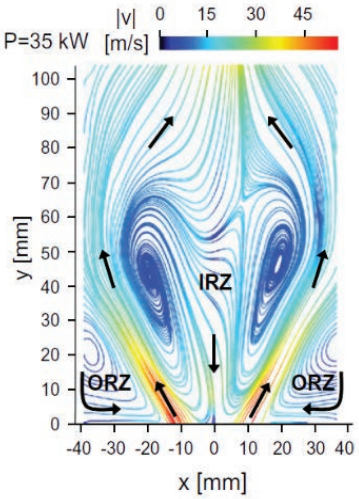
$$S = \frac{G_\phi}{G_x \cdot R}, \tag{1}$$



1. ábra. **A láng zajának spektruma Singh és munkatársai nyomán [3]**

ahol G_x a közeg perdületének a tengelyirányú komponense, G_φ az axiális irányú impulzuserő és R az áramcső sugara. Ennek számértéke alapján beszélhetünk gyengén perdületes ($S < 0{,}6$), illetve erősen perdületes áramlásokról ($S > 0{,}6$).

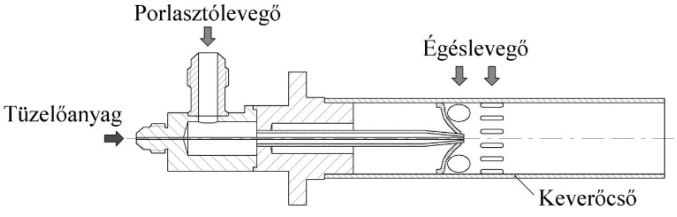
A mérésünk során alapvetően három lángstabilitási fázist különböztetünk meg, melyek a perdület-paramétertől függenek. A gyengén perdületes áramlások esetén egyenes lángalakról beszélünk, míg erősen perdületes áramlásoknál a precesszáló örvénymag leszakad és egy külső, valamint egy belső recirkulációs zóna (ORZ és IRZ) alakul ki [5], ami a 2. ábrán látható. Ekkor a láng V alakot vesz fel, mivel az intenzív égés a két zóna határán történik. Az egyenes és a V alakú lángok közt az átmenet egy bistabil régióval jellemezhető, melyben a lángalakok változása kaotikus, azonban átlagosan az a lángalak figyelhető meg tovább, amelyik stabil formához közelebb vagyunk [6].



2. ábra. **Áramlási kép V alakú láng esetén [7]**

Mérőrendszer és mérés

A mérést egy atmoszférikusan üzemelő tesztpad segítségével végeztük. Az alapvető lángakusztikai jellemzők vizsgálata a cél, így szabad térben történt az égés, hogy az égőtér akusztikai karakterisztikája ne torzítsa az eredményeket. Az égő egy szegény keverékkel üzemelő, előkeveréses, előpárologtató rendszerű, perdületes kialakítású konstrukció volt, mely a 3. ábrán látható. A szabványos dízelolaj tüzelőanyagot (EN 590:2014) egy levegő segédközeges porlasztóval porlasztottunk. A tüzelőanyag vezetékkel koncentrikusan lép be a nagysebességű porlasztólevegő és ez bontja cseppekre a folyadéksugarat. Az égéslevegő négy tisztán radiális kör keresztmetszetű és tizenöt 45°-os téglalap keresztmetszetű nyíláson keresztül lép be a keverőcsőbe, mely a perdületes áramlás kialakításáért felel. További részletek a mérőrendszerről megtalálhatóak az irodalomban [8, 9].



3. ábra. **A mérés során használt LPP égő metszete**

Az égési zajt egy SVAN 971 típusú zaj analizátor segítségével mértük, melyet a lángtól 1 m-re helyeztünk el, oldalirányban a függőleges helyzetű égő szájától. A mikrofon mintavételezési frekvenciája 12 kHz.

A láng stabilitásának növelése érdekében különböző félkúpszögű diffúzorokat illesztettünk az égő szájára. A lángstabilitás fentebb említett három fázisát a 4. ábra szemlélteti, a diffúzorokról készült képet pedig az 5. ábra.

4. ábra. **Balról jobbra: Egyenes, bistabil és stabil V alakú láng**

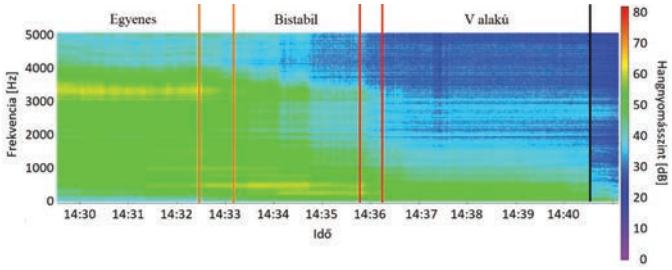
5. ábra. **A méréshez használt diffúzorok. Balról jobbra: 60°, 45°, 30°, 15° és 0°**

A mérések során egy adott diffúzornál beállítottunk egy adott porlasztónyomást (a porlasztólevegő térfogatáramát mérve rotaméteren), majd fokozatosan növeltük az égéslevegő tömegáramát 11,9 kg/h-tól a láng lefúvásáig, 2,4 kg/h-s lépésközzel (a térfogatáramot szintén rotaméter segítségével állítottuk be; a tömegáramok a rotaméteren egész térfogatáram osztások). Minden diffúzor esetén 6 különböző porlasztónyomást alkalmaztunk és jellemzően 7-11 mérési pontot tudtunk felvenni a láng lefúvása előtt [6].

Az eredmények értékelése

A mérés kiértékelése során a spektrum jobb megismerése érdekében a Svan PC++ szoftver beépített lehetőségeit alkalmaztuk. Gyors Fourier transzformáció segítségével a program elkészít egy vízesés diagramot a mérésről, illetve ennek minden szeletét meg lehet nézni külön is. A transzformáció során 1 másodpercre választottuk az időablakot, átfedés nélkül. A kiértékelés során a 15°-os nyílásszögű diffúzorral, 0,8 bar porlasztónyomáson végzett mérési sorozatot elemeztük, mely a 6. ábrán látható. A mérést diszkrét lépésekben növelt égéslevegő térfogatáram mellett végeztük. A bejelölt időintervallumok azt a levegőáram növelést jelölik, ahol változás volt a lángalakban. Ahogy az ábrán is látható, az első szakasz az egyenes, a második a bistabil, a harmadik pedig a stabil V alakú

láng tartománya. Az utolsó függőleges vonal a lánglefúvást jelöli, tehát látható a tüzelésmentes eset spektruma is



6. ábra. **Svan PC++-al készült Vízesés diagram**

A nagyfrekvenciás, néhány kHz-es zajok igen erősek az egyenes lángalaknál, azonban a bistabil régió során gyengülnek, a V lángalaknál pedig jelentősen visszaszorulnak. A fokozatos gyengülés arra vezethető vissza, hogy egyszerre van jelen a két lángalak és arányaiban egyre hosszabb ideig marad V alakú a perdület növekedésével. Ezzel szemben az alacsonyabb frekvenciák a perdület-paraméter növekedésével egyre erősödnek és a V alakú lángnál láthatóan azok felé tolódik el a spektrum. A néhány száz Hz-es összetevők kifejezetten a bistabil szakaszon erősödnek fel és a V alakúnál ismét csökken ezek amplitúdója. Ennek a jelenségnek a vizsgálata további kutatást igényel.

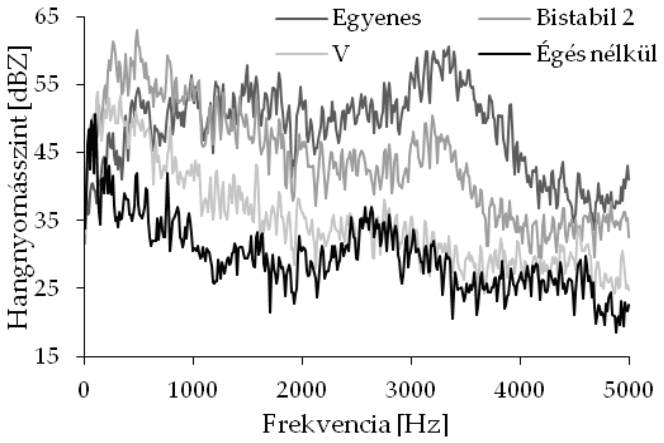
A következőkben néhány kiragadott időszeletben elemezzük a spektrumot. Az elemzett esetek főbb adatait az 1. táblázat tartalmazza. A későbbiekben az első oszlopban látható sorszámmal hivatkozunk a különböző mérési pontokra.

1. táblázat. A bemutatott mérési pontok főbb adatai

	Diffúzor félkúp-szög	Porlasztási nyomás [bar]	Levegő tömegáram [kg/h]	S [-]	Alak
1	-	0,81	14,3	0,28	E
2	-	0,81	>23,8	0,59	-
3	0°	0,82	14,3	0,28	E
4	15°	0,83	14,3	0,35	E
5	15°	0,83	21,4	0,47	B
6	15°	0,83	23,8	0,51	B
7	15°	0,83	26,2	0,54	B
8	15°	0,83	31	0,60	V
9	15°	0,83	>31	0,63	-
10	30°	0,83	14,3	0,35	E
11	30°	0,83	31	0,60	V
12	45°	0,81	14,3	0,35	E
13	45°	0,81	28,6	0,58	V
14	60°	0,81	14,3	0,28	E

A 7. ábrán először az egyenes, bistabil és V alakú láng közötti különbséget figyelhetjük meg (15°-os diffúzor, 1. táblázat 4., 6., 8. és 9. sor). Ahogy a vízesés diagramon is látható volt, a nagyfrekvenciás összetevők teljesen eltűnnek a lángból és a spektrum az alacsonyabb frekvenciák felé tolódik el.

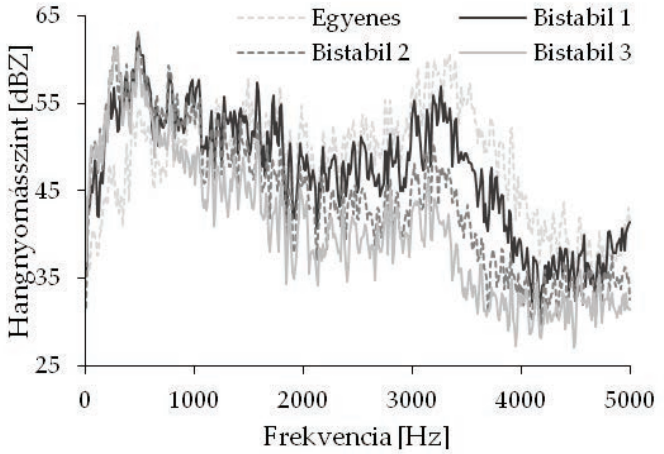
Viszonyítási alapként az ábrán látható még a kialvás után mért zajnak a spektruma, vagyis amikor csak a kiáramló tüzelőanyag-



7. ábra. **Különböző lángalakok spektrumai**

levegő keveréket mérte a mikrofon. Érdekes megfigyelni, hogy 2,5 kHz fölött a V alakú és az égés nélküli zaj szinte teljesen együtt fut. Ebből az látszik, hogy magának az égésnek a zaja, ami nem a turbulens áramláshoz köthető az V lángalak esetén 2-2,5 kHz alá korlátozódik. A három szakaszt megnézve láthatjuk a fő különbségeket, nevezetesen, hogy az alacsonyabb frekvenciák erősödnek a bistabil szakaszban, a nagyobbak kezdenek eltűnni, majd amikor tisztán V alakúvá válik a láng, akkor a 2 kHz alatti összetevőknél jelenik meg az égésből eredően zaj. Az 500 Hz körüli frekvenciák jelentősen felerősödnek a bistabil szakaszon (akár még erősebbé is, mint az egyenesnél a néhány ezer Hz-esek), majd jócskán csökkennek. Ez a csökkenés magyarázható azzal, hogy az egész spektrum amplitúdója csökken V alak esetén [6].

A 8. ábra bistabil szakaszban mutatja a spektrumot, ami az egyenes és V alakokkal ellentétben a perdület-paraméter növelésével folyamatosan változik (1. táblázat 4., 5., 6. és 7. esetek).

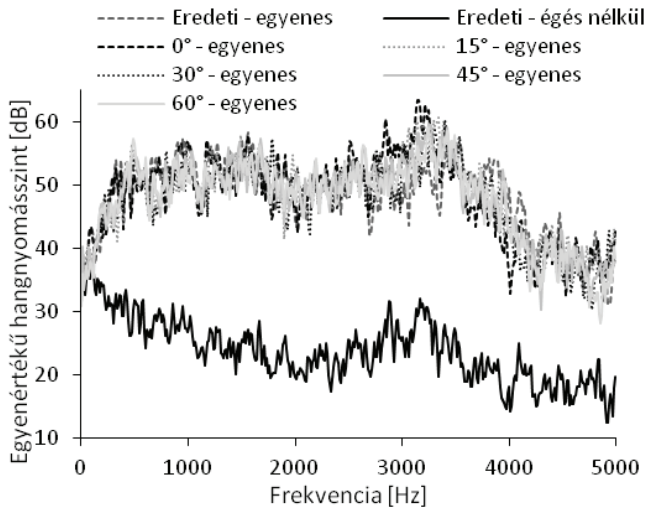


8. ábra. **Különböző perdületű bistabil lángok összehasonlítása**

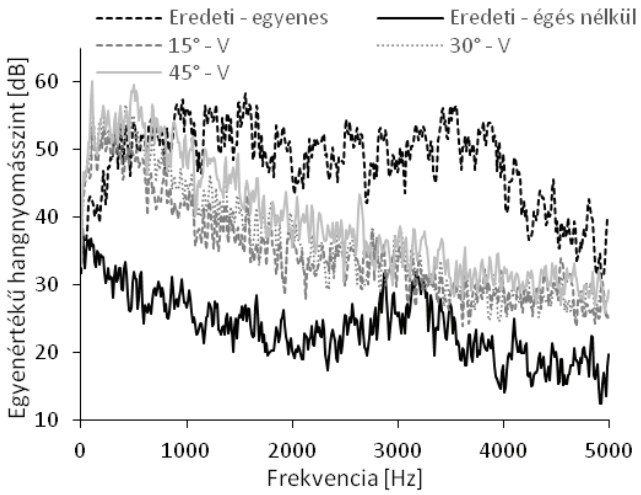
Ahogy bistabillá válik az égés, rögtön látszik, hogy az alacsonyabb frekvenciák felerősödnek. Ezek a komponensek a bistabil szakasz folyamán végig közel állandó amplitúdóval rendelkeznek, míg a nagyobb frekvenciájú összetevők a perdület-paraméter növekedésével folyamatosan elhalnak. Ennek magyarázata, hogy egyre rövidebb ideig van jelen az egyenes lángalak, ahogy nő a perdület-paraméter.

A 9. és 10. ábrákon látható 0,8 bar porlasztónyomáson az egyenes, illetve V alakú lángok spektruma különböző félkúpszögű

diffúzorok esetén. A 9. ábrán az 1. táblázat 1., 2., 3., 4., 10., 12. és 14. esetekhez, a 10. ábrán az 1., 2., 8., 11. és 13. esetekhez tartozó spektrum. A szűkebb lángstabilitási határok miatt a többi esetben a stabil V alakú lángot nem tudtuk elérni.



9. ábra. **Különböző félkúpszögű diffúzorok esetén az egyenes lángok összehasonlítása**



10. ábra. **Különböző félkúpszögű diffúzorok esetén a V alakú lángok összehasonlítása**

Az akusztikailag igen hasonló geometriák miatt a bemutatott spektrumok igen közel esnek egymáshoz, jellegre ugyanazt a fizikai viselkedést láthatjuk. Az egyenes lángalakoknál (9. ábra) a néhány kHz-es összetevők dominálnak, melyben 1,5 kHz széles spektrumon tapasztalható kiemelkedő amplitúdó, míg V alaknál (10. ábra) azok teljesen eltűnnek és az 1 kHz alatti komponensek dominálnak. A V alakú lángok spektrumából a 45°-os eset (1. táblázat 13. eset) enyhén kiemelkedik, melyet az alacsonyabb égéslevegő tömegáram miatt enyhén kisebb perdület-paraméter mellett rögzítettünk. Az eset egybevág a korábbi tanulmányunkkal, melyben megállapítottuk, hogy a V alakú láng a perdület-paraméter növekedésével csökkenő hangnyomásszinttel jellemezhető [6].

Összefoglalás

Jelen cikkben a láng zajának spektrumával foglalkoztunk diszkrét Fourier transzformáció segítségével. Alapvető következtetésként levonható, hogy egyenes lángalaknál a néhány kHz es összetevők dominálnak, valamint a többi frekvencián is jelentős amplitúdót mérhetünk. Stabil V alakú láng esetén az alacsonyabb frekvenciák dominálnak, minden komponens amplitúdója csökken, valamint a 2-2,5 kHz fölötti zajok már nem az égés következményeként állnak elő, hanem a turbulens áramlás hatására. A köztes bistabil fázisban az alacsonyabb frekvenciájú zajok már a bistabil szakasz elején felerősödnek, illetve ahogy nő a perdület-paraméter és egyre inkább V alakú a láng, a nagyfrekvenciás összetevők fokozatosan elhalnak.

Köszönetnyílvánítás

Ezúton szeretnénk megköszönni az Emberi Erőforrások Minisztériumának, hogy az ÚNKP-16-II. kódszámú, Új Nemzeti Kiválóság Program keretében támogatta a kutatást.

Irodalom

[1] Y. Huang és V. Yang, “Dynamics and stability of lean-premixed swirl-stabilized combustion,” Prog. Energy Combust. Sci., vol. 35, no. 4, pp. 293–364, 2009.
[2] A. H. Lefebvre és D. R. Ballal, Gas turbine combustion, Third. Boca Raton: CRC Press, 2010.
[3] A. V Singh, M. Yu, A. K. Gupta, és K. M. Bryden, “Investigation of noise radiation from a swirl stabilized diffusion flame with an array of microphones,” vol. 112, pp. 313–324, 2013.
[4] W. C. Strahle, “Combustion noise,” Prog. Energy Combust. Sci., vol. 4, pp. 157–176, 1978.
[5] J. M. Beér és N. A. Chigier, Combustion aerodynamics. London: Robert E. Krieger publishing company, inc., 1972.
[6] Novotni G. és Józsa V., XXII. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka. Kolozsvár, 2017.03.23 - 2017.03.24: Erdélyi Múzeum-Egyesület, 2017.
[7] M. Stöhr, I. Boxx, C. D. Carter, és W. Meier, “Experimental study of vortex-flame interaction in a gas turbine model combustor,” vol. 159, pp. 2636–2649, 2012.
[8] Hidegh Gy. és Józsa V., “Diffúzor alkalmazása perdületes égő lánglefúvási stabilitásának növelésére,” Energiagazdálkodás, vol. 57, no. 3–4, pp. 17–20, 2016.
[9] Józsa V. és Kun-Balog A., “Stability and emission analysis of crude rapeseed oil combustion,” Fuel Process. Technol., vol. 156, pp. 204–210, 2017.

A hazai hulladékhasznosítás kérdései

Az ETE Energiastratégiai és Szabályozási Szakosztálya, valamint a Hőszolgáltatási Szakosztálya 2017. október 29-én közös szakmai fórumot szervezett a hazai hulladékhasznosítás kérdéseiről.

A fórum programja és előadói:

Dr. Molnár László bevezető előadás
Orbán Tibor: A hulladékhasznosítás szerepe a budapesti távhőellátásban
Dr. Grabner Péter: A hulladékhasznosítás hatása az energetikára
Dr. Bánhidy János: Hulladékból energia

Felkért hozzászóló:

Dr. Zsebik Albin: A hulladékhasznosítás megengedhető beruházási költsége

Az előadások ppt képei megtekinthetők az ETE honlapjának (http://ete-net.hu/) tagok részére elérhető felületén.

Az európai villamosenergia-rendszer helyzete

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

A cikkben bemutatjuk a globális energetika alakulását, a három fő energetikai hatás illetve folyamat, a Párizsi Klímacsúcs, a palaolaj és palagáz forradalom és a megújulók fejlődésének alakulását. Ezt követi az európai majd a német, francia és a magyar villamosenergia rendszer áram-mixének bemutatása, és összevetése a fejlett világ három vezető államának, az USA-nak, Japánnak és Ausztráliának árammixével. Mindenütt a fosszilis energiák és az atom dominál, a „nem víz" megújulók aránya kisebb. A jövőben az EU-ban a megújulók gyors fejlődése várható, míg a többi fejlett ország óvatosan fejleszti a megújuló energiákat, és még sokáig támaszkodni akar az atomra és a fosszilis energiákra.

*

The article proposes to present the evolution of global energy, the development of the three key energy impacts and processes: the Paris Agreement, the shale oil and gas revolution, and the renewables. This is followed by a description of the power mix of the European, German, French and Hungarian electricity systems and their comparison to the power mixes of three leading countries in the world, the US, Japan and Australia. Fossil energy and nuclear energy dominate in all countries, the share of „non-hydro" renewables is smaller. In the future the EU is expected to focus on the rapid development of renewables while other countries will be more cautious with regard to renewables and continue to rely on nuclear and fossil energies.

* * *

Az utóbbi években alapvető változások indultak el az energetikában. Az energiatermelés és a kereskedelem egyre inkább nagyhatalmi politikai témává változik. A nemzeti energia-mixet is gyakran belpolitikai/párt érdekek határozzák meg (lásd zöld pártok). Három nagy trend bontakozott ki, a megújuló energiák gyors fejlődése, a palaolaj-palagáz forradalom és a Párizsi klímaváltozási megállapodás által megindult folyamatok. Röviden elemezve az új trendek hatásait, a következők állapíthatók meg.

Párizsi megállapodás: kétségtelenül nagy eredmény, hogy a Kyoto megállapodás után sikerült egy újabb világméretű klímavédelmi megállapodást létrehozni, mely a megújuló energiák és az energiahatékonyság fejlesztésével, energiahordozó cserével (szén helyett gáz) és technológia fejlesztésekkel hatékonyan befolyásolja az üvegház hatású gázok kibocsátását. A programban a legnagyobb kibocsátású országok (Kína, USA, EU, Oroszország, Japán, Dél-Korea stb.) aktívan részt vesznek, és jelentős CO_2 csökkenést vállaltak. Azonban ezek a vállalások mind más idő-bázisra épülnek és más a tartalmuk. Így nehéz a vállalások érdemi hatásait összevetni. A leggyakoribb cél-időpont 2030. Szakmai vélemények szerint a jelenlegi vállalások nem elegendőek a globális energiafogyasztás csökkenéséhez. Ezt mutatják a különböző prognózisok, melyek szerint 2040-ig 30%-os energiafogyasztás növekedés várható (IEA WEO-2016). Ezek szerint további nagy ívű klímavédelmi vállalásokra van szükség. Rontja a hangulatot, hogy az USA kivonul a megállapodásból (bár egyes US tagállamok és magán vállalatok továbbra is folytatják a klímavédelmet). Reményi akadémikus szerint az USA kivonulása 0,1-0,15 °C többlet hőfok emelkedést okoz.

A megújuló energiák gyors fejlődése átalakítja az energia szektort, a hagyományos (fosszilis) energiaipar sok helyen súlyos gondokkal küzd, erősen csökken a nyereségük, vagy éppen veszteségesek. Kétségtelen, hogy a szén szerepe hosszabb távon csökkenni fog, míg a földgáz, mint a szén helyettesítője és a szél-nap energiás áramtermelés kiszabályozója, továbbra is megőrzi vagy akár növeli is szerepét a globális energia ellátásban. Elsősorban a villamosenergia termelésben versenyképesek a megújulók, de növekvő elterjedésük és olcsóbbodásuk ellenére is, még hosszabb ideig állami támogatásra szorulnak. A megújuló energiák előtt jelentős növekedési potenciál áll, de számolni kell azzal, hogy a ma leginkább favorizált szél és napenergia magasabb részaránya esetén egyre nagyobb mennyiségű földgáz-tüzelésű szabályozó és tartalék erőműre van szükség. Az energiatárolás ma még nem megoldott, és várhatóan hosszabb távon is drága és limitált kapacitású megoldás marad. Emellett jelentős hálózat-fejlesztésekre is szükség van (pl. az észak-német tengeri szélturbinák áramának elszállítási a dél-német ipari tartományokba). Ezek a tényezők felhajtják az áram-árakat. Nagy kérdés, hogy a megújuló energiák terén élenjáró országok meddig vállalják az extra költségeket. Németországban pl. a háztartási áram ára közel 3-szor magasabb, mint a magyar áramár. Ennek oka, hogy a szél-nap bázisú áramtermelés támogatását a lakossággal fizettetik meg. A német atomerőművek és részben a szenes erőművek leállítása után ugrásszerű áremelkedés és ellátás-biztonsági gondok várhatók. Az EU-ban, ahol a klímavédelmi célok a leginkább ambiciózusak (pl. CO_2 és villany autó célok), számolni kell a drágulással.

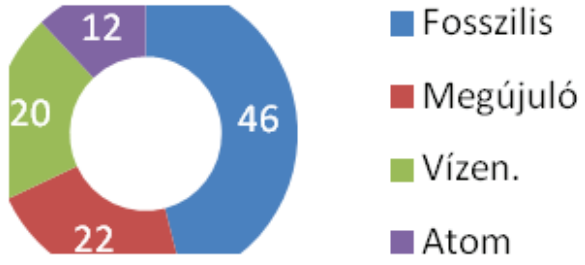
A fosszilis energiáknál ki kell emelni a jelentős forrásbővülést − évszázados távlatban elegendő olaj és gáz van − és az új technológiák (palaolaj, palagáz kitermelés (fracking)) segítségével nagymennyiségű és olcsó olaj és gáz jelenik meg a piacokon. Továbbá a gáz cseppfolyósításával (LNG) hajóval lehet gázt szállítani a termelőhelyekről a világ bármely felkészült kikötőjébe. Egy sor új nagy exportőr jelenik meg, pl. Katar, Ausztrália stb. Az USA nagy importőrből immár gáz-exportőrré változott, és igyekszik betörni az európai gázpiacra. A gáz gyors fejlődésével kapcsolatban meg kell említeni, hogy szemben a megújulókkal, itt a fejlődést nem az állami támogatás és a jogszabályi intézkedés indította be, hanem maga a piac, ahol a szereplők jelentős profitot termelnek.

A következőkben a villamosenergia-mixek nemzetközi alakulását tekintjük át.

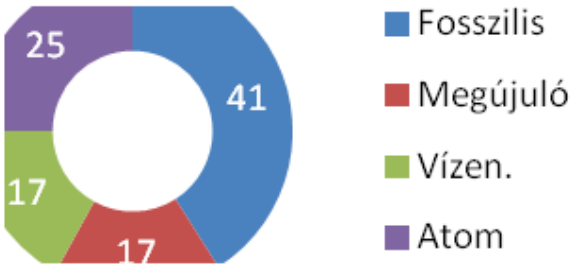
Az európai villamos energia áram-mixek

A nemzetközi vagy a hazai sajtót olvasva azt hiheti az ember, hogy az áram-mixet már a megújuló energiák dominálják, és a fosszilis energiák és még inkább a nukleáris energia már teljesen a háttérbe szorult. A valóság azonban más, még a megújulókban élenjáró Európában is. A nagy kapacitásértékű (termelő-képességű) szén, gáz és nukleáris energia vezeti az áramtermelést. Még Németor-

országban is ez a helyzet. Az európai helyzetképet mutatja be az 1. és a 2. ábra.



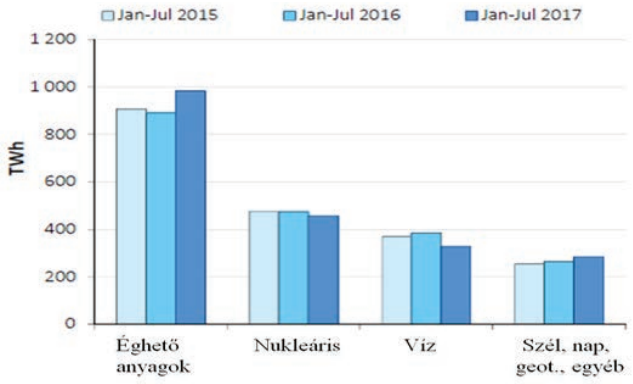
1. ábra. **A nettó villamosenergia-kapacitások Európában, %**
(Forrás: Entso-e, Electricity in Europe 2015)



2. ábra. **Európa villamosenergia-mixe, nettó villamosenergia-termelés, %** (Forrás: Entso-e, Electricity in Europe 2015)

Az 1. és 2. ábra jól bemutatja, hogy Európában a fosszilis (41%) és a nukleáris energia (25%) adják a villamos energia zömét. A nukleáris energia kapacitások termelik a leghatékonyabban a villamos energiát (12% kapacitással 25% villamos energia), míg a leggyengébb kapacitás-értéke a megújuló energiának, főképp a szélnek és a napnak van.

Tekintsük át néhány ország energia-mixét. Nézzük meg először az OECD Európa (kis különbséggel megfelel az EU-nak) villamosenergia-mixét, lásd 3. ábra.



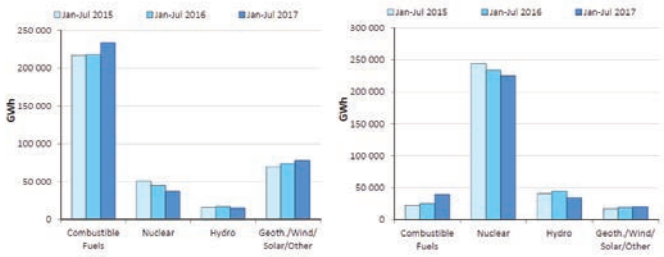
3. ábra. **Az OECD Európa villamosenergia-mixe tüzelőanyag szerint, TWh**
(Forrás: OECD IEA Monthly Electricity Statistics July 2017)

Az ábra a havi IEA statisztikára épül, és 3 év fogyasztását mutatja be a január-július időszakra (2017. július az utolsó adatfelvétel ideje) a legfrissebb adatokra támaszkodva. Láthatjuk, hogy az égethető tüzelőanyagok képviselik a legnagyobb fogyasztást, melyet a nukleáris, a víz és a megújuló energia követ. Azaz a legfrissebb statisztika szerint – még a „zöld" EU-ban is – a fosszilis energiák vezetnek, míg a szél-nap és a geotermikus energiák képviselik a legkisebb részt a villamosenergia-mixben. Lehet, hogy a jövőben komoly változások következnek, de hosszú, és hatalmas költséggel járó folyamatokról lesz szó.

Tekintsük át az EU két vezető államának, Németországnak és Franciaországnak a villamosenergia-mixét (lásd 4. ábra). A 4., 7., 8. és 9. ábra szerkezete és felirata egyezik a 3. ábráéval.

Németország és Franciaország

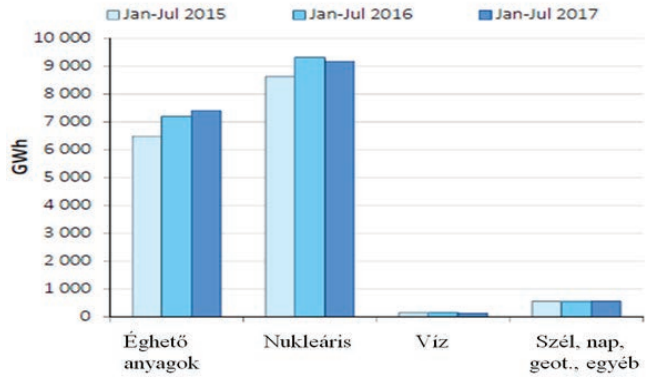
Látható, hogy két teljesen eltérő filozófia érvényesül, Németország a fosszilis energiákra és a megújulókra támaszkodik, a németeknél 2017-ben mind a fosszilis, mind a megújuló energiák nőttek. A franciáknál a nukleáris energia dominál, de trendje csökken, míg a fosszilis energiák kissé nőnek. A megújulók szerepe egyelőre jelentéktelen. A német, illetve a francia áram-termelés 613, illetve 562 TWh, míg a belföldi fogyasztások 562 illetve 491 TWh, azaz mindkét ország nagy exportot bonyolít le.



4. ábra. **A német (balra) és a francia (jobbra) villamosenergia-mix összevetése, GWh**
(Forrás: OECD IEA Monthly Electricity Statistics July 2017)

A teljesség kedvéért nézzük meg a hazai villamosenergia-mixet is, lásd 5. ábra.

Magyarország



5. ábra. **A magyar villamosenergia-mix, GWh**
(Forrás: OECD IEA Monthly Electricity Statistics July 2017)

A magyar villamosenergia-mixet a nukleáris energia dominálja, melyet a fosszilis tüzelőanyagok (lignit, földgáz) követnek. A vízenergia és az egyéb megújuló energiák részaránya egyelőre csekély.

A hazai villamosenergia-mérleg alakulását mutatja az 1. táblázat.

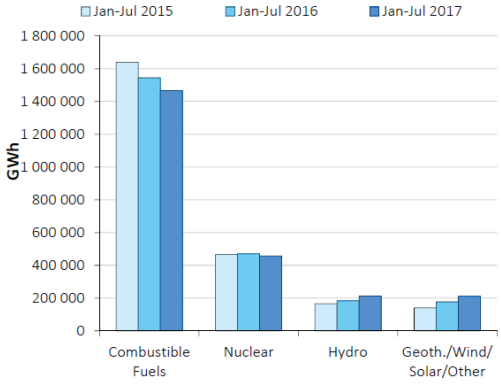
1. táblázat. A magyar villamosenergia mérleg alakulása 2016-ban, GWh (Forrás: OECD IEA Monthly Electricity Statistics July 2017)

	TWh	részarány, %
+ Éghető tüzelőanyagok	13,2	44,7
+ Nukleáris	15,1	51,3
+ Vízenergia	0,3	0,9
+ Szél, nap, geotermikus, egyéb	0,9	3,1
= Hazai termelés	29,5	100
+ Import	18	
- Export	5,2	
= Szolgáltatott villamos energia	42,2	

A hazai villamosenergia-fogyasztás 96%-a nukleáris és fosszilis energia, míg a megújulók 4%-ot képviselnek. Magyarország áramfogyasztásának 30%-át importálta.

Hagyjuk el Európát, és nézzük meg három kiemelkedő gazdaság, az USA (a világ vezető gazdasága), Japán (a 3. legnagyobb gazdaság) és Ausztrália (hatalmas energiavagyonnal rendelkezik) villamosenergia-mixét.

USA

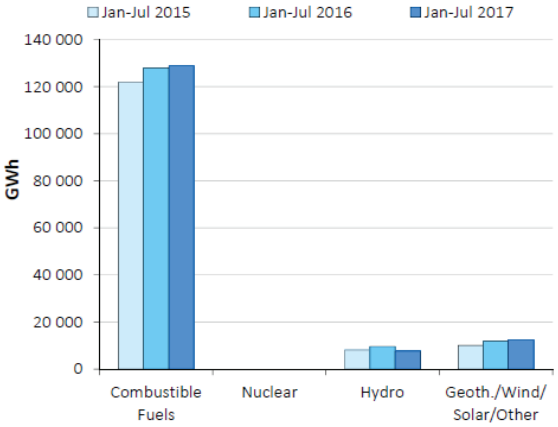


6. ábra. **Az USA villamosenergia-mixe, GWh**
(Forrás: OECD IEA Monthly Electricity Statistics July 2017)

Az USA messze a világ legnagyobb villamos energia termelője, és az egy főre eső fogyasztásban (pazarlásban?) is kiemelkedő szerepet játszik. Az USA áramtermelése 4109 TWh (majd 130-szorosa a hazai termelésnek, 33-szor nagyobb lakossággal), a fosszilis energiák 66, a nukleáris energia 20, a megújulók 7%-ot képviselnek. Az USA hatalmas területe, gazdagsága ásványkincsekben (olaj, gáz, szén), változó éghajlata lehetővé tenné bármilyen villamosenergia-mix kialakítását. Az amerikai energiapolitika – eltérően a némettől – a lassú változások híve. Még 2040-ben is a fosszilis energiák dominanciájával számolnak, míg a megújulók fejlődése megfontolt (kismértékű) lesz. Nyilván élni akarnak a hatalmas olaj- és földgázvagyon nyújtotta lehetőségekkel, míg az energiahordózókban szegény EU menekül a magas importenergia-függéstől, és erőlteti a megújulók fejlesztését. Ez részben indokolt, mert az olaj, földgáz és szénimport egyaránt főképp Oroszországból érkezik.

Japán

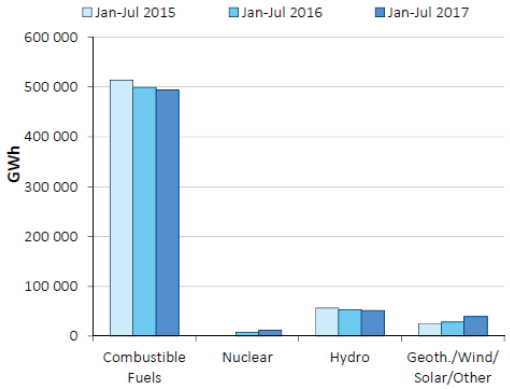
A japán villamosenergia-mix döntő komponense a fosszilis energia, mely a hatalmas, 1021 TWh-s termelés 85%-át képviseli. A nukleáris, a víz és a megújuló energia részaránya csekély. Ez azért is érdekes, mert Japán szinte semmilyen fosszilis energia vagyonnal



7. ábra. **Japán villamosenergia-mixe, GWh**
(Forrás: OECD IEA Monthly Electricity Statistics July 2017)

sem rendelkezik, és Japán vállalja a közel 100%-os importfüggés kockázatait.

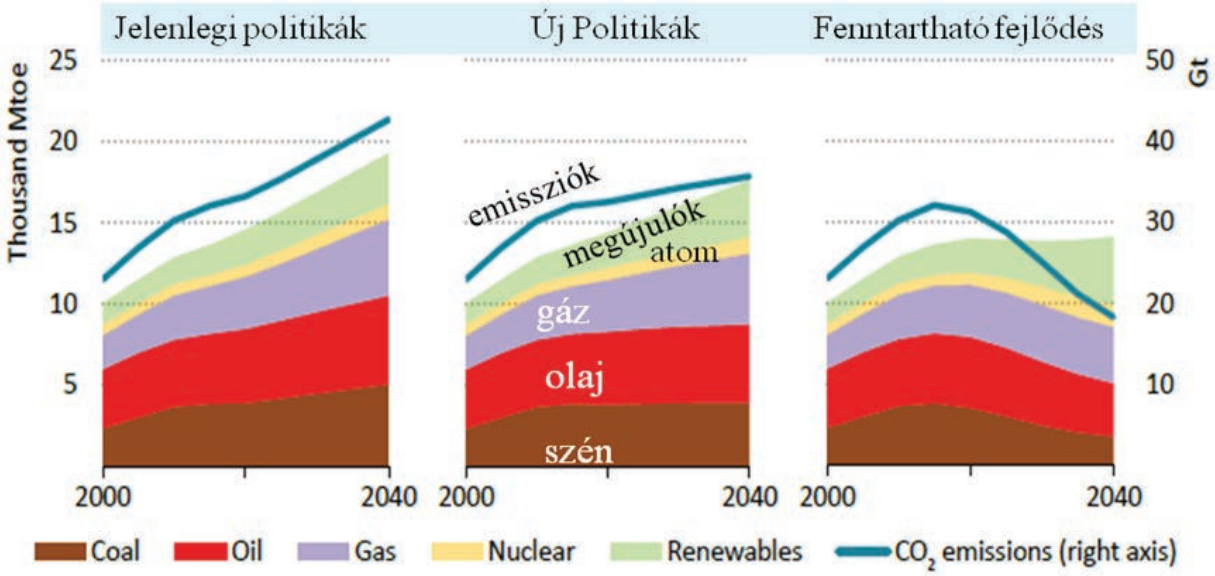
Ausztrália



7. ábra. **Ausztrália villamosenergia-mixe, GWh**
(Forrás: OECD IEA Monthly Electricity Statistics July 2017)

Az ausztrál villamosenergia-termelés 254 TWh, melynek 86%-a fosszilis, 7%-a víz, 9%-a megújuló energiából származik. Az ausztrál villamosenergia-mixet is a fosszilis energiák dominálják. Ausztrália hatalmas energia készletekkel rendelkezik, és már most is a világ nagy gáz- és olaj-exportőrei közé tartozik. Távlati céljaik közé tartozik a fosszilis energiák és a megújulók fejlesztése.

Megállapítható, hogy az EU és a fejlett világ több fontos szereplője más úton jár. Az USA, Japán és Ausztrália megfontoltan, kis lépésekben növeli a megújulókat, és még az évszázad közepére is kiemelt szerepet szánnak a fosszilis energiáknak. Ezzel szemben az EU gyors változásokat tervez. Sok tagállam leállítja atomerőműveit. A most kidolgozás alatt álló Energia Unió keretében a szén kiszorításával kell számolni. Az EU vezetése úgy véli, a leállított nukleáris és szenes kapacitásokat helyettesíteni tudja a szél- és napenergia. Sok szakember ezzel kapcsolatban kétségeit fejezi ki, és úgy vélik, a szél- és napenergia erőltetett fejlesztése csökkenti az ellátás-biztonságot és megemeli az villamosenergia-árakat. A prognózisok a 2020-as évekre már 100 euró/MWh feletti árakkal számolnak. Az áramár emelkedését a leállított kapacitásokon felül még a szabályozó, főképp gáztüzelésű erőművek és a szükséges hálózatfejlesztések (pl. Németországban az észak-németországi szélerőművek termelésének elszállítása Dél-Németországba) költ-



9. ábra. **A Világ primerenergia fogyasztása energiahordozók és szcenáriók szerint, ezer Mtoe és a CO_2 emissziók, Gt, 2000-2040**
(Forrás: OECD IEA WEO 2017)

ségei okozzák. De a drágulásban fontos szerepet játszanak a drága megújuló kapacitások, és a villamos energia tárolásának megoldatlansága.

A jövő egyik nagy kérdése, hogy a német energiapolitika, az Energiewende sikerre vezeti-e Európát, vagy ehelyett a romló ellátás-biztonság és az egekbe szökő árak tovább rontják az EU gazdasági jövőképét.

Nagy szükség lenne a sikerre a az EU-ban, hisz' az EU egy főre eső GDP-je csupán fele az USA egy főre eső GDP-jének, és a német GDP/fő is 20-25%-kal elmarad az amerikai mögött, miközben az EU első helyen jár a fajlagos szociális juttatásokban és a környezetvédelmi kiadásokban. Talán több forrást kellene a gazdaság fejlesztésére, az oktatásra, a K+F-re, az innovációra és az exportképes termékek-szolgáltatások fejlesztésére, mert az EU által kitűzött „zöld" célok szépek ugyan, de a „Föld megmentése" nem gazdasági eredmény. Hogy merre halad a világ? Ezt mutatja az OECD IEA WEO 2017 című tanulmány egyik ábrája, lásd 9. ábra.

A jövő energiafogyasztása a következő negyed században a jelenlegi, majd később egyre inkább az „Új politika" forgatókönyv szerint fog alakulni. Azaz az energiafogyasztás és az emissziók növekedésével kell számolni. Ennek fő oka az emberiség létszámának gyors növekedése. 2040-ig kereken 2 milliárd fővel nő a világ lakossága, akik energia fogyasztóként is megjelennek a piacon. A fogyasztást a fejlődő országok jólétének fokozódása (nagyobb lakások, jobb fűtés, több klímaberendezés, több autó stb.) is fokozza. A fenntartható fejlődés, mint cél, helyes, de az emberek létszámának és gazdagodási vágyának gyors növekedése miatt egyelőre elérhetetlen vágy az IEA tanulmánya szerint.

KLENEN '18

A KLENEN '18, 2018. március 7-8-án ismét Gárdonyban, a Nautis Szállóban az eddigi gyakorlattal összhangban, az „Osszuk meg tapasztalatainkat, dolgozzunk együtt a természet egyensúlyának megőrzéséért" mottó szellemében kerül megszervezésre.

A konferencián kiemelt figyelmet fordítunk az energiahatékonyságról szóló törvény által meghatározott szakpolitikai intézkedések megvalósulásának jogalkotói és jogalkalmazói tapasztalataira. Ehhez kapcsolódnak a plenáris előadások és a kerekasztal beszélgetés.

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

Plenáris eladás keretében kapunk tájékoztatást az auditok ellenőrzésének tapasztalatairól, majd az energiaveszteség-feltárás oktatásában és gyakorlatában is nagy tapasztalattal rendelkező kolléga előadásában meghallgatjuk, hogyan ültették át és milyen tapasztalatokat szereztek az 2012/27/EU energiahatékonysági irányelv alkalmazásában Szlovákiában.

A konferencia előzetes programja és további információ megtekinthető a konferencia honlapján, www.klenen.eu, vagy kérhető a klenen@congress.hu címen.

Ha Ön, mint energetikai auditor, szakreferens, energetikai auditáló szervezet képviselője, auditálásra, vagy szakreferens igénybevételére kötelezett vállalat, korszerű energiahatékonysági eszközöket és/vagy energetikai szolgáltatások kínáló cég képviselője szívesen osztaná meg tapasztalatait, mutatná be forgalmazott termékeinek előnyeit, a konferencián ezt megteheti. Ne halogassa jelentkezését!

A kiállításra jelentkező cégek logóját közzé tesszük a konferencia nyomtatványaiban, A5 formátumú hirdetését az Energiagazdálkodás szakfolyóiratban. A szakfolyóirat konferencia alkalmából megjelenő számában közzé tesszük a cikk formában elkészített előadásokat is, ha azok 2018. január 31-ig megérkeznek a konferencia szervezőjéhez.

A konferenciára Önt és munkatársait tisztelettel meghívjuk és várjuk jelentkezésüket.

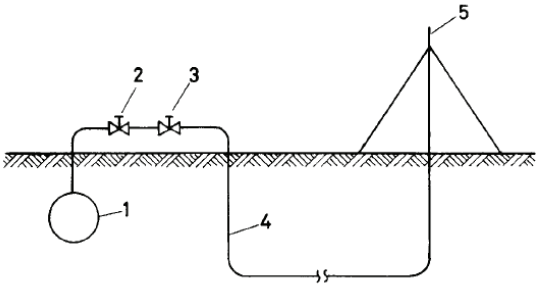
A konferencia szervező bizottsága.

A fáklyázás szerepe és a lefúvató méretezési szabályai a gázipari technológiai állomásoknál

Szolyák Zsuzsanna
okl. olaj- és gázmérnök, PhD hallgató, szolyak.zsuzsanna@gmail.com

A gázipari számítások cikksorozat következő részének célja a fáklyázás menetének és elméletének bemutatása, valamint az ehhez kapcsolódó mérnöki számítások levezetése. A lefúvató rendszer a szakaszoló-, illetve technológiai állomások olyan kiegészítő egysége, amely arra szolgál, hogy a vezetéki szakaszt nyomásmentesítse. A lefúvató vezetéket és a fáklyát hidraulikailag és szilárdságilag méretezni kell a várható üzemviszonyok figyelembe vételével.

Egy vezeték rendszer optimális működéséhez elengedhetetlen a vezetékszakaszok folyamatos ellenőrzése, az esetleges hibák kijavítása, a vezetékrendszer karbantartása. Ahhoz, hogy ezek a munkálatok biztonságosan elvégezhetők legyenek, az adott vezetékszakaszból el kell távolítani a földgázt, tehát nyomásmentessé kell tenni a rendszert. Ez a folyamat a gázátadó állomásoknál lévő fáklyák segítségével valóul meg. Ez a folyamat rendkívül összetett, több szempontból is lehetne vizsgálni. Jelen cikkben csupán a méretezési alapelveket mutatom be egy mintapéldán keresztül, egy középnyomású vezetékrendszerre vonatkoztatva.
A lefúvató rendszer technológiai felépítése az 1. ábrán látható.



1. ábra. **A lefúvató rendszer felépítése**
(1) középnyomású vezetékszakasz; (2) szabályozó szelep; (3) elzáró szerelvény; (4) lefúvató vezeték; (5) fáklyakémény
(Forrás: Tihanyi L., 2004)

A lefúvatás alkalmával a már lezárt távvezetéki szakaszban lévő földgázt egy külön erre a célra létesített, a vezetékhez csatlakoztatott csőrendszeren keresztül távolítják el, és ehhez a gáz saját nyomásenergiáját használják fel. Mivel a már kiáramlott gázt a legtöbb esetben meggyújtják, a folyamat fáklyázásként definiálható. A lefúvató vezeték elején egy szabályozó szelep és egy elzáró szerelvény található. A kézi működtetésű szabályozó szeleppel lehet a helyszínen a zárt vezetékszakaszból kiáramló gáz mennyiségét szabályozni.

A lefúvató fáklya méretezése

A lefúvató egység szilárdsági méretezése során több szempontot kell figyelembe venni. Például, ha üzemzavar történik a lefúvató vezetékben, akkor a szállítóvezetékben uralkodó nyomás alakulhat ki, ezért a szállítóvezeték nyomását veszik alapul, mint tervezési nyomást. A távvezetéki lefúvatók magasságánál irányadónak lehet venni a 2,0-2,5 m-es minimális magasságot, amelyet a központi lefúvatókra is alkalmaznak. Fáklyák esetén a magasságot a környezet szempontjából megengedhető hőterhelés alapján határozzák meg. Hozzá kell tenni, hogy a zárt csővezetéki szakaszból a lefúvatóra áramló gáz mennyisége folyamatosan csökken a vezetékben lévő nyomás csökkenésével arányosan. A méretezést mégis a kezdeti, legnagyobb hőterhelési állapotra kell elvégezni.

A fáklyák méretezését a következő mintapélda segítségével lehet bemutatni.

Mintapélda:
Méretezze a gáz lefúvató fáklyát a környezeti hőterhelésre az alábbi adott paraméterek felhasználásával! A fáklya DN50-es méretű, minimálisan 2 méter magas, a szélsebesség 3,0 m/s, az áramlás izentrópikus és a hősugárzás intenzitása 1 kW/m^2.

Adatok:
$\kappa = 1{,}31$
$p_{vezeték} = 3$ bar
$T_{gáz} = 10$ °C
$M_{ach} = 0{,}95$
$M = 16{,}043$ kg/kmol
$H_{aCH4} = 33948$ kJ/m^3
$D_b = 0{,}0545$ m
$I = 1$ kW/m^2

κ − Adiabatius kitevő: A gáz állandó nyomáson és állandó hőmérsékleten mért fajhő hányadosa. Tiszta metán esetében gáztechnikai normálállapotban 1,31.
$p_{vezeték}$ − A vezetékben áramló gáz nyomása (túlnyomás)
$T_{gáz}$ − A vezetékben áramló gáz hőmérséklete (K)
M_{ach} − Mach szám: Az áramlási sebesség és az adott pontban lévő helyi hangsebesség hányadosa.
M − Moláris tömeg: az adott anyag tömegének és anyagmennyiségének hányadosa.(kg/kmol) A földgáz moláris tömege körülbelül 16-20 kg/kmol közé tehető. A tiszta metán moláris tömege gáztechnikai normál állapotban 16,043 kg/kmol.
H_a − Alsó hőérték: Egységnyi mennyiségű gáz tökéletes elégetésekor felszabaduló hőenergia, amennyiben az égéshez felhasznált levegő kezdeti hőmérséklete és az égéstermék végh hőmérséklete azonos (20 °C), és az égéstermék víztartalma gőz halmazállapotú. A példában tiszta metán fáklyázása került figyelembe vételre. (MJ/m^3)
D_b − Vezeték belső átmérője (m)
I − Hősugárzás intenzitása (kW/m^2)

A kiömlési nyomás vizsgálata:
Az alábbi képlet alapján számíthatjuk az adott gázra a kritikus kiömlési nyomást. Azaz e feletti túlnyomású rendszerből a gáz a rá jellemző hangsebességgel fog kiáramolni.

$$p = p_o \cdot \left(\frac{2}{\kappa+1}\right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} = 3\,\text{bar} \cdot \left(\frac{2}{1{,}31+1}\right)^{\frac{1{,}31}{1{,}31-1}} = 1{,}6317\,bar > p_{atm}$$

A technikai gázállandó:

Következő lépésként ki kell számítani a földgázra vonatkozó technikai gázállandót, amely az univerzális gázállandó és a moláris tömeg hányadosaként határozható meg.

$$R_{iCH4} = \frac{R_{uni}}{M} = \frac{8314\,\frac{J}{kmolK}}{16{,}043\,\frac{kg}{kmol}} = 518{,}23\,\frac{J}{kgK}$$

A technikai gázállandó segítségével meghatározható a gázra jellemző hangsebesség. Erre azért van szükség, hogy utána a kritikus kiömlési sebesség is számítható legyen:

$$a_o = \sqrt{\kappa \cdot R_{iCH4} \cdot T_{gáz}} = \sqrt{1{,}31 \cdot 518{,}23\,\frac{J}{kgK} \cdot 283{,}15\,K} = 438{,}44\,\frac{m}{s}$$

A kritikus kiömlési sebesség:

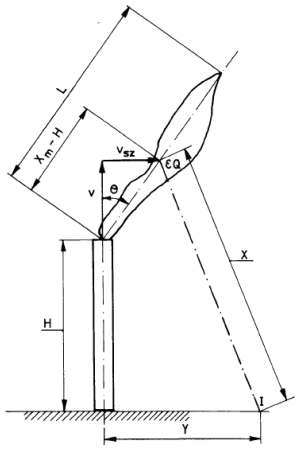
$$v_o = a_o \cdot \sqrt{\frac{2}{\kappa+1}} = 438{,}44\,\frac{m}{s} \cdot \sqrt{\frac{2}{\kappa+1}} = 407{,}95\,\frac{m}{s}$$

A lefúvatott gázmennyiség és az elégett gázból felszabaduló hő:

Ha a kritikus kiömlési sebesség értékét megszorozzuk a kiömlési keresztmetszettel, megkapjuk az adott pillanatban lefúvatott gáz térfogatáramát. Ezáltal pedig meghatározható a gáz elégetésével felszabaduló hőteljesítmény:

$$q = A \cdot v_o = \frac{D_b^2 \cdot \pi}{4} \cdot v_o = \frac{(0{,}0545m)^2}{4} \cdot 407{,}95\,\frac{m}{s} = 0{,}9512\,\frac{m^3}{s}$$

$$Q_{hó} = q \cdot H_{aCH4} = 0{,}9512\,\frac{m^3}{s} \cdot 33948\,\frac{kJ}{m^3} = 32{,}2917\,MW$$



2. ábra. **Fáklya sugárzó hatásának számítása**
(Forrás: Tihanyi L., 2004)

A lánghosszúság:

A láng hosszúságát a következő képlettel lehet számítani abban az esetben, ha a Mach-szám nagyobb, mint 0,35. Az egyes geometriai méreteket a 2. ábra mutatja.

$$L = 120 \cdot D_b = 120 \cdot 0{,}0545\ m = 6{,}54\ m$$

A fáklya magassága és a veszélyességi terület közötti kapcsolatok:

$$tg\Theta = \frac{v_{szél}}{v_o} = \frac{3{,}0\,\frac{m}{s}}{407{,}95\,\frac{m}{s}} = 0{,}0073 \rightarrow \Theta = 0{,}4182°$$

A Θ szög a szélsebesség és a kiáramlási sebesség hányadosaként határozható meg. A Θ szög, mint ahogyan az ábrán is látható, fontos tényező, mivel ennek segítségével határozható meg a veszélyes övezet határa a talajszinten.

Szénhidrogének esetén az emissziós tényező a következőképp számítható:

$$\varepsilon = 0{,}048 \cdot \sqrt{M_{ach}} = 0{,}048 \cdot \sqrt{0{,}95} = 0{,}0467$$

A hősugárzás intenzitása, az emissziós tényező és a hőteljesítmény segítségével meghatározható a sugárzási középpontól mért távolság (X):

$$X = \sqrt{\frac{\varepsilon \cdot Q}{4\pi \cdot I}} = \sqrt{\frac{0{,}0467 \cdot 32{,}2917\,MW \cdot 10^3}{4\pi \cdot 1\,\frac{kW}{m^2}}} = 10{,}9673\,m$$

A veszélyes övezet határa a talajszinten a fáklya tengelyvonalától az alábbi összefüggéssel határozható meg:

$$Y = \sqrt{X^2 - \left[H + (X_m - H) \cdot cos\Theta\right]^2} + (X_m - H) \cdot sin\Theta$$

ahol X_m

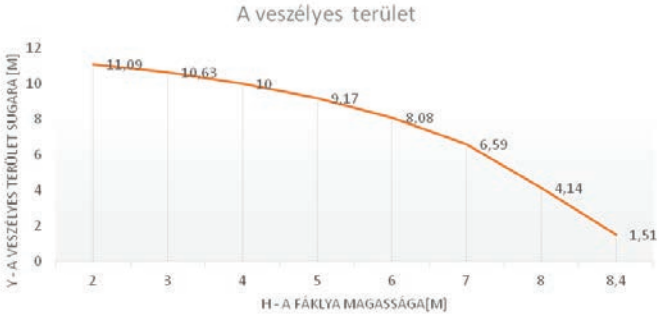
$$X_m = \sqrt{H \cdot (H + L)}$$

1. táblázat. Az egyes fáklya magasságokhoz tartozó veszélyességi övezet sugarak

H [m]	Y [m]
2	11,09
3	10,63
4	10
5	9,17
6	8,08
7	6,59
8	4,14
8,4	1,51

Az 1. táblázatban kiszámításra kerültek a különböző fáklya magasságokhoz tartozó veszélyességi övezet határok. Látható, hogy ahogyan nő a fáklya magassága, úgy csökken a veszélyes terület sugara. A 3. ábra ezt szemlélteti.

Összegzésként megállapítható, hogy a fáklyák hőhatás övezetének meghatározásakor nem csak a geometriai adatok, hanem magának a gáznak a fizikai tulajdonságai, a szállítóvezeték belső túlnyomása, és a környezeti hatások is szerepet játszanak.



3. ábra. **A veszélyes terület**

Forrásjegyzék:

[1] Tihanyi L.: Gázszállítás I., Egyetemi jegyzet, Miskolci Egyetem, 2004.

[2] Tihanyi L. – Zsuga J.: Földgázszállító rendszerek tervezése és létesítése; Miskolc, 2012. ISBN 978-963-661-999-2 pp. 86-89.

A kőolaj szerepe a világgazdaságban

Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A kőolaj és a földgáz a világ energia felhasználásának két legfontosabb alapanyaga. A világ energetikai kutató intézetei kissé eltérő jövőt jósolnak ennek a két szénhidrogénnek, de minden intézet egyetért azzal, hogy a reálisan belátható következő húsz-huszonöt évben a szerepük nem fog csökkenni. Cikkünkben a British Petrol (BP) friss beszámolóját ismertetjük, a szénhidrogének jövőjével kapcsolatban.

A kőolaj és a földgáz is tőzsdei termék, a szénhidrogének árát néhány tőzsde határozza meg. A kőolaj árát világszerte, így Európában is a New York-i árutőzsde áraival határozzák meg. A földgáz árát Európában ma már főleg a holland TTF tőzsdei árai mozgatják. Budapesten is működik földgáz tőzsde.

2016-ban a kőolaj adta a világ primer energiahordozó felhasználásának 34%-át, ezzel a legfontosabb fosszilis energiahordozó volt [3]. A világ kőolaj termelése és felhasználása [1] 2016-ban közel azonos volt, vagyis a felszíni készletek nagyjából változatlanok (90 nap körüliek):

kőolaj termelés:	4382,4 millió tonna
kőolaj felhasználás:	4418,2 millió tonna

A legnagyobb kőolaj termelők voltak a világon 2016-ban (millió tonna) [1]:

Szaúd-Arábia	585.7
Oroszország	554,3
Egyesült Államok	543,0
Irak	218,9
Kanada	218,2
Irán	216,4

Az Egyesült Államok nettó importőr (320 millió tonna), de a legnagyobb kőolaj vásárló Kína: 379 millió tonna. A legnagyobb exportőrök: Szaúd-Arábia (419,8 millió tonna), Oroszország (406,3) és Irán (132,6).

A kőolaj döntő többsége a közlekedést szolgálja, de a kenőanyag termelésben és a vegyiparban is lényeges szerepe van. A kőolaj termékek a villamos erőművek tüzelőanyag választékában fokozatosan visszaszorulnak. 2040-ig a kőolaj elsősége valószínűleg megmarad a világ energia piacán. A Föld ma ismert hagyományos kőolaj készlete 240 milliárd tonna [3], de hatalmas területeken még nem volt a modern technika szerinti geológiai és geofizikai kutatás sem. A világ nem hagyományos kőolaj készleteiről még becslések sem készültek, de többszörösen meghaladhatják a hagyományos készleteket.

A legnagyobb hagyományos kőolaj készlettel rendelkező országok: Venezuela 46,6 milliárd tonna, Szaúd-Arábia 36,7, Kanada 27,9, Irán 21,7, Irak 20,2. [3]

A legújabb technikai színvonalon végzett készletkutatások a hagyományos geológiai-geofizikai módszerekkel megkutatott területeken is hoznak új eredményeket: Texasban mintegy egy milliárd tonnás új, hagyományos készletet fedeztek fel.

A kőolaj jövőjéről kissé megoszlanak a nagy energetikai kutató intézetek álláspontjai. Most az EIA [4] prognózisát nézzük meg a világ éves kőolaj felhasználásáról:

(2017. ősz: ~96 millió hordó/nap)

2020	100 millió hordó/nap
2025	104
2030	107
2035	110
2040	115

Vagyis szó sincs a kőolaj alkonyáról. Igazolja ezt néhány esemény is a környezetünkből:

- a közlekedésben valóban egyre hatékonyabb járművek jelennek meg, de a járműállomány növekedésének üteme meghaladja a fajlagos üzemanyag fogyasztás csökkenését
- több járműgyártó úgy véli, hogy 2020-ra megszűnik a dízel és benzin hajtású járművek gyártása, de ehhez a villamos hajtású járműveknek már ma sokkal olcsóbbnak kellene lenni, mint a hagyományos hajtásúak
- a vasúti teherszállítás jelentős része áttért a közutakra, a gyorsabb teljesítések igénye miatt
- a műanyagok alapanyaga szintén nagyrészt a kőolaj. Egyre több műanyagot használunk, és egyre újabb műanyag termékek jelennek meg
- a kőolaj termékek villamos áram termelésre felhasználása a világ egészében 2040-ig még érdemben nem csökken, csak a fejlett országokban (OECD), mivel a nukleáris energia nem tudja átvenni a kőolaj szerepét az áramtermelésben. A megújuló energiahordozók dinamikusan törnek előre, bár a megújulók hasznosításának létesítményei még igen drágák. A megújulók 2040-ig még meg sem fogják közelíteni a kőolaj szerepét a világban.

A 2016. évben a világ földgáz termelése és a felhasználása is hasonló képet mutat [1]:

földgáz termelés:	3551,6 milliárd m^3
földgáz felhasználás:	3542,8 milliárd m^3

A földgáz a harmadik legfontosabb energiahordozó, a kőolaj és a szén után.

A földgáz szerepe gyorsan nő a világban:

- megindult a földgáz csővezetékes nemzetközi kereskedelme mellett a cseppfolyós földgáz (LNG) forgalom is,
- bővült a földgáz kereskedelemben meghatározó szerepet játszó országok köre,
- olyan országok is bekapcsolódtak az LNG kereskedelembe, amelyekről az energia piacokon eddig nem is hallottunk: Ausztrália, Malajzia, Pápua-Új Guinea vagy Vietnam,
- a Föld feltáratlan hagyományos földgáz készleteit hatalmasra becsülik: Szibéria, Dél Amerika, a sarkvidékek még óriási készleteket rejthetnek,

- sikeres a nem hagyományos kőzetekben rejlő metán kinyerés a világ egyre több térségében (palagáz forradalom),
- a tengerparti sávokban talált metánhidrát készletek akár többszörösei lehetnek, mint a hagyományos készletek.
- 2020-ra az Egyesült Államok önellátó lehet földgázból, ezzel átrendeződik a földgáz kereskedelem a világban: erősödik az LNG szerepe.

A BP a 2016. év legfrissebb adatai alapján a földgáz piac legfontosabb szereplőit a következőképp mutatja be (milliárd m^3)[2]:

Ország	Termelés	Felhasználás
Egyesült Államok	738,9	767,5
Oroszország	571,3	385,3
Kína	136,9	207,5
Irán	199,3	198,3
Katar	178,9	-
Kanada	150,2	98,1
Japán	-	109,4

A hagyományos földgáz készletek is nőttek a világban, most 52 évre elegendőnek ítélik meg a BP szakértői. A legnagyobb földgáz vagyonnal rendelkezők (10^{12} m^3):

Irán	33,5
Oroszország	32,3
Katar	24,3
Türkmenisztán	17,5
Egyesült Államok	6,7

Hozzátehetjük ezekhez a készlet adatokhoz azt, hogy a nem hagyományos földgáz készleteket („palagáz") még megbecsülni sem merte egyetlen kutató intézet sem. Ugyancsak az első kitermelési kísérleteknél tart a világ a tengerpartokon fellelt metánhidráttal, aminek készletei meghaladhatják a hagyományos földgáz készleteket is. A metánhidrát megfelelő feltételek mellett folyamatosan képződik a tengerfenéken, vagyis a készletek is folyamatosan nőhetnek.

A világ földgáz felhasználásának 10%-a cseppfolyós formában utazik a feladó ország és a fogadó kikötő között. Ez a szállítási forma rohamosan erősödik, és bekapcsol a nemzetközi földgáz kereskedelembe olyan országokat is, amelyek eddig nem játszottak komolyabb szerepet a gázellátásban. Az LNG legnagyobb vásárlói voltak 2016-ban (milliárd m^3):

Japán	107,3
Dél Korea	43,9
Kína	33,7
India	22,5
Tajvan	19,4
Spanyolország	13,3
Nagy Britannia	10,2
Franciaország	9,2

Az LNG szállítói között új országok is megjelentek (milliárd m^3):

Katar	103,2	(évek óta a legnagyobb LNG exportőr)
Ausztrália	66,4	(szinte most indította az LNG exportot, és máris az élre tört)
Malajzia	31,7	
Nigéria	23,5	
Indonézia	21,5	

Oroszország is egyre nagyobb szerepet akar szerezni az LNG üzletben, 2016-ban több, mint 10 milliárd m^3-t szállított Japánba és Dél Koreába.

Az LNG átrendezi az európai földgáz ellátás rendszerét is. Napjainkig az EU és a többi európai ország is nagy hangsúlyt helyezett a nemzetközi földgáz szállítóvezetékekre, részben az orosz gáztól függőség csökkentésére. Magyarország is megpróbál részt venni minden olyan szállítóvezeték építési kezdeményezésben, amely alkalmas lehet a földgáz forrásaink diverzifikálására. Ebből a szempontból fontosak azok a szállítóvezetékek, amelyek LNG terminálhoz kapcsolódhatnak. Az LNG jelenléte nagy hatással van Európában a hosszú távú földgáz szállítási szerződések tartalmára is: a hosszú távú távvezetékes szerződések egyre rugalmasabb szállítási feltételeket tartalmaznak, és az árak is egyre jobban közelítik a tőzsdei árakat. Néhány éven belül minimálisra csökkenhet az árkülönbség Európában az LNG és a nemzetközi vezetéken érkező földgáz között. A földgáz szállítások rugalmasságának növekedésével egyre inkább kihasználatlanok a 2000-es évek elején rohamtempóban kiépített föld alatti földgáz tárolók, el is indult a tárolók némelyikének bezárása Európában.

Különös körülmények hatására épül az Északi Áramlat II. szállítóvezeték. Az oroszok számára rendkívül fontos, hogy további, évi mintegy 50 milliárd m^3 gázt adhassanak el Európában. Nem titkolt céljuk, hogy ez a vezeték elérje Nagy-Britanniát is, és az angolok orosz gázt vegyenek hosszabb távon. A németeknek pedig kiváló üzleti lehetőség a beruházás hitelezése, a szállítóvezeték anyagának és berendezéseinek szállítása, és a részvétel a kivitelezésben. Ezt a projektet azonban már többször újra kellett definiálni, éppen az LNG előretörése miatt.

A földgáz felhasználásra a BP kutatói új prognózist mutattak be [2]. 2015-2035 között a következő növekedési ütemet várják a világ egyes térségeiben:

Észak Amerika:	+28%
Közép- és Dél Amerika:	+19%
Európa:	+19%
volt FÁK térség:	+1%
Közép Kelet:	+55%
Afrika:	+80%
Ázsia és Óceánia:	+77%

Sem a kőolaj, sem a földgáz alkonya nem várható 2040-ig. A szénhidrogének piaca rövid távon érzékeny az egyes országokban zajló politikai, katonai eseményekre, de a piac szereplőinek nagy száma hamar ellensúlyozza egy-egy ország részleges ki- vagy belépését a szénhidrogén piacon. Az biztos, hogy az Egyesült Államok energia piacának változásai gyakorolják középtávon a legnagyobb hatást a kőolaj és a földgáz aktuális helyzetére.

Változatos év előtt állunk, a kőolaj piacon a pozitív és negatív jelenségek keverednek, hullámzanak.

Hivatkozások

[1] BP Statistical Review of World Energy June 2017
[2] bp.com 2017. 10. 25.
[3] BP Statistical Review of World Energy May 2017
[4] U.S. Energy Information Administration: International Energy Outlook 2017

Mitől függ a földgáz ára?

Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A világon a kőolajnak, a szénnek és a földgáznak meghatározó szerepe van. A környezetvédelmi törekvések ezeknek a fosszilis tüzelőanyagoknak a visszaszorítását tűzte ki célul, de a helyettesítő környezetbarát energiahordozók elterjedése lassú és drága. A földgáz ára a nemzetközi kereskedelemben szorosan kapcsolódik a kőolajéhoz. Cikkünk áttekintést ad a földgáz nemzetközi kereskedelemben kialakuló áráról és a hazai fogyasztói árak alakulásáról.

A világ primerenergia-fogyasztása 2016-ban 13276,3 millió tonna olaj egyenérték (Mtoe) volt. Ennek 33,2%-a kőolaj, 24,1%-a földgáz [1]. A földgáz világpiaci árát alapvetően a kőolaj ára határozza meg lényegében azért, mert a kőolajat és a földgázt általában együtt kutatják és termelik ki, és a két termék elég széles körben tudja egymást helyettesíteni. A kőolaj- és a földgázipar nagy megrendelő a gépiparban, a szállításban. Egy sor ipari fém, az arany és a gabona árát is erősen befolyásolja a kőolaj árának alakulása, elsősorban a termelési költségekre gyakorolt hatásán keresztül.

A Föld ma ismert kőolajkészlete 240,7 milliárd tonna, a hagyományos földgázkészlet pedig 186,6 Tm^3 (10^{12} m^3) [1], de a kutatások nagy erővel és eredménnyel folynak. Hatalmas területek várnak még megkutatásra: Szibériában, Ausztráliában, a sarkok alatt. Pár éves újdonság a szénhidrogéniparban a nem hagyományos kőzetekből a kőolaj és a földgáz termelése: egyszerűsítve palaolajnak, illetve palagáznak nevezik a tömör kőzetekből mélyfúrással, rétegrepesztéssel kinyerhető kőolajat és földgázt. A palaolaj és a palagáz kutatás sikere felesleget idézett elő a két energiahordozó piacán. A legfrissebb újdonság a földgáz kutatásban a metánhidrát megjelenése, ennek készleteire még becslések sem készültek.

A kőolaj iránti kereslet a világban napi 96 millió hordó körül van. A piac elbír napi egy millió hordó felesleget vagy hiányt, ennél nagyobb eltérés már azonnal mozdítja a kőolaj árát is.

A 2014. évi olajárzuhanás és következményei

A 2014. őszén megindult olajárzuhanás egyszerű piaci folyamatnak tűnt: a piacon a kőolaj felesleg áresést eredményez. A helyzet azért ennél kissé összetettebb. Tekintsük át a 2014. őszi olajáresést közvetlenül megelőző eseményeket, és néhány következményt:

- A konvencionális olajtermelésben élenjáró országok piaci érdekeik veszélyeztetését látták abban, hogy a palaolaj kutatás sikere olyan országokat is a lényeges olajexportálók közé emelhet, amely országoktól nem feltétlenül várható el a koordinált piaci magatartás.
- Az iráni „nukleáris béke” miatt leépül az Irán elleni kereskedelmi embargó, ismét lényeges szereplő lesz a kőolaj piacon ez az ország.
- Az Egyesült Államokban a nem konvencionális kőolaj termelés technológiája olyan szintre fejlődött, hogy a 100 USD/barrel árszinten már egyre több nem hagyományos kutat érdemes volt üzembe helyezni. Több, mint 1700 fúróberendezés dolgozott, és elképzelhetőnek látszott, hogy tíz éven belül az USA önellátó lesz kőolajból. Az USA kőolajimportja 2014 elejétől látványosan csökkent, a piacon jelentkező felesleget a világ többi térsége nem tudta felvenni. Az olajár zuhanás mélypontja 27 dollár/hordó volt, ez az esemény gyorsan szelektálta a kőolaj termelőket, egy sor cég bezárt. Más cégek azonnal elindították a költségek csökkentését, a kitermelés technológia fejlesztését. A fejlesztések és a takarékosság 2016 végére azt eredményezték, hogy a palaolaj termelők már 50 dollár/hordó piaci áron is szerény nyerteséggel termeltek az USA-ban.
- A kőolaj piacon meghatározó szerepe van a Kőolaj-exportáló Országok Szervezetének, az OPEC-nek. A szervezethez most 13 ország tartozik. 2016-ban az OPEC adta a világ kőolaj felhasználásának 42%-át. Az OPEC legfontosabb feladata az, hogy a tagországaik kőolaj-értékesítési érdekeit egységes kitermelési- és kereskedelempolitikával elősegítse. Nem tagja az OPEC-nek sem az Egyesült Államok (a világ legnagyobb olajfogyasztója), sem Oroszország (a világ második legnagyobb kőolajtermelője). Az OPEC döntése volt 2014. novemberben, hogy akkor sem csökkentik a kitermelést, ha zuhanni fog az olaj ára. 2016-ban pedig éppen a kitermelés visszafogásával tudták 50-60 dollár közti szintre emelni a piaci árat.
- Oroszország 2016-ban 554,3 millió tonna kőolajat termelt, és ebből saját felhasználása 148 millió tonna volt. A kőolaj export árbevétele az ország összes exportjának mintegy 20%-a. Az olajáreséssel az orosz GDP növekedés negatívba fordult, az ország olaj-árbevétele feleződött. Az orosz állam arany- és devizatartaléka 2013 végén 509,6 milliárd USD volt, 2015. január 16-án már csak 379,4 milliárd USD. Leállt a Déli Áramlat és a Török Áramlat földgáz vezeték építése.
- Minden olajexportáló megsínylette az áresést: egyes országok az államcsőd közelébe kerültek (pl. Venezuela, Nigéria), mások a jelentős tartalékaikhoz nyúltak (arab országok). Az olajfogyasztó országokban átmeneti fellendülést okoz az olcsó olaj, de egy idő után az olajipar beszállítóinak leépülése kihat az ország egész gazdaságára. A helyzetet csak nehezíti, hogy a hagyományosan koordinált piaci magatartást tanúsító Szaúd-Arábia elérkezettnek látta az időt, hogy piaci részesedését növelje verseny- és kartell társai kárára.

A földgáz tőzsdei ára

Az egész világon mértékadó a New York-i tőzsde (NYMEX) Henry Hub Natural Gas árjegyzése. Az európai tőzsdei árak tendenciájukban követik az amerikait, de időnként ettől eltérnek. Az európai árak magasabbak. 2017. október 13-án például 2,99 USD/mmBtu azonnali közép ár volt a Henry Hub tőzsdén (kb. 27 Ft/m^3), a TTF (holland) tőzsdén pedig 17,2 EUR/MWh (kb. 50 Ft/m^3) [2,3]. A budapesti CEEGEX tőzsdén 2017. október 12-én az átlagár 18,6 Eur/MWh volt, kb. 54,9 Ft/m^3. Az orosz import gáz ára az ukrán-magyar határon 52,5 Ft/m^3 volt, 2017. harmadik negyedévben.

A fenti napi árjegyzésekhez azonnal hozzá kell tenni, hogy ezekből túlzott következtetéseket nem szabad levonni, mert akár

a következő napi tőzsdei kötések is fordíthatnak a trendeken. Általában jellemző, hogy hosszabb távon az árak emelkedni szoktak.

A földgáz tőzsde jellemzői:

- Az árutőzsde általános szabályai szerint működik.
- Az ajánlati és üzletkötési aktusok tartalmának, formáinak, időrendjének szabályai standardizáltak, egyértelműek, és következetesek.
- Az ügyletek bonyolítására csak tőzsdei tagsággal rendelkező személyek, vállalkozások jogosultak. A jogosultsághoz cégjogi és szigorú pénzügyi feltételek tartoznak.
- A tényleges kapacitás- és földgáz ügyletek névtelenek, a közismert forgalmi információk mögötti cégek nem ismertek.
- Az ügyletek gáznapra, hétre, hónapra vagy évre szólnak. A kötések általában nem terjednek túl a kétéves cikluson.
- A kötések a lejárati határidőn belül nem bonthatók, de újabb kötéssel módosíthatók.
- A tőzsdéken általában kínálati többlet van.

Az amerikai Henry Hub tőzsde bonyolítja a legnagyobb földgázforgalmat a világon. Ezen a tőzsdén is a földgáz energia tartalmával kereskednek: az ügyleteket millió Btu egységben számolják. A tőzsdei ügylet egysége 10 000 mmBtu.

A CEEGEX, a hazai földgáztőzsde 2013 óta „üzemel". Bár van mintegy egy tucatnyi regisztrált tőzsdetag, de gyakorlatilag minimális az üzletkötés. Ennek okát a hazai földgázpiacon lévő szabad gázmennyiségek egymáshoz nagyon közeli árában kereshetjük.

Élénk élet zajlik a CEGH (Bécs) tőzsdén, ahol orosz, norvég, észak-afrikai gáz is jelen van. Néhány magyar földgázkereskedő üzletel is ezen a tőzsdén.

Az NBP (brit) és a TTF (holland) a két legforgalmasabb európai tőzsde. Azonnali és határidős kötések születnek naponta tucat számra, jelentős földgáz tételekkel.

A kőolaj- és földgázárak hosszú távú stagnálása vagy csökkenése összhangban van azzal, amit Khalid alFalih az állami tulajdonú Szaúd-Arábiai Olajtársaság elnöke mond: hagyni kell a piacot dolgozni. A rugalmas megfogalmazás mögött azért tudhatjuk, hogy Szaúd-Arábia az OPEC vezető hangadója, a hatalmas pénztartalékai miatt még bőven bírja az alacsony kőolaj ár miatti veszteségeket.

A földgáz árának alakulását befolyásoló legfontosabb tényezők:

- A földgáz kereslete és kínálata
  - Kereslet:
    - más energiahordozók piaci helyzete,
    - az USA földalatti tárolt készletei,
    - úton lévő LNG készletek,
    - az átlaghőmérséklet változása (klímaváltozás).
  - Kínálat:
    - új földgáz-szállítók megjelenése,
    - LNG szállítók,
    - új szállítóvezeték üzembe lépése
    - a termelésben lévő mezők aktuális kitermelési teljesítménye.
- A piaci hangulat
  - tőzsdei hírek,
  - kőolaj- és földgáz-kutatási eredmények,
  - változás a termelőkapacitásokban,
  - háborúk,
  - új, nemzetközi szállítóvezeték-építési megállapodás,
  - új ország megjelenése a földgáz/LNG-piacon.

A tőzsdei kereskedők három jellemző csoportja:

- *Termelők:* cégek, cégcsoportok (termelők is kötnek kockázatkezelő üzleteket).
- *Kockázatkezelők:* valódi földgáz fogyasztók, akik saját szükségletükre vásárolnak határidős kötésekkel. A kockázatkezelő a lekötött mennyiséget a szállítási határidő előtt még eladhatja.
- *Spekulánsok:* árfolyam-emelkedésre számítva kötnek üzletet, a földgázt a tényleges leszállítás előtt másik spekulánsnak vagy kockázatkezelőnek adják tovább.

A földgáz hazai árát meghatározó paraméterek

A földgáz belföldi ára három összetevőből áll össze: a földgáz molekula ára, a rendszerhasználati díjak és az adó, adójellegű fizetni valók.

A belföldi piacon néhány kereskedő vásárolja fel az import földgázt az aktuális tőzsdei áron, vagy a hosszú távú importszerződések szerinti árakon. Ennek a gáznak egy részét tovább adják további kereskedőknek, az úgynevezett másodlagos kereskedés keretében. A másodlagos piacon az árakat a kereskedő felek szabadon alakítják ki.

Az egyetemes szolgáltatásban részesülő fogyasztók ellátására szolgáló gáz forrása egyrészt a hazai termelésű földgáz, másrészt az osztrák-magyar gázszállító vezetéken behozott földgáz. Az egyetemes szolgáltatók részére ennek a két gázforrásnak a beszerzési árát és a vásárolható földgáz mennyiségét miniszteri és MEKH rendeletek határozzák meg, szoros összefüggésben a rezsicsökkentés céljaival.

A földgáz fogyasztói árát az egyetemes szolgáltatás területén szintén rendeletek határozzák meg. A földgáz szabadpiacon a fogyasztói árak szabad alku után alakulnak ki.

A földgáz molekula árán kívül a fogyasztónak a kiszolgáló földalatti tároló, szállítóvezeték és elosztó vezeték rendszer üzemeltetési költségét is meg kell fizetni. Ezeket a rendszerhasználati díjakat is rendeletek határozzák meg minden fogyasztó számára. Az egyetemes szolgáltatásra jogosultak kedvezményezettek a rendszerhasználati díj fizetésnél. Nem jelentéktelen tételek a gázszámlában az adók és adó jellegű fizetni valók.

A hazai földgáz szabadpiacán sincs nagy mozgás, hasonlóan a CEEGEX-hez. A földgázforrások árai közel azonosak, a rendszerhasználati díjakat rendeletek szabályozzák: ezek a tényezők meghatározzák a kereskedői ajánlatokat. Példaként említhetjük a következő esetet:

A világ földgázpiacán a tőzsdék szerepe a meghatározó. Európában, Észak-Amerikában vannak nagy teljesítményű földgáz szállító vezetékek, és egyre erőteljesebb a cseppfolyós földgáz (LNG) kereskedés is. A kereskedés főbb feltételei és árai a tőzsdéken alakulnak ki. Napjaink tőzsdei árai a fogyasztónak kedvezők, de az egész gazdaságra gyakorolt hatásuk már nem egyértelműen pozitív. Az Európai Unió egyes országaiban vannak a tőzsdei áraktól eltérített, hatósági fogyasztói árak, de az EU ezek fokozatos leépítését szorgalmazza.

Hivatkozások

[1] BP Statistical Review of World Energy June 2017
[2] tozsdearnyek.hu 2017. 10. 14.
[3] eex.com 2017. 10.14.

Stratégia és jövőkép – Az energiaszektor következő 15 éve

Az Energetikai Szakkollégium fennállásának tizenötödik évfordulója alkalmából megrendezésre került jubileumi est keretében lezajlott nyilvános panelbeszélgetésen iparági vezetőktől hallhattak a résztvevők az energiaszektor következő tizenöt évben várható fejlődéséről.

A panelbeszélgetés első 60 percében az előadók röviden ismertették vállalatuk középtávú stratégiáját, azokat a fejlesztéseket, innovációs törekvéseket és projekteket, amivel reagálni kívánnak az említett kihívásokra. Ezt követően lehetőség nyílt egy moderált beszélgetés keretében a felmerülő kérdések megvitatására. Cikkünkben az előadások főbb gondolatait gyűjtöttük össze.

Az első előadó Csomai Kamilla, a MAVIR Zrt. vezérigazgatója előadásában felhívta a figyelmet, hogy az ellátásbiztonság, a klímapolitikai célok teljesítése, továbbá az egységes villamosenergia-piac megvalósítása okozta „trilemma" komoly kihívások elé állítja a rendszerirányítót. Az ellátásbiztonság fenntartása a rendszerirányító alaptevékenysége és legfőbb célja, emellett azonban az egyik legnagyobb kihívásnak a klímapolitikai célok teljesítését tartja. Kiemelte a villamosenergia rendszerbe kerülő, egyre nagyobb mértéket öltő megújuló-integráció kérdését. A „trilemma" problémáinak megoldásához – a MAVIR Zrt. szakértői szerint – nemzeti, hazai és iparági együttműködésre van szükség.

Béres József, az ELMŰ Hálózati Kft. ügyvezető igazgatója hangsúlyozta, hogy amikor egy jövőképről vagy stratégiáról beszélünk, az egyik legfontosabb a külső környezet. A teljes energiaiparban a társadalmi elvárások olyan mértékben változnak, hogy az nagy hatással van a DSO-k működésére. A megújulók kapcsán az előadó kiemelte a HMKE-k növekvő számát, mely jelentős odafigyelést igényel hálózati szempontból. Lesznek új szerepek és feladatok a kialakulóban lévő rendszerben, fontos, hogy egyértelmű legyen, kinek mi a dolga. Úgy véli, a jövőben más típusú tudásra lesz szükség, az intézményeknek is mást kell oktatni, így előnyös lenne egy folyamatos párbeszéd kialakítása az egyetemek és a cégek között.

Kiss Attila az E.ON Hungária Zrt. igazgatósági tagja szerint jelenleg is sok „megatrendre" kell odafigyelni, melyek között említhetjük a decentralizáció, a dekarbonizáció és a digitalizáció kérdéskörét. Úgy véli, az előbbiekben felsoroltak az iparágnak hatalmas kihívást fognak jelenteni, függetlenül attól, hogy pontosan melyik részen tevékenykedik az adott vállalat. Előadónk szerint a jelenleg meglévő átviteli hálózat jelentős marad a későbbiekben is, azonban mind funkcionalitásában, mind jellegében meg fog változni. Tudomásul kell venni, hogy a jövő hálózata sokkal decentralizáltabb lesz, az ügyfeleknek igénye lesz a függetlenedésre, kisebb szigetek alkotására. Az e-mobility is teret fog nyerni, mely szintén hatással lesz a hálózatra.

Sverla Viktor a MOL Csoport Stratégiai Elemzés és Üzleti Értékelés vezetője szerint nem is maga a változás az újszerű, hanem annak a sebessége. Ezzel szemben a beruházások kérdése továbbra is több tíz éves távlatról szól. Ezekre a kihívásokra igyekszik útmutatással szolgálni a MOL 2030-ig szóló stratégiája. Továbbra is fontos terület marad a kutatás-termelés üzletág, mert bár nem számítanak az olaj hosszabb távú dominanciájára, de a gáz még továbbra is jelentős energiaforrás lesz. Ennek köszönhetően az integrált termelési filozófiát fenntartják a következő évtizedekben is. Új irányok keresése is fontos része a MOL stratégiájának. Előadónk a példák között említette a napelempark előkészítéseket és a flottakezelő területet.

Ifj. Chikán Attila az Alteo Nyrt. vezérigazgatója elmondta, napjainkban az a realitás, hogy minden szinten van már értelme energetikáról beszélni. A legnagyobb vállalatok alkalmazkodnak a változásokhoz, és stratégiát dolgoznak ki. Előadónk kiemelte a fenntarthatóság lényeges szerepét, véleménye szerint az iparvállalati vezetőknek kötelességük ezzel foglalkozni, hiszen a környezetvédelmi szempontok mellett üzleti előnyre is szert tehet ezáltal a vállalat. Továbbá megemlítette, hogy az energetika hatalmas változás előtt áll, és azok lehetnek a sikeres stratégiák, amelyek reagálni tudnak a technológiák, fogyasztói igények változására (esetleg alakítani is tudják ezeket) úgy, hogy közben a fenntarthatósági szempontrendszerek érvényesüljenek.

Előadóink mindegyike hangsúlyozta a fenntarthatóság, illetve az együttműködés fontosságát és kikerülhetetlenségét, így várhatóan a következő évek ennek fényében fognak alakulni.

Kedves Tagtársunk!

Szíves tájékoztatásul közöljük az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Szenior Energetikusok Klubjának 2018. I. félévi programját. A program végrehajtása során figyelemmel leszünk arra, hogy a résztvevőket megismertessük az MMKM Elektrotechnikai Múzeumának eredményes működésével.

Klubunk nyitott, minden érdeklődőt szívesen látunk az előadásunkon függetlenül attól, hogy tagja-e valamely szakmai egyesületnek vagy sem.

I. 18. **Dr. Molnár László,** az ETE főtitkára
KLUBNAP
Magyarország energiaellátása, fókuszban a gáz és az atomenergia
Házigazda: Szabó Benjamin

I. 25. **Bíró György,** a MAVIR Zrt. környezetvédelmi munkatársa
Madárvédelem a nagyfeszültségű távvezetékek mentén
Házigazda: Greff Katalin

II. 1. **Dr. Korényi Zoltán** c. egyetemi docens
Az emberiség „önfogyasztásáról". Energia-, nyersanyag- és humuszfogyasztásunk
Házigazda: Szabó Benjamin

II. 8. **Hárfás Zsolt,** az Atomenergia Info szakértője, az Elektrotechnika folyóirat energetika és atomenergia témafelelőse
A követendő példa Paks II.
Házigazda: Szabó Benjamin

II. 15. **Kovács Árpád** főkonstruktőr, a GE Magyarországi Képviselet vezetője
Ipari gőzturbinák fejlesztési koncepciói
Házigazda: Dr. Iring Rezső

II. 22. **Dr. Gerse Károly** címzetes egyetemi tanár
Ellátásbiztonság, energiatárolás
Házigazda: Szabó Benjamin

III. 1. **Zanatyné Uitz Zsuzsanna,** a Kaposvári Vagyonkezelő Zrt. távfűtési műszaki vezetője
Településenergetika Kaposváron a távfűtésre alapozva. A városi energiapolitika sokszínűsége és ezek kapcsolódási pontjai a hőtermeléstől a városi CNG buszok töltéséig és az épületek energiakorszerűsítéséig
Házigazda: Szabó Benjamin

III. 8. **Kimpián Aladár** ny. főmérnök, a TriódArt Bt. ügyvezetője
Nemzeti villamosenergia-rendszer skandináv (dán, norvég, svéd, finn) módra
Házigazda: Szabó Benjamin

III. 22. **Dr. Bartholy Judit,** az ELTE tanszékvezető egyetemi tanára
Klímaváltozás − Párizsi Egyezmény
Házigazda: Elek János

IV. 5. **Görgey Péter** nyugalmazott törzskari főmérnök
A nagyfeszültségű transzformátorállomások irányítástechnikájának múltja, jelene, jövője
Házigazda: Kimpián Aladár

IV. 12. **Dr. Czifrus Szabolcs** egyetemi docens
A BME NTI (Nukleáris Technikai Intézet) feladatai és perspektívája a 2020-as évek végéig
Házigazda: Dr. Szondi Egon János

IV. 19. **Dr. Petschnig Mária Zita** közgazdász, a Pénzügyi Kutató Zrt. kutatója
A magyar gazdaság helyzete és kilátásai
Házigazda: Elek János

IV. 26. **Dr. Illés Erzsébet** csillagász
Egy csodálatos mérnöki teljesítmény: a Cassini szonda a Szaturnusz rendszerében
Házigazda: Szabó Benjamin

V. 3. **Horváth Miklós Ferenc,** a Paks II. Zrt. vezérigazgató-helyettese
A Paks 2 projekt aktuális státusza
Házigazda: Szabó Benjamin

V. 10. **Szakmai kirándulás**
(később kerül meghatározásra)

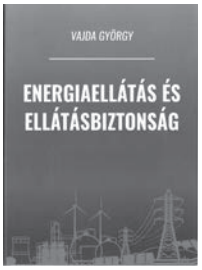
V. 17. **Dr. Kaiser Ferenc** tanszékvezető egyetemi docens, Nemzetközi Közszolgálati Egyetem
Versenyfutás az Északi-sarkért, hajózási és energetikai vonatkozások
Házigazda: Lengyel János

Az ülések helye és ideje:
Magyar Elektrotechnikai Múzeum
Zipernovszky terem II. emelet
Budapest, VII. Kazinczy u. 21.
Az előadások kezdése: 10 óra.

Szabó Benjamin s.k.
a Szenior Energetikusok
Klub elnöke

Könyvismertetés

2017 novemberében jelent meg magánkiadásban Vajda György (az MTA rendes tagja,Állami -, Széchenyi- és Hazám díjas c. egyetemi tanár) **ENERGIAELLÁTÁS ÉS ELLÁTÁSBIZTONSÁG** című 592 oldalas könyve.



A könyv az utóbbi és a jövő évtizedek egyik legfontosabb kérdéseit tárgyalja hiszen ezt mint a könyv bevezetőjében is olvashatjuk: „A könyvem összeállítására ösztönzött, hogy az utóbbi években az energiaellátásról és annak biztonságáról többször jelentek meg hamis állásfoglalások, melyek rossz döntéseket is megalapoznak. Jelen munka kísérlet arra, hogy a tisztánlátás érdekében bemutasson néhányaz ellátásbiztonságot befolyásoló fontosabb körülményt, valamint példákat a biztonságnövelés lehetőségeire."

A könyv felépítése: Energia igények, Energiaellátás, Végső hasznosítás, Primer energiahordozók, Szekunder energiahordozók, Energiahordozók szállítása, Az energiaellátás zavarai, Az ellátásbiztonság növelésének eszközei, Magyar viszonyok

Minden főfejezethez számos alfejezet is tartozik.

A könyv kiváló minőségben készült könyv a RB-BINDEX Kft/Miskolc nyomda dolgozóit dicséri.

A könyv megvásárolható illetve megrendelhető az alábbi címen: Könyvműhely 3525 Miskolc, Blaskovics László u. 5.
telefon: 46-790-014 e mail: info@konyvmuhely.hu

Ára (áfával) 5000 Ft. Postai szállítás esetén + annak költsége.
A recenzió írója tervezi, hogy 2018. II. negyedévben a könyvről egy fórumot rendez.

Dr. Horn János

XXV. JUBILEUMI

Nemzetközi Energia és Innovációs Fórum

2018. február 27-28.

BUDAPEST

Írja be 2018-as naptárjába már **most!**

Bővebb információ és jelentkezés:

www.foenergetikus.hu

Fővédnökök:

Nemzeti Fejlesztési Minisztérium

Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal

1850 BKIK

MEE

Ady Endre

Kis, karácsonyi ének

Tegnap harangoztak,
Holnap harangoznak,
Holnapután az angyalok
Gyémánt-havat hoznak.

Szeretném az Istent
Nagyosan dicsérni,
De én még kisfiú vagyok,
Csak most kezdek élni.

Isten-dicséretre
Mégiscsak kiállok,
De boldogok a pásztorok
S a három királyok.

Én is mennék, mennék,
Énekelni mennék,
Nagyok között kis Jézusért
Minden szépet tennék.

Új csizmám a sárban
Százszor bepiszkolnám,
Csak az Úrnak szerelmemet
Szépen igazolnám.

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

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

(c) Foto: Mika László