ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *59. évfolyam 2018. 6. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

HOTEL YACHT, SIÓFOK
2019. MÁRCIUS 7-8.

KLENEN'19

KLÍMAVÁLTOZÁS
ENERGIATUDATOSSÁG
ENERGIAHATÉKONYSÁG
XIV. KONFERENCIA, KIÁLLÍTÁS

aee MAGYAR TAGOZAT — aeecenter.org
CAVDALKODÁSI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET — ete-net.hu
ENERGETIKAI SZAKKOLLÉGIUM 2002 — eszk.org
Virtuális Erőmű Program — virtualiseromu.hu
bpmk.hu
1850 BKIK — bkik.hu

Határidők:

Jelentkezés kiállításra és termékbemutatóra	2019. január 15.
Jelentkezés a konferenciára	2019. január 31.

VÁRJUK JELENTKEZÉSÉT!

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

A BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
ENERGETIKAI GÉPEK ÉS RENDSZEREK TANSZÉK rendezésében

HŐERŐGÉPEK ÉS KÖRNYEZETVÉDELEM

14. NEMZETKÖZI KONFERENCIA
FENNTARTHATÓ ENERGETIKA

MÁTRAFÜRED, 2019. május 27-29.

JELENTKEZÉS A KONFERENCIÁRA:	2019. február 28.
EARLY BIRD REGISZTRÁCIÓ:	2019. március 31-IG.

WORLD ENERGY COUNCIL

BME Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ

MŰEGYETEM 1782

www.heep.energia.bme.hu

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata *59. évfolyam 2018. 6. szám*

A magyar energiagazdaság problémáit tárgyaló tudományos és gyakorlati folyóirat

Főszerkesztő:
Dr. Gróf Gyula

Olvasó szerkesztő:
Dr. Bihari Péter

Szerkesztőség vezető:
Jaksa Bianka

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

Honlap szerkesztő:
Kierblewski Marius
www.ete-net.hu

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

Felelős kiadó:
Bakács István, az ETE elnöke

A szekesztőség címe:
BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
D épület 208 sz.
Telefon: +36 1 463 2613.
Telefax: +36 1 353 3894.
E-mail: enga@ete-net.hu

Megjelenik kéthavonta.
Előfizetési díj egy évre: 4200 Ft
Egy szám ára: 780 Ft
Előfizethető a díj átutalásával a 10200830-32310267-00000000 számlaszámra a postázási és számlázási cím megadásával, valamint az „Energiagazdálkodás” megjegyzéssel
ISSN 0021-0757

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

Nyomdai munkák:
EFO Nyomda
www.efonyomda.hu

Lapunkat rendszeresen szemlézi a megújult
OBSERVER
www.observer.hu

TARTALOM • CONTENTS • INHALT

Tudomány * Science * Wissenschaft
Kustán Réka, Dr. Groniewsky Axel
Bioetanol előállítása során keletkező hulladékhő vizsgálata 2
The analysis of waste heat of bioethanol production
Die Analyse der Abwärme aus der Bioethanolproduktion

Csemány Dávid, Dr. Józsa Viktor
Tüzelőanyag cseppek párolgásának modellezése előkeveréses égőben: konvektív hőátadás és hősugárzás hatásának vizsgálata 8
Modeling of fuel droplet evaporation in an atmospheric premixed burner: Analysis of the effects of convective and radiative heat transfer
Modellierung der Verdampfung von Brennstofftropfen in einem atmosphärischen Vormischbrenner: Analyse der Effekte von konvektiver Wärmeübertragung und Heizen mittels Strahlung

Villamos energia * Electric Power * Elektrizität
Kimpián Aladár
Nemzeti villamosenergia-rendszerek – skandináv módra, Dánia – 2. rész 13
National power systems – the Scandinavian way Denmark – Part 2
Nationale Stromnetzsysteme – auf skandinavischen Art. Dänemark – Teil 2

Megújuló energiaforrások * Renewable Energy Sources * Erneuerbare Energiequellen
Szilágyi Attila, Seres István, Farkas István
Napkollektorokkal elérhető hőteljesítmény nyári időszakban 22
Heat performance of solar collectors in summer period
Wärmeleistung der Sonnenkollektoren in Sommer

Klímaváltozás * Climate Change * Klimawandel
Reményi Károly
Üvegházhatás, káosz, globális felmelegedés 27
Greenhouse effect, Chaos, Global Warming
Treibhauseffekt, Chaos, globale Erwärmung

Szilágyi Zsombor
A fosszilis energiahordozók és a klímavédelem 31
The fossil energy sources and the climate protection
Fossile Energieträger, und Klimaschutz

Környezetvédelem * Environmental protection * Umweltschutz
Szilágyi Zsombor
Műanyagok kora 33
The Era of Polymers
Alter der Kunststoffe

Energiapolitika * Energy Policy * Energiepolitik
Molnár László
A kínai gazdaság és energetika, 2. rész 35
The Chinesse Economy and Energy Part 2
Wirtschaft und Energetik in China, Teil 2

ETE Hírek * ETE News * ETE Nachrichten
Az ETE VII. Villamos Energia Konferenciája 38

Szeniorok * Seniors * Senioren
Szeniorok program, 2019. tavasz 39
Senior Club Programme for the 1st half of 2019
Senior-Klub Programme – I. Halbjahr 2019

Szakkollégiumi hírek * News from the Student Association of Energy * Nachrichten aus dem Fachkolleg
Olajvállalat az innováció útján – A MOL 2030-as startégiája 40

A folyóirat szerkesztésénél különös figyelmet fordítottunk a környezetvédelmi szempontokra!

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.

Bioetanol előállítása során keletkező hulladékhő vizsgálata

Kustán Réka
energetikai mérnök, reka.kustan@gmail.com

Dr. Groniewsky Axel
egyetemi adjunktus, groniewsky@energia.bme.hu

Ipari hulladékhőnek az az energia tekinthető, amely ipari folyamatok során keletkezik, de nem hasznosul, helyette elveszik, elpazarolják, és a környezetbe távozik [1]. Ennek a potenciálnak a hatékony kiaknázása szükségessé teszi a különböző folyamatok során keletkező hulladékhő pontos feltérképezését. Jelen cikkünkben a bioetanol előállítása során keletkező hulladékhő mennyiségét és minőségét vizsgáltuk folyamatszimulációs modellek segítségével.

*

Industrial waste heat is the energy that is generated in industrial processes which is not put into any practical use and is lost, wasted and dumped into the environment [1]. The effective exploitation of these potential require the accurate mapping of waste heat gen-eration. In this paper we examined the quantity and quality of waste heat of bioethanol production with the use of process simulation model.

* * *

A népesség nagymértékű növekedése, a tudomány és a technológia gyors fejlődése illetve a fogyasztói igények és szokások jelentős mértékű megváltozása folyamatosan emelkedő energiaigényt eredményez. A növekvő energiafogyasztással párhuzamosan fokozódik a különböző energiahordozók kitermelésének és felhasználásának mértéke, valamint egyre jelentősebb problémává válik a környezetszennyezés. Az ipari termelők kihívást jelentő feladata az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése és az ipari folyamatok hatékonyságának növelése. E tekintetben, az ipari folyamatokban alkalmazható hulladékhasznosítási rendszerek kulcsfontosságúak lehetnek az üzemanyag-fogyasztás és károsanyag-kibocsátás csökkentésében, valamint a termelés hatékonyságának növelésében. Hulladékhő hasznosítási technológiák alkalmazásával csökkenthető az előállított termékek fajlagos energiaigénye, egyszersmind olcsóbbá és piacképesebbé tehetők. A minél hatékonyabb hulladékhő hasznosítási rendszerek illesztése érdekében azonban szükség van az egyes gyártási folyamatok áttekintésére, és a folyamat során keletkező hulladékhő minőségi és mennyiségi feltárására.

A szektor fajlagosan legnagyobb energiaigényű szereplői egyebek mellett a cementipar, kerámiaipar, vas és fémipar, vegyipar, papíripar és élelmiszeripar. Jelen cikkünkben a bioetanol gyártást vettük górcső alá, amely döntést számos indok magyarázta.

Bioetanol előállítás jelentősége és potenciálja

A környezetszennyező hatások csökkentésére és az alkalmazott fosszilis források kiváltására egy lehetséges alternatíva a bioetanol üzemanyagként való felhasználása, amely megújuló bázisú és karbonsemlegesnek tekinthető. A bioetanol könnyen integrálható a már meglévő infrastruktúrába és könnyedén helyettesítheti a benzinmotorokban oktánszámnövelés céljából alkalmazott MTBE-t (metil-terc-butil-étert). Ugyanakkor, a döntően kukoricából és cukornádból előállított – környezetvédelmi szempontból vonzó – bioüzemanyagok előállítása energiaigényes, a folyamat során pedig jelentős mennyiségű hulladékhő keletkezik. A szeparáció mindmáig magas költségekkel járó folyamat, így önmagában nem versenyképes a többi piacon lévő, konvencionális módon előállított üzemanyaggal szemben.

A teljes előállítási folyamatban az etanol – víz elegy szeparálása során lép fel a legjelentősebb energiaigény, továbbá itt keletkezik a legnagyobb mennyiségű hulladékhő. Az elválasztáshoz túlnyomórészt azeotróp desztillációt alkalmaznak benzol, pentán vagy dietil-éter szolvensként való felhasználása mellett. Továbbá fontos megemlíteni, hogy a megfelelő tisztaságú etanol elérése érdekében gyakran hatalmas rendszerek kiépítése szükséges (például: hűtővíz-, gőz- és villamosenergia-rendszer). Ennél a folyamatnál jelentkezik tehát a legnagyobb üzemletetési és tőke költség is.

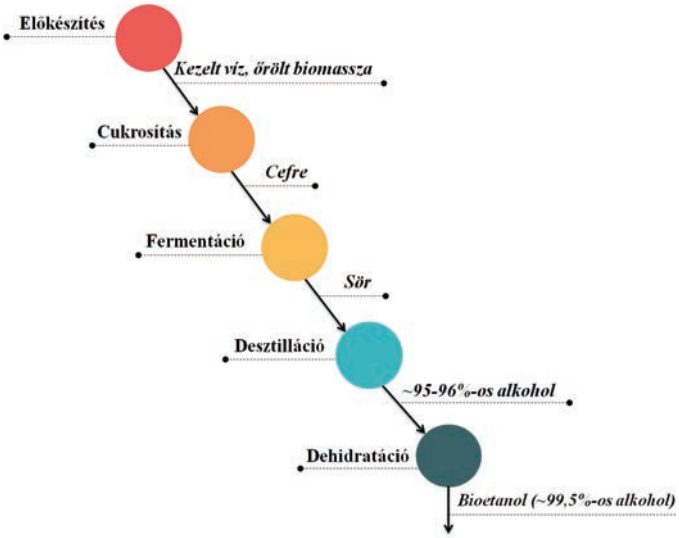
Az Európai Unió közlekedési szektorában az olajfüggőség 98%-ra tehető, miközben az itt alkalmazott energiahordozók nagy része nem megújuló forrásból származik, vagyis a rendelkezésre álló készletek végesek. Jelenleg az etanol az egyik legígéretesebb alternatív, karbonsemlegesnek tekinthető üzemanyag. Ez annak köszönhető, hogy például a hidrogénnel ellentétben a bioetanol könnyen integrálható a már meglévő üzemanyag-ellátási rendszerbe és a benzinnel alkotott 5-85%-os keverékét alkalmazhatjuk a ma üzemben lévő motorokban anélkül, hogy bármilyen átalakításra szükség lenne. A bioetanol felhasználása a közlekedési szektorban az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése mellett növeli az energiaellátás biztonságát is annak köszönhetően, hogy az előállításához szükséges alapanyag könnyedén hozzáférhető, szemben a konvenciális üzemanyagok nehezen kitermelhető forrásaival. [2] 2014-es adatok alapján, a Földön évente $120 \cdot 10^{15}$ g biomassza keletkezik, amely hozzávetőlegesen $2{,}2 \cdot 10^{21}$ J energiát tárol mezőgazdasági vég-, illetve melléktermékek formájában. [3]

A biodízel és bioetanol gyártásnak a hazai energiastratégiában is jelentős szerepe lehet, mivel importenergiával szembeni kitettségünk jelentős, amely akár az ellátásbiztonságban is okozhat problémákat a jövőben. A bioüzemanyagok gyártásának fellendülését az is elősegíti, hogy az ezen a területen felhasznált alapanyagokból az országban túltermelés van az Európai Uniós intervenciós rendszer következtében. A magyarországi bioetanol gyártás legfőbb alapanyaga a nagy keményítő tartalmú és nagy vízigényű (450-500 mm) kukorica, melyet elsősorban az állattenyésztés során alkalmaznak abraktakarmányként. A termelt termésmennyiség az elmúlt 10 évben – a csapadéktól függően – jelentős ingadozást mutatott, értéke 4 és 9 millió tonna között változott. Magyarország bioetanol termelési kapacitása 2015-ös becslések alapján közel 650 millió liternek tekinthető [4]. A hazai előállítás az utóbbi években folyamatosan növekszik, azonban ez még mindig elmarad az uniós csatlakozást követően tervezett mennyiségtől [5]. A legjelentősebb termelők jelenleg: Szabadegyházán a Hungrana Kft. valamint Dunaföldváron a Pannonia Ethanol Zrt.

A bioetanol előállítás lépései

A bioetanol előállítás alapanyagaként magas szacharóz vagy keményítő tartalmú növényeket lehet felhasználni. A jelenleg globálisan megtermelt bioüzemanyag felét kukoricából, a másik felét pedig cukornádból állítják elő. Az ilyen, élelmiszerként és takarmányként

is alkalmazható termékeken alapuló anyagokat első generációs biotüzelőanyagoknak, a lignocellulóz alapanyagúakat pedig második generációsnak nevezzük. A hasznosítható cukor komplex, poliszacharidokban kötött formában található meg, amely növeli az etanol előállítási folyamat komplexitását. A bioetanol előállítás folyamata és a különböző szakaszok termékei az 1. ábrán figyelhetőek meg.



1. ábra. **Bioetanol előállítás különböző lépései**

A felhasznált biomasszát a telephelyre érkezését követően megtisztítják, majd valamilyen technológia segítségével csökkentik méretét. Az előkészítési technológiát alapvetően az alapanyagként felhasznált biomassza típusa határozza meg. A szacharóz tartalmú biomasszák (cukorcirok, cukornád, cukorrépa) előkészítési eljárása a legegyszerűbb, így itt a legkisebb az energiaigény. A többi típushoz képest a lignocellulóz biomassza előkészítése igényli a legösszetettebb technológiát. A folyamat során az elsődleges cél a komplex struktúrákban jelenlévő cellulóz lignocellulóz szerkezeteinek fellazítása. Ez az eljárás alapvetően négy féle lehet: fizikai, kémiai, biológiai vagy fiziko-kémiai, továbbá alkalmazható az egyes típusok kombinációja is. Az egyik legjelentősebb bioetanol előállítási alapanyag a kukorica, melynek előkészítésére két fő módszer létezik, a száraz és nedves őrlés kalapácsőrlő-, vagy hengermalommal illetve ezek kombinációjának felhasználásával.

A bioetanol előállításához nagy mennyiségű vízre van szükség. A folyamat különböző lépései közül a legnagyobb igény az alapanyag termesztésnél jelentkezik a nagyfokú öntözésigény miatt. Továbbá nem elhanyagolható a gyártás során felhasznált gőz mennyisége sem illetve jelentős figyelmet kell fordítani a különféle lépéseknél keletkező szennyvizek, kondenzvizek kezelésére és visszaforgatására.

A cukrosítás során fermentálható, magas cukor tartalmú cefre keletkezik az előkezelt biomasszából. A cukor kinyerésére számos módszer létezik, azonban megállapítható, hogy szacharóz tartalmú biomasszából a legegyszerűbb fermentálható terméket előállítani. Ebben az esetben a cukortartalmat kimossák az előkészített alapanyagból, ami során a cukor diffúzió útján oldatba megy egy szelektív oldószer – általában víz – alkalmazásának hatására. Keményítő bázisú nyersanyagok esetén, a folyamat során az őrölt biomassza keményítő tartalmát át kell alakítani fermentálható cukrokká. Az iparban erre két féle technológia terjedt el, a szakaszos elfolyósítás és cukrosítás, illetve a folyamatos főzési eljárás. A jelenlegi legkorszerűbb technológia alkalmazásával jelentősen csökkenthető ennek a lépésnek az energiaigénye, mivel a hozzáadott enzimekkel már nincs szükség főzésre. Bizonyos esetekben lehetőség van a cukrosítás és a fermentáció összevonására és egy lépésben való elvégzésére. Lignocellulóz alapú biomasszák felhasználásakor enzimes hidrolízissel – endo- és exo-enzimekből álló enzimrendszer segítségével – megy végbe a cukrosítás.

Jelenleg az etanol gyártásban két típusú fermentációs technológiát alkalmaznak, a szakaszos eljárást (SHF: Separate Hydrolysis and Fermentation) és az egyidejű szacharifikáció és fermentációt (SSF: Simultaneous Saccharification and Fermentation). Szakaszos fermentáció esetén élesztőgomba és valamilyen katalizátor alkalmazásával a cukrosításból származó alapanyag cukortartalmát alkohollá és szén-dioxiddá alakítják. Az SSF eljárásnál egyszerre és egy helyen játszódik le a cukrosítás és a fermentáció, így lehetővé válik kisebb berendezések alkalmazása illetve csökken az üzemeltetési költség is. A lignocellulóz alapú biomasszák esetében egyidejű szacharifikációs és kofermentációs (SSCF: Simultaneous Saccharification and Co-fermentation) eljárást alkalmaznak.

Annak érdekében, hogy a fermentációs eljárást termékeként kapott 15%-os etanol tartalmú elegyből (sörből) tiszta alkoholt kapjunk, az etanolt el kell választani a többi összetevőtől. Jelenleg az iparban az ebből a célból alkalmazott legelterjedtebb technológia a desztilláció, illetve alternatív megoldás lehet az adszorpció, az ózonizáció és a kihajtás (sztrippelés). A desztilláció vagy rektifikáció – ismételt desztilláció – során az etanol szeparációja a különböző komponensek eltérő illékonysága alapján megy végbe. Ezzel a technológiával 96%-os alkoholtartalmú azeotróp összetételű etanol – víz elegy állítható elő. Az ilyen típusú azeotróp elegyek szétválasztása hagyományos desztillációval nem lehetséges, mivel egy határozott forráspontú egy komponensű tiszta anyagként viselkednek. Ennek köszönhetően a megfelelő tisztaságú etanol előállítására azeotróp desztillációt, extraktív desztillációt vagy adszorpciót alkalmaznak. Az azeotróp desztilláció során olyan hordozó komponenst (oldószert) adnak az elegyhez, amely képes a többi komponenssel terner azeotróp elegyet képezni, így lehetővé válik az oldat víztelenítése. Az extraktív desztillációs eljárásnál a részleges elpárolgás során olyan magas forráspontú oldószert alkalmaznak, amely a folyamat alapanyagaként felhasznált eredeti közeg komponenseivel nem alkot azeotróp elegyet. A komponensek szétválasztását az teszi lehetővé, hogy az oldószer megváltoztatja az elegy komponenseinek az illékonyságát. Adszorpciós technológia alkalmazása esetén szilárd felülettel érintkezik az etanol-víz elegy, ahol a megfelelő töltet megválasztása esetén az egyik komponens megkötődik. Ennél a kialakításnál általában zeolit töltetet felhasználó molekulaszitát szoktak alkalmazni, amely képes megkötni a vízmolekulákat.

A bioetanol előállítás energiamérlege

A bioetanol előállítás teljes folyamatát vizsgálva megállapítható, hogy az etanol-víz elegy szeparációja során lép fel a legnagyobb energiaigény annak köszönhetően, hogy a teljes eljárás alatt itt van szükség a legmagasabb hőmérsékletek alkalmazására. Ennek következtében az ehhez a folyamathoz tartozó beruházási és üzemeltetési költségek is jelentősek. Továbbá megfigyelhető, hogy a desztillációs oszlopba érkező elegy víztartalmának, illetve tömegáramának növekedésével a leválasztáshoz szükséges energia mennyisége megemelkedik. Kutatások alapján az édesburgonya

alapanyagot felhasználó bioetanol üzem teljes energiaigényének közel 83,7%-át adja az etanol szeparáció (desztilláció és dehidratáció), míg a fermentáció csupán a 16,1%-át. [6]

A hasznosított termékek mellett keletkező anyagokat és a különböző berendezéseket vizsgálva kijelenthető, hogy a teljes bioetanol előállítási folyamatból a desztilláció során keletkezik a legnagyobb mennyiségű és hőmérsékletű hulladékhő.

Műszaki és gazdasági szempontokat vizsgálva elmondható továbbá, hogy a bioetanol versenyképességének növelése érdekében, elengedhetetlen az előállítás hatásfokának növelése, illetve a költségek és az energiaigények csökkentése. Erre ad lehetőséget a desztilláció során keletkező hulladékhő hasznosítása, mely több különböző technológia révén is lehetséges. Az etanol-víz szeparációja során az energiaigény csökkentése és az itt termelt hulladékhő felhasználása megvalósítható belső hőhasznosítással, amely hőcserélő hálózatok (HEN: Heat Exchanger Network) kialakításával és alkalmazásával érhető el. További lehetőség az etanol előállítás gazdaságosságának növelésére a hulladékhő villamosenergia-termelésre való felhasználása organikus Rankine-ciklus (ORC) segítségével.

A desztilláció modellezése ChemCad programkörnyezetben

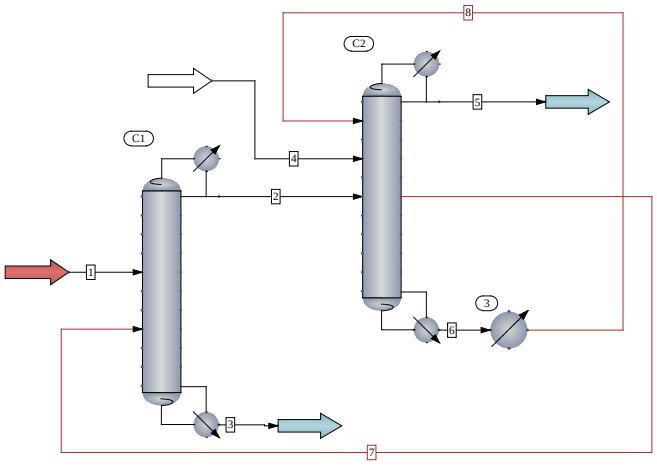
A szimuláció során kilenc különböző típusú illetve beállítású desztillációs folyamatot vizsgáltunk. Ezek műszaki kialakítása a 2-5. ábrán figyelhetőek meg. A modellek elkészítését követően, minden esetben feltártuk, hogy mely pontokon mekkora mennyiségben és milyen hőmérsékleten keletkezik újra hasznosítható hulladékhő. A hasznosítható hőmennyiséget az összes kialakításnál az ott keletkező végtermék – etanol – tömegáramára fajlagosítottuk és az így kapott értékeket diagramon ábrázoltuk. A számításokhoz szükséges fajhő értékeket ChemCad programkörnyezetben határoztuk meg. A különböző kialakításoknál a hulladékhő mennyiségét az alábbi egyenletek alapján számoltuk ki.

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot (T - t_1) \quad (1)$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot (T - t_1) \quad (2)$$

Ahol:

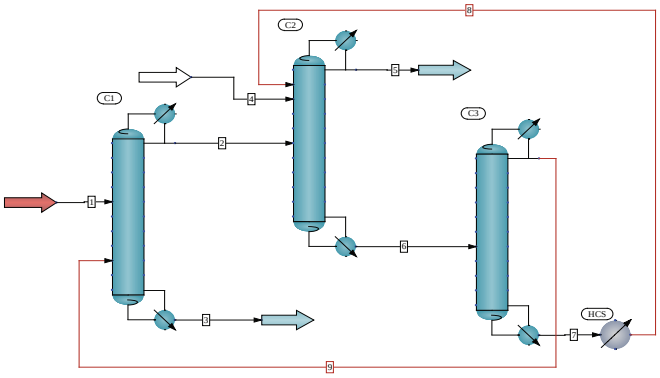
- $\dot{Q}$: a közegből kinyerhető hőteljesítmény [kJ/s; kW]
- $\dot{m}$: tömegáram [kg/s]
- c: fajhő [kJ/kgK]
- T: közeg hőmérséklete [°C]
- t_1: az általam meghatározott hőmérséklet, amelyre az adott közeg lehűthető [°C]
- Q: végtermék tömegáramára fajlagosított hőmennyiség [kJ/kg]
- m_{etanol}: az adott kialakításnál végtermékként kapott etanol tömegárama [kg/s]



3. ábra. **SVS típusú desztilláció kapcsolása**

Az SVS (intensified extractive distillation sequence with vapor side steam: extraktív desztilláció gőzelvétellel) kialakítás két desztilláló oszlopból áll. A technológia alapja, hogy az extraktív oszlopból (C2) gőz fázisú etanol-víz keverék kerül elvételre, majd visszavezetésre a desztilláció alapanyagának belépési pontjához. Az elválasztáshoz ennél a típusú technológiánál oldószer alkalmazása is szükséges, amely egy recirkulációs körön keresztül visszavezethető a C2-es oszlopba, ezzel csökkentve a szükséges mennyiséget és a fellépő költségeket.

CED (Conventional Extractive Distillation sequence: konvencionális extraktív desztilláció) típusú kialakítás esetén annak érdekében, hogy a végtermék megfelelő tisztaságú legyen, szükség van egy harmadik oszlop beépítésére, amely hatására növekszik a folyamat energiaigénye illetve a beruházási és üzemeltetési költség. Az első oszlopban végbemenő szeparációt követően a második oszlopba azeotróp etanol-víz elegy lép. Annak érdekében, hogy itt lehetővé váljon a közeg további tisztítása, oldószer bevezetése szükséges.



3. ábra. **CED típusú desztilláció kapcsolása**

A CSS (Conventional Separation Sequence: konvencionális szeparációs eljárás) alkalmazása esetén, a desztillációs egységet három oszlop építi fel. Az első oszlopban az etanol koncentrációnövelése a cél (95 mol% etanol). Az innen fejtermékként kilépő azeotróp etanol-víz elegy belép a második oszlopba, ahol extraktív desztilláció során megfelelő tisztaságú etanol áll elő (99,8 mol% etanol). A harmadik oszlopban az alkalmazott oldószer leválasztása, majd újrafelhasználása zajlik. Annak érdekében, hogy a recirkuláltatott szolvens megfelelő hőmérsékleten kerüljön vissza a C2 oszlopba, hőcserélő (HCS) alkalmazása szükséges. A szimuláció során ezt a típust négy különböző beállítás mellett vizsgáltam.

Az OSS (Optional Separation Sequence) kialakításnál az alapanyag először egy folyadék-folyadék szétválasztóba (EX: extractor) lép be, majd csak ezt követően halad tovább a desztilláló oszlopokba. Az EX oszlopban valamilyen segédanyag hozzáadásával leválasztásra kerül a beérkező közeg víztartalmának egy része. Az

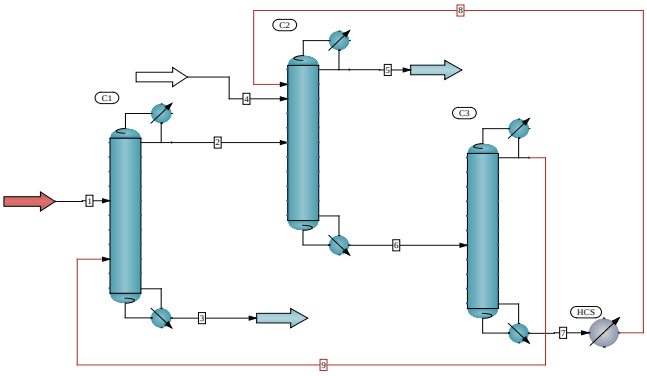
1. táblázat. SVS és CED oszlopok beállításai a szimuláció során

	SVS		CED		
	C1	**C2**	**C1**	**C2**	**C3**
Tányérszám	44	36	44	28	9
Reflux arány	2,337	0,197	2,337	0,149	0,58
Betáplálás helye (tányérszám)	30	25	30	25	3
Fenéktermék móláram [kmol/h]	1590,86	–	–	–	–
Fenéktermék etanol tartalma [mol%]	–	0,001	0,01	0,001	0,99 (glikol)

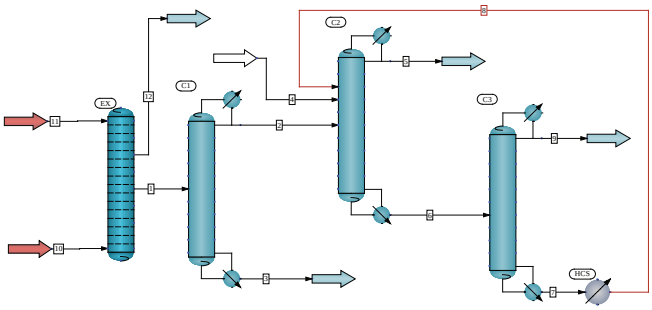
4. táblázat. A modellekben alkalmazott anyagok

	Etanol	Víz	Szolvens		EX-hez segédanyag	
	[kmol/h]	[kmol/h]	anyag	[kmol/h]	anyag	[kmol/h]
SVS	85	1609,24	glicerin	0,00166	-	-
CED	85	1609,24	glicerin	0,00888	-	-
CSS_I	6,8	38,56	etilénglikol	6,8	-	-
CSS_II	4,54	40,82	etilénglikol	8,44	-	-
CSS_III	2,27	43,09	etilénglikol	4,55	-	-
CSS_IV	0,91	44,45	etilénglikol	1,8	-	-
OSS_I	6,8	38,56	etilénglikol	6,8	octanol	5,06
OSS_II	4,45	40,82	etilénglikol	8,44	octanol	4,16
OSS_III	2,27	43,09	etilénglikol	4,55	iso-osctanol	4,43

innen továbbhaladó anyag etanol koncentrációja az első desztilláló oszlopban körülbelül 96%-ra nő. Az azeotróp etanol-víz elegy szeparációja a C2 oszlopban megy végbe szolvens jelenlétében. Az oldószer szeparációja a harmadik oszlopban zajlik, majd ezt követően a leválasztott mennyiség egy hőcserélőn keresztül visszakerül a C2 oszlopba.



4. ábra. **CED típusú desztilláció kapcsolása**



5. ábra. **OSS I-III típusú desztilláció kapcsolása**

A szimuláció során alkalmazott beállítások a 1-3. táblázatokban láthatóak. A különböző kialakításoknál felhasznált anyagok összetétele és típusa a 4. táblázatban találhatók.

2. táblázat. CSS_I-IV oszlopok beállításai a szimuláció során

	CSS_I			CSS_II			CSS_III			CSS_IV		
	C1	**C2**	**C3**	**C1**	**C2**	**C3**	**C1**	**C2**	**C3**	**C1**	**C2**	**C3**
Tányérszám	59	98	9	79	69	81	50	77	26	80	86	13
Reflux arány	1,62	0,81	0,7	3,12	0,28	0,34	1,11	0,41	0,3	1,46	0,31	0,42
Betáplálás helye (tányérszám)	21	79	7	25	59	25	20	58	19	35	63	4
Fenéktermék móláram [kmol/h]	37,02	–	6,9	40	–	8,44	42,45	–	4,64	44,23	–	1,85
Fenéktermék etanol tartalma [mol%]	–	0,001	–	–	0,01	–	–	0,01	–	–	0,01	–

3. táblázat. OSS_I-III oszlopok beállításai a szimuláció során

	OSS_I			OSS_II			OSS_III		
	C1	**C2**	**C3**	**C1**	**C2**	**C3**	**C1**	**C2**	**C3**
Tányérszám	9	94	20	21	78	16	10	98	34
Reflux arány	0,11	2,06	0,1	0,11	2,1	0,1	0,12	1,96	0,18
Betáplálás helye (tányérszám)	5	86	3	16	70	14	4	70	31
Fenéktermék móláram [kmol/h]	–	–	4,53	–	–	3,25	–	–	2,25
Fenéktermék etanol tartalma [mol%]	0,01	0,001	–	0,1	0,001	–	0,1	0,001	–

A modellezés során SVS-nél öt, CED-nél hat a többi esetben pedig hét különböző ponton keletkezik nagyobb mennyiségű és hőmérsékletű hulladékhő. A kialakulás módja alapján két különböző csoportba sorolhatjuk ezen hőmennyiségeket.

a. Magas hőmérsékletű folyadékok: a végtermékként kapott etanol[1], a C1 oszlop fenékterméke, illetve amennyiben a folyamat során nem kerül recirkulációra, úgy a C3 oszlop fejterméke.
b. Különböző berendezéseknél jelentkező hűtési igény: C1-es, C2-es és ha a kapcsolás részét képzi, akkor C3-as oszlop kondenzátora, illetve a szolvens recirkulációs ágában található hőcserélő.

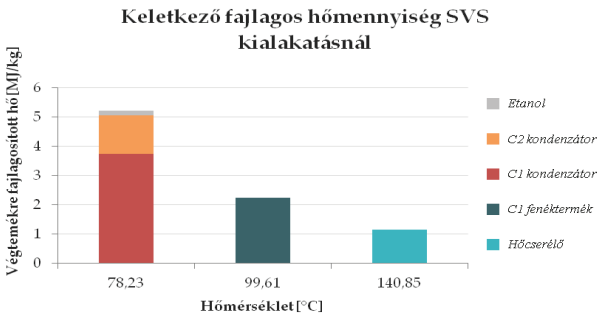
A különböző kialakításoknál az egyes pontokon keletkező hulladékhő fajlagos mennyiségeinek hőmérséklet függvényében való ábrázolása a 6-14. ábrákon látható. A diagramokon a közel azonos hőmérséklettel rendelkező, de különböző ponton keletkező hőmennyiségeket azonos oszlopban, de különböző színnel ábrázoltuk.

Az SVS kialakítás modellezése során 78,23 °C-on keletkezik a legnagyobb mennyiségű hulladékhő három különböző forrásból (etanol, C2 és C1 kondenzátor). Ezt követi a C1 oszlop fenékterméke, majd a hőcserélő, ahol a legmagasabb hőmérsékleten, de a legkisebb mennyiségben keletkezik hulladékhő.

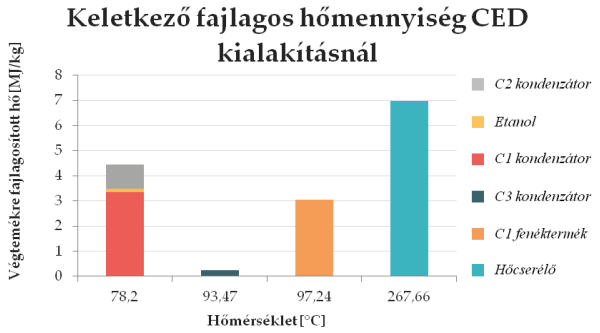
CED esetén jól látható, hogy a legmagasabb hőmérsékleten keletkezik a hulladékhő a legnagyobb mennyiségben. A második legnagyobb mennyiség 78,2 °C hőmérsékleten keletkezik három különböző forrásból.

CSS_I-nél a legnagyobb mennyiségű hulladékhő 78,23 °C hőmérsékleten, három különböző forrásból – C1-es és C2-es oszlopok kondenzátorában illetve etanol formájában – keletkezik. Ezt követi a 148,66 °C-os, a C3-as oszlop kondenzátorából és az itt leválasztott fejtermékéből származó érték. Azonban megfigyelhető, hogy a legmagasabb hőmérsékleten keletkező hulladékhő végtermékre fajlagosított hőmennyisége a legkisebb. CSS_II modellnél szintén a legalacsonyabb hőmérséklethez tartozik a legnagyobb mennyiségű hulladékhő. Ezt követi a 151,76 °C-on elérhető, C3 oszlop kondenzátorában illetve fejtermékeként keletkező mennyiség. Elmondható azonban, hogy a legmagasabb hőmérsékletű hulladékhő fajlagos hőmennyisége viszonylag alacsony. Az ábrázolt adatokat vizsgálva kijelenthető, hogy CSS_III kialakításnál, az eddigiekkel ellentétben a C3 oszlopban két ponton – kondenzátor és fejtermék – keletkezik a legnagyobb mennyiségű hulladékhő. Ezt követi a C1 és C2 oszlop kondenzátorából, illetve a végtermékként keletkező etanolból 78,23 °C-on kinyerhető érték. Ebben az esetben is a legmagasabb hőmérséklethez tartozó fajlagos hőmennyiség a legalacsonyabb. CSS_IV kialakítás esetén a különböző hőmérsékleteken keletkező fajlagos hőmennyiségek vizsgálatával megállapítható, hogy a C1-es oszlop fenéktermékeként kilépő víz esetén a legnagyobb a hulladékhő mennyisége. Ezt követi a közel azonos hőmérsékleten keletkező, etanolból és a C3-as oszlop kondenzátorából kinyerhető érték. Az előző CSS kialakításokhoz hasonlóan ebben az esetben is a legmagasabb hőmérsékleten keletkező hulladékhő fajlagos mennyisége a legkisebb.

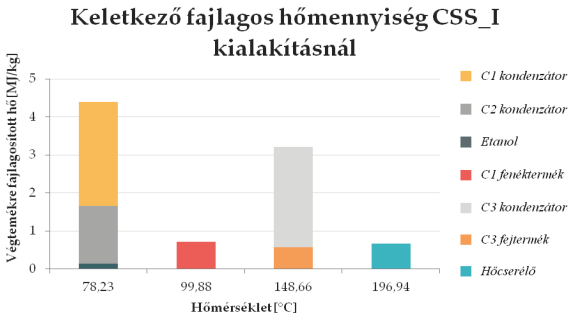
OSS_I modellnél a legalacsonyabb hőmérsékleten – három különböző forrásból – keletkezik a legnagyobb mennyiségű hulladékhő. OSS_II-nél a legnagyobb mennyiségű hulladékhő 129,84 °C-on a C3-as oszlopban két ponton – fejtermékként és a kondenzátorban – keletkezik. Az ábrázolt adatokat vizsgálva elmondható, hogy a legmagasabb hőmérséklethez tartozik a legalacsonyabb fajlagos hőmennyiség. Az OSS_III diagramját vizsgálva kijelenthető, hogy 159,33 °C hőmérsékleten, két különböző forrásból (C3 oszlop fejterméke és kondenzátora) keletkezik a legnagyobb mennyiségű hulladékhő. Ezt követi az etanolból származó, illetve a C1-es és C2-es oszlop kondenzátoránál keletkező 78,23 °C-os hulladékhő mennyiség. Az előző OSS kialakításokhoz hasonlóan ebben az esetben is a legmagasabb hőmérséklethez tartozik a legalacsonyabb fajlagos hőmennyiség érték.



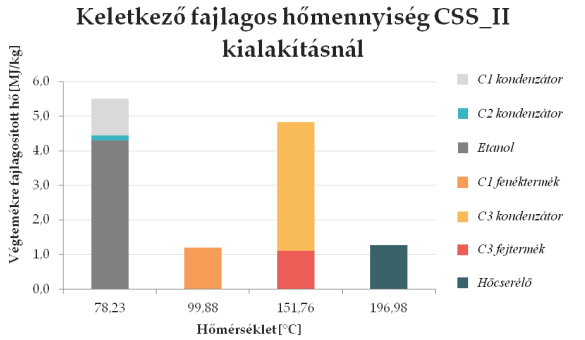
6. ábra. **SVS kialakításnál keletkező hulladékhő**



7. ábra. **CED kialakításnál keletkező hulladékhő**

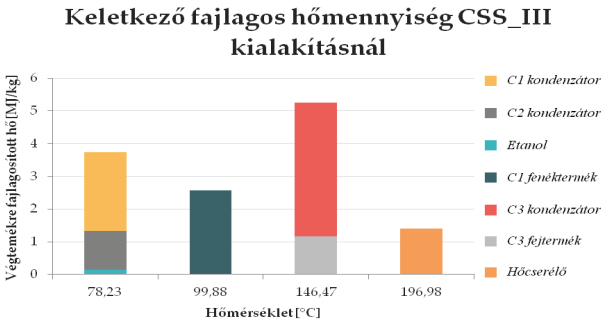


8. ábra. **CSS_I kialakításnál keletkező hulladékhő**

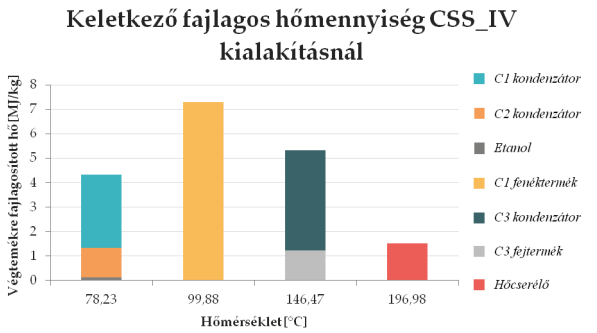


9. ábra. **CSS_II kialakításnál keletkező hulladékhő**

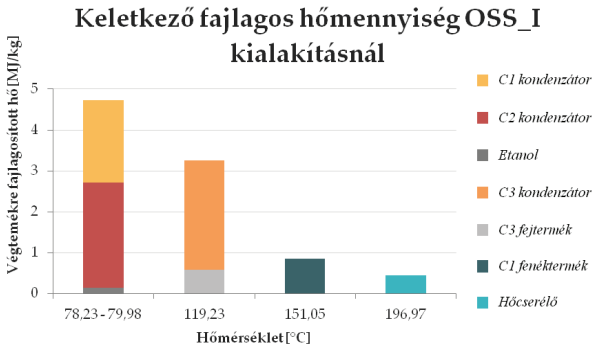
[1] Az etanol magas hőmérsékleten lép ki a desztillációs folyamatból és a további alkalmazás illetve tárolás érdekében nem elkerülhető a hűtése.



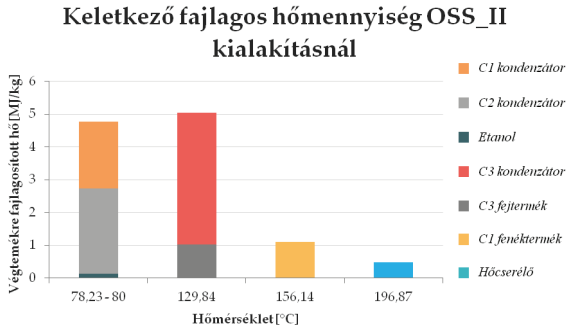
10. ábra. **CSS_III kialakításnál keletkező hulladékhő**



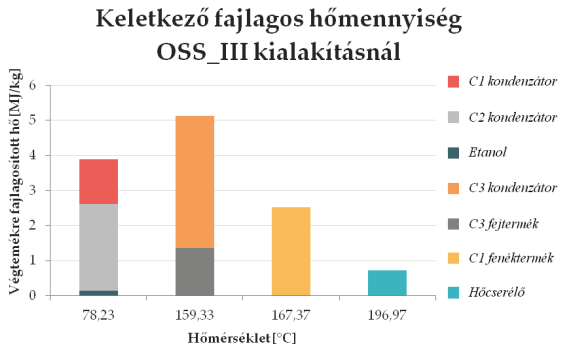
11. ábra. **CSS_IV kialakításnál keletkező hulladékhő**



12. ábra. **OSS_I kialakításnál keletkező hulladékhő**



13. ábra. **OSS_II kialakításnál keletkező hulladékhő**

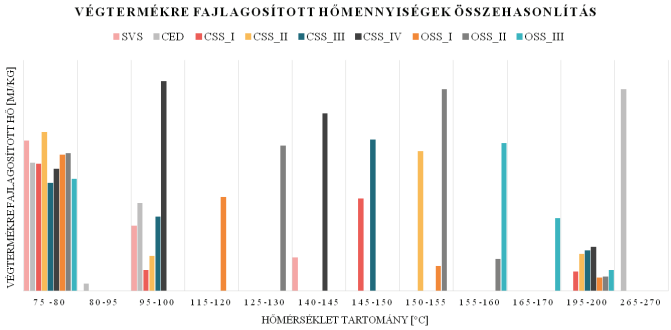


14. ábra. **OSS_III kialakításnál keletkező hulladékhő**

Konklúzió

A növekvő energiaigények és környezetszennyezés hatására kiemelt szerepűvé váltak az energiatermelő folyamatok hatékonyságát növelő fejlesztések, valamint az alternatív források, például a hulladékhő energiatermelésre való felhasználása. Ennek a potenciálnak a hatékony kiaknázása azonban szükségessé teszi a különböző eljárások és folyamatok során keletkező hulladékhő pontos feltérképezésére. Jelen cikkünkben a bioetanol előállítása során keletkező hulladékhő mennyiségét és minőségét vizsgáltuk. Az előállítási folyamat során a desztillációs lépésnél a legmeghatározóbb az energiafelhasználás, továbbá itt keletkezik a legnagyobb mennyiségű és hőmérsékletű hulladékhő. ChemCad programkörnyezetben végzett szimuláció során a desztillációs folyamatot kilenc különböző kialakítás, valamint eltérő paraméterválasztás mellett vizsgáltuk, melyek az SVS, a CED, a CSS_I-IV és az OSS_I-III voltak. A vizsgálat elsősorban arra irányult, hogy feltárjuk, mekkora a végtermékre fajlagosított hulladékhő mennyisége adott hőmérséklet tartományokban, az etanol szeparációja során.

A kapott adatokat elemezve megállapítható, hogy konfigurációtól függetlenül nagy mennyiségű hő keletkezik a 75-80 °C-os, és a 195-200 °C-os tartományban. A magasabb hőmérsékleti szinten jelentkező csoportosulás potenciálja azonban elmarad az alacsonyabb szinten mért mennyiségekétől (lásd 15. ábra). Szintén megfigyelhető, hogy a két tartomány között minden kialakításhoz tartozik legalább egy további kiugró fajlagos hőmennyiség érték. Bioetanol gyártásnál a hőhasznosító technológia minél hatékonyabb illesztéséhez szükség van a kapott eredmények figyelembe vételére.



15. ábra. **Végtermékre fajlagosított hőmennyiségek az összes kialakítás esetén**

Irodalomjegyzék

[1] Hussam Jouhara, Navid Khordehgah, Sulaiman Almahmoud, Bertrand Delpech, Amisha Chauhan, Savvas A. Tassou (2018): Waste heat recovery technologies and applications. Thermal Science and Engineering Progress 6 (2018) 268-289

[2] María Vázquez-Ojeda, Juan Gabriel Segovia-Hernández, Salvador Hernández, Arturo Hernández-Aguirre, Anton Alexandru Kiss (2013): Design and optimization of an ethanol dehydration process using stochastic methods. Separation and Purification Technol-ogy 105 (2013) 90-97

[3] Mingxin Guo, Weiping Song, Jeremy Buhain (2015): Bioenergy and biofuels: His-tory, status, and perspective. Renewable and Sustainable Energy Reviews 42 (2015) 712-725

[4] Kulman Katalin (2017): Magyarországi bioetanol helyzetkép. 59th Georgikon Scientific Conference, Eötvös Loránd Tudományegyetem

[5] Magyar Bioetanol Szövetség: Bioetanol, a jelen üzemanyaga: A hazai bioetanol gyár-tásról.

[6] Mario Daniel Ferrari, Mairan Guigou, Claudia Lareo (2013): Energy consumption evaluation of fuel bioethanol production from sweet potato. Bioresources Technology 136 (2013) 377-384

Tüzelőanyag cseppek párolgásának modellezése előkeveréses égőben: Konvektív hőátadás és hősugárzás hatásának vizsgálata

Csemány Dávid
okl. gépészmérnök, csemany@energia.bme.hu

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

A modern hőerőgépekben alkalmazott különféle korszerű folyékony tüzelőanyagok párolgási folyamatainak leírása ma is aktívan kutatott terület. Jelen cikk a tüzelési folyamatok egyik fontos paraméterének, a folyadékcseppek párolgási idejének meghatározására gyakorlati szempontból jól használható D^2-törvény alkalmazására fókuszál. Az alapmodell egyik gyakori egyszerűsítő feltétele, hogy a nyugalomban lévő csepp irányába az őt körülvevő forró közeg felől a hő vezetéssel jut el. A gyakorlatban széleskörűen alkalmazott előkeveréses égők esetében azonban intenzív a folyadékcseppek besugárzása a forró felületek és a láng irányából. Továbbá a cseppek és a porlasztólevegő között sebességkülönbség lép fel, így a konvektív hőátadás is előtérbe kerül. A cikkben e két utóbbi jelenség párolgási időre gyakorolt hatását mutatjuk be dízel, etanol és nyers repceolaj tüzelőanyagokra.

*

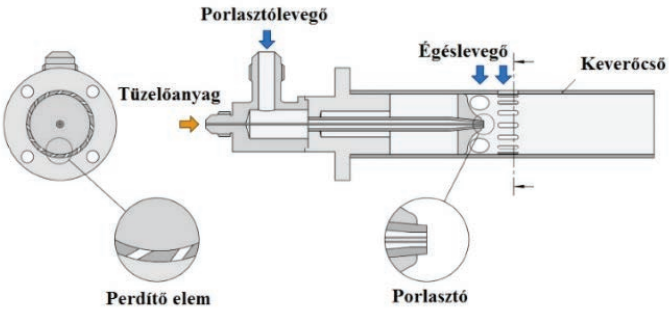
The evaporation of liquid fuels in modern heat engines is still an active research topic. This paper focuses on the D^2-law, an easy estimation method of the evaporation time of droplets, which is an important parameter in liquid fuel combustion. One of the main assumptions of the base model is that heat flows from the hot medium to the static droplet only by thermal conduction. However, radiative heat transfer from the flame and hot surfaces to droplets is significant in the widely applied lean premixed prevaporized burners. Furthermore, the relative velocity of the droplets facilitate convection. The implementation of these phenomena and their influence on evaporation time of diesel, ethanol and crude rapeseed oil droplets are discussed in this paper.

* * *

Folyékony tüzelőanyagokat előszeretettel alkalmaznak mind az energetikában, mind pedig a közlekedésben. Magas energiasűrűségük miatt olyan területeken, ahol kulcsfontosságú az alacsony tömeg, ott szinte egyeduralkodónak számítanak, tipikusan ilyen a repülőipar. Ezen tüzelőanyagok jellemzően fosszilis alapúak, azonban az utóbbi évtizedekben intenzív kutatások folytak és jelenleg is folynak a megújuló forrásból származó folyékony tüzelőanyagok alkalmazásával kapcsolatosan[1–3].

Ahhoz, hogy folyékony tüzelőanyagot el tudjunk égetni, el kell párologtatni, mivel az égés csak gőz fázisban megy végbe. Ehhez először a tüzelőanyag porlasztására van szükség, hogy a több nagyságrenddel megnövelt fajlagos felület következtében a párolgás minél hamarabb végbe menjen [4]. A porlasztást követően a folyadékcseppek ideális esetben elpárolognak és homogén keveréket képeznek az égéslevegővel. A párolgáshoz szükséges hő érkezhet a cseppet körülvevő forró közegből hővezetés útján, de szerepet kaphat a konvektív hőátadás, illetve a hősugárzás is, melynek egy tipikus forrása lehet maga a láng. Amennyiben az említett részfolyamatok közül valamelyik nem megfelelő, úgy lángstabilitási problémák léphetnek fel, növekedhet a károsanyag kibocsátás, illetve károsodhat a berendezés [5].

Jelen vizsgálat során a tüzelőanyagcseppek párolgási folyamatát egy előkeverés égőben vizsgáljuk, ahol a tüzelőanyag pára a levegővel megfelelő keveréket képez, mielőtt eléri a lángfrontot. A vizsgált konstrukció az 1. ábrán látható.



1. ábra. **A vizsgált előkeveréses égő geometriája**

A tüzelőanyag bevezetése a keverőcsőbe egy 0,4 mm átmérőjű csövön keresztül történik, mely a tengelyvonal mentén helyezkedik el. A porlasztás levegő segédközeggel valósul meg, mely egy 0,8 mm belső és 1,4 mm külső átmérőjű gyűrűs keresztmetszeten lép a keverőcsőbe. Az égéslevegő négy darab furaton, valamint tizenöt darab 45°-os vágaton keresztül jut a keverőcsőbe, sebessége a porlasztólevegő sebességéhez képest gyakorlatilag elhanyagolható.

A porlasztólevegő gyűrű alapú szabadsugár-áramlásként modellezhető, ahol az axiális sebesség a kezdeti állandó szakasz után hiperbolikus jelleggel csökken. Az áramló levegő a cseppeket magával ragadja, így a cseppek a keverőcső vége felé haladnak. A nagyobb méretű cseppek a tehetetlenségükből fakadóan nem tudják követni a lassuló áramló közeg sebességét, így fellép a túllövés (overshooting) jelensége, így a csepp az áramló közegnél gyorsabban is mozoghat [6]. Esetünkben egy csepp tartózkodási ideje az az időtartam, amíg megtesz egy keverőcsőhossznyi utat. Ennyi idő alatt kell bekövetkeznie a teljes elpárolgásnak. Mivel a sebessége eltér az áramló levegő sebességétől, ezért a konvektív hatások szerepet kapnak, ezzel a párolgás fokozódik. A keverőcső fala jellemzően magas, nagyságrendileg 1000 K hőmérsékletű, vagyis intenzív hősugárzás érkezik az irányából a csepp felé. Továbbá a keverőcső kilépő keresztmetszeténél lévő lángfront is visszasugároz a folyadékcseppekre, melyből az egyenértékű feketeségi foknak megfelelő részarányt nyelnek el [7].

Amennyiben ismert a folyadékcsepp párolgási ideje és keverőcsőben való tartózkodási ideje, úgy meghatározható a párolgási szám, mely a kettő hányadosa. Abban az esetben, amikor értéke egy alatti, úgy a folyadékcsepp teljes elpárolgása bekövetkezik a tartózkodási idő alatt, vagyis mielőtt eléri a lángfrontot. Ez a viselkedés a kívánatos az alacsony károsanyag kibocsátás érdekében.

A párolgási modell bemutatása

A párolgás folyamatával [8] részletesen foglalkozik, a következőkben a modell megértése szempontjából leglényegesebb összefüggések közlése következik. Az alkalmazott D^2-törvény a csepp pillanatnyi átmérőjének négyzete és az eltelt idő között lineáris összefüggést fogalmaz meg. A csepp felé a hő vezetéssel jut el. A párolgási folyamat két szakaszra bontható. A felfűtési időszak alatt a cseppel közölt hő túlnyomó része a csepp felmelegítésére fordítódik, a párolgás kevésbé intenzív, de itt is jelen van. A felfűtési időszak végét az egyenletes párolgási hőmérséklet elérése jelenti, ekkorra már a párolgási folyamatok kezdenek dominálni, a hőmérséklet további növekedése csekély, az érkező hőáram a párolgásra fordítódik.

$$D_{\mathrm{o}}^2 - D_{\mathrm{hu,e}}^2 = \lambda_{\mathrm{hu}} t_{\mathrm{hu}}, \tag{1}$$

$$D_{\mathrm{hu,e}}^2 = \lambda_{\mathrm{st}} t_{\mathrm{st}}, \tag{2}$$

ahol *D, λ,* valamint *t* a cseppátmérő, a párolgási konstans, illetve az idő, 0 és *e* indexek a kezdeti, valamint a szakasz véget jelölik, *hu* és *st* indexek pedig a felfűtésre, illetve az egyenletes párolgásra vonatkoznak. A párolgási konstans a (3)-as egyenlettel írható le.

$$\lambda = \frac{8\,\mathrm{kg}\ln(1+\mathrm{B_M})}{c_{p,g}\rho_f}, \tag{3}$$

ahol *k*, c_p, és *ρ* a hővezetési tényező, fajhő, illetve sűrűség, *g* és *f* indexek a tüzelőanyag gőz-levegő keverékre, valamint a folyadék állapotra vonatkoznak, B_M pedig a tömegátadásra jellemző Spalding-szám, dimenziótlan hasonlósági szám.

$$B_M = \frac{Y_{f,s}}{1-Y_{f,s}} \tag{4}$$

$$B_T = \frac{c_{p,g}(T_\infty - T_s)}{L} \tag{5}$$

B_T szintén dimenziótlan, a hőátadásra jellemző hasonlósági szám. $Y_{f,S}$ a tüzelőanyag-áram részaránya a csepp felületén T_∞ a csepp körüli keverék hőmérséklete, mely tartalmazhat égéslevegőt, tüzelőanyag párát, valamint égéstermékeket is. T_S a csepp felszínének átlaghőmérséklete, L pedig a tüzelőanyag párolgáshője. Az egyenletes párolgási szakaszban a két dimenziótlan mennyiség egyenlő, azaz:

$$B_M = B_T. \tag{6}$$

A folyadékcsepp felfűtéséhez szükséges idő a (7)-es összefüggés alapján határozható meg:

$$t_{hu} = \frac{c_{p,f}\cdot\rho_f\cdot c_{p,g}\cdot D_{hu}^2\left(T_{s,st}-T_{s,o}\right)}{12\cdot\mathrm{kg}\cdot\ln(1+B_M)L\left(\frac{B_T}{B_M}-1\right)}, \tag{7}$$

ahol D_{hu} a felfűtési időszakra jellemző átlagos cseppátmérő. A csepp teljes élettartama a felfűtési idő és az egyenletes párolgás idejének összege:

$$t_e = t_{hu} + t_{st} \tag{8}$$

A sugárzásos hőáram modellbe történő implementálásához a következőkben ismertetett megfontolások szükségesek. A csepp felé a hőáram vezetéssel érkezik. Egy adott i-edik sugárzó felületről a sugárzásos hőáram nagysága a (9)-es egyenlet szerint számolható:

$$\dot{Q}_{rad,i} = \sigma\cdot\varepsilon_i\cdot\varphi_i\cdot D_{hu}^2\cdot\pi\cdot\left(T_i^4 - T_{s,hu}^4\right), \tag{9}$$

ahol *σ* a Stefan-Boltzmann állandó, *ε* az emissziós tényező, *φ* a geometriafüggő iránytényező *T* pedig a hősugárzást kibocsátó objektum hőmérséklete. A sugárzásos hőáram és a vezetéssel érkező hőáram összegeként felírható a csepp felé érkező teljes hőáram [8,9]:

$$\dot{Q}_{tot} = \rho_f\cdot\frac{D^3\pi}{6}c_{p,f}\frac{dT_s}{dt} = \tag{10}$$

$$= 2\cdot\pi\cdot D_{hu}\cdot\mathrm{kg}\cdot\ln(1+B_M)\cdot\left(\frac{T_{eff}-T_{s,hu}}{B_M}-\frac{L}{c_{p,g}}\right),$$

ahol T_{eff} az effektív hőmérséklet. Az effektív hőmérséklet a sugárzás hatását figyelembe vevő környezeti hőmérséklet. Hősugárzás nélküli esetben az effektív hőmérséklet megegyezik a cseppet körülvevő forró közeg hőmérsékletével, azaz T_∞-nel.

A konvektív hőátadás figyelembevételéhez ismerni kell a csepp és a körülötte áramló nagysebességű porlasztólevegő közötti sebességkülönbséget. A porlasztó után kialakuló permet áramlása gyűrű alapú szabadsugárként modellezhető. A porlasztólevegő kiömlése adiabatikus expanziónak tekinthető, így az alkalmazott porlasztónyomás meghatározza a kiömlő levegő tömegáramát és a szabadsugár kezdősebességét [5]. A szabadsugár x irányú hosszmenti sebességlefutása a (11)-es összefüggéssel határozható meg [10].

$$w_a(x) = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_a+\dot{m}_f}\cdot\frac{6\cdot d_e\cdot w_{a,o}}{x} \tag{11}$$

ahol $\dot{m}_a$ a porlasztólevegő tömegárama, $\dot{m}_f$ a tüzelőanyag tömegárama, d_e a porlasztó kilépő keresztmetszetének egyenértékű hidraulikai átmérője, $w_{a,o}$ a porlasztólevegő kezdősebessége a porlasztó ajaknál. A sebességlefutás tömegáramokkal történő korrekciója az impulzusmegmaradás következménye, mivel nem tisztán levegő, hanem levegő és tüzelőanyag keveréke áramlik. A beporlasztott folyadékcsepp gyorsulását a (12)-es egyenlet írja le.

$$\frac{dw_D}{dt} = c_d\cdot\frac{3}{D}\cdot\frac{\rho g}{\rho f}\cdot w_r^2, \tag{12}$$

ahol w_D a csepp pillanatnyi sebessége, c_D a gömbszimmetrikus csepp ellenállás-tényezője, w_r pedig a levegő és a csepp közötti relatív sebesség. Feltételezzük, hogy a csepp a keverőcső középvonalán halad. Az ellenállás-tényező értéke függ a Reynolds-számtól [11], melynek meghatározása a (14)-es összefüggéssel történik:

$$\mathrm{Re} = \frac{w_r\cdot\rho_g\cdot D}{\mu_g}, \tag{14}$$

ahol μ_g a tüzelőanyag-levegő keverék dinamikai viszkozitása. A (12)-es egyenlet megoldásával meghatározható a csepp keverőcsőben való tartózkodási ideje, amely tehát az az időtartam, amíg a csepp megtesz egy keverőcsőhossznyi utat. A relatív sebesség ismeretében a párolgási konstansok értéke korrigálható a konvektív hőátadás figyelembevételéhez:

$$\lambda_{konv} = \lambda\left[1+0{,}3\sqrt{Re}\cdot Pr_g^{0,33}\right], \qquad (15)$$

ahol *Pr* a Prandtl-szám. A párolgási idő és a tartózkodási idő ismeretében bevezethető a párolgási szám, mely tehát egy dimenziótlan mennyiség:

$$Ev = \frac{t_e}{t_{tart}}, \qquad (16)$$

ahol t_{tart} a tartózkodási idő. Amennyiben tehát a párolgási szám értéke egy alatti, úgy a folyadékcsepp elpárolgása bekövetkezik a keverőcsőben való tartózkodás ideje alatt.

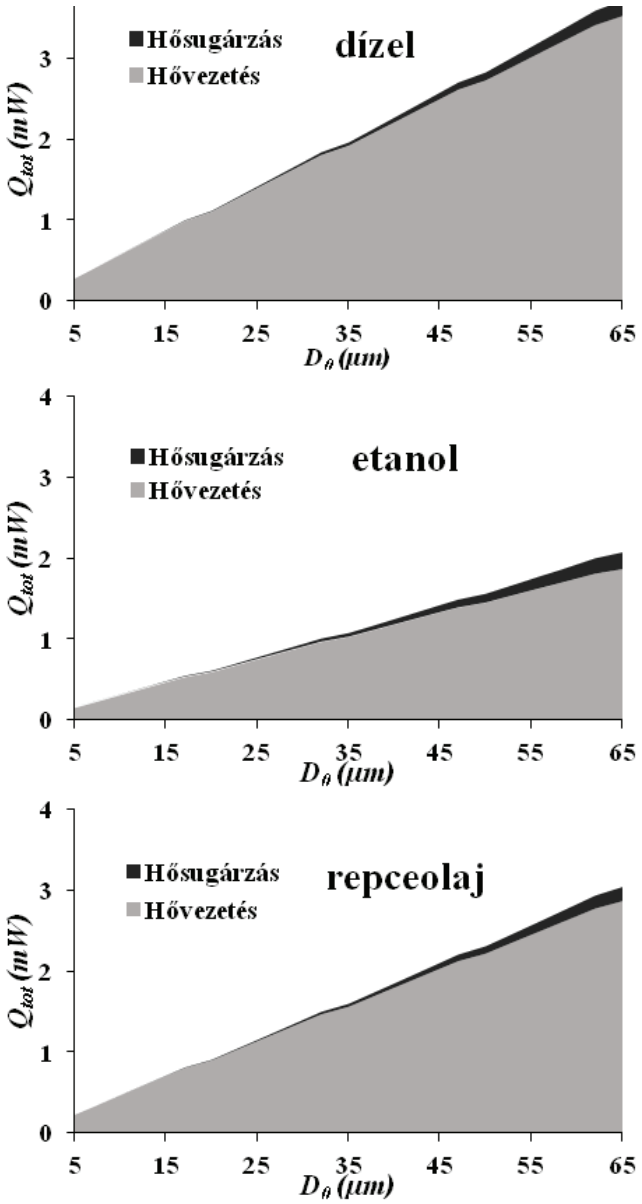
Az eredmények bemutatása

A modell validációját [12] alapján egy korábbi cikkünk tartalmazza [13]. A 2. ábrán a hősugárzásból, illetve hővezetésből származó hőáram megoszlása látható három különböző tüzelőanyag esetére. Megfigyelhető, hogy a kezdeti cseppméret növekedésével a teljes hőáram növekszik a nagyobb felület következtében. A sugárzásos hőáram jellemzően csak a nagyobb mérettartományban játszik szerepet. Kis cseppeknél a hatás elenyésző a kis cseppfelület miatt. A sugárzásos hőáram hozzájárulása a teljes hőáramhoz a különböző tüzelőanyagok esetében hasonló, tehát a jelenséget döntően a hősugárzást kibocsátó objektumra vonatkozó peremfeltételek befolyásolják. Ezzel ellentétben a hővezetés esetében a hőáramokat tekintve a három tüzelőanyag közötti különbség már jelentősebb az eltérő anyagjellemzők miatt. A cseppet körülvevő tüzelőanyag gőz és levegő keverékének hővezetési tényezője, fajhője és a tüzelőanyag párolgáshője mind meghatározó a vezetéses hőáram szempontjából.

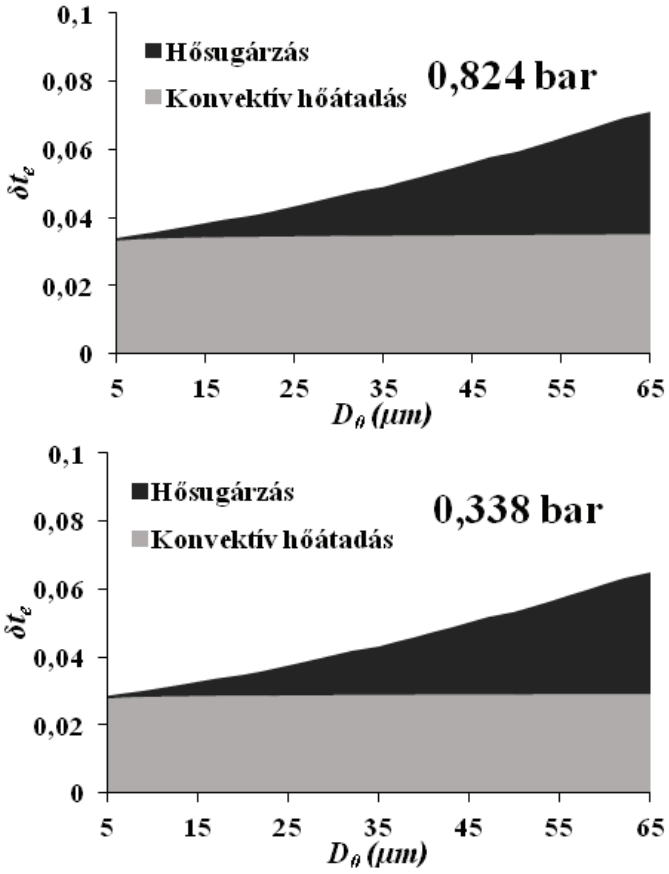
A modell továbbfejlesztésének célja a cseppek párolgási idejének pontosabb meghatározása a hősugárzás és a konvektív hőátadás figyelembevételével. Ennek megfelelően elemeztük, hogy az egyes hatások külön-külön, illetve együttesen mekkora mértékben csökkentik a tüzelőanyag csepp párolgási idejét. A relatív eltérés a (17)-es összefüggéssel számolható:

$$\delta t_{e,i} = \frac{t_{e,hővezetés,i} - t_{e,i}}{t_{e,hővezetés,i}} \qquad (17)$$

ahol $t_{e,hővezetés,i}$ az adott átmérőjű csepp párolgási ideje adott porlasztónyomás mellett kizárólag vezetéses hőáram jelenlétében, $t_{e,i}$ pedig az adott csepp párolgási ideje adott porlasztónyomás mellett az új hatások külön-külön történő, valamint együttes figyelembevételével. Ennek az elemzésnek az eredményeit szemlélteti a 3. ábra repceolaj tüzelőanyagra két különböző porlasztónyomásra. Megjegyzendő, hogy jellegében hasonló tendenciát mutat a dízel, valamint az etanol tüzelőanyag cseppek viselkedése is a vizsgált égő konstrukcióra.



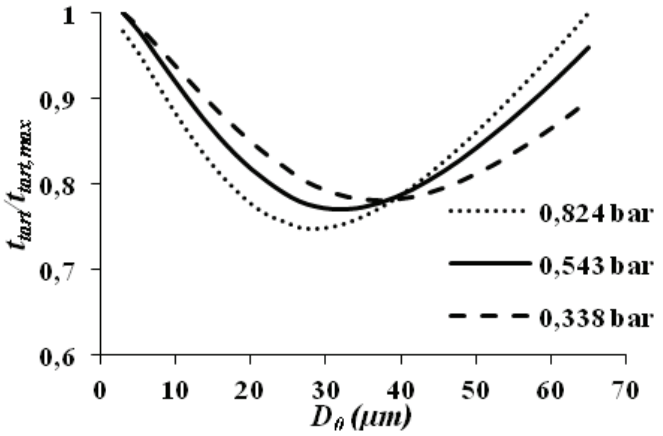
2. ábra. **Hősugárzás és hővezetés megoszlása a cseppméret függvényében dízel, etanol és repceolaj esetén**



3. ábra. **A párolgási idő csökkenésének mértéke repceolaj tüzelőanyag esetében**

A 2. ábra kapcsán láthattuk, hogy a kezdeti cseppméret növekedésével a sugárzásos hőáram értéke növekszik a nagyobb felület következtében. Ebből következik, hogy a párolgási idő csökkenése a hősugárzás hatására a cseppméret növekedésével szintén jelentősebb. A jelenséget a porlasztónyomás értéke nem befolyásolja. Ami a konvektív hőátadást illeti, látható, hogy a vizsgált cseppméret-tartományban a párolgási idő csökkenésének mértéke gyakorlatilag független a kezdeti cseppmérettől. A porlasztónyomás azonban befolyásoló tényező, mivel döntően meghatározza a porlasztó után kialakuló szabadsugár-áramlás sebességmezőjét, ennek következtében a cseppek és az őket körülvevő közeg közötti relatív sebesség alakulását, így a konvektív hőátadás mértékét. Nagyobb porlasztónyomás esetén a porlasztóközeg áramlása nagyobb sebességű. A cseppek kezdősebessége közel zérus, így a relatív sebesség szintén nagyobb, ezzel a párolgás fokozottabb mértékű. Érdemes azonban megjegyezni, hogy bár a konvekció és a hősugárzás jogosan merül fel tüzelés esetében, viszont a vezetéses átadási folyamatok egyértelműen dominálnak egy megfelelően finom cseppeloszlású permetnél, mely a valós eseteket jellemzi. Mivel az anyagjellemzők bizonytalansága eleve hatással van a párolgási időre [13], így a konvekció és a hősugárzás elhanyagolása nem feltétlenül okoz számottevő hibát.

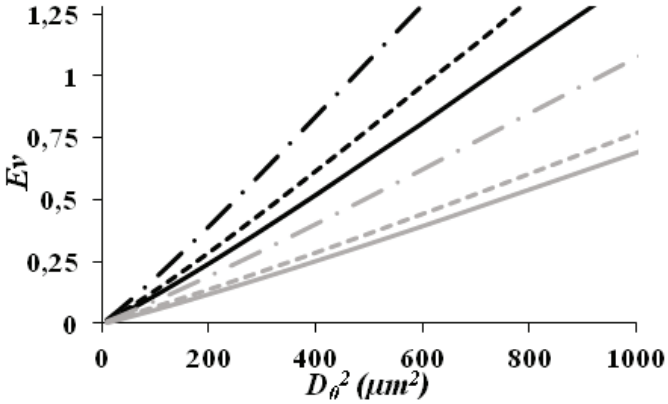
A porlasztó utáni keverőcsőben kialakuló sebességmező a konvektív hőátadáson kívül a cseppek tartózkodási idejére is hatással van. A korábban említett túllövés jelenségének következtében azonban a nagyobb cseppméret nem feltétlenül jelent nagyobb tartózkodási időt. A különböző méretű beporlasztott repceolaj cseppek adott nyomáshoz tartozó maximális tartózkodási idejével dimenziótlanított tartózkodási idejének alakulását mutatja a 4. ábra három különböző porlasztónyomás esetére.



4. ábra. **Repceolaj cseppek dimenziótlan tartózkodási ideje**

Látható, hogy a görbe minimummal rendelkezik, vagyis adott porlasztónyomáson a tartózkodási idő a kezdeti cseppméret növelésével csökken, majd ismét növekszik. A kisméretű cseppek kisebb tehetetlenségükből fakadóan hamarabb felgyorsulnak az áramlás sebességére, és a szabadsugár csökkenő sebességét is követni tudják, így kevésbé jelentős a túllövés. A közepes mérettartományban a cseppek már nehezebben gyorsulnak fel az áramlás sebességére, illetve a szabadsugár sebességének csökkenését is nehezebben követik le, a nagyobb túllövés kisebb tartózkodási időt eredményez. A nagyméretű cseppek eleve nagyon lassan érik el az áramlás sebességét, ekkor már maga a szabadsugár is lassabb, sebességgradiense kisebb, a túllövés nem számottevő, ezért a tartózkodási idő nagyobb.

A párolgási idő és a tartózkodási idő ismeretében meghatározható a párolgási szám. A 4. ábrán láthattuk, hogy a tartózkodási idő a kezdeti cseppméret függvényében nem monoton. A párolgási idő azonban szigorúan monoton a kezdeti cseppméret függvényében, nagyobb méretű csepp elpárolgásához számottevően több időre van szükség. A párolgási számot tekintve ez utóbbi hatás dominál, így a hányados szigorúan monoton növekszik a cseppátmérővel. Az 5. ábra a párolgási szám alakulását szemlélteti a kezdeti cseppátmérő négyzetének függvényében két különböző porlasztónyomás esetében dízel, etanol és repceolaj tüzelőanyagokra.



5. ábra. **Párolgási szám és kezdeti cseppátmérő kapcsolata. A fekete a 0,824 bar, a szürke a 0,338 bar porlasztónyomást jelöli. A folytonos vonal a dízelre, a szaggatott vonal az etanolra, a pontvonal a repceolajra vonatkozik.**

A párolgási szám értékének alakulásából látható, hogy adott kezdeti cseppátmérőnél a repceolaj esetén a legnagyobb a párolgási szám, vagyis a rendelkezésre álló tartózkodási idő alatt a repceolaj párolgási ideje a legnagyobb az adott porlasztónyomás mellett. Ez összhangban van a repceolajra vonatkozó tüzeléses mérések eredményeivel [14]. A porlasztónyomás növelése növeli a párolgási számot, mivel csökken a cseppek tartózkodási ideje.

Összefoglalás

A hősugárzás és konvektív hőátadás párolgási modellbe történő implementálásának célja az volt, hogy a tüzelőanyag cseppek párolgási idejére minél pontosabb értéket tudjunk mondani, továbbá ezen mechanizmusok párolgási időre gyakorolt hatásának mértékét értékelni lehessen. A megfelelő mérlegegyenletek és összefüggések módosítása mellett a folyadékcseppek sebességének időbeli alakulását is meg kellett határozni a porlasztó után kialakuló áramlás sebességlefutásának ismeretében. Mindezeket figyelembe véve konklúzióként az alábbi megállapítások tehetők:

1. A hősugárzás hozzájárulása a teljes hőáramhoz nagy kezdeti cseppátmérő esetében jelentősebb. Mivel egy valós porlasztási folyamat során a cseppek méretbeli eloszlása inhomogén, azaz vannak kisebb, illetve nagyobb cseppek, a hősugárzás enyhe homogenizáló hatást fejt ki a teljes permetre vonatkozóan a párolgási idő szempontjából.
2. Mivel nagyobb cseppméret esetében jelentősebb a hősugárzás, így a párolgási idő csökkenésének mértéke is nagyobb a cseppméret növelésével. A jelenséget a porlasztónyomás nem befolyásolja.

3. A konvektív hőátadásból fakadó párolgási idő csökkenés mértéke a kezdeti cseppátmérőtől gyakorlatilag nem függ, azonban a keverőcsőben kialakuló sebességmezőt befolyásoló porlasztónyomás meghatározó paraméter. A porlasztónyomás növelésével a konvektív hatások felerősödnek.
4. Megfelelően finom permet, azaz kis cseppátmérők esetén a hővezetéses átadási folyamatok dominálnak, így a hősugárzás és konvektív hőátadás elhanyagolása nem okoz számottevő hibát a párolgási idő tekintetében.
5. A tartózkodási idő a kezdeti cseppátmérő függvényében minimummal rendelkezik, ez a túllövés jelenségre vezethető vissza. Mivel azonban a párolgási idő a kezdeti cseppátmérő szigorúan monoton függvénye, ezért a párolgási szám a cseppátmérővel növekszik. A vizsgált tüzelőanyagok közül a repceolaj esetében a legnagyobb a párolgási szám értéke adott porlasztónyomás és kezdeti cseppátmérő mellett, vagyis a rendelkezésre álló tartózkodási idő mellett a repceolaj párolgási folyamata a leglassabb.

Köszönetnyilvánítás

Jelen cikket az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-17-2-I kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programja, a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, illetve az 124704 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, az OTKA-FK pályázati program finanszírozásaiban valósult meg.

Irodalomjegyzék

[1] L. G. Anderson, Effects of using renewable fuels on vehicle emissions, Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 47, no. Supplement C, pp. 162–172, 2015.
[2] A. Gómez-De la Cruz, A. G. Romero-Izquierdo, C. Gutiérrez-Antonio, F. I. Gómez-Castro, és S. Hernández, Modelling of the hydrotreating process to produce renewable aviation fuel from micro-algae oil, 27 European Symposium on Computer Aided Process Engineering, vol. 40, no. Supplement C, pp. 655–660, 2017.
[3] M. Buffi, A. Valera-Medina, R. Marsh, D. Pugh, A. Giles, J. Runyon, és D. Chiaramonti, Emissions characterization tests for hydrotreated renewable jet fuel from used cooking oil and its blends, Appl. Energy, vol. 201, no. Supplement C, pp. 84–93, 2017.
[4] A. Penninger, Tüzeléstechnika. Budapest: BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék, 2014.
[5] V. Józsa, D. Csemány, Evaporation of renewable fuels in a lean premixed prevaporized burner, Period. Polytech. Mech. Eng., vol. 60, no. 2, 2016.
[6] J. C. Lasheras, E. Villermaux, és E. J. Hopfinger, Break-up and atomization of a round water jet by a high-speed annular air jet, J. Fluid Mech., vol. 357, pp. 351–379, 1998.
[7] L. Dombrovsky, S. Sazhin, Absorption of thermal radiation in a semi-transparent spherical droplet: a simplified model, Int. J. Heat Fluid Flow, vol. 24, no. 6, pp. 919–927, 2003.
[8] A. H. Lefebvre, Atomization and Sprays. New York: Hemisphere Publishing Corpotaion, 1989.
[9] B. Abramzon, S. Sazhin, Droplet vaporization model in the presence of thermal radiation, Int. J. Heat Mass Transf., vol. 48, no. 9, pp. 1868–1873, 2005.
[10] L. Zawadzki, J. Cichoń, J. Jarzębowski, és H. Kapusta, Determination of the Air Velocity in the Free Stream Flowing Out of a Cylindrical and Two-Gap Skewed Jet (Dual Slot Die), FIBRES Text. East. Eur. 2010, vol. 18, no. 5 (82), pp. 39–43, 2010.
[11] A. Haider, O. Levenspiel, Drag coefficient and terminal velocity of spherical and nonspherical particles, Powder Technol., vol. 58, no. 1, pp. 63–70, 1989.
[12] S. S. Sazhin, T. Kristyadi, W. A. Abdelghaffar, és M. R. Heikal, Models for fuel droplet heating and evaporation: Comparative analysis, Fuel, vol. 85, no. 12, pp. 1613–1630, 2006.
[13] D. Csemány, V. Józsa, Fuel Evaporation in an Atmospheric Premixed Burner: Sensitivity Analysis and Spray Vaporization, Processes , vol. 5, no. 4. 2017.
[14] V. Józsa, A. Kun-Balog, Stability and emission analysis of crude rapeseed oil combustion, Fuel Process. Technol., vol. 156, pp. 204–210, 2017.

ETE HÍREK

Szakosztály munka

Európa gázellátásának egyik fontos forrása az Ukrajnán keresztül érkező orosz gáz. Az elmúlt évben többször elhangzott orosz politikusoktól és gázipari csúcsvezetőktől, hogy 2019-ben elzárják a Testvériség gázvezetéket, s a gázt a most épülő, Balti tengeri Északi Áramlat 2 vezetéken fogják leszállítani. Ez a hír nyugtalanságot keltett régiónk országaiban, ezért az *ETE Stratégiai és Szabályozási Szakosztálya a Gáz Szakosztállyal* együttműködve úgy döntött, hogy vita-délutánt szervez

„Régiónk gázellátása – honnan lesz gázunk, ha leáll az ukrán tranzit vezeték?”

címmel. A témakör nagy érdeklődést váltott ki, 45 fő jelent meg az ülésen. A vita levezetője és a megnyitó előadás megtartója Molnár László volt, őt követte Deák András, MTA: Újra növekedésben az orosz gázexport – trendek, kockázatok, korlátok és közép-európai következményeik, Zarándy Tamás, Századvég: A közép-európai országok gázellátása különféle szállítási lehetőségek esetén, Miklós László, FGSZ: Mitől függ földgázellátásunk biztonsága? továbbá Csallóközi Zoltán felkért hozzászóló. A részletes és magas színvonalú előadásokat vita követte, számos előadással.

Az előadások és a hozzászólások alapján számítani lehet az orosz szállító józanságára (erősen függenek a gázexporttól), továbbá számos vezeték és LNG terminál épül, melyek erősen elősegítik az ellátásbiztonságot. A Századvég kutatása és forgatókönyvei pontosan megfogalmazzák, hogy nálunk és szomszédainknál milyen feltételekkel milyen szintű ellátásbiztonságot lehet elérni. Fontos szerepet játszanak a biztonságban a gáztározók és az interkonnektorok is. Várhatóan hazánk gázellátása a jövőben is biztonságos lesz.

Dr. Molnár László

Nemzeti villamosenergia-rendszerek – skandináv módra Dánia – 2. rész

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

Az európai földrész villamosenergia-ellátásának egyik sajátos alrendszere a skandináv országok – Dánia, Norvégia, Svédország és Finnország – villamosenergia-rendszer egyesülése, a Nordic.

*

One of the particular subsystems of supplying electricity on the European continent is the Nordic – union of the national electricity systems of the Scandinavian countries (Denmark, Norway, Sweden and Finnland).

* * *

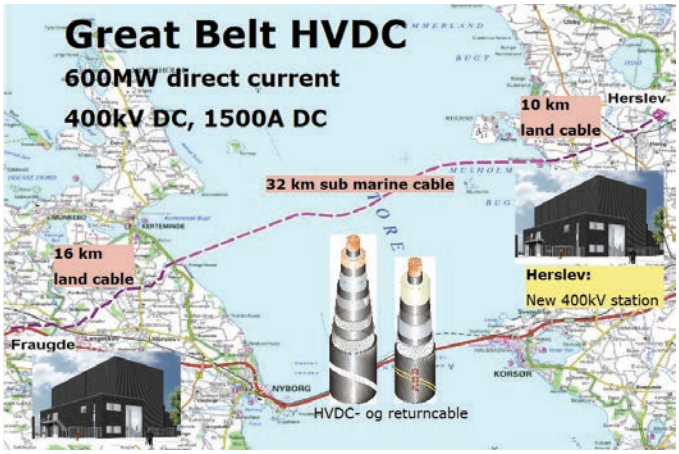
A cikk 1. részét az Energiagazdálkodás 2018/5 számában tettük közzé.

Nyugat-Dánia meglévő nemzetközi összeköttetései [9]:

- Németországgal: 4 db 400 kV-os szabadvezeték, 2500 MW kapacitással, Kassø (DK) és Audorf (D) között, **2.**
- Norvégiával: Skagerrak 1-2, -3, -4, 250, 350 és 400 kV-os, 1700 MW össz-kapacitású, szabadvezetéki és tenger alatti kábeles HVDC összeköttetés, Tjele (DK) és Kristiansand (N) között, **3.**
- Svédországgal: Konti-Skan 285 kV-os, 740 MW-os HVDC összeköttetés [Vester Hassing (DK)–Lindome (S)], **4.**

Kelet-Dánia meglévő nemzetközi összeköttetései:

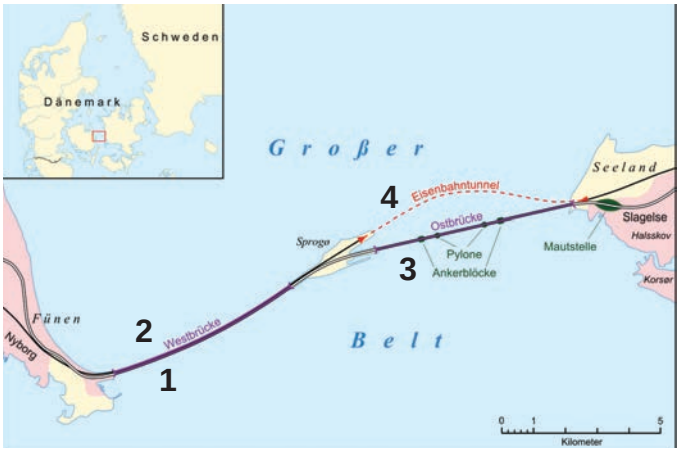
- Svédországgal: Gørløse (DK)–Söderasen I-II. 400 kV-os, 1700 MW-os, HVAC összeköttetés **5.**
- Németországgal: Kontek, 400 kV-os, 600 MW-os, HVDC összeköttetés **6.**



27. ábra. **A Nagy Belt (Storebælt) HVDC összeköttetés [10]**

A Storebælt HVDC összeköttetés a Fyn/Fünen szigeti Fraugde és a Sjælland/Zealand szigeti Herslev között az egyik összekötő kapocs a kontinentális Európa és a skandináv országok Nordic aszinkron villamosenergiarendszer-egyesülései között. A 400 kV egyenfeszültségű, 600 MW-os monopoláris összeköttetés elemei: Fraugde konverter alállomás – 16 km földkábel – 32 km tenger alatti kábel – 10 km földkábel – Herslev konverter alállomás + 32 km tenger alatti kábeles visszavezetés (27. ábra) [10].

Régi tervet valósítottak meg 1997-98-ra, amikor az országot kettéosztó forgalmas, 60 km hosszú, 16-30 km széles Nagy-Belt tengerszorosban átadták a nyugati Fyn/Fünen szigeti Nyborg és a keleti Sjælland/Zeeland szigeti Halsskov közötti Storebælt vasúti és közúti összeköttetést (28. ábra) [11].



28. ábra. **A Nagy Belt vasúti és közúti összeköttetés [11]**

A Nagy Belt összeköttetés részei (28-29. ábra) [11]:

1. 6611 m hosszú, 18 m víz feletti magasságú, 62 pilléres, 2×2 sávos + leálló sávos közúti (autópálya) híd, az ún. **Nyugati híd,** Nyborg város és Sprogø sziget között.

2. A közúttival megegyező szerkezetű, azzal párhuzamos, de különálló, kétvágányú **Nyugati vasúti híd,** 25 kV, 50 Hz-es villamosítással.

3. 6790 m hosszú, 2×2 sávos + leálló sávos közúti (autópálya) híd, Sprogø sziget és Halsskov város között, az ún. **Keleti híd.** Szakaszai: A központi elem a két 254 m magas pilon közötti 1624 m-es köz és a tartóköteleket feszítő 1-1 vasbeton kihorgonyzó műtárgy,

29. ábra. **A Nagy Belt összeköttetés részei nyugat felől nézve [11]**

melyektől Sprogø szigetig 7 pilléres, Halsskovig 12 pilléres gerendahíd vezet. A Keleti híd legnagyobb víz feletti magassága 65 m.
4. 7914 m-es kétcsövű, fúrt **Keleti vasúti alagút** Sprogø sziget és Halsskov város között.

Az összeköttetés megépítése előtt a kompok naponta 8000 járművet szállítottak, az átkelési idő 1 óra volt. Ma a napi forgalom 30 000 jármű és 45 000 vasúti utas, az átkelési idő pedig csupán 10 perc.

30. ábra. **A Nyugati közúti és vasúti gerendahíd felül- és alulnézete [11]**

A két külön pályatestű, 2×62 pilléres közúti és vasúti híd pillérköze 105 m, a víz feletti szabadmagasság 18 m.

31. ábra. **A Svanen beemeli a Nyugati gerendahíd 105 m-es elemeit [11]**

A Nyugati közúti és vasúti gerendahíd 105 m hosszú, középpontra szimmetrikus, előre gyártott vasbeton pályaelemeit a 8000 t emelőképességű **Svanen** kétpontonos úszódaru emeli be.

A **Svanen** úgy teszi rá a pályaelemet az előre elkészített pillérre, hogy pontonlábaival közrefogja a pillért. Mivel a pályaelem a középpontra szimmetrikus, csak egy egyszerű biztonsági megtámasztásra van szükség, amíg a következő pályaelemmel összeépítve létre nem jön egy stabilan álló kéttámaszú, kétkonzolos tartó, amelyhez majd csatlakozik a többi elem (31. ábra) [11].

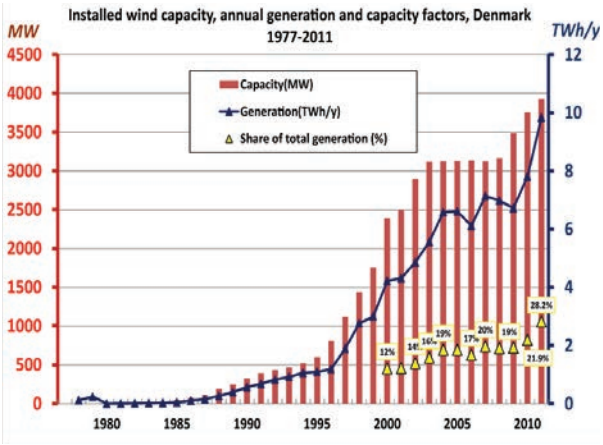
32. ábra. **A Keleti Nagy Belt kötélhíd pályaelemeinek beemelése [11]**

A Keleti függőhíd kb. 0,8 m átmérőjű két fő tartókötele 37 pászmából, ezek mindegyike 504 db 5,38 mm átmérőjű, 1570 N/mm^2 szakítószilárdságú, galvanizált acélhuzalból, összesen 18 648 elemi szálból áll.

A 14 000 t raksúlyú, 92×31 m rakfelületű uszályon érkező útpálya-szakaszokat a fő tartókötelekben kúszó 2-2 speciális híddaru négy kötéllel emeli föl; az előre lelógatott függesztőkötelek beakasztása után az új szakaszt hozzáépítik az előzőkhöz [11].

33. ábra. **Csúcsforgalom a Nagy Belt összeköttetésen [11]]**

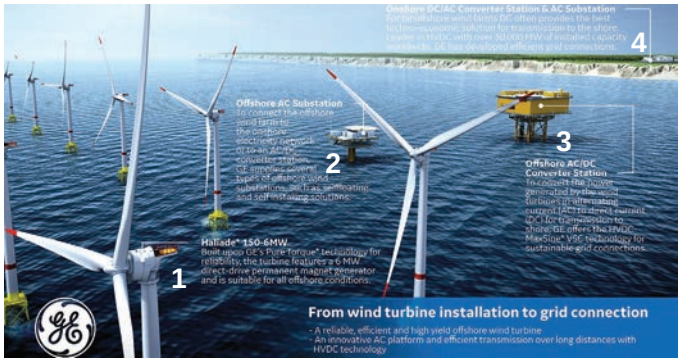
A dán szélerőművek rendszertechnikai jellemzői [12]



34. ábra. **A szélerőművek fő rendszertechnikai jellemzői 1977-2011 között [12]**

Az oszlopok a szélerőművek elméleti beépített teljesítőképességét (MW), a vonallal összekötött sötét háromszögek az éves termelésüket (TWh/év), a világos háromszögek a szélenergia részarányát mutatják %-ban az éves összes termelésen belül.
Kiegészítésül a 2017. évi szélerőművi adatok: EBT – 5300 MW, éves termelés – 14,7 TWh/év, részarány az éves összes termelésen belül: **43,4%!**

Példa az offshore szélparkok rendszertechnikai felépítésére (35. ábra):



35. ábra. **Az offshore szélparkok rendszertechnikai felépítése [12]**

1. Halidade 150-6MW típusú, „General Electric Tiszta Nyomaték” technológiájú, 6 MW-os, közvetlen (áttétel nélküli) hajtású, állandó mágnesű generátor.
2. Tengeri úszó, illetve rögzített AC gyűjtő alállomás, mely a szárazföldi AC hálózathoz vagy tengeri AC/DC konverter platformhoz csatlakozik.
3. Tengeri AC/DC konverter platform a szárazföldi DC/AC konverter alállomáshoz való DC kábeles (részben esetleg légvezetékes) csatlakozásra.
4. Szárazföldi DC/AC konverter alállomás, mely csatlakozik a földi AC átviteli hálózathoz.

Dánia körül a sekély (15–25 m mély) Északi-tenger és öblei, szorosai különösen kedveznek az offshore szélparkok telepítésének.

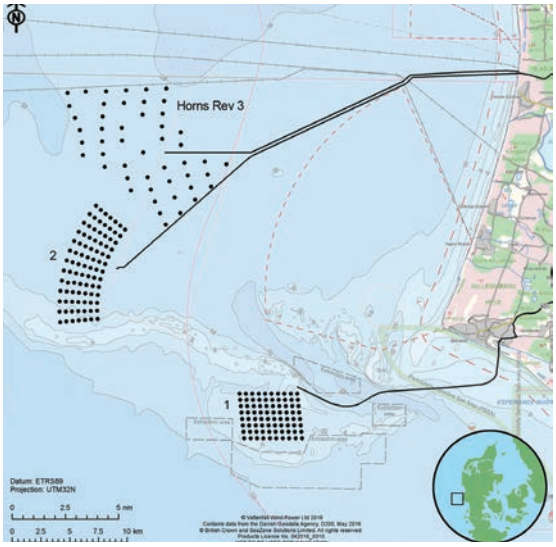
A távolság a szárazföldtől többnyire 10–30 km, azaz nem mindig van szükség HVDC átvitelre, elegendő a HVAC is.

Az átlagos szélsebesség 10 m/s (36 km/h) [12].

Az egyik legnagyobb koncentráció a Jütland félsziget Ny-i partján lévő Esbjerg város közeli Horns Rev terület [13]:

- Horns Rev 1: 80 db×2 MW = 160 MW, 2002
- Horns Rev 2: 91 db×2,3 MW = 209,3 MW, 2009
- Horns Rev 3: 49 db×8,3 MW = 406,7 MW, jelenleg épül

A dán kormány 2020-as határidővel engedélyezte az 1000 MW-os Horns Rev 4-et!



36. ábra. **A Jylland-félszigeti Esbjerg kikötőváros közelében telepített, összesen 776 MW-os Horns Rev 1, 2, 3 szélparkok [13]**

Az 1898-ban vidéki patkolókovács-műhelyként alapított dán Vestas mára a világ legnagyobb szélturbina-gyártója és -szerelője lett. 12 országban (pl. az USÁ-ban, Kínában, Spanyolországban) vannak gyárai és 70 országban szélturbinái. 2012-ig 48 000 db, összesen 55 GW teljesítményű gépet gyártottak [14].

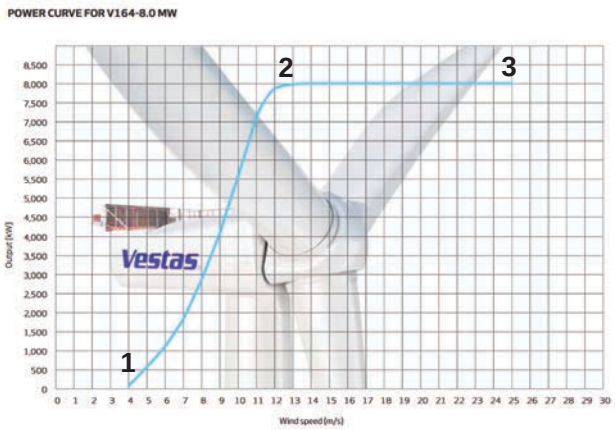
Legújabb termékük a V164-8 típusú, 7–9 MW-os szélturbina; ilyenekkel épül pl. a dán Horns Rev 3 park. A típusjelben a 164 a rotorátmérőt jelenti m-ben, a 8 pedig a teljesítménytartományt MW-ban [14].

37. ábra. **A Vestas V164-8 típusú szélturbinája [14]**

A V164-8 típ. szélturbina szélsebesség-határértékei: 1. Indulási: 4 m/s (14,4 km/h), 2. Névleges: 13 m/s (46,8 km/h), 3. Leállítási: 25 m/s (90 km/h), 4. Túlélési: 50 m/s (180 km/h).

A gondolában foglal helyet az állandó mágnesű forgórészű, háromfázisú váltakozó áramú generátor és a segédberendezések (pl. fék, szélirányba beállító és lapátállásszög-változtató egység) [14].

A V164-8 típ. szélturbina 80 m hosszú, 35 tonnás lapátja több, egymásra rétegezett, epoxigyantával telített üvegszálas szövetből – röviden üvegepoxiból – készül.



38. ábra. **A V164-8 típ. szélturbina szélsebesség-teljesítmény jelleggörbéje [14]**

39. ábra. **A V164-8 típ. szélturbina gondolája [14]**

40. ábra. **A V164-8 típ. 8 MW-os szélturbina 390 tonnás gondolája [14]**

A megszilárdulás után a két felet összeborítják és -ragasztják.

A **Vestas V164-8** típ. szélturbina Ø164 m-es járókerekének 80 m hosszú, 35 t tömegű szárnylapátját 100 db ászokcsavar rögzít az agyhoz. Az Ø5 m-es nyílásra konténer-kompatibilis szállítókeretet szereltek, amelyet 5×4 ászokcsavar helyén rögzítettek a lapáthoz [14].

Különleges feladat a 80 m-es, 35 tonnás szárnylapát közúti szállítása. A hátsó járművet rádió-távirányítással kormányozzák a vontatóból (44. ábra) [14].

41. ábra. **A V164-8 típ. szélturbina üvegepoxi lapátjának készítése [14]**

42. ábra. **A kész 80 m-es lapát a gyártócsarnokban [14]**

43. ábra. **Kiszállításra kész a 80 m-es, 35 tonnás lapát [14]**

A gyártómű tárolóterén kb. 270 db szárnylapátot lehet megszámolni; ez 90 turbinához elég!

Háttérben a kikötő, ahonnan a kitolható emelőlábú építőhajók indulnak, és viszik magukkal a szélturbinák csőcölöp-alapjait, oszlopait, gondoláit és szárnylapátjait [14].

A V164-8 offshore szél-turbina telepítésének lépései [14]:

- a kiválasztott helyszín vízmélységi, tengerfenék-domborzati és -talajösszetételi viszonyainak felmérése radarral, próbafúrással, búvárokkal; az adott esetben a tengerfenék kedvező viszonyai lehetővé tették a „monopile” (egyes csőcölöp) alapozást,
- Ø6,5 m-es, 40–50 m hosszú, kb. 600 t tömegű csőcölöp leverése a tengerfenékbe, hidraulikus verőfejjel és zajcsillapítással, 25–40 m mélyen,
- a kevéssel a vízszint fölé nyúló csőcölöpre csavarkötéssel rögzítik a 32 m magas csőoszlop-darabot,

44. ábra. **A 80 m-es, 35 tonnás szárnylapát közúti szállítása [14]**

45. ábra. **A szélturbina-gyártómű tárolótere és tengeri kikötője [14]**

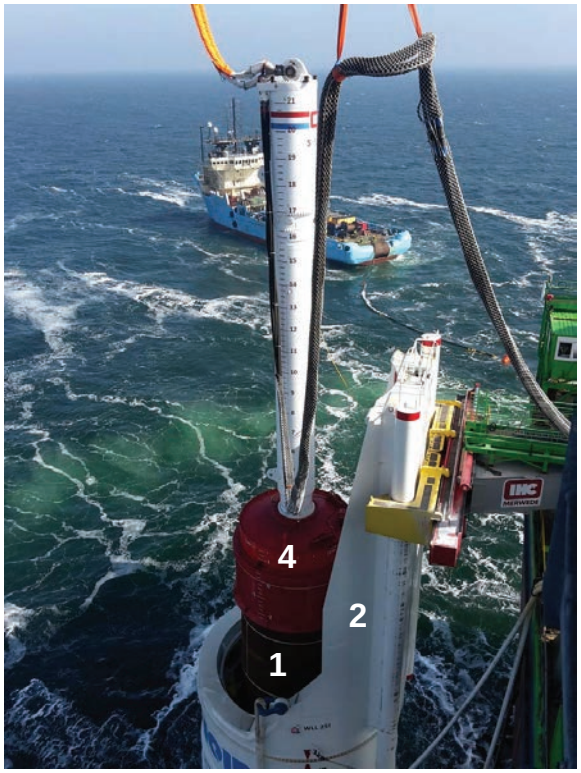
- erre emelik a ~100 m magas acél csőtornyot,
- erre emelik a 390 tonnás gondolát, végül a 3 db 80 m hosszú lapátot.

A szélturbinákat erre a célra kifejlesztett, kitolható emelőlábaikkal a tengerfenékre támaszkodó építőhajók (jack-up vessels) telepítik, amelyek nagy (700-1500 t) teherbírású és nagy (110-120 m) emelési magasságú fődaruval rendelkeznek és 3350-3400 m^2-es, 7400-8000 t teherbírású sík fedélzetükön akár 6 db 8 MW-os szélturbina fő részegységeit is magukkal tudják vinni a gyártómű kikötőjéből a telepítés helyszínére.

A fényképek a Jylland/Jütland félszigettől 25 km-re nyugatra épülő 49 gépes, 406,7 MW-os Horns Rev 3 szélpark telepítését mutatják.

46. ábra. **Az emelőlábas Innovation szélturbina-építő hajó [15]**

A lengyelországi Gdynia hajógyárában készült emelőlábas **Innovation** építőhajó sík rakodófedélzetének középső részén tárolóállványon fekszik 4 db 6,5 m átmérőjű, 65 m hosszú, 600 t tömegű csőcölöp (monopile) (1). A hátsó részen, az emelőláb mellett áll a cölöpverésnek a tengeri élőlényeket zavarósértő zaját mérséklő-elnyelő védőburkolat (2), amelyet az 1500 t emelőképességű, ikergémes Liebherr fődaru (3) GPS-pozícionálással bocsát le a tengerfenékre, és amelynek belsejébe emeli be a fődaru a csőcölöpöt, majd miután az elérte a 20-25 m mélyen lévő tengerfeneket, kezdetét veszi a cölöpverés, amelyet a tat végében álló, 4000 kJ ütőmunkájú hidraulikus verőfej (4) végez el. A csőcölöpöt 45 m mélyen verik le a tengerfenékbe (46-47. ábra) [15].



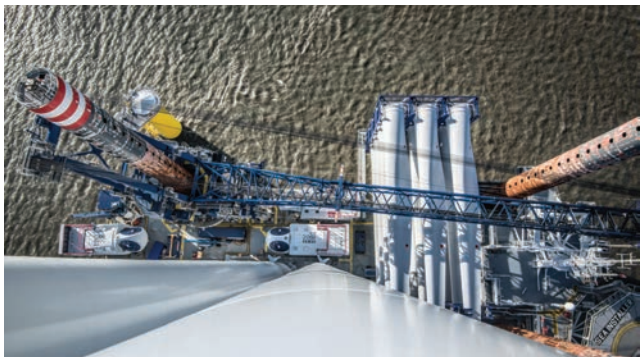
47. ábra. **A csőcölöp a zajmérséklő védőburkolat belsejében, rajta a hidraulikus verőfej, melyet a fődaru fog függesztve-utánengedve tartani [15]**

(A szerző megjegyzése: a 47. ábrán látható hullámzást nem a cölöpverés rezgése kelti, hanem a tengeri szél.)

48. ábra. **Az emelőlábas Innovation építőhajó ikergémes fődaruja az imént levert, a vízből kissé kiálló csőcölöpre ráemeli a szélturbina oszlopának 32 m magas közbenső darabját [15]**

49. ábra. **A 32 m-es közbenő darabok megfogására-emelésére használt szerszám [15]**

A közbenső darab megfogásához-emeléséhez használt szerszám három, egymáshoz képest 120 fokkal eltolt hidraulikus munkahengere kitolja-visszahúzza a furatos karimát közrefogó villákat (49. ábra). A hidraulikák külön-külön vezérelhetők, így elérhető, hogy a közbenső darab süllyesztés közben függőlegesen álljon [15].



50. ábra. **Az emelőlábas Sea Installer építőhajó – fedélzetén 4 db 8 MW-os szélturbina fő részegységeivel (oszlop, gondola, szárnylapátok) – megérkezik a telepítés színhelyére [16]**

51. ábra. **Az emelőlábain álló Sea Installer építőhajó beemeli a 8 MW-os szélturbina 102 m magas oszlopát [16]**

52. ábra. **A Sea Installer építőhajó, amint beemeli a 8 MW-os szélturbina 390 tonnás gondoláját [16]**

53. ábra. **A gondola már a tornyon van, következik a 80 m-es, 35 tonnás szárnylapátok beemelése és rögzítése [16]**

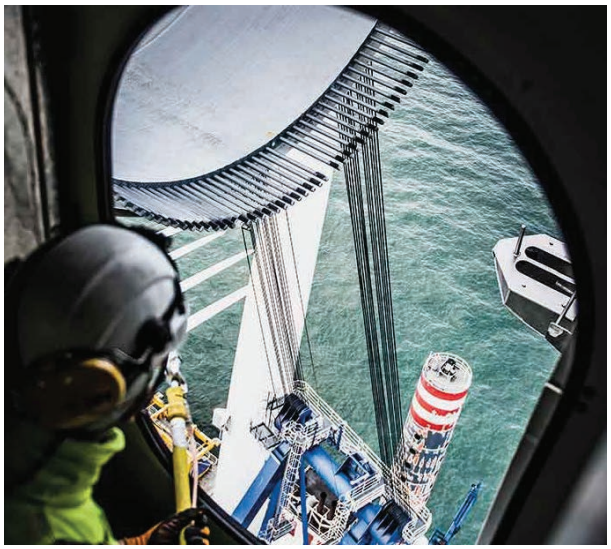
54. ábra. **A 80 m hosszú szárnylapát 100 ászokcsavaros vége közelít az agy 100 db furatához [16]**

Amikor a 32 m magas közbenső darabok a helyükre kerültek, következik a 102 m magas acéloszlopok beemelése és csavarkötéses rögzítése. Ezt a műveletet az emelőlábas **Sea Installer** építőhajó végzi el, melynek fő daruja 110 m-es gémhosszon 700 t emelőképességű [16].

A közelítést a gondolában tartózkodó szerelő (rá mutat a nyíl) a daru és a lapátot függesztő szerkezet rádió-távirányításával vezérli.

A pontos illeszkedéshez

- az agynak befékezve, fixen kell állnia, a már fölszerelt két lapátra ható akármekkora szélerő hatására sem szabad elfordulnia,



55. ábra. **A szárnylapát közelítését vezérlő szerelő a gondola nyílásában [16]**

- a harmadik lapátot tartó daru függesztő-megfogó szerkezetének olyannak kell lennie, hogy vele finoman emelni-süllyeszteni, billenteni-elfordítani és hossztengelye körül csavarni lehessen a lapátot.

A bedugás után az ászokcsavarok anyáit az agyban tartózkodó szerelők húzzák meg és biztosítják elfordulás-lazulás ellen [16].

A szélpark KöF/NaF platformja [13]

56. ábra. **A Horns Rev 3 szélpark KöF/NaF AC platformjának alépítménye [13]**

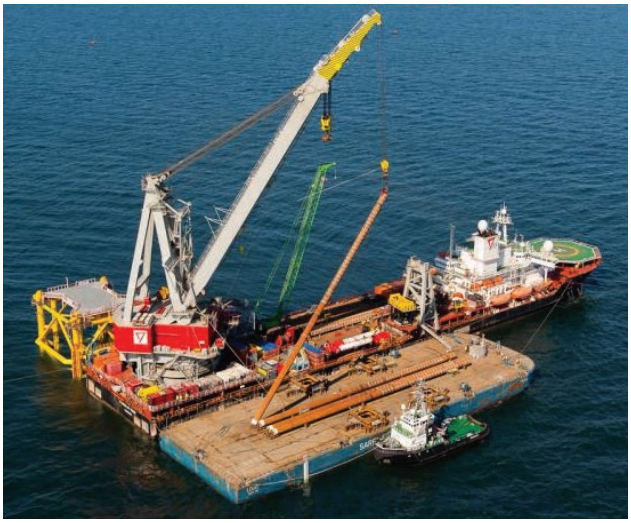
A hollandiai Schiedammban készült platform1600 tonnás csővázas alépítményét 4 db 22 tengelyes, 88 kerekű, alacsonyépítésű, emelhető-süllyeszthető önjáró tréler viszi át a szerelőtérről a tengeri uszályra, amelyen már elhelyezték az alépítményt a tengerfenéken rögzítő 4 db hosszú csőcölöpöt [13].

A gyártómű szerelőterén az 1800 tonnás platform ugyanolyan 4 db tréleren áll, mint alépítménye, várva áttolását a tengeri uszályra.

A platform fogadja a 49 db 8,3 MW-os szélturbina 33 kV-os kábelét, névlegesen 406,7 MW összteljesítményüket feltranszformálja 220 kV-ra, és indítja a szárazföldi Esbjerg felé a 220 kV-os AC kábelt. Itt a szárazföld közelsége (30 km) folytán nincs szükség nagyfeszültségű egyenáramú (HVDC) átvitelre [13].

57. ábra. **A Horns Rev 3 szélpark KöF/NaF AC platformja [13]**

A telepítés helyén a Stanislav Yudin egytörzsű (monohull) építőhajó a 2500 t emelőképességű, 78 m emelőmagasságú fő darujával leemeli az uszályról a platform csővázas alépítményét és leengedi a 16,5 m mélyen lévő tengerfenékre [13].



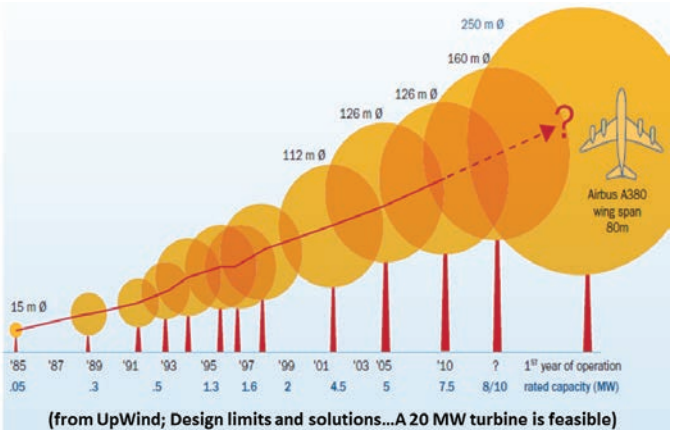
58. ábra. **A Stanislav Yudin építőhajó készül a gyűjtő- és feltranszformáló platform alépítményének csőcölöpös rögzítésére [13]**

A fő daru 500 tonnás, 101 m emelőmagasságú horgával felállítják az uszályon fekvő csőcölöpöket, behelyezik őket a tengerfenéken álló alépítmény főszáraiba, és hidraulikusan leverik a fenékbe [13].

59. ábra. **Az alépítményt a tengerfenéken rögzítő csőcölöpök leverése [13]**

60. ábra. **A csőcölöpös rögzítés után az építőhajó a 2500 t teherbírású fő darujával az alépítményre emeli a szintén uszályon érkezett 1800 tonnás gyűjtő- és feltranszformáló platformot [13]**

61. ábra. **A Horns Rev 3 offshore szélpark 406,7 MW teljesítményű gyűjtő-, feltranszformáló és HVAC kábelt indító platformja [13]**



62. ábra. **A szélparkok múltja, jelene és jövője [17]**

A platform üzemeltetője a dán átviteli hálózati társaság, az Energinet.dk.

A 62. ábra mutatja a szélturbinák rotorátmérőjének és teljesítményének összetartozó értékeit és növekedésüket az 1985-ös Ø15 m/50 kW-tól a 2017-es Ø160 m/8-10 MW-on keresztül a közeljövőben várható Ø250 m/20 MW-ig. A 250 m-es átmérőhöz kb. 123 m-es lapáthossz tartozik! A szélturbinák teljesítménye a rotorátmérő négyzetével, a szárnylapát tömege a köbével arányos [17].

Összehasonlításul: a világ legnagyobb utasszállító repülőgépének, az Airbus A380-nak a szárny-fesztávja 80 m.

Dánia napenergetikája [18]

A tengerpart-közeli részeken – az ország területének kb. felén – a besugárzás fajlagos értéke 1000-1050 kWh/m^{2}év; ezt megéri hasznosítani [18].

63. ábra. **Fűtési melegvizet előállító napkollektoros berendezés [18]**

A Jütland-félszigeti Aalborg közelében működő, **távfűtési forróvizet** előállító telep: az 5972 m^2-es síktáblás napkollektorokban előmelegített víz a 4039 m^2 felületű, parabolikus tükrű napkollektorokban 98 °C hőmérsékletre melegszik fel. Innen közvetlenül mehet a távfűtendő objektumba, vagy kerülhet egy jól hőszigetelt forróvíz-tartályba, ahonnan a mindenkori hőigény szerinti mennyiséget veszik ki [18].

64. ábra. **Dánia legnagyobb, 61 MW-os fotovoltaikus naperőműve; ebből 2021-re 2100 MW-ot terveznek [18]**

Dánia a nemzeti energetikában a következő távlati célokat tűzte ki:

- 2030-ra megszüntetni a szénalapú villamosenergia-termelést,
- 2035-re a villamosenergia-termelés és a fűtés kizárólag megújuló forrásból történjék,
- 2050-re a teljes energiafelhasználás (villamosenergia-termelés, fűtés, közlekedés) megújuló forrásokon alapuljon [8].

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond Szabó Benjáminnak, az ETE Szenior Energetikusok Klubja elnökének, aki kezdeményezte, hogy a Klub

keretében hangozzék el előadás a skandináv országok, elsőként Dánia nemzeti villamosenergia-rendszereiről; ez képezi alapját a jelen cikknek.

Hivatkozások

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Scandinavia
[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Denmark
[3] https://en.wikipedia.org/wiki/Copenhagen
[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Copenhagen_Airport
[5] https://en.wikipedia.org/wiki/Øresund_Bridge
[6] www.bath.ac.uk/ace/uploads/StudentProjects/BridgeConference2011/papers/Saleema Hughes.pdf
[7] https://en.wikipedia.org/wiki/Peberholm
[8] https://en.energinet.dk/-/media/Energinet/.../Miljrapport-2017_EN.pd...
[9] https://en.wikipedia.org/wiki/Energinet
[10] https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Belt_Power_Link
[11] https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Belt_Fixed_Link
[12] https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_Power_in_Denmark
[13] https://en.wikipedia.org/wiki/Horns_Rev_Offshore_Wind_Farm
[14] https://en.wikipedia.org/wiki/Vestas_V164
[15] https://de.wikipedia.org/wiki/Innovation_(Schiff)#/media/File:Bohrinsel_2015.JPG
[16] https://www.a2sea.com/fleet/sea-installer
[17] www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/upwind/21895_Upwind_Report_low_web.pdf
[18] https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power_in_Denmark

Penninger Antal 75 éves

Prof. Dr. Penninger Antal a BME Gépészmérnöki Kar korábbi dékánja, a Kalorikus Gépek Tanszéknek és jogutódjának, az Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszéknek volt tanszékvezetője, a Magyar Energetikai Társaság korábbi elnöke 75 éves.

Penninger Antal 1967-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kar erőgépész szak hőerőgépész ágazatán, 1967-69 között az Erőműjavító és Karbantartó Vállalatnál a gőzturbina osztályon dolgozott a turbina szigetelő csoport vezetőjeként. 1969-től a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának oktatója/kutatója. 1989-2002 között a Kalorikus Gépek Tanszék, 2002-2008 között Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék vezetője. 2001-2008 között a Kar dékánja.

Szoros kapcsolatokat épített ki az iparral, kutatásai mindig az iparban felmerülő problémák megoldására irányultak és az eredményei gazdaságosabb üzemvitelhez vezettek. A nemzetközi példákat megelőzve, egyedülálló fejlesztés eredményeként csapatmunkában hozott létre egy nagynyomású tűzteret (60 bar), amellyel az Eger környéki olajmezőn végeztek kísérleti kutatásokat a tercier olajkitermelésben.

Az egyetemi oktatók-kutatók és az ipari szakemberek együttműködését erősítendő, 1993-ban létrehozta a Hőerőgépek és Környezetvédelem nemzetközi konferenciát mely kétévente kerül megrendezésre.

Mindig fontosnak tartotta a mérnöki készségek fejlesztését, ezért kiemelt erőfeszítéseket tett a tanszék nagylaboratóriumának fejlesztésért. Kezdeményezésére 2008-ban vette fel Jendrassik György nevét a tanszéki nagylaboratórium.

Széleskörű szakmai kapcsolatokat ápolt főleg a német nyelvű műszaki egyetemekkel (Karlsruhe, München, Kaiserslautern, Braunschweig, Magdeburg, Drezda, Bécs, Graz és ETH Zürich). Témavezetésével több kandidátusi és PhD disszertáció született. Megjelent publikációinak száma közel 200, ebből 76 idegen nyelvű. A tudományos publikációk mellett az egyetemi tananyag folyamatos fejlesztésére törekedett, több jegyzetet, szakkönyvi fejezetet írt.

Az oktató és kutató munka mellett a tudományos közéletnek is aktív szereplője, így 1990-ben alapító tagja a Magyar Mérnökakadémiának, az MTA Energetikai Bizottság tagja, titkára, majd elnöke. A Magyar Energetikai Társaság tagja, majd elnöke. Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület és a Műszaki Tudományos Tanács tagja, VDI Energietechnik szekció tagja, a Magyar Mérnöki Kamara Gépészeti Tagozat elnöke (2004-2007), elnökségi tagja (2009-2013). A Magyar Mérnöki Kamara Oktatási Bizottság elnöke (2005-2007).

Az AUDI Hungaria és a BME kapcsolatának egyetemi koordinátoraként közreműködött a BME-AUDI Intézet létrehozásában, melynek műegyetemi vezetője (2006-2010), majd a jogutód BME-AUDI Hungaria Kooperációs Kutatóközpont igazgatója, később elnöke.

Professzor úr jelenleg is aktív, az Energetikus képzést támogató Alapítvány kuratóriumi tagja, a Gépészmérnök képzésért Alapítvány kuratórium elnöke.

Gazdag és eredményes pályája során számos szakmai elismerésben részesült, 2014-ben megkapta a Magyar Érdemrend Lovagkeresztjét.

Egyesületünk és szerkesztőségünk nevében köszöntjük születésnapja alkalmából és kívánjuk, hogy jó egészségben, még hosszú ideig maradjon aktív és gazdag szakmai tapasztalatainak átadásával továbbra is támogassa a jövő gépész és energetikus mérnökjelöltjeit!

Napkollektorokkal elérhető hőteljesítmény nyári időszakban

Szilágyi Attila
okl. gépészmérnök, szilagyi.attila@nye.hu

Seres István
okl. gépészmérnök, seres.istvan@gek.szie.hu

Farkas István
okl. gépészmérnök, farkas.istvan@gek.szie.hu

A környezetbarát energiaforrások felhasználása napjainkban egyre fontosabb. A nyári időszakban a napsugárzás hőenergiájának hasznosítása használati melegvíz előállítására és hűtési célú felhasználása egyre általánosabb. Ezen rendszerek független energiatermelőként önállóan megoldhatják energiaszükségleteinket. A megfelelő rendszerméretezés és üzemeltetés biztosíthatja az igényeknek megfelelő energia biztosítását. Írásunkban a napkollektorok által elérhető hőteljesítmény értékeit mutatjuk be elméleti modell és mérési eredmények segítségével. A méretezéshez szükséges előzetes számítások elvégezhetők adott programok segítségével is, melyek közül néhány jelen írásban bemutatásra kerül. Vákuumcsöves napkollektorok esetén vizsgálataink szerint adott függvénnyel leírható a munkaközeg optimális térfogatárama a kivehető maximális hőteljesítmény elérése érdekében.

*

Nowadays the utilization of environmentally friendly energy sources is getting more important. In summer time the utilization of solar heat energy is general for domestic heat water and for cooling. Such energy systems can be solved our heat energy demands like independent energy production system. The proportional size of system and operation can be ensured the demand of heat energy. In this paper the available heat power of solar collectors is presented based on modelling and measurement data. The calculation of system size can be performed with some software, which are also introduced. The optimal flow rate for the maximum heat power of vacuum tube collectors can be determined according to our analysis.

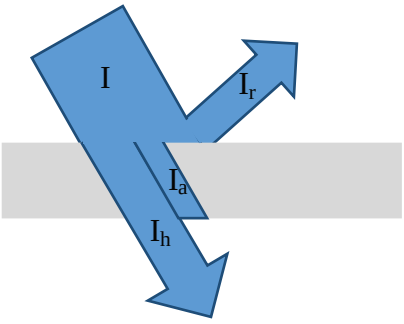
* * *

A Földünk létrejött élet a Nap tevékenység hatására jött létre. A Nap, mint energiaforrás nagymértékben hozzájárult az élet kialakulásához és a különböző életformák kifejlődéséhez. A földi élet létezése szempontjából nélkülözhetetlen elemek létrejötte is fontos volt, úgymint a levegő, a víz, az ózonréteg, stb. A növények klorofilja segítségével ezek együttesen hozzák létre a fotoszintézis folyamatát, mely a szén, oxigén (és egyéb elemek) körforgását idézi elő, mely egy teljes életciklust hoz létre; megteremtve a földi élet egy fontos alappillérét. Az emberi tevékenység kisebb nagyobb mértékben hatással volt a földi életre és a szervetlen részeire. Az utóbbi száz év intenzív ipari és mezőgazdasági tevékenysége nagymértében hatással volt a földi élet egyensúlyára. A monokultúrás földhasználat, az erdőírtások, a fosszilis tüzelőanyagok nagymértékű felhasználása, a bányák, fúrt kutak, a közlekedés mind-mind több új folyamatot, hatást indítottak el a Föld több szintjén (sztratoszférájában). Az egyes kutatások szerint a globális felmelegedés, mint egyik fő problémát az emberi tevékenység okozza, a légkörbe jutó ún. üvegházhatású gázok, úgymint a szén-dioxid, a metán, vagy a dinitrogén-oxid, stb. A vízgőzt is az üvegházhatású gázokhoz sorolják, mely légkörben okozott nedvességtartalom-növelő hatása miatt növeli a felmelegedést illetve a hőérzet hatását.

A napenergia-hasznosítás során törekednünk kell arra, hogy minél nagyobb hatásfokkal hasznosítsuk a beérkező energiát. Ez a Nap pályája miatt eltérő értékeket jelent. Nyáron nagyobb energia érkezik a föld felszínére, mint télen. Jelen írás célja, hogy bemutassa egy napkollektor által termelhető hőenergia, illetve pillanatnyi hőteljesítményének értékét nyári időszakban. Ez az energiamennyiség a továbbiakban felhasználható használati melegvíz, hűtés stb. biztosítására.

Hasznosítható napenergia mennyisége

A napenergia hőenergiává alakítása napkollektorok segítségével történhet. Az elektromágneses sugárzás hőenergiává való átalakítása különféle kialakítású napkollektorok, illetve különböző munkaközegek felhasználásával történhet. A hasznosítható energia mennyisége függ a Nap helyzetétől, melyet egész évre a nappályadiagram segítségével tudunk rögzíteni. Ez adott földrajzi elhelyezkedés függvényében eltérő. A hasznosítható hőenergia mennyiségét befolyásolják a külső levegő hőmérséklete, a levegőmozgás mértéke, a felhősödés és a légköri szennyeződések, üzemi jellemzőként az alkalmazott közegáramlás sebessége, azaz a térfogatáram értéke. A napkollektor elnyelő felületére érkező pillanatnyi sugárzás beesési szöge meghatározza a hasznosítható energia mennyiségét. A beesési szöget befolyásolja a földrajzi helyzet, a napmagasság és a szögelfordulás, azaz az azimutszög. A napkollektor tájolása, dőlésszöge is hatással van a hasznosítható energiamennyiségre. Ideális helyzet, ha a kollektor abszorber felületére merőlegesen érkeznek a napsugarak. Fix rögzítés esetén ez csak rövid ideig tapasztalható.



1. ábra. **A napsugárzás modellje**

Az 1. ábrán látható a napsugárzás átlátszó felülettel való találkozása. A teljes sugárzás intenzitásának (I, [W/m^2]) egy része áthalad a felületen (I_h: hasznos intenzitás), egy részét elnyeli a felület

(I_a: adszorbeálódott intenzitás), és egy része visszaverődik a felületről (I_r: reflektálódott intenzitás). Üveg felületen való hőáramlás függ a belső és külső hőmérséklet különbségétől és az üvegfelüle-

tek számától. Napkollektoroknál a jobb hőhasznosítás érdekében hőszigeteléssel lehet javítani a hatásfok értékét. Síkkollektoroknál üvegfedéssel és keretbe foglalt szilárd hőszigetelő anyaggal oldják meg a hőelnyelő felület hőszigetelését. Vákuumcsöves kollektornál a hőelnyelő felületet egy üvegcsőbe helyezik, ahol vákuumot hoznak létre, ami jó szigetelést biztosít (Kohlenbach et al., 2014).

A hasznosítható teljesítmény (P_h) döntően a következő változóktól és paraméterektől függ:

- a napsugárzás intenzitásának pillanatnyi értékétől (I → tájolás, dőlésszög),
- a külső levegő hőmérsékletétől (T_k → szigetelés),
- a konvekciós veszteségtől (α_{koll}: kollektor felület hőátadási együtthatója),
- a sugárzási veszteségtől (εir: átlagos felületi kisugárzás), és
- a napkollektor pillanatnyi hőmérsékletétől (→ hőátadó munkaközeg, Q) (Kreider et al., 1982).

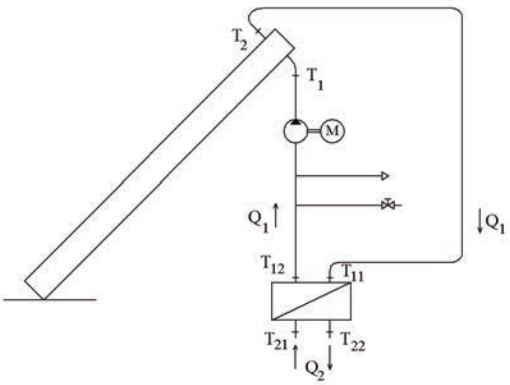
A hasznosítható teljesítményt leíró teljes egyenlet a következő formában adható meg:

$$P_h = I_h \cdot A_h - \varepsilon_{ir} \cdot \sigma \cdot T_{koll}^4 - \alpha_{koll} \cdot A_{koll} \cdot (T_{koll} - T_k) + \alpha_k \cdot \sigma \cdot T_k^4. \quad (1)$$

Az összefüggés σ állandója a Stefan-Boltzmann törvény állandóját jelenti. A kollektor és környezeti hőmérséklet között kialakuló hőmérséklet-különbség hatással van az energia-hasznosítás mértékére, azaz a hatásfokra:

$$\eta = \frac{P_h}{I_h \cdot A_h}. \quad (2)$$

A kísérleti berendezés összeállítása a Szent István Egyetem Fizika és Folyamatirányítási Tanszékén történt. A mérés egy kiválasztott napkollektor által biztosított hőteljesítmény meghatározása volt. A vizsgált egység egy vákuumcsöves napkollektor volt, melyhez egy mérőkört terveztünk és állítottunk össze, aminek a kapcsolási rajza a 2. ábrán látható a mérési pontokkal és a mért jellemzőkkel.



2. ábra. **A napkollektor kapcsolási rajza a mérőeszközökkel**

A napkollektor hasznos felülete 1,485 m^2 (15 csöves vákuumcsöves kollektor, ami 5,8 cm átmérőjű, 180 cm hosszúságú abszorber-felületű csövekből áll), a kollektor által begyűjtött napenergia egy lemezes hőcserélőn keresztül került hasznosításra. A hőhordozó munkafolyadék desztillált víz volt (mindkét körben). A 2. ábrán jelölt mérési pontok a következők: T_1 és T_2 a kollektor bemenő és kimenő hőmérsékletei, T_{11}, T_{12} a belépő és kilépő hőmérsékletek a hőcserélő kollektor felöli ágán, T_{21} és T_{22} a belépő és kilépő hőmérsékletek a hőcserélő szekunder oldalán. A két kör térfogatáramai Q_1 és Q_2 értékűek. A hőmérsékletmérés négy ponton PT1000 típusú szenzorokkal történt. További mért értékek voltak az elsődleges és másodlagos kör térfogatáramai. A mérés során rögzítésre került még a kollektorra beeső besugárzás (teljesítménysűrűség), amit a kollektor síkjában elhelyezett sugárzásmérővel mértünk, ennek az adataiból határoztuk meg a kollektorra beeső teljesítményt. A mérés során a kollektor kör (primer kör) Q_1 térfogatáramát szabályoztuk. A térfogatáram szabályozása úgy történt, hogy a keringtető szivattyú villamos betáplálását egy fázishasításos kapcsolóval szabályoztuk. A fázishasítás mértékének változtatásával a tápszivattyú teljesítménye volt szabályozható, ami meghatározta a fordulatszámát és így a primer köri térfogatáramot.

A napkollektor hőteljesítménye a következő összefüggéssel határozható meg:

$$P = \dot{Q} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{dt} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta T = c \cdot \rho \cdot \dot{V} \cdot \Delta T, \quad (3)$$

ahol c a munkaközeg fajhője [kJ/(kg K)], m a tömeg [kg], $\dot{m}$ a tömegáram [kg/s], ρ a sűrűség [kg/m^3], ΔT a hőmérséklet-különbség [ºC], és $\dot{V}$ a térfogatáram [m^3/s]. A víz munkaközeg főbb paraméterei: $c = 4200$ J/(kg K), $\rho = 1000$ kg/m^3 (bár a víznél ezen értékek valamennyire hőmérséklet-függők, ezen legegyszerűbb modellben konstans értékekkel számoltunk). A (3) összefüggés alapján látható, hogy a kollektor hőteljesítménye két paramétertől függ: a térfogatáramtól és hőmérséklet-különbségtől.

A kollektorból kivett hőteljesítményt leíró folyamatra elméleti modellt állítottunk fel (a modellben a 2. ábra jelöléseit használtuk, azaz a kollektorba belépő munkaközeg hőmérséklete T_1, a kilépő hőmérséklet T_2. A hőcserélő primer oldalán a munkaközeg belépő és kilépő pontjának hőmérséklet T_{11}, illetve T_{12}, míg ugyanez a szekunder oldalon T_{21}, illetve T_{22}.

A teljes modell azt fejezi ki, hogy a kollektorból felvett, és a csővezetéknek, illetve a hőcserélőben a szekunder kör hűtőfolyadékának átadott energia különbsége a munkaközeget melegíti (energiamegmaradás elve).

A modell első egyenlete a kollektor energia mérlegét írja le. Itt a bemenő energia a napsugárzásból származik. Az I intenzitású napsugárzás a kollektor A_h hasznos felületén

($A_h = A \cdot \cos(\varphi)$, ahol φ a napsugárzás irányának a beesési merőlegessel bezárt szöge) η hatásfokkal alakul hővé. A napsugárzás formájában bejövő, és a kollektoron átáramló munkaközeg által elvitt energia különbsége melegíti fel a kollektort (a kollektorfej tömege m_k, átlagos fajhője c_k).

$$I \cdot A_h \cdot \eta \cdot dt + U_k \cdot A_k \cdot (T - T_k) \cdot dt = c_{mk} \cdot m_{mk} \cdot dT_{mk} + c_k \cdot m_k \cdot dT_k. \quad (4)$$

Állandósult állapotban (ami a klimatizálási igény esetén feltételezhető, mivel a hűtési igény egyenletesen magas besugárzás esetén jelentkezik) a kollektor hőmérséklet konstansnak tekinthető, azaz ilyenkor a kollektor által hővé konvertált energia mennyiség teljes egészében a munkaközeget melegíti.

$$I \cdot A_h \cdot \eta \cdot dt + U_k \cdot A_k \cdot (T - T_k) \cdot dt = c_{mk} \cdot m_{mk} \cdot dT_{mk}. \quad (5)$$

Ebből a feltételezésből a munkaközegnek a kollektor fejen való áthaladása során a hőmérséklet-növekedés meghatározható.

A következő egyenlet a kollektor és a munkaközeg közötti energiamérleget adja ki, nevezetesen hogy a kollektorból a felületi hőátadással kivett hő a munkaközeg belső energiáját növeli:

$$U_k \cdot A_k \cdot (T - T_k) \cdot dt = c_{mk} \cdot m_{mk} \cdot (T_2 - T_1). \quad (6)$$

A munkaközeg ezután, míg eljut a hőcserélőig, hőveszteséget szenved, aminek mértékét a következő összefüggés tartalmazza:

$$U_{cs} \cdot A_{cs} \cdot (T - T_k) \cdot dt = c_{mk} \cdot m_{mk} \cdot (T_2 - T_{11}). \quad (7)$$

Utolsó lépésként a hőcserélő energiamérlegét illesztjük a modellbe, ahol (megfelelő szigetelés esetén) feltételezzük, hogy a primer köri munkaközeg által szállított hő energiája a szekunder köri közegnek adódik át. Nem megfelelően szigetelt rendszer esetén a hőátadásnak van egy η_{hcs} hatásfoka:

$$c_{mk} \cdot m_{mk} \cdot (T_{11} - T_{12}) \cdot \eta_{hcs} = c_{szk} \cdot m_{szk} \cdot (T_{22} - T_{21}). \quad (8)$$

Az utolsó tag adja nekünk a *dt* időlépés alatt a rendszerből kivehető energiát, így a hasznosítható teljesítmény a modellből a (3) egyenletben megadott módon kapható:

$$P = \frac{c_{szk} \cdot m_{szk} \cdot (T_{22} - T_{21})}{dt} = c_{szk} \cdot \rho_{szk} \cdot \dot{V} \cdot (T_{22} - T_{21}). \quad (9)$$

A modell alapján kapott eredményeink és a mérési tapasztalataink is azt mutatják, hogy a térfogatáram ($Q = \dot{V}$) változtatásával egy fizikai eloszlásfüggvény-szerűen változik a kollektorból a hőcserélőn keresztül kivehető teljesítmény, azaz a térfogatáram növelésével kezdetben nő, majd a térfogatáram további növelésére ismét csökken.

Ennek az oka az, hogy kis térfogatáram esetén a munkaközeg magas hőmérsékletre melegszik a kollektorban, de mivel lassan mozog, a kollektor és a hőcserélő közötti szakaszon nem tökéletes szigetelés esetén nagy a környezet felé a konvektív hővesztesége. A térfogatáram (vagyis az áramlási sebesség) növelésével ez a hatás csökken, hiszen a közelítőleg azonos hűtőteljesítményű környezetben nagyobb sebesség mellett kevesebb időt tölt el a munkaközeg. Ugyanakkor a térfogatáram növeléssel logikusan csökken a munkaközeg átlaghőmérséklete (nagyobb áramlási sebesség mellett rövidebb idő alatt áramlik át a kollektorfejen, és a rövidebb idő azonos fűtőteljesítmény mellett kisebb energiabevitelt, azaz kisebb hőmérsékletnövekedést eredményez). Ez a kollektorból kivett teljesítményt még nem feltétlenül rontja (ha a ΔT csökken, de a tömegáram nő, akkor a kettő szorzata nem kell, hogy csökkenjen, de a hőcserélő szekunder oldalán kivett hőben már megmutatkozik). Ugyanis a hőcserélő szekunder oldalában levő folyadék hőmérséklete és a hőcserélőbe belépő munkaközeg hőmérséklete közötti különbség szabja meg, hogy mekkora a hőátadás a két közeg között. Ennek megfelelően a

$$P(\dot{V}) = A \cdot \left(1 - e^{-B\dot{V}}\right) \quad (10)$$

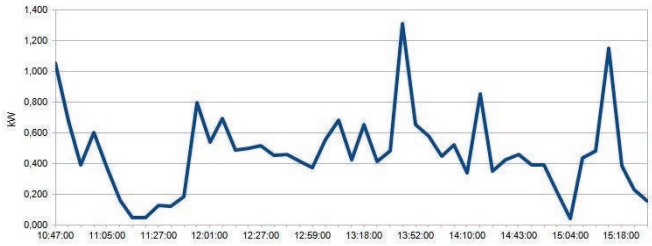
alakú egyenlet jól leírhatja a kollektorból kivett teljesítményt (a konkrét esetben $A = 1264$ W és $B = 1/1{,}4$ s/m^3 mérés alapján identifikált paraméterekkel), de a hőcserélő szekunder oldalából kivett teljesítmény az elmondottak miatt nem lehet szigorúan monoton növekvő. Annak egy adott térfogatáram felett csökkennie kell (extrém esetben a kollektorban olyan gyorsan áramoltatjuk a közeget, hogy elenyésző a felmelegedése, akkor a munkaközeg és a hőcserélő szekunder oldalának közege is közelítőleg azonos hőmérsékletű, azaz a kivehető teljesítmény zérus értékű). Különösen igaz ez azon határfeltétel mellett, hogy a kollektorból kivett hő egy hűtőegységet kell, hogy üzemeltessen, s emiatt a kimenő hőmérséklet (T_{22}) magas (technológiától függően 80-130 °C) kell, hogy legyen. Az elmondottak alapján a hőcserélőből kivehető teljesítményre egy kezdetben növekvő, később csökkenő függvény alakot keresünk. Hasonló alakkal leírható függvények (például az energiaeloszlás függvények Maxwell - Boltzmann, vagy az elektromágneses sugárzását leíró Planck törvény) sokszor:

$$f(x) = x^n \cdot e^{-cx} \quad (11)$$

alakú függvények, ahol kicsi *x* esetén a hatványfüggvény a domináns ($\lim_{x \to 0} e^{-x} = 1$), míg nagy *x* értékek esetén az e^x exponenciális rész sokkal gyorsabban nő, mint az x^n hatvány rész, azaz a megadott függvényalak végtelenben vett határértéke a fizikai háttérnek megfelelően zérus lesz (Víg , Farkas, 2013).

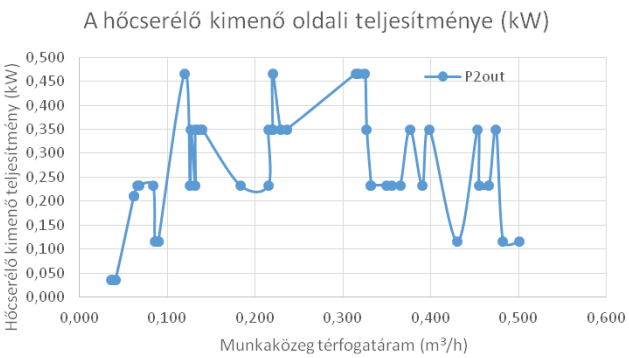
Napkollektoros hőhasznosítás vizsgálata

A vákuumcsöves kollektor leadott hőteljesítmény a 3. ábrán látható az idő függvényében. A teljesítmény a térfogatáram és a kollektor be és kilépő hőmérséklet adatok alapján került meghatározásra.



3. ábra. **A vákuumcsöves kollektor hőteljesítménye egy tipikus nyári napon**

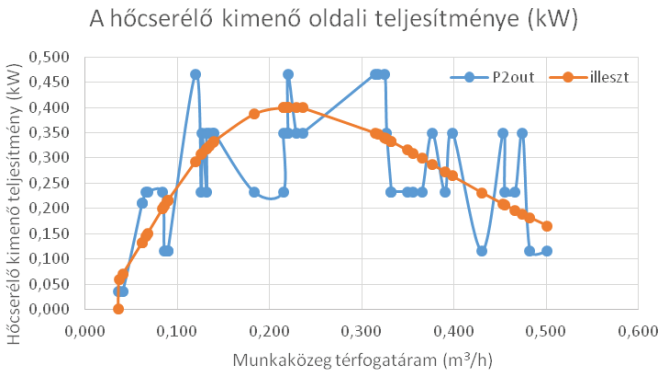
Az adott beállítások mellett a beérkező napsugárzás kb. 50%-át hasznosítja átlagosan a vákuumcsöves napkollektor. Mindez alacsonyabb érték más kollektor-típusokhoz viszonyítva, a relatív magas kimenő hőmérséklet érték miatt, azonban a magas hőmérséklet fontos az abszorpciós hűtőkör hatékony működtetéséhez. A hőcserélőn keresztül átlagosan 300 W hőteljesítmény hasznosítható (ami a beérkező napsugárzás kb. 25%-a), így a hőcserélő hatásfoka 50%. A hőhasznosítás hatásfoka függ a térfogatáramtól, az alacsonyabb áramlási értékek magasabb hasznosítási értékeket jelentenek, melyek a mérések alapján 0,1 és 0,2 m^3/h térfogatáram értékek között találhatók.



4. ábra. **A hőcserélő kimenő oldali teljesítménye a primer köri térfogatáram függvényeként**

Az energiahasznosítás szempontjából fontosabb, hogy a szekunder oldali teljesítmény hogyan függ a primer oldali térfogatáramtól. Ez a 4. ábrán látható.

A modellalkotás részben bemutatott $P(\dot{V}) = A \cdot \dot{V}^{n} \cdot e^{-c\dot{V}}$ alakú közelítést a mért adatokra illesztve az $A = 60$ W s^2/m^6, $n = 2$, $c = 9$ s/m^3 együtthatók esetén kapott függvény $R = 0{,}7$-es korrelációs együtthatóval illeszkedik az adatsorra (5. ábra). A korrelációs együttható alacsonyabb voltában szerepet játszhat, hogy a mérés során a térfogatáram mérése nem elég érzékeny térfogatáram-mérővel történt, így a mérési hibából adódó digitalizálás a hibában jelentős.



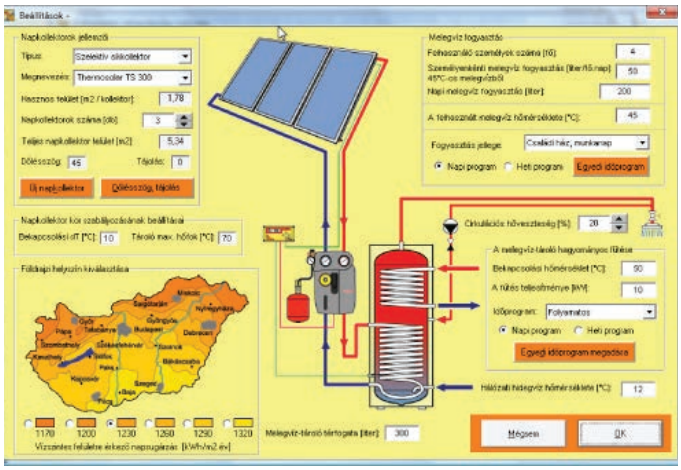
5. ábra. **A hőcserélő kimenő oldali teljesítmény adatokra történő függvényillesztés**

A hasznosítható napenergia kiszámítása

A napkollektoros rendszerek telepítése előtt számos szoftver segíti a tervezést. E célból néhány lehetőséget mutatunk be a következőkben.

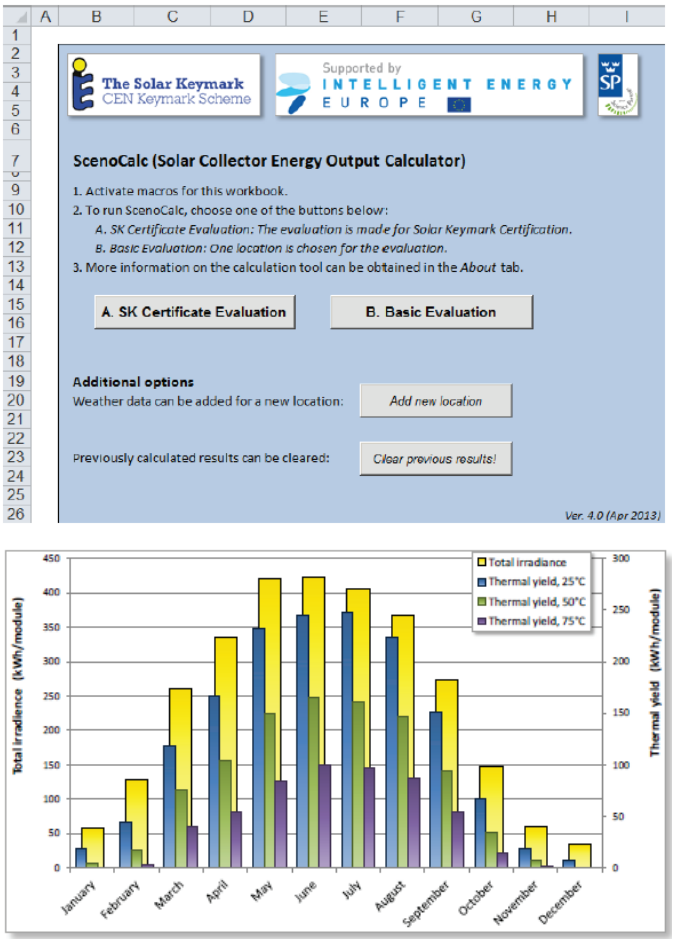
A Naplopó Kft. szoftverei által számításokat végezhetünk rendszer tervezése előtt (6. ábra).

Az Aeroflex-Heatloss program egy teljes napkollektoros rendszer éves hőnyereségét illetve csővezetéknél jelentkező hőveszteségeit kiszámolja. A Naplopó-Efficiency program grafikon segítségével megmutatja, hogy hogyan alakul a napkollektor hatásfoka a hőmérséklet változásával. A Naplopó-Emission program meghatározza az éves energianyereséget kollektor esetén, és a megtakarítható szén-dioxid, nitrogén-oxid és kén-dioxid kibocsátást adott tüzelőberendezés függvényében.



6. ábra. **Aeroflex-Heatloss program**
(forrás: Naplopó Kft., Aeroflex Hungária Kft., 2012)

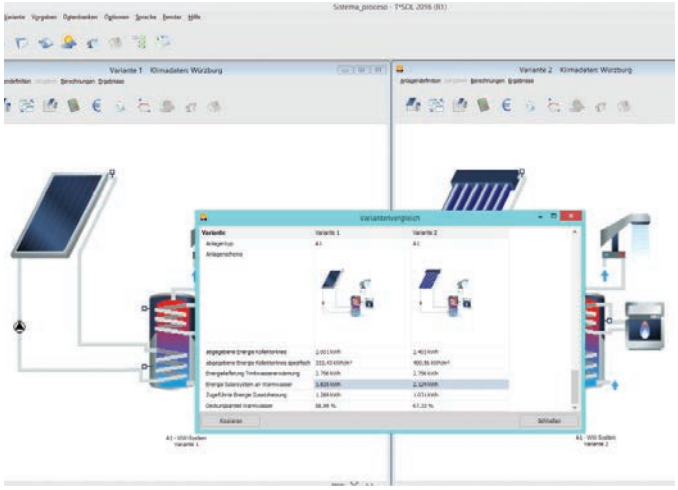
A Svédországi Kutató Intézet (RISE) által kifejlesztett ScenoCalc nevű szoftver segítségével meghatározható az éves energiatermelés értéke napkollektor esetén. A felhasználóbarát program tartalmazza a piacon elérhető kollektorok jellemzőit (a Solar Keymark által használt minőségi bizonylati jelölés alapján). A számítás Excel program segítségével történik. A napkollektorok az EN 12975 teljesítmény-teszt alapján összehasonlíthatók. A napkollektorok jellemzőit akkreditált laborokban határozták meg, melyeket a helyi és a telepítési paraméterekkel párosítva a program meghatározza a havonta várható energianyereséget. A számításokat állandó körülmények között (Steady State) és dinamikusan változó körülmények mellett (Quasi Dynamic) végzi el. Az eredményeket grafikonon és táblázatban szereplő módon szemléltethetők (7. ábra).



7. ábra. **ScenoCalc program**
(forrás: RISE, Description of ScenoCalc v5.01.pdf)

A német Valentin Software programja napkollektoros rendszerekhez a T*SOL. Lehetőség van a programmal teljes rendszereket összeállítani, és azokat dinamikus vagy teljes éves működésüket szimulálni (példaként lásd 8. ábra). Többféle napkollektor vizsgálható: légkollektor, síkkollektor, vákuumcsöves kollektor. Különböző puffer tartályok választhatók. Időjárási adatok megadhatók. Költségszámítás is elvégezhető a programmal. A program magyar nyelven is elérhető.

A programmal elvégezhető szimuláció a következő eredményeket adja: energiamérleg, fosszilis tüzelőanyag-megtakarítás, szén-dioxid kibocsátás csökkentésének mértéke, rendszer-hatásfok, használati melegvíz és fűtési energia értékek. A rendszer kivi-



8. ábra. **T*SOL program** (forrás: Valentin Software)

telezése során több szempontot is figyelembe kell venni, melyeket a Magyar Épületgépészek Napenergia Egyesülete egy kiadványba összefoglalta, melynek címe: 10 legfontosabb dolog, amire a napkollektoros rendszerek kivitelezésekor ügyelni kell (MÉGNAP, 2013).

Összefoglalás

A mérési eredményekből látható, hogy a nyári időszakban a használati melegvíz előállítását túl plusz energiával rendelkezünk, melyet felhasználhatunk például abszorpciós hűtőrendszerek működtetésére. Az üzemeltetéshez szükséges magas hőmérsékletet vákuumcsöves napkollektorok segítségével elő tudjuk állítani. A hasznosított hőenergiát egy folyadék-folyadék hőcserélővel továbbítani tudjuk a hűtőberendezés felé. Napelemmel összehasonlítva ez az energiahasznosítás kedvezőbb a jobb hatásfok miatt. Az adott hűtőberendezés igényének megfelelő kollektor-felülettel nyáron biztosítani lehet a hűtéshez szükséges energiát, melyet nagyrészt nem kell tárolni, mivel a kereslet és kínálat egybeesik. Ha a rendszert összességében nézzük, akkor látni lehet, hogy az összhatásfok alacsony; de mivel megújuló energiaforrás hasznosításáról van szó, így összességében más energiahordozókkal összevetve kedvezőbb ez a technológia

Irodalomjegyzék

[1] Kohlenbach P., Jakob U.: Solar cooling, The Earthscan expert guide to solar cooling systems, Routledge, New York, 2014.

[2] Kreider J.F., Kreith F.: Solar Heating and Cooling, Hemisphere Publishing Corporation, Washington, D.C., 1982. (2nd edition)

[3] MÉGNAP: Magyar Épületgépészek Napenergia Egyesülete: 10 legfontosabb dolog, amire a napkollektoros rendszerek kivitelezésekor ügyelni kell, 2013. (www.megnap.hu)

[4] Naplopó Kft. programjai (http://naplopo.hu/tudastar/2-uncategorised/54-ingyenes-hasznos-szoftvereink)

[5] ScenoCalc program, RISE: Research Institute of Sweden,Borås, v5, 2016, (https://www.sp.se/en/index/services/solar/ScenoCalc/Sidor/default.aspx)

[6] T*SOL program, Valentin Software, Berlin (https://www.valentin-software.com/produkte/solarthermie/14/tsol)

[7] Víg P., Farkas I. (2013): Vákuumcsöves kollektor hatásfokának függése a térfogatáramtól, Magyar Energetika. XX. Évf., (5). sz., 10-12. o.

Dr. Iring Rezső (1926–2018)

Két évvel ezelőtt, 90 éves korában még fizikailag és szellemileg is frissen, elsőként vette át az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Elnöksége által 2015-ben alapított Kerényi A. Ödön díjat. Most szomorúan tesszük közzé, hogy 2018. november 2-án elhunyt. November 16-án az Óbudai temetőben kísérték utolsó útjára családtagjai, ismerősei, volt munkatársai.

Dr. Iring Rezső a magyar energetika fejlesztésének és működtetésének több évtizeden keresztül egyik meghatározó személyisége volt.

Döntő szerepe volt a Láng Gépgyár vezetőjeként a magyar turbinagyártás fejlesztésében, a gőzturbinák gyártásában és eredményes működésük biztosításában.

Kiváló vezetőként, eredményesen tevékenykedett az Energiagazdálkodási Intézetben.

Tagja volt a Magyar Mérnöki Kamarának, címzetes egyetemi docensként a BME Tanácsának, a műszaki tudományok kandidátusaként köztestületi tagja a Magyar Tudományos Akadémiának. Munkahelyi tevékenysége mellett szakmai cikkeket írt, könyveket lektorált, fordított magyar nyelvre. Nyugdíjba vonulása után aktív szervezője és résztvevője volt az ETE Szenior Energetikusok Klubja rendezvényeinek, hozzászólásaival, véleményével segítette az energiaipar vezető szakembereit.

Nagyszerű ember volt, életét a korrektség jellemezte. Beosztott munkatársként és vezetőként egyaránt megállta a helyét. Tisztelettel emlékezünk rá.

Nyugodjon békében!

Üvegházhatás, káosz, globális felmelegedés

Reményi Károly
az MTA rendes tagja, remenyi@energia.bme.hu

The Ocean covers the Earth to an average depth of 2650 meters, so about 1000 times the heat capacity of the atmosphere. The ocean moderates climate change. Interactions between the ocean and the atmosphere are the primary cause of climate variability. It can be generated internally through interactions within and between the different climate subsystems such as atmosphere, ocean, land, sea ice, glaciers, and biogeochemistry. The climate system can also be externally forced such as anthropogenic changes in greenhouse gases. A doubling of atmospheric CO_2 concentration from pre-industrial levels (up to about 560 ppm) would, by itself, cause a global average temperature increase by Royal Academy Publishing of about 1 °C (1.8 °F). We could find the simple greenhouse model by Harvard. If increasing concentrations of CO_2 of the atmosphere to 600 ppm, and we calculated from their equation that an increase in the surface temperature to 1.1 °C will result. „Climate is chaotic and cannot be predicted" Lorenz (1963), in the landmark paper that founded chaos theory, said that because the climate is a mathematically-chaotic object (a point which the UN's climate panel admits), accurate long-term prediction of the future evolution of the climate is not possible „by any method". By IPCC „The climate system is a coupled non-linear chaotic system, and therefore the long-term prediction of future climate states is not possible."

* * *

A klímaváltozás utóbbi néhány évtizedes története széles körben ismert. A múlt század fordulóján élő Arrhenius munkásságában felbukkant üvegházhatás elve a század közepén újraéledt. A kezdetben kis patak az utóbbi évtizedekben hatalmas folyammá duzzadt, jelentős hordalékkal. A mozgalom világméretű, vállalásokat is tartalmazó egyezménysorozattá növekedett, a konferenciák főbb állomásai: Kyoto, Koppenhága, Cancun, Durban, Doha, Párizs, Marakesh és Bonn. Sorozatos kudarcok után a Párizsi Konferencia jelentősége kiemelkedő, bár eróziójának jelei kezdenek mutatkozni.

A mozgalomban a gazdaság, a politika és a tudomány is nagy lehetőségeket látott, és pozíciójuknál fogva így, vagy úgy a különböző médiákon keresztül is széles körben terjesztették az érdekeiket szolgáló álláspontokat. Ez az álláspont pedig az, hogy a globális felmelegedés, és így a klímaváltozás oka is, elsősorban az emberi tevékenységgel járó többlet üvegházgáz mennyiség, elsősorban a szén-dioxid kibocsátás. A tudományos viták háttérbe szorultak és nagy gazdasági következményekkel járó döntések születtek, tudományosan már nem megfelelően megalapozott tanulmányok alapján. Mindez az energetikában jelentős torzulást okozott. Természetesen a klímaváltozás evidenciájához nem fér kétség, vitatkozni csak az okokról és mértékéről lehet.

Legsajnálatosabb a tudomány megosztottsága, amely ebben az esetben nem tudományos vitákat és véleménykülönbségeket jelent, hanem úgynevezett „konszenzus" alapján, megtévesztően, a tudósok többségének kinevezte magát a hangadó, az emberi hatást eltúlzó csoport. Ezért bemutatunk néhányat a jelentősen eltérő, mértékadó véleményekből.

Bár jómagam, a jelen állapotban a „globális hőmérsékletnek" nevezett jellemzőnek az elméleti megfogalmazását is, és a mérési eredményeknek a feldolgozását is problémásnak tartom, továbbá fizikailag megalapozott használhatóságát is megkérdőjelezem, mégis a rendelkezésre álló irodalmat és mérési adatokat felhasználva alapvető problémákat mutatok be.

A túlzás mértékének alaptalanságára néhány jelentős állásfoglalást idézek, amelyeknél a források magas színvonalához nem fér kétség.

Royal Society közleményben olvasható (Climate change: evidence and causes |Royal Society): „A CO_2 által elnyelt és kibocsátott energia mérték fizikájának ismeretében, a légköri CO_2-koncentráció megkétszerezésekor (kb. 560 ppm-ig), önmagában ez, a globális átlag-hőmérséklet 1 °C-kal való növekedését okozná". (https://royalsociety.org/.../climate...causes/basics-of-climate-change/. Mivel az idézet pontosságának nagy a jelentősége, mellékelem az eredeti angol nyelvű szöveget is. (Based just on the physics of the amount of energy that CO_2 absorbs and emits, a doubling of atmospheric CO_2 concentration from pre-industrial levels (up to about 560 ppm) would, by itself, cause a global average temperature increase of about 1 °C (1.8 °F)) [1].

A Harvard módszernél, a világ egyik leghíresebb egyetemének, a Harvardnak a tananyagában is egyszerű módszert tartanak célszerűnek a globális hőmérséklet-változás számításához. A légkör tömegében az üvegházgázok koncentrációjának növekedése miatt fellépő sugárzási kényszer változása hatására megbomlik a sugárzási egyensúly. A hőmérsékleti hatást, a sugárzási kényszer és a légkör érzékenységének ismeretében számítják.

A Föld felület hőmérsékletemelkedésének a számításához az általánosan ismert alapképletet alkalmazzák:

$$\Delta T_o = \lambda \Delta F_S$$

A számításhoz figyelembevett értékek: $F_S = 1366$ W/m^2; Az albedó, $A = 0.25$; 280 ppm-nél a relatív emissziós tényező $f = 0.2$; 600 ppm-nél $f = 0.23$; $T_o = 288$K, és ezzel:

$$\Delta T_o = \lambda \Delta F = 1{,}11 \text{ K}.$$

A Harward módszer szerint, ha a szén-dioxidkoncentráció 280 ppm-ről 600 ppm-re növekedik, az 1.1 K hőmérsékletemelkedést okoz. (A CO_2 280ppm → 600ppm, hatás 1,11 K emelkedés, a részletes számítás az irodalomban megtalálható).[2]

Az MIT professorától, Richard Lindzentöl idézve: „Ha megduplázzuk a CO_2-t, akkor elfogadjuk, hogy 1 fokos felmelegedést kapunk, ha semmi más nem történt („If we doubled CO_2, it's well accepted that you should get about 1 degree warming if nothing else happened"). Ő néhány erősebb kifejezést is használ a kritikus véleményeiben.

Az általam kialakított egyszerű modellnél, a döntő jelentőségű állandók kiszámításához az eddig rendelkezésre álló, mért adatokat használtam. A légkör határán feltételezett egyensúlyi egyenletből a CO_2-koncentráció növekedés hatásának számításához szükséges részadatok egyszerűen számíthatók. Az általam írt cikkből vett levezetés alapján a szén-dioxidkoncentráció növekedés miatt az egyensúlyhoz szükséges hőmérsékletnövekedés értéke a 280 ppm-hez tartozó $T_N = 288$ K felületi hőmérséklethez képest:

$\Delta T_F = \alpha \ln c/c_o : (\sigma 4 T_N^3)$, ahol c az aktuális, c_o a vonatkoztatási szén-dioxid-koncentráció.

Az α állandó számításához a mért 0.74 ºC globális hőmérséklet-növekedés értéket elfogadva, a radiatív-konvektív modellekkel kapott eredmények empirikus közelítésére talált előbbi képletet alkalmazva:

$\Delta T_F = 0.74 = \alpha \ln c/c_o : (\sigma 4 T_N^3) = \alpha \ln 400/280 : 4 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 288^3 = \alpha \cdot 0.35 / 5.415$ és ebből

$\alpha = 10.87\ W/m^2$ a valóságból számítva.

$\Delta T_F = 10{,}87/5{,}14 \cdot \ln c/c_o = 2{,}007 \cdot \ln c/c_o$.

A képletből számítva 600 ppm szén-dioxid koncentrációnál a globális hőmérséklet 1.5 °C-kal emelkedik.

Bár az ismertetettek közül az én számításaim mutatnak nagyobb biztonságot, még az is alatta van annak az értéknek, amely radikális intézkedéseket igényelne a szén-dioxid kibocsátás csökkentésére.

Az IPCC tevékenységét, módszerét és következtetéseit, gyakran alaposan bíráljuk, de el kell ismerni, hogy jelentéseiben nagyon sok értékes adat és elméleti megfontolás található. Ilyen például „A tudományos alapok" fejezet, amelyben a klímában uralkodó folyamatok káosz jellegét említik. Sajnos a végső következtetéseikben ezt nem eléggé hangsúlyosan veszik figyelembe. A helyzet világos szemléltetését néhány szó szerinti idézettel illusztráljuk. A tanulmány és a megállapításai az interneten is megtalálhatók. (IPCC TAR WG1, Working Group I: The Scientific Basis) [3]. Tehát nagyon figyelemre méltóak az IPCC „A tudományos Alap" című fejezetében olvashatók, ahol a légkör bonyolultságáról elmélkedik. Ezután érthetetlenek azok a határozott javaslatok, amelyekkel a klímaváltozás alapján súlyos döntésekre vették rá az egész világ társadalmát. A pontos megértés ellenőrzéséhez nagyon fontosnak tartjuk, a korábbiakhoz hasonlóan az eredeti angol szöveg közlését is. A Chapter 14 – IPCC: Az éghajlati rendszer egy összekapcsolt nemlineáris kaotikus rendszer, ezért a jövőbeni éghajlati állapotok hosszú távú előrejelzése nem lehetséges.(„The climate system is a coupled non-linear chaotic system, and therefore the long-term prediction of future climate states is not possible.") A fő légköri, óceáni és a földi rendszerek közötti kapcsolatok megértésén javítani kell. („It will require improvements in the understanding of the coupling between the major atmospheric, oceanic, and terrestrial systems.") A komplex, kaotikus, nem-lineáris dinamika az éghajlati rendszer egyik alapvető sajátossága („These complex, chaotic, nonlinear dynamics are an inherent aspect of the climate system.") a „jövő váratlan, nagy és gyors éghajlati rendszer változásokat (mint történt a múltban), természetüknél fogva nehéz megjósolni. Ez azt jelenti, hogy a jövőbeli éghajlatváltozások magukban foglalhatnak „meglepetéseket". (future unexpected, large and rapid climate system changes (as have occurred in the past) are, by their nature, difficult to predict. This implies that future climate changes may also involve 'surprises.')

Ehhez képest, bár bizonyos tartományban, de mégis elég kemény, a társadalomra, az energetikára és a világra elég határozott következtetéseket vonnak le, és javaslatokat tesznek.

A Föld légkörének a bonyolultága miatt, a káosz elmélet a meghatározása alapján, nagyon csábító arra, hogy a hasonló jelzőkkel jellemezhető légköri rendszer jövőjének megismerésére használjuk fel

A káoszelmélet olyan egyszerű nemlineáris dinamikai rendszerekkel foglalkozik, amelyek viselkedése az őket meghatározó determinisztikus törvényszerűségek ellenére, a törvényszerűségekkel nem jelezhető hosszú időre előre.

A káoszelmélet azonban kimutatta, hogy egyszerű, néhány állapotjelzővel leírható determinisztikus rendszerek is mutathatnak összetett, megjósolhatatlan viselkedést. Determinisztikus voltuk ellenére a kaotikus rendszerek állapotjelzői elsősorban statisztikus módszerekkel írhatóak le. A lokálisan instabilan viselkedő rendszernél, a közeli kezdőhelyzetekből történő indítás után a különbségek gyorsan nőnek.

Edward Lorenz amerikai meteorológus 1958-ban vizsgálta három szabadságfokú nemlineáris rendszer konvekció modelljét. A számításaiba kis pontatlanságokat csinált a bemenő adatokban és, ezek a kis pontatlanságok az eredményekben rendkívül nagy eltéréseket okoztak. Edward Lorenz 1963-as cikkében bemutatta a nemlineáris rendszerekben tipikusan jelenlevő érzékenységet a kezdőfeltételek kicsiny eltéréseire, („if it is true two analogues have occurred since the atmosphere observation first began, it is follows analogues, since atmosphere has been observed to be periodic, the succession of states following these analogues must eventuelly have differed , and no forecasting scheme couldhave given correct result both times") ha igaz az, hogy a légkör-megfigyelés kezdete óta két esemény analóg, analógok következnek, a légkör a megfigyelés óta periodikus, az egymást követő analógok állapotai eltérőek lehetnek, egyetlen előrejelzési rendszer sem tudott helyes eredményt adni egyik alkalommal sem). Lorenz kijelentette, hogy az időjárás és a légkör viselkedése kaotikus, ami azt jelenti, hogy viselkedésük hosszú távú előrejelzése lehetetlen, ez a rendszer alaptulajdonsága.[4]

Habár a légkör igen sok szabadságfokú rendszer, bizonyos földrajzi helyeken és bizonyos időpontokban viszonylag kevés összetevőből álló rendszerként viselkedik. Ekkor megvizsgálható, hogy hol különösen érzékeny a rendszer a kezdőfeltételekre.

Léteznek olyan klíma modellek is, amelyek viszonylag kevés változóval írják le a folyamatokat, és egy adott szakaszban kaotikus viselkedést mutathatnak. A káoszelmélet egyik fő jellemzője a globális keveredés. A klímamodelleknél például legfontosabb változóként szerepel az üvegházgáz-koncentráció növekedés, és következményként a globális hőmérsékletnövekedés a kitüntetett paraméter.

A kaotikus rendszerek legfontosabb jellemzői a következők:

- szabálytalan mozgás;
- kis kezdeti eltérések gyorsan megnőnek;
- szokatlan, bonyolult, de jól meghatározott fázistérbeli geometria.

Ezeket a jellemzőket számszerűsíteni is lehet, a kaotikus viselkedés bonyolult geometriai struktúrák megjelenésével jár. A kaotikus viselkedést leíró mennyiségek között alapvető összefüggések vannak.

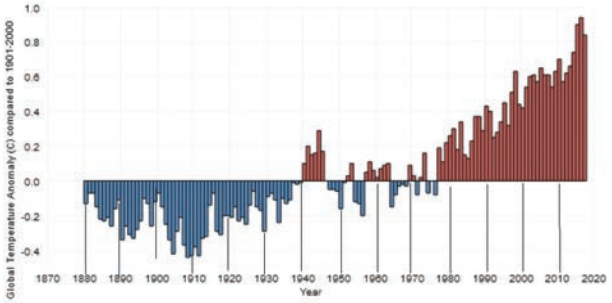
A kutatókat csábította az új, nagyon érdekes káosz elmélet, és számos kísérlet található az irodalomban a használatára. Az eredmények között számos figyelemre méltó található, amelyek alapvetően az időjárás megjóslását segíthetik, de jelenleg a klímára (azaz a jelenleg leginkább vizsgált globális hőmérsékletre) nem találhatók érdemi eredmények. A klíma kialakításában sok fizikai, kémiai és biológiai folyamat szerepet játszik, amelyek között számos, önmagában kaotikus jelleget mutat. Hatásuk külön és kölcsönhatásukban fontosak a Föld klímájának alakulásában

Tél Tamás szerint „a légkör egésze szempontjából nem is beszélhetünk determinisztikus káoszról, hiszen a rendszerben lényeges szerepet játszó összetevők száma messze nem csekély. Így csak az időjárás bizonyos vonásai szempontjából lehet szó káoszról és a hozzá tartozó attraktorrról. Én azt szoktam mondani, hogy a turbulencia biztosan komplexebb, mint a káosz, mert abban még a térbeli változás, a térbeli rendezetlenség is benne van. Meteorológus kollégáim nem mindig örülnek, ha azt hallják tőlem, hogy a légkör nem kaotikus. Azért nem, mert bonyolultabb annál, turbulens".[5]

A klímaváltozás tárgyalásában, mint legfontosabb szereplő, a szén-dioxid szerepel, ami kétségtelenül az 1860-az évektől, az emberi tevékenység következményeként a kb. 280 ppm koncentrációtól mára 408 ppm-re, gyakorlatilag monoton változással növekedett.

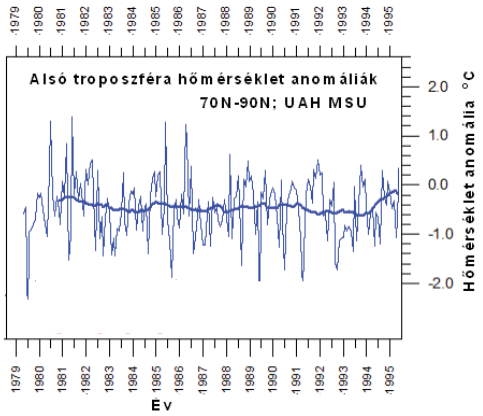
Ennek tulajdonítják a földi, jelenleg mért globális hőmérsékletnek a kb. 0.82 °C emelkedését. A valóság az, hogy a káosz elmélet kapcsán nem is található pontos megfogalmazás, hogy mit várnak tőle a modellezésben. A klíma modellek az általános megjegyzésekben megfogalmazott bonyolultság hangoztatása mellett is alapjában a szén-dioxidkoncentráció növekedésének következtében fellépő globális hőmérséklet növekedést, és annak hatásait vizsgálják.

Az éghajlatváltozásban (és a hőmérséklet alakulásában) legfőbb szerepet az óceán és a légkör közötti kölcsönhatások játszanak, és kapcsolódó keringési minták alakulnak ki. Ezek a változások nincsenek közvetlenül kapcsolatban a globális energiamérleg változásaival, bár közvetett kölcsönhatások léteznek. E változások nagy része természetes, időről időre ismétlődő, évről évre, évtizedről évtizedre. Ezek az oszcillációk megváltoztathatják a különböző hőmérsékletű légtömegek arányát, hatnak a viharpályákra, okozhatnak trendeket. A trendeket bizonyos időszak sorozatok átlagolt értékeiből állapíthatjuk meg amelyből nem látszanak az időszakaszon belüli, esetleg lényegesen nagyobb eltérések. A mért globális hőmérsékletváltozások értékeit az 1. ábra szemlélteti [6].



1. ábra. **A globális hőmérsékletváltozások alakulása az ipari forradalom kezdete óta**

Ezt hatást, a néhány tized fokos hosszabb távú átlagos hőmérséklet-emelkedés helyett, a rövid idejű, (például éven belüli) rövid ciklusú, a globálisnál lényegesen nagyobb mértékű (több fok is lehet) hőmérséklet-emelkedések jobban érzékeltetik (2. ábra).



2. ábra. **A rövid távú oszcillációk szemléltetése (Climate.., UAH MDU, 2011)**

Jelenleg az csak feltevés, hogy a légköri katasztrófák, például a gyakoribb óriásciklonok okát és gyakoriságuk növekedését ezen hőmérséklet-változások okozta energia-változásokban kell keresni. A hőmérséklet-változások és az energetikai viszonyok kapcsolatának kutatása elsőrendű feladat, de a különböző paraméterekben a késleltetések, fáziseltolódások megismerése közelebb vinne a jelenségek megmagyarázásához.

Talán például a hőmérsékleti gyakorisági eloszlásfüggvényeknek a klímaváltozás hatására történő változása az intézkedésekhez hasznosabb lenne, mint egy paraméternek, a globális hőmérsékletnek a széleskörű alkalmazása. Különösen az egyes régiókban várható körülmények elemzéséhez nagy segítséget nyújthatnának.

Néhány jelentős, az időjárást feltétlenül befolyásoló oszcilláció, amelyeket azonban a klíma káosz modelleknek érdemben nem sikerült beépíteni a hosszú távú elő- jelzésekbe [7].

El Nino-Southern oszcilláció (ENSO): Ennek jól ismert mintázata van, a trópusi Csendes-óceán felszíni hőmérséklete változik az El Nino időszakban (a keleti trópusi Csendes-óceán hőmérsékletei túlmelegedések), a La Nina-időszak, a trópusi Csendes-óceán sokkal hidegebb felszíni vizei. 3-7 évente. Az átmeneti években egyik állapot sem dominál.

Csendes-óceáni decadal-oszcilláció (OEM): Ez a fajta jelenség, az északi Csendes-óceánon a legkiemelkedőbb, ezért nagy hatással van Észak-Amerika, különösen a Nyugat-Kanadának a közép-szélességi éghajlataira. Valószínűleg összefügg az óceáni keringési folyamatokkal. Az elmúlt században két teljes ciklus volt.

Északi-sarkvidék és Észak-Atlanti-óceán Oscilláció (AO és NAO): Az Észak-Atlanti-óceáni oszcilláció az Észak-Atlanti-óceán magas és mérsékelt szélességi területei közötti légköri nyomáskülönbségek mutatója. Ez összefügg az északi félteke nyugati szelének viselkedésében bekövetkező változásokkal, így a NAO változása befolyásolja az egész féltekét.

A kvázi-kétéves oszcilláció (Quasi-biennial oscillation,QBO): A QBO az egyenlítői sztratoszférában kialakuló jelenség. A felső sztratoszférában (35–40 km) létrejövő keleti és nyugati irányú zonális szelek az alsó sztratoszférába, régiókba süllyednek. A lesüllyedt réteg felett ellentétes irányú szél keletkezik. Egy ciklus átlagos időtartama 28–29 hónap. Két fázisa van: keleti és nyugati fázis. Keleti fázis amikor az alsó sztratoszférában keleti szelek alul vannak, felül a nyugati szelek. A nyugati fázis ennek a fordítottja. A keleti szelek erősebbek, és lassabban süllyednek, mint a nyugati szelek. A legerősebb feljegyzett keleti szél 29.55 m/s , a legerősebb feljegyzett nyugati szél csak 15.62 m/s sebesség volt [8].

A Föld éghajlatában a víz és a légkör kölcsönhatásában jelentős szerepet játszik a tömegük aránya és a hő-kapacitásuk közötti óriási különbségek. A víztömeg, amelynek döntő részét a tengerek teszik ki, kb. ezerszerese a levegő tömegének. A hidroszféra tömege: $1.4 \cdot 10^{21}$ kg, a hőenergia tartalma: $5.6 \cdot 10^{24}$ Joule/K. A légkör tömege: $5 \cdot 10^{18}$ kg, es a hőenergia tartalma: $5 \cdot 10^{21}$ Joule/K.

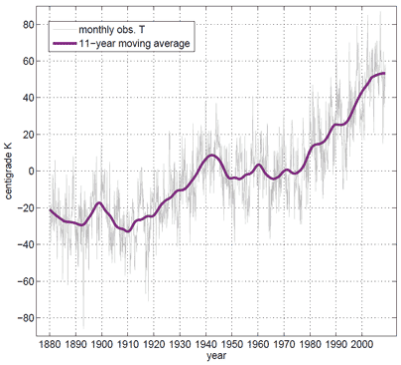
Az éghajlat mondhatni általában az időjárások átlaga, és így, az éghajlatváltozás és az időjárás szoros kapcsolatban van. Az észlelések azt mutatják, hogy ha változások történtek az időjárásban, az, az időjárási változások statisztikája szerint hat az éghajlatváltozásra. Míg az időjárás és az éghajlat szorosan összefügg, fontos különbségek vannak.

A meteorológusok néhány napig tudják a jövőre sikeresen megjósolni az időjárási viszonyokat a fizika alapú fogalmakkal, amelyek szabályozzák a légkör mozgását, melegítését, hűlését, esőit és a víz elpárolgását. Az időjárás több napot meghaladó kiszámíthatóságának egyik legfőbb korlátozó tényezője a légkör alapvető dinamikus tulajdonsága Az éghajlatot úgy lehet tekinteni, mint az egész földi rendszer állapotát, beleértve a légkört, a földet, az óceánokat, az esőt, a jeget és az élőlényeket. Így megkülönböztethető a külső és a belső hatások által okozott hőmérséklet, illetve klímaváltozás [9].

A külső kényszerek változása esetén az éghajlati rendszer különböző összetevőinek válaszideje nagyon eltérő. A légkör tekintetében a troposzféra válaszideje viszonylag rövid, napoktól hetekig, míg a sztratoszféra általában néhány hónap alatt kerül egyensúlyba. A nagy hő-kapacitás miatt az óceánok változásai sokkal hosszabbak, általában évtizedekig, de évszázadokig vagy évezredekig tarthat.

Külső kényszer változása nélkül is, természetesen változhat az éghajlat, hiszen a komponensek rendszerében nagyon eltérő reakcióidők és nemlineáris kölcsönhatások vannak, az összetevők soha nem állnak egyensúlyban, és folyamatosan változóak.

Különbséget tesznek a fizikai klímaváltozásokat érintő fizikai visszacsatolások és a biogeokémiai visszacsatolások között, amelyek gyakran összekapcsolt biológiai, geológiai és kémiai folyamatokat is magukban foglalnak. A fizikai visszacsatolás példája a felhők és a sugárzási egyensúly közötti bonyolult kölcsönhatás. A biogeokémiai visszacsatolás egyik fontos példája a légköri CO_2-koncentráció és a földfelszín és az óceánok szén-dioxid-felvétele közötti kölcsönhatás. A visszacsatolás megértése elengedhetetlen a szénciklus megértéséhez.



3. ábra. **GHCN & HADISST1 által egyes közölt mért és átlagolt globális hőmérséklet értékek**

4. ábra. **A 3. ábra globális hőmérséklet adatsor szakaszain érvényesülő kaotikus hatásokra kialakuló időjárás**

Azt is állították, hogy ha az időjárás kaotikus, akkor biztosan az éghajlatnak is kaotikusnak kell lennie, mert „az éghajlat nagyon hosszú távú időjárás". Az időjárás egyaránt kaotikus és erősen szezonális. A levegő hőmérséklete jelentős napi és néhány éves szakaszokon belül jelentős ingadozásokat mutat. időnként előre nem láthatóan 10-20 °C-ot változik rövid időn belül. Az éghajlat nem változik lineárisan. A hosszabb távú előjelzések folyamatában meg lehet keresni az egyes rövidebb szakaszokban a káosz folyamatok helyét is

Ismert hidrodinamikára alapozva Lorenz egy egyszerűsített egyenletet hozott létre. A paraméterek bizonyos értékeire a légköri levegő általános mozgása előre nem látható módon ingadozik (Lorenz 1963). A legfontosabb probléma az, hogy a kezdeti feltételekben bekövetkező kis változások esetén, a rendszer kiszámíthatatlan kimenetelűvé vált. Ez volt a determinisztikus káosz felfedezése.

Az éghajlat változatossága alapvetően a légkör és az óceán közötti hőátadásnak köszönhető, azonban nem lehet az óceánok áramlásában teljesen kifejlesztett káoszt találni, de kisméretű káoszt mutathatnak. Tziperman és társai (1994) egy egyszerű modellben mutatott rá, hogy El Nino valószínûleg szezonalitás által kiváltott kaotikus rezonancia az óceán és a légkör között.

Az El Nino 1998-ban az 1950-től kezdődően a hőmennyiségi rendellenességeknek jelentős részét tette ki, de gyorsan múlik. Az üvegházhatás azonban egész idő alatt működik.

A hőmérséklet változási görbéket szemlélve (az 1950-1980 közötti időszakra normalizálva) azonban felmerülnek bizonyos gondolatok. Az óceánoktól és a vulkánoktól való kaotikus hatások miatt az időjárás kiszámíthatatlanabbá válik, és a klímaváltozás előrevetíthető részét ellehetetleníti. Az éghajlat egyértelműen nem lineáris, de nem is kaotikus. A gondolat megjeleníthető például az utóbbi közel másfél évszázad hőmérsékletváltozási diagramjának néhány szakaszán létrejöhető kaotikus időjárási jelenség ábrázolásával (3. és 4. ábra) [10].

Figyelemreméltó ötlet volt a klíma rendszernek attraktort, vagy attraktorokat találni. A rendszer az attraktoron mozog, nincsenek periodikus változásai, a rendszer soha nem ismétlődik, kaotikusan viselkedik. A rendszer determinisztikus, de megjósolhatatlan. Közeli pontokból kiindulva a trajektóriák gyorsan távolodnak egymástól. A különös attraktorok nem fordulhatnak elő háromnál alacsonyabb dimenziós rendszerben.

Lorenz az attraktorra három régiót vett fel (ezek a hurrikán, az aszály vagy a hó körülményeit ábrázolhatják). A Lorenz Attractorra kimutatták, hogy semmi köze az éghajlathoz és az időjáráshoz az általa használt formában. 1963-ban Edward Lorenz a konvekciót tanulmányozta a Föld légkörében. Mégis érdekes gondolat az éghajlati görbére felfűzni kaotikus rövidebb időjárási szakaszokat.

Évtizedek közötti időtartamokon belül a bolygók átlagos hőmérséklete elsősorban a Stefan-Boltzmann törvénynek és az üvegházhatásnak felel meg. Ha a CO_2 források és elnyelők kaotikusak lennének, talán az éghajlat lehetne kaotikus. A Nap sugárzás kaotikus változása is okozhatna némi káoszt az éghajlatban.

Az időjárás tehát kaotikus, mert szabadon változhat, az éghajlati változás jellemzőit azonban bizonyos szakaszokban adott fizikai törvények határozzák meg. Az éghajlati rendszer egy összekapcsolt nemlineáris kaotikus rendszer, ezért a jövőbeni éghajlati állapotok hosszú távú előrejelzése nem lehetséges [11], [12].

A modellek bármennyire javulnak, az összes bizonytalanság marad a rendszer kaotikus jellege miatt. Az El Nino-viselkedés változatossága, évtizedekig és évszázadokig, bizonyítja a rendszer alapvetően kaotikus természetét, amelyet megpróbálunk megjósolni.

Irodalom

[1] Slingo, P. and Palmer, T.: Uncertainty in weather and climate prediction, Philos Trans A Math Phys Eng Sci 2011 Dec, The Royal Society Publishing

[2] CHAPTER 7. THE GREENHOUSE EFFECT, http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/bookchap7.html

[3] IPCC TAR WG1, Working Group I: The Scientific Basis, Executive Summary. 771. 14.1 772. 14.2.2 Predictability in a Chaotic System. 773

[4] Lorenz, Edward N.:Deterministic Nonperiodic Flow, Journal of the Atmospheric Sciences,1963 January, pp 130

[5] Tél Tamás: A káosz természetrajza – Természet Világa www.termeszetvilaga.hu/tv98/tv9809/kaosz.html

[6] Lindsey Rebecca and Dahlman LuAnn : Climate Change: Global Temperature | NOAA Climate.gov https://www.climate.gov/...climate/climate-change-global-temperature, August 1, 2018

[7] Climate oscillation – Wikipedia –https://en.wikipedia.org/wiki/Climate_oscillation

[8] Quasi-biennial oscillation – Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Quasi-biennial_oscillation

[9] Climate Variability and its Causes | Cleantech Solutions https://www.cleantechloops.com/climate-variability/

[10] Jacob Bock Axelsen: Chaos theory and global warming: can climate be ... – November 2016 www.skepticalscience.com/chaos-theory-global-warming-can-c

[11] Chaos & Climate – Part 3: Chaos & Models; https://wattsupwiththat.com/2016/.../chaos-climate-part-3-chaos-models

[12] AMS Policy Statement on Weather Analysis and Forecasting. Bull. Amer Met. Soc., 79, 2161-2163 The difference between weather and climate - https://www.skepticalscience.com/weather-forecasts-vs-climate-model.

A fosszilis energiahordozók és a klímavédelem

Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A világ energia igényének kielégítése a mindennapi életünk nagyon fontos eleme. A Föld minden országa első sorban saját energia forrásaira támaszkodik. Minden ország felismerte a Föld légkörének veszélyes változását, és el is indított akciókat a légkör védelmére. A légkörbe kerülő egyik legveszélyesebb anyag a széndioxid, aminek hatására nő a földi légkör hőmérséklete. A világ fejlődik, nő a népesség, többet közlekedünk, több energia kell a mindennapi élethez.

A világ energia felhasználása évről-évre nő (Mtoe) [1]:

	2010	2017
kőolaj	4208,9	4621,9
földgáz	2725,1	3156,0
szén	3605,6	3731,5
nukleáris	626,2	596,4
vízenergia	777,5	918,6
egyéb megújuló*	170,5	486,8
összesen	12113,8	13511,2

* nap, szél, geotermia, bio üzemanyag, biomassza

Az energiahordozók között a fosszilis tüzelőanyagok részesedése 2010-ben 87% volt, 2017-re 85%-ra változott. A megújuló energiahordozók látványos előretörése még nem elég a primer energiahordozó szerkezet érdemi megváltoztatására.

A legtöbb energiát fogyasztó országok (2017, Mtoe) [1]:

Kína	3132
USA	2235
Oroszország	698
India	754
Japán	456

Ma már bizonyosnak tekinthető, hogy Kína eddigi rohamos fejlődése és energiaigényének növekedése fékeződik, különösen 2025 után. Ázsia egyéb országaiban rendre megfigyelhető az erőteljes gazdasági növekedés, és a hasonló, rapid gazdasági fejlődést kísérő markáns energiaigény növekedés.

	2020	2030	2040
Kőolaj	4564	4864	4836
Földgáz	3534	4148	4707
Szén	3697	3821	3762
Nukleáris	674	772	912
Vízenergia	1015	1160	1241
Egyéb megújuló	794	1552	2527
Összesen	14278	16317	17985

A primer energiahordozó szerkezetben várható változások tükrözik a légkör védelmére elhatározott lépések hatását, de azt is bemutatják, hogy a lényegi változások nem következnek be néhány éven belül.

A villamos áram termelés szerepe egyre nagyobb az energia felhasználásban. Az erre a célra igénybe vett energiahordozók összetétele szerencsésen változik. Az áramtermelés várható energiahordozó összetétel változást mutatja be a következő táblázat 2016-2040 között (ezer TWh) [2]:

	OECD	Kína	Egyéb Ázsia	A világ egyéb részei
Olaj	-118	-6	-37	-221
Földgáz	1079	698	420	1509
Szén	-1592	365	3257	149
Nukleáris	-357	1223	204	343
Vízenergia	90	377	366	629
Egyéb megújuló	2934	3065	1368	1258

A széndioxid kibocsátás várható alakulását mutatja be a BP [2]. A hat változatban kidolgozott jövőkép közül az „Evolving transition" (kibontakozó átmenet) változatot, mint a legreálisabb lehetőséget mutatjuk be (milliárd tonna kibocsátás):

Év	2016	2020	2025	2030	2035	2040
Kibocsátás	33431	34502	36031	36667	36950	36776

A széndioxid kibocsátás csökkentésére indított akciók alapján megállapítható, hogy:

- a kibocsátás fő forrása a fosszilis tüzelőanyagok használata hőtermelésre, villamos áram termelésre és a közlekedésben
- a kibocsátás csökkentése a világ egyes térségeiben nem azonos fontosságú feladat
- az OECD országok felelősség érzete magasabb, mint a világ más országaié
- az egyes országok energiahordozó forrás adottságai határozzák meg az ország klímavédelmi feladat vállalási készségét
- a CO_2 emisszió csökkentése nagyon sok pénzbe kerül
- az azonnali intézkedések a légkörbe kerülő széndioxid csökkentésre is csak évek múlva hoznak mérhető eredményt

2016. novemberben az ENSZ klímaügyi világkonferenciáján Párizsban komoly előretörés volt azoknak az országoknak a mozgósítása a klíma védelmére, amelyek a világ legjelentősebb energia fogyasztói és egyben a légkör legnagyobb szennyezői is. Hasonló konferenciák ezt megelőzően is voltak már sok helyen a világban, hasonló jövőképet festettek azokon a rendezvényeken is, de érdemi elhatározások nem születtek. Most talán az indította el az aktívabb klímavédelmet, hogy a légkör átlagos széndioxid tartalma elérte a 400 ppm értéket, és a Föld átlag hőmérséklete már közel 2 ºC-al magasabb, mint 1900-ban. A két mérőszám azért riasztó, mert nem lehet egyik napról a másikra érdemi csökkentést elérni, és ennek a klímaváltozásnak már vannak visszafordíthatatlan következményei is. A konferencia a 2 ºC hőmérséklet emelkedési határt tűzte ki fő célnak. A környezetvédelmi törekvések a fosszilis tüzelőanyagok használatát is csökkenteni tervezik. A program kifutására tíznél több év kell.

A három legnagyobb levegő szennyező ország – Kína, USA, India; a világ CO_2 kibocsátásának 49,7%-át adják – ratifikálta az egyezményt, de pár hónap múlva az USA visszalépett.

Az ENSZ Éghajlatkutató Intézete (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) 2018. októberi jelentése [3] vészjósló hangokat üt meg a globális felmelegedés kilátásairól. Az igencsak markáns álláspontjuk szerint ha a következő tizenkét év során nem állítjuk meg a légkör széndioxid tartalma növekedését, akkor a klímaváltozás következményei

nagyon sok embernek kibírhatatlanok lesznek.

Az IPCC nem végez önálló kutatást, hanem sokszáz kutatási jelentést összegez. Kutatói a világ minden térségében dolgozó szakértők. Az IPCC az elemzések publikálása előtt több, mint ötszáz lektorral véleményeztette az anyagot.

Az IPCC jelentés szerint:

- a légkörbe kerülő széndioxid kibocsátás felére csökkentésével elérhetnénk, hogy a légkör felmelegedése 2100-ig ne legyen több, mint 1,5 ºC (1900. évhez képest)
- a klímaváltozás hatásaként hangsúlyozni kell, hogy a földi légkör melegedése csökkenti az élelmiszer termelés lehetőségét is
- a klíma melegedésének következménye a sarki jég olvadása (az édesvíz készlet vesztése), a tenger szintjének emelkedése, a tengervíz oxigén szintjének csökkenése, egyes tengeri állatok pusztulása
- a felmelegedés az oka a szélsőséges időjárási jelenségeknek: tájfunok, árvizek, extra téli hóviharok, forró nyarak
- a klímaváltozás megszüntetheti a Golf-áramlást is, ami egy sor országban idézhet elő drámai időjárás változást
- a klímaváltozás az egyik oka a népesség elvándorlásának az élhetetlen térségekből

A párizsi konferencia 2 ºC hőmérséklet határa és a most meghatározott 1,5 ºC határ között látszólag nem sok a különbség, de ez a kis csökkentés csak erős nemzetközi összefogással és rendkívüli erőfeszítésekkel teljesíthető.

Az IPCC cselekvési programot is javasol. Ennek főbb elemei:

- erdő telepítés minden, eddig nem használt földterületen
- az elektromos autózás elősegítése
- széndioxid elnyelő technológiák kifejlesztése és alkalmazása
- a megújuló energiahordozók használatának fokozása

A BP „kibontakozó átmenet" jelű prognózis változata szerint csak 2035 után várható csökkenés a légkör széndioxid szintjében, vagyis addig fokozatosan bekövetkezhet az IPCC által előjelzett drámai klímaváltozás. A BP szerinti kibocsátás következménye akár 3,1-3,7 ºC hőmérséklet emelkedés is lehet az IPCC becslése szerint.

Az Európai Unió az élen jár a klímavédelem területén. A klímavédelem és a fosszilis tüzelőanyagok jövőjéről Németország példáját emelhetjük ki: a német Klímavédelmi Terv 2050 szerint a 2016. nyári megújuló alapú villamos energia termelés zavarai ellenére (voltak olyan napok, amikor a megújuló áramtermelés az ország teljes villamos szükségletet fedte, és hatalmas áram felesleg keletkezett) mégis további megújuló kapacitások építése mellett döntöttek. Ez a döntés a széndioxid kibocsátás felezését célozza 2030-ig, és 2035-ig a megújuló energiahordozóknak kell fedni az ország teljes energia igényének 70%-át. A nyári áram túltermelési helyzet következtetése: fel kell készülni jelentős villamos exportra.

A kőolaj termékeket a világ minden országában használják: fűtésre, közlekedésre, villamos áram termelésre, kenőanyagnak, vagy a vegyipar alapanyagaként. A kőolaj piac változásai komoly hatással vannak a többi energiahordozó árára, az ipari fémek, a műanyagok, de a mezőgazdasági termékek ára is követte az olajár mozgást. A kőolaj piac egyensúlyát a kitermelés korlátozásával akarja az OPEC helyreállítani. Most úgy tűnik, hogy az OPEC-en belül és talán még Oroszországot is ide értve létrejöhet egyezség a kőolaj túltermelés visszafogására. Ennek áremelkedés lehet a következménye. A kőolaj áresés következménye volt 2015-től kezdve a palaolaj termelés technológia fejlesztése, a költségek csökkentése. Ha a világpiacon a kőolaj ára ismét 80 dollár/hordó szintre emelkedik az OPEC akarata szerint, akkor viszont a palaolaj termelők meglendülnek, és az amerikai kőolajimport lecsökkenhet. A kőolaj árhullámzására a továbbiakban is kell számítani.

A szén a második legfontosabb energiahordozó a világon. Minden olyan ország, ahol jelentősebb szénvagyon van a földben, igyekszik kihasználni az adottságot, és a saját szén felhasználást erőlteti. A szén felhasználás legfontosabb területe a villamos áram termelés. A Föld szén készleteit viszonylag alaposan felmérték már, de a kutatások újabb szénkészleteket hozhatnak a sarkvidék alatt. A szén erőművi tüzelése technológiáját folyamatosan fejlesztik, a szénből előállított áram ára versenyképes a többi energiahordozóval. A szenes erőművek széndioxidon kívüli károsanyag kibocsátása nem haladja meg az ipari átlagot.

A földgáz a harmadik, legfontosabb fosszilis energiahordozó.

A földgáz szerepét a következő tényezők határozzák meg:

- A földgáz ára erős hatással van a földgáz alapú technológiák terjedésére, de jó néhány részvény tőzsdei árára is.
- Az LNG technológia olyan országokat is a földgáz piac jelentős tényezőivé tettek, amelyek földrajzilag távol vannak a földgáz felhasználás csomópontjaitól. Indonézia, Ausztrália, Vietnam, Malajzia, Peru könnyen tud földgázt exportálni Japánba, de akár Európába is, az egyszerű és nem túl drága tengeri szállításnak köszönhetően. Oroszország is belépett az LNG üzletbe, 2017-ben 15,5 milliárd m^3 földgázt exportáltak LNG formában. Európa minden tengerparttal rendelkező országában működik, épül vagy tervbe vettek LNG terminált.
- A palagáz kutatások eredményei nemcsak az USA-ban lendítették meg a földgáz termelést, hanem a technológia a világ más térségeiben is nagyon biztató kilátásokkal alkalmazható. A világ palagáz készleteit sokkal nagyobbra becsülik, mint a hagyományos lelőhelyek készleteit.
- A földgáz piac újdonsága a metánhidrát. Ez az anyag a víz és a metán asszociációja, kristályos, jégszerű anyag. A tengerek mélyén találták meg először: a Mexikói öbölben, Japán partjainál, a Fekete tengerben, Észak- és Közép-Amerika tengerpartjainál, helyenként több száz méteres vastagságban. Az 500...1500 méter mélységben és kb. 2 ºC hőmérsékleten lévő anyag a nyomás és a hőmérséklet változásakor elbomlik. Hatalmas metánhidrát készleteket jósolnak a sarkköri jégben és a tundrák fagyott talajában. Japánban haladtak leginkább előre az ipari kitermelés kidolgozásában, de még pár év szükséges a tömeges termeléshez. Beszállt a kutatásba az USA, Kína és India is. A készletek felbecsülhetetlenek, már lehet olvasni olyat is, hogy a Föld földgáz szükségletét akár ezer évre is fedezi a metánhidrát készlet. Ráadásul a metánhidrát ma is képződik a tengerekben.

Az Európai Unió sokat akar és tud költeni a fosszilis energiahordozó felhasználás visszaszorítására: energiatakarékosság (hőszigetelés, fűtés korszerűsítés), energia felhasználás hatékonyságának emelése technológiai fejlesztésekkel (például a kondenzációs kazánok használata), villamos járművek terjesztése, megújuló energiahordozók használatának támogatása. A program halad, de a fosszilis energiahordozók érdemi visszaszorításához még évtizedek kellenek.

Összefoglalva azt állapíthatjuk meg, ha a gazdaságot nem éri újabb válság, akkor az energiahordozók piacán differenciált, lassú növekedés lesz. A légkör szennyezettsége miatt bízhatunk a nemzetközi összefogásban, a klímavédelem eredményei gyarapodásában. Biztosra vehetjük a megújuló energiahordozók gyors előretörését, a megújuló hasznosítás technológiájának fejlesztését. A megújulók tíz év múlva valódi versenytársai lesznek a fosszilis energiahordozóknak.

[1] BP Statistical Review of World Energy June 2018
[2] BP Energy Outlook 2018 edition
[3] The Guardian – index.hu 2018. 10. 08. 12 év múlva pokol várható

A műanyagok kora

Szilágyi Zsombor
mérnök; drszilagyizsombor@freemail.hu

A műanyagok behálózzák a mindennapi életünket, számtalan használati eszközünket el sem tudnánk képzelni, ha nem műanyagból lennének. Az ipari léptékű műanyag gyártás és a tömeges használat mintegy száz éve során mára jutottunk el ahhoz, hogy a tengernyi műanyag hulladék elborít bennünket és élhetetlenné képes tenni a Földet.

A mindennapi életünk talán legfontosabb gondja a klímaváltozás. A Föld átlaghőmérsékletének emelkedése olyan környezeti változásokat idéz elő, amelyek kezelése majd visszaszorítása az egész emberiség sürgős összefogását igényli. A környezetünk jobbá tételére első sorban a légkörbe kerülő széndioxid mennyiségének csökkentését tűztük ki célul, aminek nagyon fontos eleme lesz az energia felhasználás csökkentése. A széndioxid mellett további, légkört szennyező gázok is károsítják az egészségünket. Ezeknek a gázoknak forrása jelentős részben a hulladékba kerülő műanyagok bomlása.

A tennivalók hosszú sora, az intézkedések rendkívüli költségei mellett a köztudat átformálása látszik a legnehezebb feladatnak. Nem bízhatunk abban, hogy pár éven belül leküzdjük ezeket a környezeti gondokat. Ha azonnal hatályba léptetnénk egy sor környezetvédelmi intézkedést, és azokat a szabályokat maradéktalanul be is tartanánk, akkor is legalább tíz év kell a káros környezeti tendenciák megfordításához.

A műanyagok mesterséges úton előállított vagy átalakított óriásmolekulájú anyagok, szerves polimerek. Kőolajból, földgázból gyártják a legtöbb műanyagot. A műanyag alapanyaghoz adalékokat adnak, a késztermék egyes tulajdonságainak megváltoztatására: a leggyakrabban használt adalékok a lágyítók, a színező anyagok és az égésgátlók.

Az újabb műanyagok fejlesztése és gyártása jelentős kutatási és gyártási terület. Mondhatni naponta jelenik meg újabb műanyag fajta, eleinte még viszonylag szűkkörű használatra, majd egyre inkább használják mindenféle célokra. A kutatók előtt tornyosulnak a megrendelések a legkülönbözőbb használati célokat kielégítő újabb műanyagok fejlesztésére. A műanyag alapanyag és a késztermék gyártó ipar talán az egyik legdinamikusabban fejlődő területe a gazdaságnak.

El sem tudnánk képzelni az életünket műanyagok nélkül. Visszaszorult a fa, a fém, a papír, a kerámia és üveg eszközök használata, ezeket a klasszikus anyagokat is szinte maradéktalanul kiváltották a műanyagok. Erősíti a műanyagok karrierjét a Föld népességének állandó növekedése: a lakosság fogyasztása és a környezetünk eszköz szükséglete is nő.

1950 és 2007 között a világ műanyag gyártása 1,5 millió tonnáról 270 millió tonnára szaladt fel. 2012-ben 288 millió tonna műanyagot állítottak elő, napjainkban 400 millió tonna körül járunk. A műanyagok használatának rohamos elterjedése alapján 2040-re 500 millió tonnás fogyasztás várható. A két legelterjedtebb műanyag a polietilén és a PVC.

A műanyag felhasználást a világban Kína vezeti, a világ termelés kb. 30%-val, Európa követi 19%-kal, USA pedig 17%-kal.

A gyártott műanyagok felét csomagolóanyagnak használják fel, az építőipar a műanyagok kb. 20%-át használja, az elektronikai ipar 6%-ot, az autóipar kb. 3%-ot használ. A hulladék műanyag újra hasznosítása 10% körül van a világon. Jelen vannak a műanyagok a fémek bevonásánál, a festékek alapanyagában, a textilgyártásban is.

A műanyag gyártásban hazánk jelentős kapacitással rendelkezik. 2015-ben 1,6 millió tonna műanyagot gyártottak, a fele exportra került [2]. A felhasználásban Magyarország sem marad le a világ átlagtól, csak PET palackból évente 45 ezer tonnát gyártanak. A műanyag lett a háztartási és kommunális hulladék második legnagyobb arányú eleme: a hulladék 24%-át adja a műanyag [1].

A műanyagok osztályozása már az első néhány műanyag fajta megjelenésekor megindult. Ma a világon egységes jelöléseket alkalmaznak: a műanyag terméken vagy a termék bizonylatán nyilakkal körbefont háromszögbe írják a műanyag (egyjegyű) azonosító számát. Az újabb és újabb műanyag fajták megjelenésével ez a jelölés rendszer nem bizonyult elégségesnek, ezért a 7. (other) besorolási osztályt azoknak a műanyagoknak nyitották meg, amelyek nem fértek bele az első hatba. Valószínűleg bevezetik az osztályozást kétjegyű számokkal.

A hőre lágyuló műanyagok adják az egész műanyag ipar termelésének legalább 80%-át, és ezen belül is a polietilén, a polipropilén és a PVC a legnagyobb tömegben és célra gyártott műanyag.

Név	Jelölés	Tulajdonságok	Felhasználás
polietilén	PE, 2, 4	hőre lágyuló, vegyszerálló villamos szigetelő	fóliák, zacskók, használati cikkek
polipropilén	PP, 5	hőre lágyuló, vegyszerálló, szálhúzásra alkalmas	élelmiszer dobozok, edények, vegyszeres flakonok
polivinilklorid	PVC, 3	hőre lágyuló, vegyszerálló, fény hatására bomlik	csövek, fólia, műbőr, palackok, padlóburkoló
polietilén tereftalát	PETE, 1	hőre lágyuló, ütésálló, hőálló	élelmiszer csomagolás, textilgyártás
poliészter	other, 7	hőre lágyuló, hőálló	textilipar
hungarocell	PS, 6	hőre lágyuló, rugalmas, szálképzésre alkalmas	csomagoló-anyag, hang-, hőszigetelő burkolat
plexi	other, 7	üveghez hasonló	védőszemüveg, plexiüveg
teflon	other, 7	vegyszerálló, hőálló	edények bevonása, villamos szigetelés
fenoplaszt	other, 7	hőre keményedő	elektromos szigetelő

A 2, 4, 5 jelzésű műanyagok használatánál, lebomlásánál a környezetre káros anyagokat eddig nem mutattak ki.

A műanyagok hatását az emberiségre és a környezetünkre valójában még csak pár évtizede kezdték kutatni. Máris biztosra vehető néhány eddigi megállapítás:

- egyes műanyag eszközök rendszeres használata az alapos előzetes minősítések ellenére okozhat egészségkárosodást
- a műanyagok égetésével számtalan mérgező, rákkeltő anyagot bocsátunk a levegőbe
- a hulladék lerakóba kerülő műanyag bomlási idejéről és a keletkező bomlástermékekről még felszínesek az ismereteink, de biztosra vehető, hogy egészségre káros légszennyező anyagok is felszabadulnak
- a tengerekben az elhagyott halászati eszközök évtizedekig lebegnek, felmérhetetlen károkat okozva az élővilágban
- a műanyag hulladék egy része a természetes vizekbe, onnan pedig az ivóvizünkbe kerülhet.

A háztartási és a kommunális hulladék mennyisége szerencsére csökken Magyarországon: 2008-ban 18,7 millió tonna hulladék keletkezett, 2010-re 15,3 millió tonnára csökkent. 2010-ben a háztartási és kommunális hulladékok 17,9%-a műanyag volt, erősen növekvő tendenciát mutat. A hulladékok 25,5%-a újrafeldolgozásra került 2010-ben, évről évre nő ez az arány. Égetésre 2,5% került.

A műanyag hulladékok közül 43%-ot tesznek ki a cigarettacsikkek, tisztasági betétek, pelenkák, evőeszközök, poharak, szívószálak, fülpiszkálók, palackok és kupakok [3]. A műanyag szennyezés visszaszorítására az EU elsőként a műanyag tasakok elleni harcot hirdette meg.

A mikroműanyag hulladék az 5 mm alatti méretű műanyag darabokat jelenti. Ebben a fogalomban benne vannak azok a valóban mikroszkópikus méretű darabok is, amelyek az élővízekből akár a szervezetünkbe is juthatnak. Ha figyelembe vesszük azt, hogy ezeknek a mikro méretű műanyag darabok felületén különböző mérgező anyagok is megkötődnek, akkor a közvetlen egészség károsodásunk egyik lehetséges okát találtuk meg.

A mikroműanyag koncentráció néhány hazai élővízben (2017, 2018. évi mérések):

Rába 12,1 darab/m^3, Ipoly 1,7, Eger patak 9,5, Tisza tó 23,1, Tisza folyó Tiszafürednél 9,9, Tisza Dombrádnál 4,9, Duna Ausztriában 0,3, Rajna alsó szakasz 15-20. [3]

Ezek a mikro méretű műanyag darabok akár a szilárdhulladék lerakókból is indulhatnak az élővíz folyások felé, de a csapadékvíz bárhonnan magával viheti.

Az oxidatív úton aprózódó, de el nem bomló műanyagok betiltása az első sorban szerepel az EU környezetvédelmi programjában.

Magyarországon is elindult a kampány a műanyag zacskók ellen. Az elhatározás mögött azért vannak praktikus meggondolások is: a műanyag zacskó használata helyettesíthető a legkönnyebben papír-, vagy az eddig is használt textil zacskóval. Majd később tűzzük ki célul a többi műanyag használati eszköz lecserélését. (Például gondoljunk arra, hogy az egyszer használatos evőeszközről és a műanyag tányérról visszatérni a fém evőeszközre és kerámia tányérra, az milyen mosogatási és szennyvíz kezelési terhet jelent.) 2010 körül fejenként 500 darab műanyag zacskó felhasználás volt. Az egy főre jutó műanyag zacskó felhasználást 2019-ig 90 darabra, 2025-ig 40 darab alá kellene szorítani az EU elvárása szerint [3]. A magyar kormány termékdíj bevezetésével tervezi visszaszorítani a műanyag zacskók használatát.

A világ környezetvédelmi összefogásának szervezése nem egyszerű dolog. Mintegy negyven évvel ezelőtt kellett véget vetni az egyébként sikeres és híres rovarirtó szer, a DDT pályafutásának, az emberi életre káros hatásai miatt. Harminc évvel ezelőtt a Föld védelmét ellátó ózonpajzs sérülésének helyreállítására a halogénezett szénhidrogének kivonása pár év alatt – első sorban a hűtőiparból – eredményes volt, súlyos anyagi terheket nem jelentett. Most a széndioxid emisszió csökkentésére indított kampányoknál már nemzeti érdekekkel ütközést tapasztalunk: például az Egyesült Államok saját szénbányászata és az újkeletű „palaolaj-palagáz” termelési sikerei védelmére kilépett a széndioxid kibocsátási nemzetközi egyezmény végrehajtásából. Következő fejezet lehet a környezetünk védelmére a műanyagok használatának korlátozása? Ismét egy bonyolult, de indokolt környezetvédelmi elhatározás. Sok pénz, idő és nagyon komoly lakossági szemléletformálás szükséges az eredményhez. A műanyagok használatának csökkentése és a műanyag hulladék megfelelő, hatékony kezelése a két alternatíva a továbblépésre. Ismét arra kell számítani, hogy a világ különböző térségeiben a két utat változatosan fogják értelmezni és teljesíteni. Arról se felejtkezzünk meg, hogy az egyes elhatározások teljesítéséhez időre és nagyon sok pénzre lesz szükség.

Irodalom

[1] kornyezetbarat.hulladekboltermek.hu 2018 10 20
[2] mikromuanyag.hu 2018 10 20
[3] valasz.hu Laky Zoltán 2018 07 31

Nemzeti jelentés készül a klímaváltozásról

Magyarországra fókuszáló éghajlatváltozási jelentés kidolgozását kezdeményezi az Innovációs és Technológiai Minisztérium. A nemzeti beszámoló megalapozása érdekében „Hogyan tovább a klímatudatos jövő felé?” címmel rendeztek tudományos konferenciát 2018. november 28-án, Budapesten. A dokumentumot az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testületének (IPCC) globális összefoglalói mintájára, 2022-re készíti el a tudósokból, szakértőkből és döntéshozókból álló testület.

A konferencia keretében bemutatták a magyar éghajlatvédelemmel foglalkozó kutató- és tudásteremtő műhelyeket, főbb kutatásokat, és megvitatták a magyar klímaértékelő összefoglaló fő stratégiai kérdéseit.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium szervezésében, az Agrárminisztérium szakmai támogatásával elinduló folyamat célja a döntéseket segítő, minél pontosabb, érdemi és tudományosan megalapozott információk biztosítása a kormány számára az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdésekben. A dokumentum felvázolja majd a lehetséges kitörési pontokat és irányokat is.

A beszámoló minden érdeklődő számára alapos, naprakész áttekintést nyújt az éghajlatváltozás magyar hatásairól, következményeiről. A lefektetett elvek mentén 2022 után további hasonló, az időközben bekövetkezett változások hatásait is figyelembe vevő jelentések készülhetnek.

(ITM Kommunikáció)

A kínai gazdaság és energetika, 2. rész

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

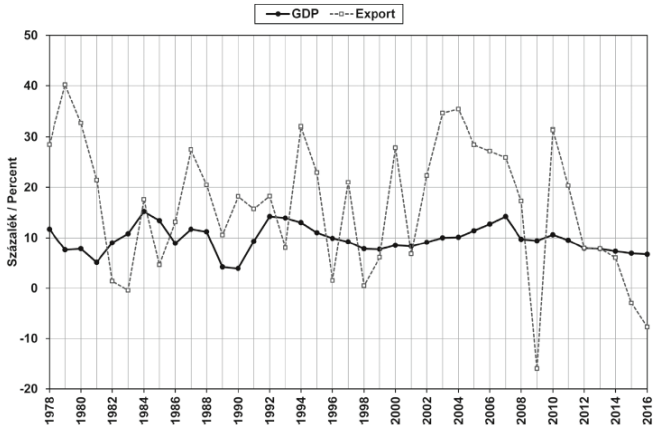
A cikkben áttekintjük a kínai gazdaság 40 éves növekedését, és összevetjük a GDP alakulását a német és USA-beli növekedéssel. Megállapítjuk, hogy az egy pártra épülő kínai társadalmi-gazdasági modell alapvetően eltér a nyugati liberális piaci rendszertől. Elemezzük a kínai adósságot és annak veszélyeit.

*

The forty years evolution of the Chinese economy is analyzed and compared to the development of the German and US economy. It is pointed out that the Chinese one-party system is basically different from the Western economic model. China's debt threat is analyzed.

* * *

A gazdaság, a GDP 1978 óta, 40 éven át, évről-évre legalább 6%-kal nőtt Kínában! Ez egy egészen fantasztikus eredmény. Ez volt az első reakcióm, aztán arra gondoltam, valamit nagyon tudnak a kínai elvtársak, amit mi itt Európában nem tudunk. Mi lehet e mögött? Milyen gazdaságpolitikával érte el a kínai vezetés ezt a páratlan növekedést? De mielőtt ebben elmerülünk, nézzük meg és vessük össze a kínai, az USA és a német növekedést. Vajon volt-e az USA-ban vagy Németországban hasonló időszak?



1. ábra. **A kínai gazdasági növekedés 1978-2016 között, %.**
(Forrás: Földrajzi Közlemények 2017. 141.)

A kínai gazdaság erejére utal, hogy még a 2008-2009-es nagy gazdasági-pénzügyi válságot is „megúszta" recesszió nélkül, bár az export jelentősen csökkent. Ez a stabilitás mögött a hatalmas belső piac és a közel másfél milliárd lakossági fogyasztó áll. Ugyanakkor figyelemre méltó az export 2010 óta tartó csökkenése, mely már előre vetíti, hogy Kínában is komoly gondok sokasodnak. Ezekről később lesz szó.

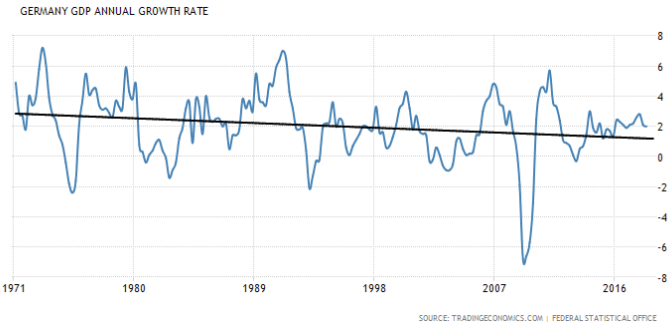
A USA GDP-je sokkal változatosabb képet mutat, recessziók és prosperáló időszakok váltják egymást (lásd 2. ábra).

Az USA az elmúlt 100 évben masszívan növekedett, de voltak nehéz periódusok is. 1932-ben 13%-kal csökkent, míg 1942-ben 19%-kal nőtt a GDP. A 2000-től napjainkig tartó periódusban csak egyetlen recessziós év volt, 2009-ben, a világgazdasági válság

2. ábra. **Az USA GDP növekedés alakulása 2000-2017-ig, %.**
(Forrás: https://www.thebalance.com/u-s-gdp-growth)

évében. Az USA növekedésének trendje csökkenő, de az utolsó években megállt a csökkenés, s a növekedés stabilan 2% körül ingadozik.

A német gazdaság ennél sokkal változatosabb képet mutat (lásd 3. ábra).



3. ábra. **A német GDP növekedés alakulása 1971-2017-ig, %.**
(Forrás: Tradingeconomics.com, Federal Statistical Office)

A német gazdaságot a háború utáni évtizedben Wirtschaftswundernek – gazdasági csodának – hívták az átlagban 8% feletti növekedés miatt. Azonban Németország 1970-től lassuló növekedést és a ciklikus fejlődés miatt öt recessziót mutatott fel. Ma is erős gazdaság, de az NDK integrálása, az elhibázott energiapolitika (az Energiewende), az ugyancsak elhibázott migrációs politika és a tehetetlen politikai vezetés miatt a német jövő bizonytalan.

A fejlett piacgazdaságok erőteljesen reagálnak a külső-belső hatásokra, recessziós és prosperáló szakaszok követik egymást, míg a kínai gazdaság stabilan tudott növekedni.

Milyen gazdaságpolitikával érte el Kína gyors és stabil növekedését?

Az amerikai gazdaságpolitikus és filozófus, Francis Fukuyama 1992-ben jelentette meg híres, „A történelem vége" című könyvét. Ebben Fukuyama kifejtette, hogy a nyugati típusú liberális demok-

rácia teljes győzelmet aratott, és ezzel véget ért az emberiség társadalmi-kulturális fejlődése, Fukuyama szavaival „véget ért a történelem". Feltették, hogy az országok most már mindig ezt a tökéletes államvezetési-gazdaságpolitikai modellt – a liberális, magántulajdonra épülő versenypiacot – fogják alkalmazni. Ennek a „tökéletes világnak" főbb elemei a szabad piac, demokrácia, liberalizáció, dereguláció, privatizáció. Ugye jól ismert fogalmak?

Fukuyama állítását már megjelenésekor is sokan vitatták, s mára elmondható, hogy alapvetően téves állítás volt. Bizonyítékul szolgált többek között két hatalmas ország, Oroszország és Kína, melyek egészen más utat járva is komoly gazdasági és politikai fejlődést értek el. A gyorsan fejlődő Kínában egypárt rendszer uralkodik, Oroszország papíron demokrácia, de ténylegesen autoriter rendszer. Azar Gat telavivi professzor szerint Kína és Oroszország példája végét jelenti a „történelem végének", azaz a liberális demokrácia győzelmének.

De mit csinálnak a kínaiak? Kína természetesen nem a liberális demokrácia útját járja. Hogy megértsük ezt a helyzetet, az amerikai filozófusra és geopolitikusra, Huntingtonra kell gondolni, aki szerint a politikai ideológiák civilizációkon belüli küzdelmét felváltja a vallási és a kulturális civilizációk összecsapása és a kulturális identitás kérdése.

Azaz a hagyományokhoz, az ország-karakterhez illeszkedőnek, Kína esetében – szorgalom, tanulni vágyás, alkalmazkodás, kollektív szellem stb. – kell lennie a gazdaság-politikának. Ugyanakkor nyilván mai napig megőrizték Kínában a központi vezérlésű tervgazdálkodás elemeit. Nem lehet mindenütt az észak-nyugat-európai és az észak-amerikai, a versenypiacra és a magántulajdonra épülő individuális, pénz központú megoldásokat áterőltetni.

Kína kihasználja az olcsó, együttműködő és törekvő kínai munkaerőt, az ország folyamatos gazdagodásából és az életszínvonal emelkedéséből továbbá az egy-párt rendszerből (pl. gyors döntés) adódó politikai előnyöket. A kínai gazdasági növekedés egyik hajtómotorja az export, mely évtizedeken át szárnyalt. Jelentős pozitív hatás a külföldi multinacionális vállalatok – például a német autógyárak – betelepülése Kínába, továbbá a számítástechnikai, ruházati, környezetvédelmi (napelem, szélturbina), stb. termékek Kínában történő gyártása.

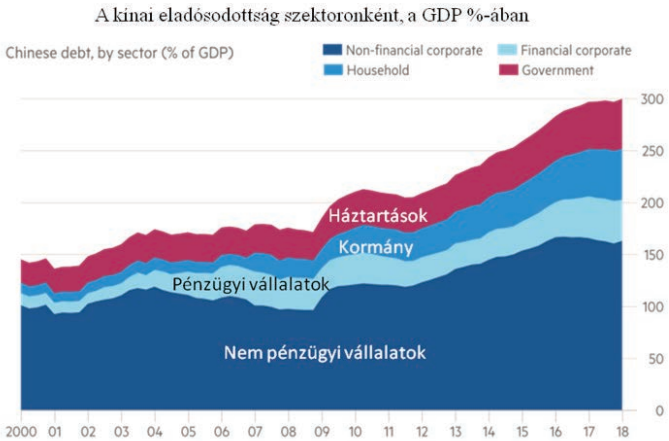
Másik fő támasza a kínai gazdaságnak a hatalmas belső piac és a kínai állam és vállalatok által végrehajtott beruházások, főként infrastruktúra fejlesztések.

A kínai gazdaság jövője

Folytatódik-e a kínai gazdasági csoda? Lesz-e újabb, több évtizedes gyors növekedés? A gazdasági sikertörténetek nem szoktak örökké tartani, mert a fejlettség magasabb fokain más gazdaságpolitikára van szükség, és ezt a permanens adaptációt nehéz végrehajtani. Emellett számolni kell a külső környezet állandó változásaival is, vagy olyan eseményekkel, mint az USA-Kína vámháború. A piacgazdaság tud jeleket adni – pl. árváltozások, vállalati csődök révén – arra, hogy módosítani kell a gazdasági modellt, de a kínai típusú modellnél ilyen automatikus jelek valószínűleg nincsenek. A fenti kérdésekre nincs biztos válasz, de az elemzők többsége szerint Kínában a gazdasági növekedés erőteljes csökkenése várható. Sőt, sok szakértő soft landingért imádkozik, azaz a kínai gazdaság kisebb léptékű, a recessziót el nem érő lassulásban reménykedik.

A négy évtizedes gyors fejlődés főképp Kína keleti, tengerpart közeli területein bontakozott ki. De az ország kétharmadán, a közép és a nyugati régiókban más a helyzet, sokfelé elmaradott állapotok vannak, és a szociális olló egyre nyílik, a szegények mindinkább leszakadnak a gazdag területek emelkedő életszínvonalától. Ez már most is komoly gondokat idéz elő, de a feszültségek a jövőben még súlyosabb helyzetet okozhatnak. A keleti parti régiókban a bérek gyorsan emelkedtek, ez a kínai export versenyképességét csökkentette.

A másik jól látható kockázati tényező Kína eladósodottsága. Első nézésre a GDP-re vetített 47,6%-os kínai kormányzati adósság (2017) nem tűnik magasnak, összevetve az USA 105 vagy az euró-zóna 86,7%-os eladósodottságával. De az ország teljes eladósodottsága már rendkívül magas, 300%-os (lásd 4. ábra).

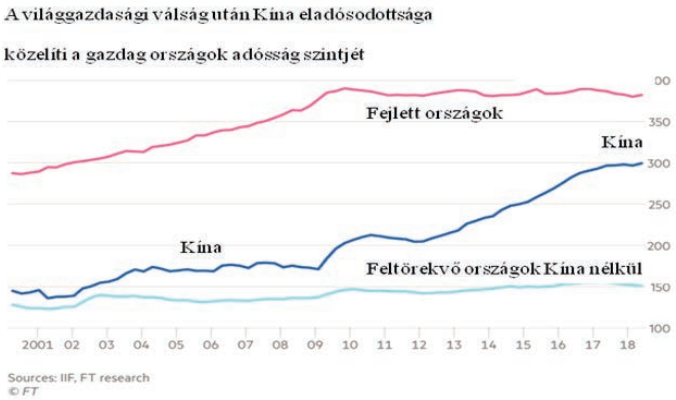


4. ábra. **Kína szektoronkénti eladósodottsága a GDP %-ában, 2000-2018-ig**
(Forrás: FT, China's debt threat: time to rein in the lending boom)

Kína eladottsága 2018-ra elérte a 300%-ot. A legnagyobb adósságot, az összes adósság 170%-át a nem-pénzügyi vállalatok halmozták fel. A maradék mintegy 130%-os adósság nagyjából három egyforma részre oszlik, a pénzügyi vállalatok (bankok), a kormány és a háztartások adósságaira.

Hogyan és miért alakult ki ez a hatalmas adósság? Milyen veszélyei vannak egy ekkora adósságnak? Erre csak röviden válaszolunk.

A kínai gazdasági csoda mögött döntő súllyal a kormány által ösztönzött belföldi és külföldi infrastruktúra beruházások álltak, állnak. Ahogy ezt Európában is megtapasztalhattuk, az ilyen típusú



5. ábra. **A fejlett és a feltörekvő országok továbbá Kína eladósodottsága 2001-2018 között, %**
(Forrás: Institute of International Finance, FT)

beruházásoknak gyakran lassú a megtérülésük, ha egyáltalán valaha is megtérülnek. Ez Kínában fokozottan így van az erőltetett ütem miatt. Elemzők szerint a bankrendszer nem teljesítő hiteleinek aránya mára valójában 34%-on áll. A legfrissebb adatok szerint a GDP növekedése 2018-ban már lehet, hogy 6% alá száll.

Különösen veszélyezteti a kínai gazdaság stabilitását, hogy ellentétben pl. az USA-val, Kínában a vállalatok és a bankok nagy része is állami tulajdonban van. Így egy vállalati csőd-sorozat magával ránthatja a bankokat, amelyek pedig a kínai államot, ami már államcsődhöz vezethet.

Meg kell jegyezni, hogy a fejlett államok USA, EU-beli gazdag országok, Japán, Kanada, Ausztrália stb. eladósodottsága még a kínai szintnél is magasabb, 380% körül van (lásd 5. ábra).

A fejlett országokban ez a nyilvánvalóan törleszthetetlen, óriási adósság a legtöbb helyen a liberális demokrácia egyik fő követelménye – megszakítás nélkül növelni kell a gazdaságot, emelni kell az életszínvonalat – miatt alakult ki, mert anélkül nem lehet megnyerni a legközelebbi választást. Ugyanakkor kétségtelen, hogy a fejlett világ főképp magántulajdonra épülő pénzügyi-gazdasági rendszerei sokkal stabilabbak, jobb az alkalmazkodó képességük, nagyobbak a tartalékok, így ezen a magas eladósodottsági szinten is kisebb kockázatot hordoznak, mint az egy-párt rendszerre és állami tulajdonra épülő Kína. Azonban a fejlett világ leggyengébb országai (Görögország, Portugália, Olaszország stb.) még okozhatnak komoly válságokat.

Visszatérve Kínához, más elemzők szerint Kínában stagfláció fenyeget. Persze a helyzet nem feltétlenül ilyen drámai. A Financial Times szakértője szerint képtelenség, hogy az adósság a végtelenségig gyorsabban növekedjék, mint a GDP. Ez Kínára is igaz, csak azt nem tudjuk, hogy ez a helyzet mikor és hogyan fog befejeződni. Nemsokára vagy hosszabb idő múlva? És a következmények könnyen kezelhetőek vagy pusztító hatásúak lesznek? Mindezekre a kérdésekre választ kell találni, mert Kína hatalmas adóssága nagyon fontos nemcsak Kínának, hanem egy sor más ország részére is, melyek export sikerei Kínától függenek.

Az adósság kezelésére a Bloomberg szerint két út van:

- Az optimisták szerint a kínai eladósodottságot túlértékelik, a vállalatok és az önkormányzatok egyszerűen kinőhetik ezt a gondot. A növekvő gazdaság és az infláció követtében az adósság erodálódik, s így lehetővé válik az adósság törlesztése. A kínai magas megtakarítási szint és a tartósan pozitív folyómérleg ugyancsak segít ebben.
- A pesszimisták szerint a problémát nem lehet kinőni. A kormányzatnak kezelni kell a rossz hitelek kérdéskörét. A megoldások közé tartozik a kamatok csökkentése, vállalati részvények kibocsátása, különféle költségcsökkentések, megszorítások stb. Mindezek visszafogják a beruházásokat, lassítják a GDP növekedését. Komoly kockázat, hogy az adósság hosszú távon lelassítja Kína növekedését, vagy legrosszabb esetben gazdasági válságot idéz elő. Ezeket a figyelmeztetéseket már sok éve hallhatjuk, s mindezek ellenére a kínai gazdaság változatlan tempóban növekszik.

Összefoglalóan az mondhatjuk, hogy a növekvő adósság, a csökkenő export, a különböző vámháborúk, az olajárak emelkedése, a belpolitikai nehézségek – csökkenő és elöregedő népesség, növekvő jövedelmi különbségek – miatt a kínai gazdasági növekedés lassulása valószínű. De Kína még 3-4%-os növekedéssel is a világgazdaság eminensei közé fog tartozni.

A cikket az Energiagazdálkodás következő számában folytatjuk, ahol beszámolunk a kínai gazdaság- és energiapolitika részleteiről, célkitűzéseiről.

Energetikai Innovációs Tanács segíti a hatékony és környezetkímélő energiagazdálkodást

Az energetikai innovációs lehetőségek feltérképezése és a hazai energetikai innovációs potenciál hatékony, a lehető legszélesebb körben történő kihasználása érdekében, továbbá a tiszta, fenntartható és okos energia támogatására új konzultációs fórum alakult Energetikai Innovációs Tanács (EIT) néven október 2-án.

A testület működésében koordinációs tevékenységet lát el az Innovációs és Technológiai Minisztérium energiaügyekért és klímapolitikáért felelős államtitkársága. Az alakuló ülést levezető Palkovics László miniszter hangsúlyozta, hogy a tárcához tartoznak mindazon szakterületek, amelyek az innovációhoz kapcsolódnak, így az energetika mellett a gazdaságfejlesztés, a fenntarthatóság, a közlekedéspolitika, az infokommunikáció és a logisztika is. Az EIT felállításával és működtetésével egy hatékony kormányzati energetikai innovációs politika kereteinek stratégiai szemléletű szakmai megalapozására nyílik lehetőség.

Az EIT munkája az energetikai innováció legfontosabb területeit lefedve, különböző munkacsoportokban zajlik. A testület munkacsoportjai a résztevők tapasztalatai és javaslatai alapján vizsgálni fogják mindazon gazdasági potenciált jelentő területeket, amelyekkel támogatható az energiaszektor klímabarát, alacsony szén-dioxid kibocsátású átalakítása és az ehhez tartozó átmenet felgyorsítása. Az EIT munkája a következő munkacsoportokban folyik: Rendszerirányítási és hálózati oldali rugalmasság, Változó fogyasztói igények, Energiatárolási technológiák, Megújuló alapú energiatermelés, Nem konvencionális szénhidrogén-kitermelési technológiák, Nukleáris termelés innovációs környezete és Energiahatékonyság.

A munkacsoportok javaslatokat fogalmaznak meg az EIT céljainak megvalósítását és ezen belül az innovációs potenciál hatékonyabb kiaknázását célzó:

- jogszabályi módosítások előkészítését segítő új szabályozási célokra,
- oktatási/kutatási programok elindítására,
- új gazdaság-fejlesztési lehetőségek kapcsán állami és magán források bevonását elősegítő finanszírozási eszközök bevezetésére,
- pilot projektek megvalósítására.

Az ETE VII. Villamos Energia Konferenciája

Mátraháza, 2018. november 20-21.

Egyesületünk 2002 óta évente szervez panelbeszélgetéses, „vitatkozós" konferenciákat „Vitassuk meg jövőnket" mottóval. 2018-ban „Villamos energia ellátásunk jövője" címmel szerveztünk a konferenciát a 2020-as évek várható villamosenergia-ipari trendjeiről, az ellátásbiztonságról, az erőműépítésről, benne a megújuló energiák szerepéről, az energetikai K+F és a digitalizáció kérdéseiről.

Bevezető előadásában Bakács István elnök ismertette az EURELECTRIC (az európai villamos társaságok szövetsége) és a McKinsey tanácsadó cég frissen elkészült tanulmányát, amely az európai gazdaság karbonmentesítését vizsgálja a villamosításon keresztül a különböző nemzetgazdasági ágazatokban, bemutatva ennek költséghatásait is.

A nyitó plenáris ülés következő előadója Dr. Kaderják Péter Energiaügyekért és Klímapolitikáért Felelős Államtitkár volt (aki korábban kutatóként is rendszeres előadója volt konferenciáinknak). Ő az energetikai kormányzat aktuális stratégiai feladatairól, a Nemzeti Energiastratégia felülvizsgálatáról, a NÉS 2-ről a nemzeti klíma- és energiapolitikai dokumentum kidolgozásáról tartotta előadását. Előadásában kitért a villamosenergia-ellátás biztonságra, a hazai erőműpark kapacitásmérleg alakukására, a 2-3000 MW-os naperőmű programra, a gazdaság „zöldítésének" kérdéseire az EU célkitűzéseivel összhangban.

Dr. Aszódi Attila államtitkár a Paks II projekt aktuális kérdéseiről tartott előadásában kitért a Duna idén tapasztalt rekord alacsony vízállása miatt kialakult helyzetre, cáfolva a médiában és a politikában elterjedt álhíreket.

Kóbor György az MVM Zrt. elnök-vezérigazgatója bemutatta az egységes irányítás alatt működő új, az NKM vállalatokat is magában foglaló MVM csoportot. Előadásában az európai-, illetve világtendenciáknak megfelelően a megújulók, az elosztott termelés és elsősorban a fogyasztó-oldali digitalizáció kihívásai kapcsán bemutatta az állami tulajdonú cégcsoport előtt álló feladatokat, az energiatermelés, az infrastruktúra és fogyasztó oldali fejlesztések tekintetében.

A plenáris ülés utolsó előadója Kiss Attila, az EON Hungária Zrt. elnök-vezérigazgatója előadásában az előző előadásokban is bemutatott trendekkel, s az ezekre adandó válaszokkal foglalkozott, felhívva a figyelmet arra is, hogy a jövő építése közben a „hagyományos" energiaszolgáltatás iránti igényeket is ki kell elégíteni.

Az első panelfórum a 2020-as évek erőműépítéséről szólt. A szekciót Briglovics Gábor, Villamos energia szakosztályunk elnöke, az Alpiq Csepeli Erőmű Kft vezérigazgatója vezette. Alföldi Gábor a MAVIR igazgatója előadásában a rendszerirányító kapacitás elemzését ismertette, majd Zarándy Tamás a Századvég Gazdaságkutató igazgatója a naperőművek rendszerre gyakorolt hatását és ennek költségeit elemző tanulmányt mutatott be. A vita során Dr. Grabner Péter a MEKH elnökhelyettese a kiadott engedélyek alapján elemezte több változatban a hazai erőműpark kapacitás helyzetét és kitért a szomszédos országok hasonló adataira. Katona Zoltán, az UNIPER Hungária ügyvezető igazgatója kitért a kapacitásmechanizmusok kérdésére, ismertette az angliai helyzetet, ahol az EB közelmúltbeli döntése alapján fel kellett függeszteni annak működését és a kifizetéseket is. Vita alakult ki abban a kérdésben, hogy az EU szabályok és tervezetek értelmében az ENTSO 10 éves rendszerfejlesztési tervei alapján összeállított kapacitásmérlegeiből kell kiindulni, ugyanakkor több adat is utal arra, hogy ezen tervek irreális projekteket is tartalmaznak. Ez nem teszi lehetővé adott esetben a rendszer megfelelőség hiányának hivatalos (EB) elismerését.

A második szekciót, amely az „Új trendek az energiaellátásban" témával foglalkozott Bertalan Zsolt, az MVM Zrt. igazgatója vezette. Előadásában szólt a jövő villamos energia értékláncának új szereplőiről (energia közösségek, prosumerek, aggregátorok) az új technikai megoldásokról, a digitalizáció, a mikrohálózatok, az e-mobilitás és a tárolás kérdéseiről. Tóth-Fekete Róbert,a Mol Nyrt. e-mobiltás vezetője ismertette a cég villanyautós car-sharing tapasztalatait. Az NKM-es Hajdú-Benkő Zoltán és Dr. Pálfi Géza ismertették elosztó hálózati pilot projektjeiket, amelyet Dr. Vokony István a BME adjunktusa egészített ki. A panel résztvevője volt Batta Gergő,az Energiabörze Kft. ügyvezető igazgatója is. A hallgatóság aktív közreműködése mellett érdekes diskurzus alakult ki az energiatárolás és az elektromos autózás jövőjéről.

A konferencia a második nap reggelén az energiakereskedelem kérdéseiről szóló szekcióval folytatódott, amelyet Felsmann Balázs a MEKSZ (Magyar Energiakereskedők Szövetsége) elnöke vezetett. A kerekasztal beszélgetésben szóba került a magyar áramtőzsdén jegyzett árak alakulása, az idei árnövekedés okainak elemzése, annak összefüggései a szomszédos országok áraival és a várható fejlemények. A résztvevők (Hazlach András igazgató, MVM Partner, Csermely Ágnes főosztályvezető, MEKH, Tóth Péter, a HUPX vezérigazgatója és Batta Gergő) kiemelten foglalkoztak a regionális piaccal, az ellátásbiztonság kérdésével. Kiemelték, hogy különösen a balkáni régióban ma már a HUPX árjegyzései képezik az alapvető referenciaárakat és remélhetőleg a közelmúltban beindult HUDEX is hasonló eredményt fog elérni.

A negyedik panel a megújulós energiatermelés várható trendjeivel foglalkozott. A szekciót Dr. Strobl Alajos, egyesületünk elnökhelyettese vezette, aki bevezető előadásában ismertette valamennyi megújulós energiatermelési mód hazai helyzetét és kitekintést nyújtott az azzal kapcsolatos külföldi adatokra is. Az előadásban megerősítette a nyitó szekcióban is megismert értékeket, miszerint a napelemes (fotovoltaikus) erőművek fajlagos beruházási költsége várhatóan a jelenlegi 1000-1200 €/kW-ról a következő évtized végére a 500 €/kW értékre csökken. Ifj. Chikán Attila az ALTEO Nyrt. vezérigazgatója bemutatta a cég naperőműves tevékenységeit, kitért a sikeres projektek előfeltételeire. Elhangzott, hogy ma már a projektek határidőre történő megvalósításának feltételei között egyre kritikusabb a mérnöki és kivitelezési munkaerő biztosítása. Molnár Ferenc, az MVM Zrt. szenior menedzsere előadásában részletesen beszámolt a Felsőzsolcai Naperőmű építésről. (Az erőművet a konferenciát követő napon adták át). A vita során többen hangsúlyozták, hogy nincs szakmai indoka a szélerőművek teljes hazai háttérbe szorításának, sőt azok a rendszerszabályozás oldaláról előnyösebbek is lehetnek a naperőművek mellett.

Összeállította: Bakács István

Szenior klub 2019. évi tavaszi programja

Kedves Tagtársunk!

Szíves tájékoztatásul közöljük az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület Szenior Energetikusok Klubjának 2019. 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. 17. **Dr. Molnár László,** az ETE főtitkára
A kínai gazdaság és energetika helyzete, múlt- jelen-jövő
Házigazda: Szabó Benjamin

I. 24. **Bencsik József,** okleveles gépészmérnök
A termálvíz komplex hasznosítása Szolnokon az 1930-as években
Házigazda: Szabó Benjamin

I. 31. **Jánosy János Sebestyén,** tudományos tanácsadó
Primér kört kímélő termeléskövetés a Paksi Atomerőműben
Házigazda: Czibolya László

II. 7. **Dr. Deme Sándor,** tudományos főmunkatárs
Atomerőmű és sugárvédelem
Házigazda: Szabó Benjamin

II. 14. **ifj. Szabó Benjamin,** okleveles gépészmérnök, energetikai szakmérnök
A radioaktív hulladékok kondicionálásának új technológiája Pakson
Házigazda: Szabó Benjamin

II. 21. **Dr. Németh Aliz,** belgyógyász, gasztroenterológus, hepatológus főorvos – Medicover / Szt. János Kórház
A reflux betegség és a savval összefüggő korképek
Házigazda: Szabó Benjamin

II. 28. **Dr. Pethő László,** az ELTE nyugalmazott egyetemi docense
Dr. Heller László életbölcsességgel és humorral megáldott alkotói munkássága töretlenül felfelé ívelt
Házigazda: Szabó Benjamin

III. 7. **Görgey Péter,** nyugalmazott főmérnök
Kockázatok a villamos energia ellátásban
Házigazda: Kimpián Aladár

III. 21. **Kimpián Aladár,** ny. főmérnök
Nemzeti villamosenergia-rendszer skandináv módra, 3. rész. Svédország
Házigazda: Szabó Benjámin

III. 28. **Süli János,** a Paksi Atomerőmű két új blokkja tervezéséért, megépítéséért és üzembe helyezéséért felelős tárca nélküli miniszter
Paks II. atomerőmű létesítésének aktuális kérdései
Házigazda: Szabó Benjamin

IV. 4. **Dr. Petschnig Mária Zita,** közgazdász, a pénzügyi Kutató Zrt. kutatója
A magyar gazdaság helyzete és kilátásai
Házigazda: Elek János

IV. 11. **Dr. Stróbl Alajos,** gépészmérnök
A hazai motor és autó gyártás kezdete
Házigazda: Elek János

IV. 25. **Papp György,** villamos mérnök
Akkumulátoros energia tárolás és annak használata
Házigazda: Szabó Benjamin

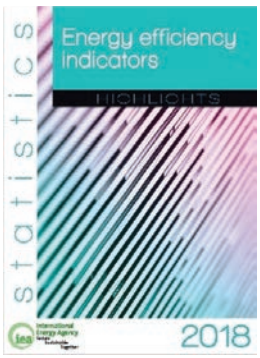
IV. 25. **Papp György,** villamos mérnök
Akkumulátoros energiatárolás és annak használata
Házigazda: Szabó Benjamin

V. 9. **Dr. Illés Erzsébet,** csillagász
Óceáni áramlások
Házigazda: Szabó Benjamin

V. 16. **Horváth Ákos,** MTA Energiatudományi Központ főigazgatója
IV. Generációs atomerőmű
Házigazda: Czibolya László

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



Megjelent a Nemzetközi Energiaügynökség (www.iea.org) honlapján az **„Energy Efficiency Indicators”** kiadványa mely 2000-2016 közötti éves adatokat tartalmaz. Térképes adatok és új interaktív megjelenítő eszközök segítik a felhasználókat annak érdekében, hogy jobban tanulmányozhatók legyenek a végfelhasználói energia adatok ország specifikusságai.

Két változatban érhető el:

Rövidített változat mindenki számára hozzáférhető (https://webstore.iea.org/energy-efficiency-indicators-2018-highlights) és a kiemelt adatok excel file formában is letölthetők. A bővebb változat díjazás ellenében, mely a teljes adatbázist tartalmazza pl. végfelhasználói hatásfokok, karbon indikátorok stb. (http://data.iea.org/payment/products/120-energy-efficiency-indicators-2018-edition.aspx)

Olajvállalat az innováció útján – A MOL 2030-as startégiája

Az Energetikai Szakkollégium egyik legfontosabb tevékenysége nyilvános előadások szervezése, és lebonyolítása. Ezen program keretein belül az érdeklődők az energetika különböző területeiről hallhatnak érdekességeket az iparban jelenlévő cégektől, neves előadóktól. Az Energetikai Szakkollégium 2018. szeptember 27-én rendezte meg a VET 125 emlékfélévének második, kiemelt előadását, melynek előadója Hernádi Zsolt, a MOL csoport elnök-vezérigazgatója, témája pedig a MOL 2030-as stratégiája volt. Az előadás során az alábbi témákról hallhattunk.

Piaci átalakulások

Az előadás első felében az energiaszektor aktuális trendjeiről, ezeken belül kiemelten a MOL csoportot érintő trendekről hallhattunk egy összefoglalót, az előadás második felében azok a konkrét tervek és területek kerültek ismertetésre, ami mentén a MOL a legfontosabb innovációs és piacnyitási lépéseket kívánja megtenni. Ilyen területek közé tartozik a vegyipar és a petrolkémia, illetve a fogyasztói szolgáltatások. Az előadás legfontosabb pontja és egyben lényege pedig a megfogalmazott stratégia gyakorlatba ültetésének menete, annak ismertetése volt. Hernádi Zsolt kiemelte, hogy a cég nagy hangsúlyt fektet a piac felmérésére, és szolgáltatásait a felhasználók igényeihez igazítja.

A K+F fejlesztések az energiaszektor különböző területein is érezhető hatásokat váltottak ki, ilyen például a szél, valamint a napenergia felhasználása. A kutatásoknak köszönhetően a megújuló energiaforrások is meghatározó fejlődésen mentek keresztül. [1] Ezzel párhuzamosan az akkumulátorok előállításának technológiája is jelentős mértékben javult. Ezek a fejlesztések, valamint a környezettudatosság és a klímavédelem előtérbe kerülése erősen hozzájárultak az elektromos autók terjedéséhez. Ez a trend számos forrás szerint az egyik legfontosabb és legmeghatározóbb momentuma a közlekedésnek, ami az egyik legnagyobb kőolajfelhasználó szektor napjainkban [2]. A trend keresleti oldalához a kínálati oldal is viszonylag hamar csatlakozott. Jelenleg a legnagyobb autógyártók – például a BMW, Daimler, Honda, Renault, Volkswagen, Volvo – teljes értékesítése jelentős hányadában (15-50% körül) már az elektromos meghajtású járművek fognak szerepelni 2025-2030-ra [3] . A keresletet a szabályozói oldal is erősíteni kívánja. [4] A környezetszennyezés csökkentése érdekében több ország komoly korlátozásokat és tiltásokat kíván bevezetni a kizárólag belső égésű motoros járművekre. [5]

A MOL csoport

Hernádi Zsolt beszámolt róla, hogy a vállalatcsoport már az elmúlt évtizedben is folyamatosan törekedett a nemzetközi fejlődésre. A nemzetközi munkatársak aránya 5%-ról 24%-ra növekedett ez idő alatt, a cég tőkepiaci értéke pedig az ötszörösére nőtt. Az évek alatt folyamatosan terjeszkedő benzinkút hálózat pedig ma ötször több tagot számlál, mint a 2000-es évek elején. A downstream iparágban pedig jelentős fejlődés történt, hiszen további olajfinomítókat vásároltak: felvásárolták a Shell romániai telepeit, és a horvátországi INA 25%-át is.

Előadónk végül ismertette a MOL Nyrt. közeljövőben tervezett gazdasági fejlesztéseit; kiindulva az elektromos autó töltőhálózattól egészen a vállalat petrolkémiai fejlesztésének tervéig. Az egyik legkézenfekvőbb megoldás a benzinkutak átalakítása és használata. Korábban a benzinkúton az emberek csak azért álltak meg, hogy üzemanyagot töltsenek újra, azonban manapság már az egyéb, a benzinkút területén működő boltok eladásából származó bevételek is számottevőek.

Idén februártól a MOL elindította carsharing szolgáltatását is, a MOL Limo-t (Limitless Mobility). Az immáron 450 autót számláló flottában 100 elektromos és 300 hagyományos, valamint a magasabb kategóriájú autók kedvelői számára 50 db A-osztályú Mercedes személyautó is rendelkezésre áll. Előadása zárásaként Hernádi Zsolt beszélt még a 2014 óta működő, nagy sikernek örvendő MOL Bubiról is, melyen keresztül a regisztrált ügyfelek kerékpárokat kölcsönözhetnek Budapest területén belül.

[1] Bloomberg NEF, 2018: Clean Energy Investment Trends, 2Q 2018
[2] Kraftfahrt-Bundesamt Statistics - New Registrations
[3] ev-volumes.com: Europe Plug-in Vehicle Sales for Q2 of 2018
[4] ACEA: Trends in fuel type of new cars between 2016 and 2017, by country
Trends in fuel type of new cars between 2016 and 2017, by country
[5] cleantechnica.com: Prospects For Diesel Car Owners In Germany, Norway, Sweden, Belgium, Netherlands, Luxembourg, France, Spain, & Italy

Pál Dávid, energetikus mérnök hallgató, pal.david@eszk.org
Langer Tamás, energetikai mérnök hallgató, langer.tamas@eszk.org
Putti Krisztián, energetikai mérnök hallgató, putti.krisztian@eszk.org

Öt sikeres pályázattal zárult a bányászati tender

Öt szénhidrogénes területre köthetnek koncessziós szerződést az idei nyertes pályázók. Az O&GD Central Kft. három (Békéscsaba, Körösladány és Tiszafüred), míg a MOL Magyar Olaj- és Gázipari Nyrt. két területen (Dráva és Szegedi-medence délkelet) nyert jogosultságot szénhidrogén kutatására, feltárására és kitermelésére a 2018-as bányászati tenderen benyújtott pályázatuk alapján.

A bányászati koncessziók megadásáról az innovációs és technológiai miniszter a vonatkozó törvények rendelkezései szerint, a minősítő bizottságok értékelése és javaslata alapján döntött. A nyerteseknek az eredményhirdetéstől számított 90 napon belül van lehetőségük a szerződések megkötésére, amely határidő egy alkalommal, legfeljebb további 60 nappal meghosszabbítható. A szénhidrogén koncessziók 20 évre szólnak, ugyanakkor az időtartam egy alkalommal, újabb pályázat kiírása nélkül, a koncessziós szerződés időtartamának felével meghosszabbítható.

A hazai energiahordozó-készletek nagyobb mértékű, költséghatékony és környezetkímélő hasznosítása hozzájárul az energiaimport mérsékléséhez, és növeli az ország ellátásbiztonságát. Ezért a magyarországi bányászati kutatási és kitermelési tevékenység elősegítése érdekében a szaktárca a jövőben is a szektorba irányuló befektetéseket ösztönző koncessziós pályázatok megjelentetését tervezi.

(ITM Kommunikáció)

FELHÍVÁS

A 2019-ES ENERGIAHATÉKONYSÁGI KIVÁLÓSÁGI PÁLYÁZATBAN VALÓ RÉSZVÉTELRE

A Magyar Innováció és Hatékonyság Nonprofit (MI6) Kft. 2011 óta a hazai zöld gazdasági szakma¬politikai stratégiaalkotás meghatározó szereplője. A 2020-ra kitűzött céljukat már idén tavasszal túlteljesítették: **207 MWe** névleges villamosteljesítményű 50% átlagos hatásfokú, 6000 h/év csúcskihasználású erőmű földgáz fogyasztásával egyenértékű végfelhasználói energiát takarítottak meg az általuk menedzselt program résztvevői. Ezzel a névleges teljesítménynyel mérete alapján hazánk **7. villamos erőművé** váltak. Sikerüket jelzi továbbá, hogy a 2018-as évben, a nagy érdeklődésre való tekintettel, kétszer került kiértékelésre az Energiahatékonysági Kiválósági Pályázat.

A 2018. március 6-án meghirdetett VEP2 program célja, hogy a Virtuális Erőmű Program 2030-ra Magyarország második legnagyobb erőműve legyen. Csatlakozzon Ön is a programhoz, és vegyen részt a 2019. március elején megrendezésre kerülő Virtuális Erőmű Program, X. Jubileumi Gáláján.

A jövő évi program fővédnökségére Dr. Áder János köztársasági elnököt kérték fel, Dr. Szili Katalin miniszterelnöki megbízott asszony védnöksége mellett, aki elfogadta a felkérést. A díjátadó a tervek szerint megszokott régi helyszínen, a Parlamentben kerül megrendezésre.

2019-ben meghirdetett pályázatok (a pályázatokról a www.mi6.hu oldalon a Pályázatok menüpont alatt talál bővebb információt és itt nyújthatja be pályázatát is):

Az **Energiatudatos Vállalat** és az **Energiatudatos Intézmény** Cím az Energiahatékonysági Kiválósági Pályázat első szintje. Ez a szint nem igényel múltbéli sikereket, már megvalósult energiahatékonysági fejlesztéseket, azonban erős elkötelezettséget és a jövőre vonatkozó megalapozott vállalásokat igényel a fejlődésre.

Az **Energiahatékony Vállalat** és az **Energiahatékony Intézmény** Díj az Energiahatékonysági Kiválósági Pályázat második szintje. Egy szervezet akkor kaphatja meg ezt a díjat, ha már van megvalósult, sikeres energiahatékonysági projektje, és ezt be is tudja mutatni.

Energiatudatos Iskola Címet kaphatnak azok az iskolák, akik szemléletformálási, mentorálási tevékenységükkel és példamutatással segítik a diákok fenntarthatósági tárgyú nevelését.

Energiahatékony Iskola Címet kaphatnak azok az iskolák, amelyek megvalósított energetikai beruházásokkal, így mérhető megtakarításokkal és/vagy mérhető megújuló energiatermeléssel rendelkeznek.

Energiatudatos Önkormányzat Címet kaphatnak azok az önkormányzatok, amelyek kész tervekkel és ezekre épülő benyújtott pályázatokkal, így erős elkötelezettséggel rendelkeznek az energiatudatosság iránt.

Energiahatékony Önkormányzat Címet kaphatnak azok az önkormányzatok, amelyek a kész terveken és benyújtott pályázatokon túl megvalósított és lezárt energetikai beruházásokkal, így mérhető megtakarításokkal vagy mérhető megújuló energiatermeléssel rendelkeznek.

Egyéni szakértőket is díjaznak az Energiahatékonysági Kiválósági Pályázat keretében. Olyan személyek jelentkezését várják, akik kiemelkedő teljesítményt nyújtottak energetikai területen. 2019-ben az alábbi kategóriákban került sor a pályázat meghirdetésére:

1. Az év energetikai tanácsadója 2019
2. Az év megújuló energetikai fejlesztője 2019
3. Az év energetikusa/energiamenedzsere 2019
4. Az év fiatal energetikai szakértője 2019

A PÁLYÁZATOK BEKÜLDÉSÉNEK HATÁRIDEJE: 2019. FEBRUÁR 10.

Építsük fel együtt Magyarország 2. legnagyobb erőművét, igazolt energiamegtakarításokból!

Bővebb információ a pályázatokról:

www.mi6.hu

Oletics Zoltán (zoltan.oletics@mi6.hu, 06 30 847 7739)

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

ENERGIAGAZDÁLKODÁS

Kosztolányi Dezső

Karácsony

Ezüst esőben száll le a karácsony,
a kályha zúg, a hóesés sűrű;
a lámpafény aranylik a kalácson,
a kocka pörg, gőzöl a tejsűrű.

Kik messze voltak, most mind összejönnek
a percet édes szóval ütni el,
amíg a tél a megfagyott mezőket
karcolja éles, kék jégkörmivel.

Fenyőszagú a lég és a sarokba
ezüst tükörből bókol a rakott fa,
a jó barát boros korsóihoz von,

És zsong az ének áhítatba zöngve…
Csak a havas pusztán a néma csöndbe
sír föl az égbe egy-egy kósza mozdony

Foto: Laza Tamás