M A G Y A R

ENERGETIKA

A MAGYAR ENERGETIKAI TÁRSASÁG LAPJA

XXVII. évfolyam 1. szám, 2020. március

A TARTALOMBÓL:

- Elkerülhető-e a klímakatasztrófa?
- Napsugárzás-mintázat kategorizálási módszereinek kritikai szemléletű összehasonlítása
- A földgáz külkereskedelme
- Magyar Energia Szimpózium

FÓKUSZBAN

KLÍMAVÁLTOZÁS

M A G Y A R

ENERGETIKA

Magyar Energetika
A Magyar Energetikai Társaság lapja

Kiadó: Mérnök Média Kft.
Telefon: 06 (1) 450-0868
Fax: 06 (1) 236-0899
E-mail: info@mernokmedia.hu

ELŐFIZETŐI MEGRENDELÉS

(A szaklap egy évben 4 alkalommal jelenik meg.
Az előfizetési időszak az előfizetői díj beérkezése után indul egy éves időtartamra.)

Amennyiben szeretné megrendelni a Magyar Energetika lapot, utalja el a 7875 Ft-os éves előfizetői díjat a kiadó számlaszámára (Mérnök Média Kft. 10918001-00000026-44050009). Kérjük, a megjegyzés rovatban tüntesse fel a postázási címét és adja meg a telefonszámát. Ha szívesebben fizetne csekken, akkor kérjük, hogy töltse ki az alábbi megrendelőlapot és küldje vissza postán a kiadó címére (Mérnök Média Kft. 1033 Budapest, Vörösvári út 103.), de szkennelve vagy okostelefonnal lefotózva e-mailben is elküldheti az info@mernokmedia.hu címre.

Alulírott ezúton rendelem meg a **Magyar Energetika** című szaklapot
egy évre ☐ **példányban 7875 Ft**/újság/év áron.

Az előfizetési díjat ☐ **csekken** ☐ **átutalásos számlán** kívánom rendezni.

Előfizető neve:

Levelezési cím:

Számlázási név:

Számlázási cím:

Kapcsolattartó:

Adószám*

Telefon: **E-mail:**

aláírás P.H.

* céges előfizetés esetén

M A G Y A R

ENERGETIKA

XXVII. évfolyam, 1. szám
2020. március

Alapította a
Magyar Energetikai Társaság
http://magyarenergetika.hu

Együttműködő szervezetek:
Magyar Atomfórum Egyesület, Magyar Kapcsolt Energia Társaság, Magyar Napenergia Társaság, Magyar Távhőszolgáltatók Szakmai Szövetsége

Felelős szerkesztő:
Civin Vilmos
Mobil: 06 (20) 945-3568
E-mail: vcivin@cviker.hu

Szerkesztőbizottság:
Civin Vilmos, dr. Czibolya László, dr. Emhő László, dr. Farkas István, dr. Garbai László, dr. Gács Iván, Kozmáné Pocsai Zsófia, dr. Lezsovits Ferenc, dr. Ősz János, Sebestyénné dr. Szép Tekla, dr. Szunyog István, dr. Tihanyi László, Ujhelyi Géza

Felelős kiadó:
Szilágyi László, a Mérnök Média Kft. vezetője
1033 Budapest,
Vörösvári út 103.
Telefon: 06 (1) 450-0868
Fax: 06 (1) 236-0899

A lap alapítója:
Magyar Energetikai Társaság
Képviseli: Zarándy Pál elnök
1116 Budapest,
Temesvár utca 19-21.
Telefon/fax:
06 (1) 201-7937

Tervezőszerkesztő:
Büki András

Borítóterv:
Metzker Gábor

Nyomda:
PAUKER Nyomdaipari Kft.
Felelős vezető:
Varga Szilárd
kereskedelmi igazgató

ISSN: 1216-8599

Felelősségi nyilatkozat
A Magyar Energetikában a tudományos és szakmai cikkeket lektorálást követően tesszük közzé. Szerzőink nem kötelesek a szakmai és a nyelvi lektor által tett javaslatokat elfogadni; ugyanakkor a közlemények tartalmáért, az azokban nyilvánosságra hozott álláspontjukért és véleményükért – amelyek a lap Szerkesztőbizottságának álláspontjától akár jelentős mértékben eltérhetnek – egyedül és kizárólag a szerzők felelősek.

Jóllehet a Magyar Energetika mindössze néhány alkalommal jelenik meg évente, az átfutási idők is meglehetősen hosszúak, mégis mindig igyekszünk legalább itt, az első oldalon időszerű, aktuális információkkal szolgálni. Ha ragaszkodnánk ehhez a gyakorlathoz, akkor most a koronavírusról kellene okfejtenünk, de egyelőre – szerencsére – nem igazán tűnik úgy, hogy közel került volna a járvány az energetikához.

Viszont felkavarta a kedélyeket a tavalyi év végén napvilágot látott „európai zöld megállapodás", amely a szó szoros értelmében nem az, hiszen most még csak az Európai Bizottság javaslatát ismerjük. A közlemény számos új elképzelést és célt vázol és tár elénk, miközben a legfontosabb hívószavak változatlanok: fenntarthatóság, éghajlatvédelem, biológiai sokféleség, dekarbonizáció. Viszonylag újnak számít ezek között a „klímasemlegesség", amely azt jelenti, hogy egy ország, egy unió vagy akár egy vállalkozás nem bocsát ki több üvegházhatású gázt, mint amennyit természetes (erdők, mezők stb.) és mesterséges (CCS, azaz szén-dioxid-leválasztás és föld alatti tárolás) úton eltávolít a légkörből. Nos, éppen a klímasemlegesség elérése lenne a cél 2050-re.

Senki sem állítja, vagy legalábbis roppant kevesen gondolják úgy, hogy a földi klíma (éghajlat) nem változik és a többség úgy gondolja, hogy nem éppen előnyére. Az is nehezen tagadható, hogy a Föld légköre melegszik, azaz emelkedik az átlaghőmérséklet – függetlenül attól, hogy mértékadó tudósunk szerint a „földi átlaghőmérséklet" tudományosan nem értelmezhető fogalom.

Amin viszont érdemes elgondolkodni, hogy miért éppen „climate neutrality" és miért nem „carbon neutrality" a fogalom neve. A válasz, megítélésem szerint egyszerű: azért, mert a fogalomalkotók (és akik az új fogalom használatára rábólintottak) abból indultak ki, hogy a szén-dioxid (és a többi üvegházhatású gáz) kibocsátásának növekedése összefüggésben van az éghajlatváltozással. Vajon hogyan alakulnának a válaszok, ha valaha világkonzultációt szerveznének az alábbi kérdéssel kapcsolatban:

Egyetért Ön azzal, hogy a szén-dioxid és az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedése hozzájárul a klímaváltozáshoz?

Szerencsére senkinek nem jut eszébe a laikus állampolgárok válasza alapján dönteni, még kevésbé intézkedéseket hozni az ügyben. És különben is tudósok ezrei foglalkoznak a témával és sokak szerint már egyezségre is jutottak. Vannak azonban, talán nem is kevesen – és ők is hozzáértőknek tartják magukat –, akik szerint az egyetértés aligha nevezhető teljesnek. Ugyanakkor teljes joggal mondhatjuk, hogy ebben az esetben éppoly világméretű jelenségről van szó, mint amilyen a koronavírus által okozott influenzajárvány, csak talán az a különbség, hogy a klímaváltozást még megközelítőleg sem érezzük annyira veszélyesnek. A koronavírus ügyében ma még lehetetlen felbecsülni, hogy a megelőzést (ne legyenek új betegek), illetve az alkalmazkodást (gyógyítsuk meg, aki már megbetegedett) szolgáló intézkedéscsoport mennyi forrást emészt fel, beleértve a járvány okozta veszteségeket, károkat és a helyreállítás költségeit is.

Érdemes-e, szabad-e vitát nyitni arról, hogy melyik típusú intézkedést részesítsük előnyben? Éppenséggel lehet, de eközben tennünk is kell (és lehetőségeinkhez mérten világszerte mindent meg is teszünk) a betegek meggyógyításáért és a továbbterjedés megakadályozásáért is.

Mennyire más a helyzet a klímaváltozással? Mekkora veszélyt jelent a világ gazdaságára, ha az erőforrásokat a karbonsemlegesség megvalósítására fordítjuk, ami végül – esetleg – nem hozza el a várt klímasemlegességet? Mennyivel veszélyesebb a koronavírus a szén-dioxidnál? Egyáltalán: mi a veszély mértékegysége?

(CV)

tartalom

A felelős szerkesztő előszava az „Elkerülhető-e a klímakatasztrófa?" című cikkhez 2

Héjjas István:
Elkerülhető-e a klímakatasztrófa? 4

A lektorok véleménye az Elkerülhető-e a klímakatasztrófa? című cikkről 13

Hartmann Bálint, Kazsoki Attila, Sugár Viktória, Sinkovics Bálint:
Napsugárzás-mintázat kategorizálási módszereinek kritikai szemléletű összehasonlítása 18

Szilágyi Zsombor:
A földgáz külkereskedelme 25

Hírek 28

Magyar Energia Szimpózium 2019 36

Civin Vilmos

A felelős szerkesztő előszava az „Elkerülhető-e a klímakatasztrófa?" című cikkhez

Valamivel több mint öt év alatt másodszor fordult elő, hogy lapunk szerkesztőbizottságának tagjai között nem sikerült egységes álláspontot kialakítani egy kézirat közlésével kapcsolatban. Az első esetben egy nyilvános vita szó szerinti közléséről oszlottak meg a vélemények, míg most egy olyan kéziratról volt szó, amely ugyancsak meglehetősen vitatott témával foglalkozik. További párhuzam, hogy az akkori és a mostani téma is átpolitizált, azaz olyanféle, amelyben a szakmai érvek és ellenérvek némelykor feloldhatatlannak látszó ellentéte miatt a politika és a politikusok voltak kénytelenek dönteni. A korábbi esetben az írás tárgya jószerivel az országhatárokon belül maradt, – jóllehet voltak és maradtak is távolabbra mutató hatásai –, a jelenlegi ügy azonban olyannyira globális, hogy legalább ezt a jellegzetességét nem érdemes megkérdőjelezni.

Akkor a nukleáris források energetikai hasznosítása volt a téma, most a globális felmelegedésről és az éghajlatváltozásról van szó. Olvasóink már megtapasztalhatták, hogy lapunk nem riad vissza az ellentétekkel és kétségekkel terhelt témájú kéziratok közlésétől. Érdemes idézni szerkesztőbizottságunk egyik tagjának álláspontját, amely szerint: *„A cikk megjelenését korábban is támogattam, bizonyos megjegyzésekkel, amelyek főleg a cikk végén található gazdasági kapcsolatokra, érdekekre vonatkoztak. Most sem értek egyet minden állítással, vagy egyszerűen kételkedem a cikk bizonyos részleteit illetően, de a megjelenését továbbra is támogatom. Talán ez többeket állásfoglalásra és írásra késztet mind az ellenzők, mind a szimpatizánsok táborából, ami üdvözítő lenne."*

Az a fenti sorokat olvasván egyértelművé válhat, hogy aki írta, nem klímatudós, de élénken érdeklődik a világ dolgai iránt. Az energetika szakértői, ismerői és tudósai – akik a többséget képviselik lapunk szerkesztőbizottságában –, művelt, szakterületüket alaposan ismerő emberek, ezért szakmai tekintetben is érintettnek érzik magukat, de amint a fenti idézetből is kiderül, éppen tudományos hozzáállásuk miatt egyfajta bizonytalanságot éreznek és ezt nem is szégyellik bevallani. A globális felmelegedést a közvélemény is leginkább a hagyományos energiahordozók felhasználásával hozza összefüggésbe. Egyértelműen érezhető ez a szóhasználatban is: ellenzők és szimpatizánsok. Holtbiztos, hogy a termodinamika törvényeivel vagy a 235-ös tömegszámú uránizotóp felezési idejével kapcsolatban aligha használná valaki ezeket a szavakat.

A politikusok és általában a döntéshozók, tehát azok a személyek és testületek, amelyeknek hivatásszerű feladata, hogy döntéseket hozzanak, iszonyodnak a bizonytalanságoktól, jóllehet ez a lételemük. Ez érthető. A közvélemény akkor lesz nyugodtabb és elégedettebb (ha egyáltalán értelmezhetőek ezek a jelzők a közvéleményre), ha a döntést olyan tudósok, szakértők készítik elő, akiknek a tudása megalapozott. Az a megnyugtató, ha az érintett személyek, vagy testületek eléggé ismertek és elismertek, megfelelő címekkel, fokozatokkal, kitüntetésekkel stb. rendelkeznek, valamint ha a politikusok, akik a döntést végül meghozzák, elfogadják, de legalábbis mérlegelik az előzőekben említettek álláspontját, és amellett azzal az előnyös tulajdonsággal is rendelkeznek, hogy a közvéleményt alkotó személyek többsége rájuk szavazott.

Ha azonban nem régóta ismert és korábban sokszorosan bebizonyosodott természeti törvények alapoznak meg egy-egy döntést, hanem valami olyasmi, aminek kétséges a jövőbeli bekövetkezése, illetve bizonytalan a várható kimenetele, akkor a helyzet másképpen alakul. Ilyenkor ugyanis általában nehéz megdönthetetlen bizonyítékokat találni. (Mennyibe fog kerülni a villany 2025-ben, mekkora lesz Magyarország villamosenergia-igénye és hogy alakul az importhányad?). Még a legnagyobb többség támogatásával meghozott döntések esetében is elkerülhetetlen, hogy maradjanak kételyek, amelyeket egyes személyek, csoportok, testületek nem átallanak nyilvánosan is képviselni, mi több, arra is indíttatást éreznek, hogy kétségeikről vagy ellenvéleményükről a közvéleményt és természetesen a döntéshozókat is megpróbálják meggyőzni. Ha az érveket és ellenérveket az emberek a médiában is hallják, látják, olvassák, a helyzet tovább bonyolódik. A személyes szimpátia megléte vagy épp hiánya, a megszólalók hangerejének és meggyőző erejének mértéke, valamint hanghordozásuk kellemes vagy kellemetlen mivolta befolyásolja az embereket.

Ez egyáltalán nem baj, de roppant kellemetlen. Az ilyesmi ugyanis nem könnyíti meg a döntéshozatalt, még kevésbé segít a döntések végrehajtásában. Ilyenkor érzik úgy a döntést ellenzők, hogy rajtuk a döntés végrehajtásával erőszakot tesznek. Jó esetben változatlanul tovább sulykolják a szerintük méltánytalanul figyelmen kívül hagyott érveiket, rosszabb esetben tüntetnek, esetleg hangoskodnak, erőszakos eszközöket alkalmaznak, pocskondiázzák, oda nem illő jelzőkkel illetik a döntéshozókat és tanácsadóikat. Akárhogyan is, de igyekeznek növelni a velük egyetértők táborát.

A pártfegyelmet régebben az jellemezte, hogy a döntést megelőzően (néha) lehetett (óvatosan) vitatkozni, de miután a (párt legfelsőbb szerve általi) döntés megszületett, akkor már nem (volt célszerű). Persze akkoriban sem mindig bizonyosodott be később, hogy a korábbi döntés helyes volt, de ezt csak ritkán ismerték be. Az éghajlatváltozás és a globális felmelegedés esetében – szerény megítélésem szerint – nem kellene ezt az utat követni, de a legkevésbé sem kellene elzárkózni attól, hogy a magukat hozzáértőknek tartók érveit, véleményét, következtetéseit nyilvánosságra hozzák. Azért, hogy ez valóban így legyen, lapunk is igyekszik megtenni a magáét. De nem minden áron.

Miután úgy gondoljuk, hogy a szakmai-tudományos kérdésekben nem a hangerő vagy a pártállás, esetleg a hitbéli meggyőződés a mérvadó egy vitás kérdés eldöntésében, akkor járunk el helyesen és következetesen, ha – bevett szokásainkhoz híven és

a magunk alkotta szabályokat követve – a beérkezett kéziratokat hozzáértő kezekbe adjuk bírálat céljából. Így tettünk az „Elkerülhető-e a klímakatasztrófa?” címet viselő kézirat esetében is, tehát a szerkesztőbizottság általi véleményezést követően (a többség lektorálás után közlésre javasolta) három ismert és elismert szakértő tudóst kértünk fel annak bírálatára. Miután eleget tettek a felkérésnek, – igen alapos és részletekbe menő – bírálatukat eljuttattuk a szerzőnek, nosza tekintse át, mérlegelje és saját belátása szerint javítsa, módosítsa, tömörítse, bővítse, egészítse ki a kéziratot. Ez megtörtént. A három lektor közül ketten azonban úgy ítélték meg, hogy a javított kézirat nem eléggé tükrözi az ő javaslataikat, az további javításra, kiegészítésre szorul. Az ismételt javítás és kiegészítés után is fenntartották korábbi álláspontjukat: a kéziratot nem javasolták közölni. Egyikük-másikuk véleményéből némi indulatot is kiolvashatónak éreztünk, ezért – bár a bírálók objektív hozzáállásában nem kételkedtünk – a módosult kézirat ismeretében arra a következtetésre jutottunk, hogy valószínűtlen, hogy a szerző meg tudná győzni az ellenző bírálókat. Miután szerkesztőbizottságunk tagjai – kellően mély hozzáértés hiányában – nem kérdőjelezték meg sem a lektorok, sem a szerző állításait, többségi határozattal úgy döntöttünk, hogy nemcsak a szerző által kétszer is átdolgozott kéziratot közöljük, hanem felkérjük a lektorokat, a szerkesztőbizottság tagjait és további szakértőket, hogy a közlendő kézirat ismeretében foglalják össze álláspontjukat, véleményüket, mert (amint fentebb már írtuk) feltételeztük, hogy talán ez többeket állásfoglalásra és írásra késztet mind az ellenzők, mind a szimpatizánsok táborából, ami üdvözítő lenne. Néhányan eleget tettek a kérésünknek, az ő írásaikat a cikket követően olvashatják.

A vita tárgya nem az, hogy zajlik-e éghajlatváltozás, és nem is az, hogy melegszik-e a földi légkör (bár ismerünk nagyon is tekintélyes tudósokat, akik szerint a „globális átlaghőmérséklet” mint fogalom értelmezhetetlen). A vita (jóllehet a cikk szerzője következtetéseiben igyekszik túlmutatni ezen) tárgya, hogy vajon valóban az egyes emberi tevékenységek következtében a légkörben növekvő üvegházhatású gázkoncentráció okozza-e a hőmérséklet emelkedését és az éghajlat kedvezőtlen irányú változását. Valószínű, hogy erre a bonyolult kérdésre nem lehet igennel vagy nemmel válaszolni és az is lehet, hogy sokan a kérdés megfogalmazását is joggal bírálnák. A Nemzeti Választási Bizottság bizonyosan nem hitelesítene ilyen kérdést, akármilyen ügyesen szerkesztenénk is meg. És valószínűleg helyes ez így, mert ezt a kérdést sem lehet (akár világméretű) népszavazással eldönteni. Az ENSZ ezzel foglalkozó testülete, az IPCC sem ad határozott választ. Mértékadó körökből származó információ szerint a tudományosan megalapozható „igen” válasz valószínűsége valahol 80 és 90% között lehet.

A cikk címének megfogalmazása is elgondolkodtató: „Elkerülhető-e a klímakatasztrófa?” A kérdés arra utal, hogy az éghajlati viszonyok jól észlelhető változása emberi beavatkozások által megállítható-e, meg kell-e állítani, és ha érdemes megkísérelni, akkor mik a konkrét teendők. Feltételezve, de meg nem engedve, hogy nem állítható meg, egyetlen választásunk lehetne: alkalmazkodnunk kell hozzá. Ha viszont egészen biztosak lehetnénk benne, hogy megállíthatjuk, ha (minél hamarabb és minél erőteljesebben) csökkentjük a légkörbe jutó üvegházhatású gázok mennyiségét, akkor erőfeszítéseink jelentős részét célszerű volna erre összpontosítani. A témában járatos szakértők természetesen és helyesen azt javasolják: csökkentsük is és alkalmazkodjunk is. Az igazán észszerű kérdés talán az lehetne: Az összes rendelkezésünkre álló erőforrás mekkora hányadát fordítsuk klímavédelemre (értsd: kibocsátás-csökkentésre és alkalmazkodásra)? És ha ezt már eldöntöttük, hogyan határozzuk meg e kettő arányát?

A látszat azt mutatja, hogy egyelőre nem olyan nagy a baj, mert az összes rendelkezésünkre álló erőforrás jelentős részét nem erre, hanem pl. járványok leküzdésére, fegyverkezésre, oktatásra, marketingre, családtámogatásra, kultúrára, balesetek és bűncselekmények megelőzésére fordítjuk és a sort még hosszan folytathatnánk. Ki-ki eldöntheti ezek és a fel nem soroltak között szerinte melyik a helyes elsőbbségi sorrend.

Nyugodtan kijelenthetjük, hogy felesleges fáradozás lenne ebben a tekintetben konszenzust keresni, vagy akár többségi támogatást elérni bármelyik terület számára. Beszélni, vitatkozni róluk azonban érdemes, sőt szükséges, mert ha nemcsak a saját igazunkat hangoztatjuk, hanem odafigyelünk mások megalapozott érveire is – feltételezzük, sőt megengedjük, hogy a vitapartnereinknek akár igaza is lehet –, nagy valószínűséggel eljuthatunk a helyes, pontosabban a jövőben helyesnek bizonyuló döntések közelébe.

Ám téved, aki azt gondolja, hogy ez gyors folyamat.

A Magyar Energetikai Társaság közleménye

Tisztelt Tagjaink, Pártoló tagok, érdeklődők!

1

A Magyar Energetikai Társaság székhelye 2020. február 17-én megváltozott.
Új címünk: **1116 Budapest, Temesvár u. 19-21.**
Új e-mail címünk: **met@magyarenergetika.hu**
Vonalas telefon- és fax számunk változatlan: 06 1 201-7937

2

A Magyar Energetikai Társaság a 2020. évi rendes közgyűlését az elnökség terve szerint május 28-án tartja a Magyar Mérnöki Kamara termében: **1117 Budapest, Szerémi út 4.** A formális meghívót a napirenddel és a pontos időponttal együtt idejében közzé fogjuk tenni.

Felhívjuk tisztelt tagtársaink figyelmét, hogy tisztségviselőink mandátuma 2020-ban lejár, ezért a közgyűlésünk egyben **tisztújító közgyűlés** is. Ezért kérjük, hogy a közgyűlésen minél nagyobb számban jelenjenek meg és a közgyűlést megelőzően tegyenek javaslatokat a megválasztandó tisztségviselők személyére (elnökség, felügyelőbizottság). Javaslataikat a met@magyarenergetika.hu e-mail címen várjuk és fogadjuk.

3

Felhívjuk tisztelt tagtársaink figyelmét, hogy a Magyar Energetikai Társaság 2019. évi közgyűlésének határozata értelmében az éves **tagdíj** összege aktív munkavállalók esetében 8000 Ft, egyetemistáknak, diákoknak és nyugdíjasoknak 4000 Ft. A tagdíj március 31-ig esedékes. A tagdíjat határidőre befizető tagok a Magyar Energetika egy példányát megkapják.
A tagdíj befizethető átutalással a Magyar Energetikai Társaság

11702036-20548661-00000000

számlaszámára. Javasoljuk, hogy a koronavírus-járvány teljes megszűnéséig kizárólag ezen a módon fizessék be tagdíjukat.

A Magyar Energetikai Társaság elnöksége

Héjjas István

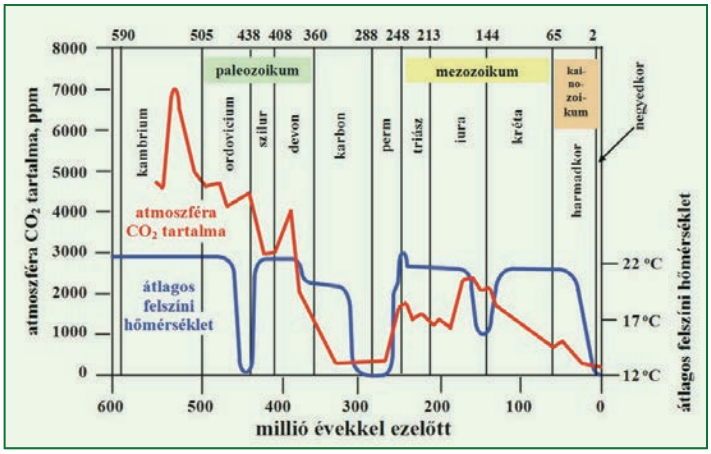
Elkerülhető-e a klímakatasztrófa?

Sok jel mutat arra, hogy a Földön melegedés zajlik, miközben a levegő szén-dioxid-tartalma növekszik. Bár kérdés lehet, hogy melyik az ok és melyik a következmény, az ENSZ és az EU klímapolitikája szerint az emberiség szén-dioxid-kibocsátása okozza a melegedést, miközben a sajtóban riasztó híreket olvashatunk a közeledő klímakatasztrófáról. Legmagasabb politikai szinteken pedig egyre irreálisabb és egyre költségesebb célkitűzések látnak napvilágot a CO_2-emisszió csökkentéséről és a megújuló energiák részarányának fokozásáról. A jelen cikkben azt vizsgáljuk, mennyire lehetnek megalapozottak ezek az aggodalmak és mennyire lehetnek műszakilag megalapozottak a tervezett intézkedések.

Arrhenius Nobel-díjas svéd kémikus vetette fel még 1896-ban, hogy összefüggés van a Föld felszíni hőmérséklete és a levegő szén-dioxid-tartalma között [1]. Ennek alapján feltételezte, hogy a szén-dioxid hatással lehet a bolygó hőmérsékletére. A szén-dioxid ugyanis képes elnyelni a felszíni hőmérsékleti sugárzás egy részét, ily módon melegítve az atmoszférát, ezen keresztül a felszínt. Nem vitatható, hogy az elmúlt évezredek során valóban kimutatható a kapcsolat a szén-dioxid-szint és a bolygó hőmérséklete között, abban azonban már nem lehetünk biztosak, hogy ha messzebbre kitekintünk a bolygó történetére, törvényszerűen fennáll-e ilyen kapcsolat.

Hogyan változott a múltban az éghajlat?

Az 1. ábra a levegő szén-dioxid-tartalmának és a bolygó átlagos felszíni hőmérsékletének alakulását szemlélteti az elmúlt 600 millió év során [2,3].



1. ábra. **A Föld átlagos felszíni hőmérsékletének és a levegő szén-dioxid-tartalmának változása az elmúlt 600 millió év során**

A diagram megtalálható Reményi tanulmányában is, a 4. sz. ábrán [4].

Mint a diagramból látszik, a hőmérséklet és a szén-dioxid-koncentráció között – hosszú távon – egyértelmű pozitív korreláció nem mutatható ki. Kb. 440 millió évvel ezelőtt például 3-4 fokkal volt hidegebb, mint most, miközben a levegő szén-dioxid-tartalma 10-szerese volt a mainak.

A diagramból az is látszik, hogy ma a levegő szén-dioxid-tartalma csaknem földtörténeti minimumom van, ezért jogos a kérdés, hová tűnt el a szén nagy része, amely korábban a levegőben volt szén-dioxid formájában.

Tudjuk, hogy a Földön a szén mennyisége gyakorlatilag állandónak tekinthető, és a következő formákban van jelen:

- a levegőben szén-dioxid formájában,
- az óceánok vizében szén-dioxidként és szénsavként elnyelődve,
- állatokban, növényekben, biológiai struktúrákban, biomasszában,
- a földkéregben széntartalmú kőzetekben (mészkő, dolomit) kémiailag lekötve,
- a földkéregben fosszilis tüzelőanyagok formájában (szén, földgáz, kőolaj).

Ha pedig a szén valamelyik formájának a mennyisége csökken, egy másiknak növekednie kell. Mivel a levegő szén-dioxid-tartalma jelenleg nagyon alacsony, más komponensek nyilván növekedtek.

A biológiai struktúrák tömegének jelentős növekedése – az elmúlt évmilliókhoz képest – nem valószínű, és az sem, hogy az óceánok vizében ma több szén-dioxid van elnyelődve, mivel a folyamatban lévő (feltételezett) melegedés hatására a víz gázelnyelő képessége csökken.

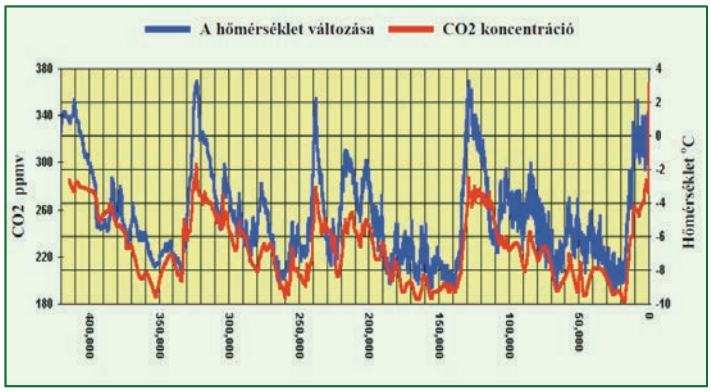
Az sem valószínű, hogy a néhány km mélységig gyakorlatilag még kibányászható szén, kőolaj és földgáz elégetésével a levegő szén-dioxid-tartalmát a 440 millió évvel ezelőtti szintre lehetne emelni, hiszen a klímavédő mozgalmak is legfeljebb a levegő CO_2-tartalmának duplázódásával számolnak, és ez szerintük már katasztrófát jelenthet.

Kézenfekvően adódik, hogy jelenleg a szén túlnyomó része a földkéregben helyezkedhet el széntartalmú kőzetek formájában. Amikor pedig ezek a kőzetek a kéreglemezek alján fokozatosan beleolvadnak a magmába, kémiailag felbomlanak, és a keletkező szén-dioxid nagyrészt az óceánok mélyén, a földkéreglemezek törésvonalai mentén működő vulkánokból áramlik felfelé, elnyelődve a vízben, majd onnan kiszabadulva az atmoszféra felé. Ez lehet a magyarázat – az antropogén emisszió mellett – a szén-dioxid-szint növekedésére.

Hangsúlyozni kell azonban, hogy az 1. ábrán látható diagram csupán a tényleges folyamatok egyszerűsítése, hiszen az időbeli felbontás nagyon durva. Amikor például leolvasunk egy hőmérsékleti értéket a diagramról, akkor az egy-két millió év átlagát mutatja, és nem lehet tudni, hogy mekkora volt ezen időszakon belül a hőmérséklet ingadozásának amplitúdója az átlagérték körül. Ezért a diagram csupán trendvonalakat tartalmaz, nem pedig konkrét értékeket.

Ennek ellenére egy ilyen diagram hasznos lehet fontos következtetések levonására. Látszik például, hogy az elmúlt 600 millió év legnagyobb részében sokkal melegebb volt, mint most. Azt is tudjuk, hogy ezen időszak legnagyobb részében a sarkvidékeken nem volt egész évben hó- és jégtakaró, mivel tavasszal és nyáron az olvadás teljes volt, majd télen, a fagyos hideg, valamint a hatalmas mennyiségű hóesés hatására a hó- és jégtakaró újraképződött, ahogyan történik manapság a mérsékelt égövben. Ezért a jelenlegi időszak inkább kivételesnek tekinthető. Voltaképpen most is jégkorszakban élünk, amely akkor fog véget érni, ha majd nyaranta a hó és a jég a sarkoknál is teljesen eltűnik.

Érdemes azonban ezeket a folyamatokat ezerszer rövidebb időtávlatban is megvizsgálni, több száz millió év helyett „mindösszesze" több százezer éves időszakra. Erre mutat példát a 2. ábra [5].



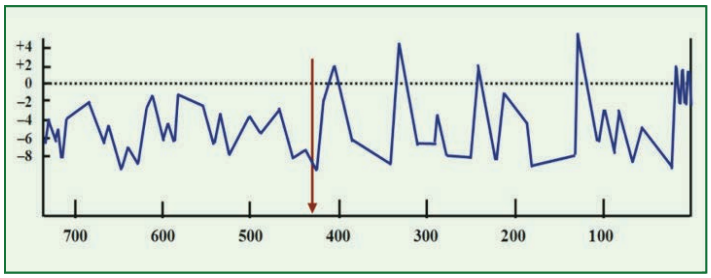
2. ábra. **A Föld átlagos felszíni hőmérsékletének és a levegő szén-dioxid-tartalmának változása az elmúlt 450 ezer év során**

Hasonló diagramokat láthatunk Czelnai egyik előadásában is [6]. Czelnai felteszi a kérdést, mi okozza az erős korrelációt a szén-dioxid koncentrációja és a bolygó hőmérséklete között. Vajon tényleg a szén-dioxid vezérli a hőmérsékletet, vagy pedig inkább a hőmérséklet vezérli a szén-dioxidot? Ez a kérdés Reményi és Szarka több előadásában is felmerül [2, 3, 7]. Eszerint, ha a két paraméter diagramja közötti fáziseltérést is figyelembe vesszük, megállapítható, hogy amikor beindul egy markáns melegedés, olyankor a szén-dioxid-szint növekedése általában időben követi, nem pedig megelőzi a hőmérséklet emelkedését.

Van ennek a kérdésnek másik vonatkozása is. Ha ugyanis a szén-dioxid az ok, és a hőmérséklet a következmény, akkor fel kell tenni a kérdést, hogy miért ingadozott a szén-dioxid-szint ilyen mértékben 100-110 ezer éves ciklusokban, hiszen nem ismerünk semmiféle olyan fizikai törvényt, vagy fizikai hatást, ami ezt megmagyarázná és indokolná. A fordított esetre azonban van tudományos magyarázat, ez pedig a Milankovics-Bacsák-elmélet, amely szerint a ciklusok oka a Föld keringési pályájának ciklikus változása, valamint a Föld forgási tengelyének imbolygása és a dőlési szögének ciklikus változása [8].

Fontos tudni, hogy a forgási tengely dőlési szögének megváltozása esetén az éghajlati övek É-D irányban eltolódnak, emiatt egyes földrajzi térségekben az éghajlat akkor is megváltozhat, ha közben a bolygó átlagos felszíni hőmérséklete változatlan. Az elméletből az is következik, hogy előbb-utóbb ismét szembe kell néznünk majd egy újabb jégkorszakkal.

Czelnai az idézett előadásában bemutatott egy 750 ezer évet áthidaló diagramot is a hőmérséklet alakulásáról. Ebből a diagramból lett megszerkeszthető a 3. ábrán látható „trend-diagram" oly módon, hogy az ábrázolt középértékek körüli ingadozásokat levágjuk. A kérdésre, hogy miért volt indokolt az eredeti diagramot így „elrontani", a válasz az, hogy ezen az egyszerűsített diagramon szemléletesebben lehet bemutatni azt a másik fontos kérdést, amit Czelnai felvetett.

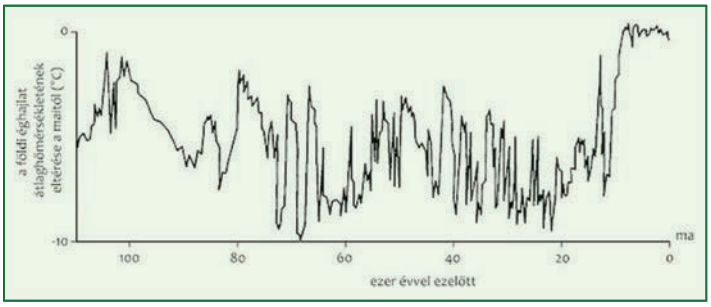


3. ábra. **A Föld átlagos felszíni hőmérsékletének változása az elmúlt 750 ezer évben**

A diagramon ugyanis világosan látszik, hogy kb. 430 ezer év óta a ciklusok jellege megváltozott oly módon, hogy a melegedés felgyorsult, a legutolsó melegperiódus pedig meghosszabbodott. Erre azonban az említett Milankovics-Bacsák-elmélet sem ad választ.

Különösen figyelemre méltó a folyamatban lévő legutóbbi ún. interglaciális szakasz, amely az előző ciklusoktól eltérően már több mint 11 ezer év óta tart, és a várható jövőjére nem lehet prognózist készíteni a korábbi ciklusokra épülő extrapolációs számításokkal. Antropogén hatás kizárható, mert az legfeljebb az elmúlt néhány évszázaddal kapcsolatban jöhetne szóba, nem pedig évezredes távlatban.

Lássunk most egy még rövidebb időszakot, az elmúlt 110 ezer évet, amint azt a 4. ábra diagramja szemlélteti [9].

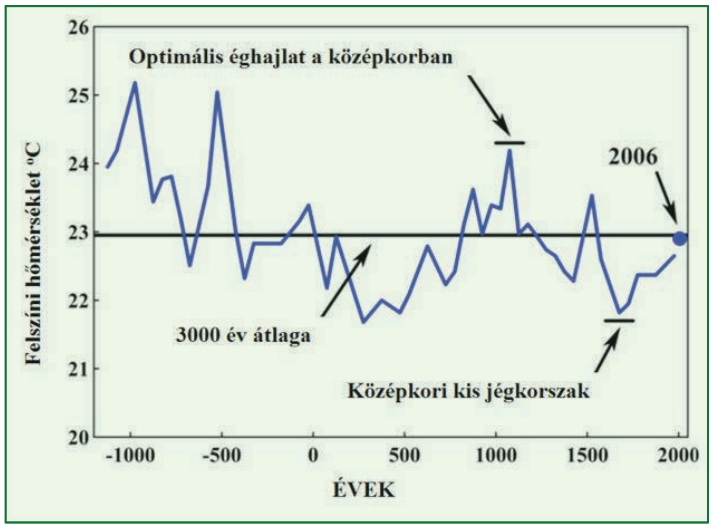


4. ábra. **A Föld átlagos felszíni hőmérsékletének változása az elmúlt 110 ezer év során**

A mintegy 11 ezer évvel ezelőtt bekövetkezett gyors felmelegedés tette lehetővé az emberiség letelepedését, a biztonságosabb élelmiszer-ellátást, miután a jégmezők elolvadtak, és lehetővé vált a növénytermelés, az állattenyésztés, növények és állatok fajtanemesítése. Azóta a hőmérséklet a mai átlagérték körül, nagyjá-

ból ±2 fokos tartományban ingadozik. Az ezt megelőző csaknem százezer éves időszak azonban katasztrofális hatású volt a bolygó élővilágára. Több ezer élőlényfaj pusztult ki, közöttük a neandervölgyi ősember, a jégkorszakon belül lezajlott több gyors és váratlan további lehűlés miatt.

A jelenlegi interglaciális szakaszból különösen érdekes az utóbbi három évezred, amelynél fontos összefüggést lehet találni a történelmi események és a bolygó felszíni hőmérséklete között. Erre az ad lehetőséget, hogy az Atlanti-óceán közepén elhelyezkedő Sargasso-tenger felszíni hőmérséklete szoros korrelációban van az átlagos felszíni hőmérséklettel. A Sargasso-tenger vize ugyanis a körülötte elhaladó tengeráramlatoknak köszönhetően egy helyben forog, miközben a felszínét évezredek óta sűrű vízi növényzet borítja, amelynek a leülepedett szerves bomlástermékei alapján jól rekonstruálható az átlagos felszíni hőmérséklet változása, amelyet az 5. ábra szemléltet [10].



5. ábra. **A Sargasso-tenger felszíni hőmérsékletének változása az elmúlt 3 ezer év során**

Ha ezt a diagramot összevetjük a történelmi eseményekkel, azt találjuk, hogy az emberiség akkor élt a legnagyobb jólétben, amikor melegebb volt, mint most, míg a hidegebb időszakokban – például a középkori kis jégkorszakban – éhínség, járványok és pusztító háborúk tizedelték Európa lakosságát. Erre találhatunk adatokat például Ónodi tanulmányában.[11].

Figyelemre méltó az a dokumentumfilm is, amely az utóbbi években több alkalommal szerepelt a Viasat History TV-csatorna műsorában Történelemformáló éghajlatváltozás címmel, amelyből további fontos részleteket tudhatunk meg arról, hogyan befolyásolta az emberiség sorsát a szüntelenül átalakuló éghajlat, amelynek a kiszámíthatatlan változásaihoz – a túlélés érdekében – újra meg újra alkalmazkodni kellett. Ugyanez vonatkozik a jelenlegi helyzetre is, amikor az éghajlatváltozás elleni szélmalomharc helyett célszerűbb lenne az erőforrásokat az alkalmazkodás érdekében felhasználni.

Klímaelméletek, klímamodellek

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) rendszeresen feldolgozza a Föld hőmérsékletének alakulására vonatkozó adatokat és modelleket, és prognózisokat készít a várható súlyos következményekről, ha nem csökkentjük a szén-dioxid-emissziót. Ezek a prognózisok főleg a NASA által közzétett adatokra és klímaelméletre [12] épülnek, az eddigi prognózisok azonban irreálisan túlbecsülték a melegedés várható mértékét [2].

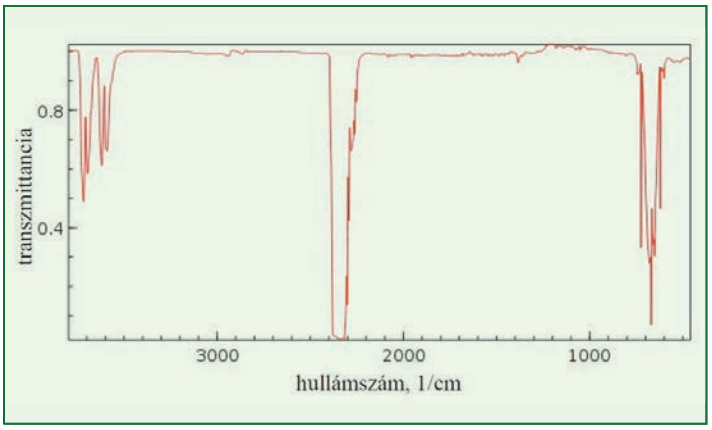
Az IPCC, a NASA, az ENSZ, valamint az EU által hivatalosan elfogadott klímaelmélet azt állítja, hogy a melegedést az üvegházhatás erősödése okozza, amelynek oka, hogy az üvegházhatású gázok elnyelik a felszín infravörös termikus sugárzásának jelentős részét, majd visszasugározzák a felszínre, növelve annak hőmérsékletét.

Üvegházhatásra persze szükség van, nélküle a Föld fagyott bolygó lenne a világűr –270 C° körüli hidegében, azonban – a hivatalos elmélet szerint – ha az üvegházhatás túllép egy kívánatos értéket, akkor a bolygó veszélyesen túlmelegszik, és éppen ezt kellene megakadályozni.

Az üvegházhatás leggyakoribb mérőszáma megadja, hogy a Földön az átlagos felszíni hőmérséklet hány fokkal magasabb, mint egy olyan bolygón, ahol nincs üvegházhatás, miközben a bolygó ugyanannyi energiát nyel el a napsugárzásból, mint a Föld.

Az üvegházhatás mértékének kiszámításakor kivonjuk az átlagos felszíni hőmérsékletből (kb. +15 C° = 288 K) a bolygó átlagos globális emissziós hőmérsékletét (kb. –18 C° = 255 K). Ezzel az üvegházhatás jelenleg kb. 33 K. A Föld globális emissziós hőmérséklete pedig egy olyan fekete test hőmérséklete, amelynek a hőmérsékleti sugárzása a világűr felé a Földével azonos.

A hivatalos klímaelmélet szerint a legveszélyesebb üvegházhatású gáz a szén-dioxid, ezért minél több szén-dioxid van a levegőben, annál nagyobb az üvegházhatás, és annál magasabb lesz az átlagos felszíni hőmérséklet. Kérdés azonban, hogy valóban olyan hatékony üvegházhatású gáz-e a szén-dioxid, amelynek az abszorpciós spektrumát a 6. ábrán látható diagram szemlélteti [13].



6. ábra. **A szén-dioxid transzmissziós spektruma [13]**

A diagramból látszik, hogy a szén-dioxid a felszíni infravörös emisszióból csupán néhány vékony „szeletet” képes elnyelni. Elméletileg is kiszámítható és a műholdas mérések is alátámasztják, hogy a feltüntetett elnyelési vonalakon alig jut ki sugárzás a világűrbe, mivel azokat a levegőben lévő szén-dioxid már most is csaknem teljesen elnyeli, ezért további szén-dioxid bevitele az atmoszférába alig változtathat a helyzeten [14].

A mérések azt is mutatják, hogy a leghatékonyabb üvegházhatású gáz nem a szén-dioxid, hanem a vízgőz, amely az infravö-

rös abszorpció túlnyomó részéért felelős. Ugyanakkor a vízgőz az egyetlen olyan üvegházhatású gáz, amely képes kondenzálódni, képes a levegőben megváltoztatni a halmazállapotát, képes kicsapódni köd, pára, felhő formájában.

Miközben az összes többi üvegházhatású gáz koncentrációja csak lassan változik, addig a levegő páratartalma nagyon gyorsan képes megváltozni. Bárki kipróbálhatja, hogy ha télen a szobában a relatív páratartalom mondjuk 70%, majd kinyitjuk az ablakot, a szellőztetés hatására percek alatt a relatív páratartalom akár 30-40 %-ra csökkenhet.

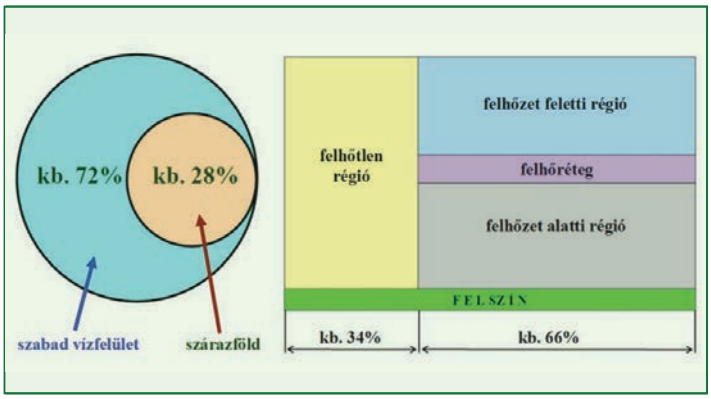
A szabályozáselméletből tudjuk, hogy egy rendszer állapotába való hatásos beavatkozáshoz olyan szabályozó paraméter szükséges, amely gyorsan és rugalmasan képes az értékét megváltoztatni. Az üvegházhatás szabályozása szempontjából ezért az egyetlen szóba jöhető üvegházhatású gáz a vízgőz, amelynek a meghatározó szerepére még visszatérünk.

Miskolczi szerint a NASA klímamodellje alapvetően hibás. A számítások ugyanis azon alapulnak, hogy ismerjük, mekkora a bolygón a szabad vízfelület, mekkora a szárazföldek területe, tudjuk, hogy átlagosan mekkora a felhőzet kiterjedése, és ismerjük a napsugárzás intenzitását a Föld keringési pályáján.

Ezekből az adatokból ki lehet számítani, hogy az egész bolygó, és ezen belül a felszín mennyi napsugárzást nyel el, mennyit ver vissza, és azt is, hogy ha a felhők változatlanul a helyükön maradnak („oda vannak szögezve"), a sugárzásokból mennyit nyelnek el, mennyit sugároznak ki, mennyit reflektálnak. Ezzel pedig ki lehet számítani egy sugárzási fluxus egyenleget, amelyből kiadódik, hogy mennyivel nyel el több energiát a bolygó, mint amennyit kisugároz, illetve, hogy mennyivel kell emelkednie a felszíni hőmérsékletnek ahhoz, hogy a sugárzási egyensúly helyreálljon [12].

A NASA és más kutató központok ilyen modelljei azonban alapvetően „statikus" sugárzásátviteli modellek, amelyek gyakorlatilag figyelmen kívül hagyják a felhőképződés és -feloszlás dinamikus szabályozó hatását, valamint a bolygón lévő víz halmazállapot-változásait [15, 16].

A szüntelenül párolgó felszíni vizek és a felhők közötti összefüggést szemlélteti a 7. ábra.



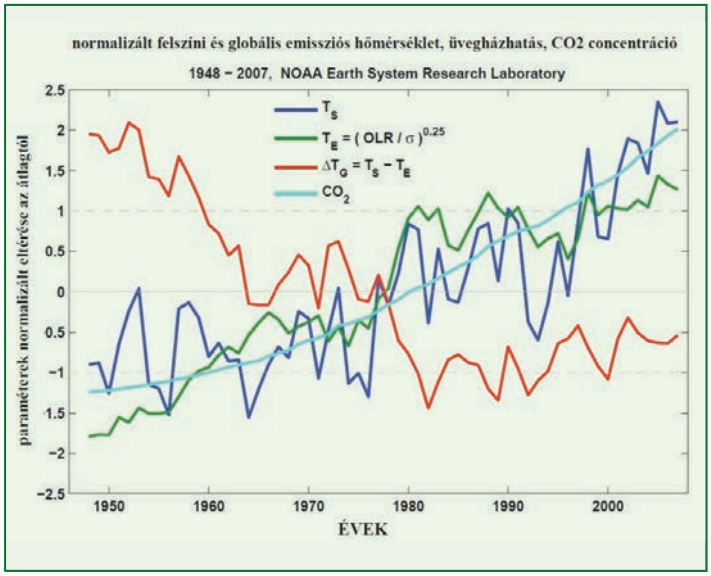
7. ábra. **Az atmoszféra és a hidroszféra kapcsolata. A bolygó felszínének csaknem 72 %-át borító vízfelület szakadatlan párolgása biztosítja a felszín feletti több mint 66% felhőtakaró folyamatos vízgőzutánpótlásának túlnyomó részét (saját szerkesztés)**

Mint említettük, a szabad vízfelületről párolgó hatalmas mennyiségű vízgőz – minden más üvegházhatású gáztól eltérően – képes a levegőben halmazállapotot változtatni, kicsapódva felhőket képezni, ezért a napsütötte felhőtlen régiókban a vízgőz az üvegházhatásával melegíti a felszínt, a felhős területeken pedig leárnyékolva hűti. A gyors víz-vízgőzkörforgás pedig rugalmas visszacsatolt szabályozást biztosít a felszín hőmérsékleti egyensúlya szempontjából.

A napsütötte felhőtlen területeken a napsugárzás hatására a talaj fölmelegszik, a felszíni vizek és a talajban lévő nedvesség párolog, a növényzet is kiszárad. Így a levegő páratartalma növekszik, ezzel az üvegházhatás is növekszik, és fokozza a meleget. A folyamat addig fokozódik, amíg a lokális üvegházhatás eléri a fizikailag lehetséges maximumot, amikor a levegő telítődik, és nem képes több vízgőzt elnyelni. Ekkor a folyamat megfordul, a vízgőzből piciny vízcseppek válnak ki és megindul a felhőképződés. A felhők árnyékoló hatása miatt azután a felszínen gyors lehűlés következik be.

A NASA volt munkatársa, Miskolczi kimutatta, hogy a rendszerben olyan önszabályozás működik, amelynek a hatására a felszín feletti felhőtakaró kiterjedése 66,4% körül stabilizálódik [14, 17].

Miskolczi rámutatott a NASA és az IPCC által szorgalmazott klímaelmélet számos hiányosságára is, ezt szemlélteti a 8. ábra.



8. ábra. **A fontosabb légkörfizikai paraméterek változása hat évtized alatt. A függőleges lépték az ábrázolt paraméterek szórása, vagyis a hat évtizedes átlagértéküktől való eltérések négyzetes középértéke TS = a bolygó átlagos felszíni hőmérséklete, TE = a bolygó emissziós hőmérséklete, OLR = "Outgoing Longwave Radiation", kimenő hosszúhullámú sugárzás, ΔTG = az üvegházhatás mértéke K, CO_2 = a levegő szén-dioxid-tartalma [14]**

A diagram a NASA hiteles mérési adatai alapján készült. A diagram az üvegházhatás szempontjából legfontosabb paraméterek változását mutatja az 1948 és 2008 közötti hat évtizedes időszakra. A diagramon a függőleges lépték az ábrázolt paraméterek átlag körüli szórása, vagyis a hat évtizedes átlaguktól való eltérések négyzetes középértéke.

Mint említettük, az üvegházhatás pillanatnyi mértékét (ΔTG) úgy lehet kiszámítani, hogy kivonjuk az átlagos felszíni hőmérsékletből (TS) a bolygó globális emissziós hőmérsékletét (TE). Csakhogy van egy probléma: az, hogy a (ballonos, műholdas,

rádiószondás stb.) mérések szerint mind a felszíni hőmérséklet, mind pedig a globális emissziós hőmérséklet az idő függvényében véletlenszerűen ingadozik. Az üvegházhatás mértékét pedig úgy számítjuk ki, hogy képezzük két véletlenszerűen ingadozó mennyiség különbségét. Az eredmény – a valószínűségszámítás szabályai szerint – megint csak egy véletlenszerűen és megjósolhatatlanul ingadozó mennyiség lesz. Ennek alapján állítja Miskolczi, hogy maga az „üvegházhatás", mint mérhető mennyiség, ahogyan azt a NASA és az IPCC értelmezi, minden fizikai realitást nélkülöző értelmetlen fogalom [15].

Megújuló energiák

Ha elfogadjuk az állítást, hogy a veszélyes mértékű melegedés oka az antropogén szén-dioxid-emisszió, akkor azt csökkenteni kell. Ennek módja pedig az, hogy csökkentjük a fosszilis tüzelőanyagok felhasználását oly módon, hogy a villamosenergia-termelésben főleg ún. „megújuló" energiákat használunk, és a (vasúti, közúti, vízi, sőt légi) közlekedést fokozatosan átállítjuk villamos hajtásra. Ez esetben azonban az emberiség villamosenergia-fogyasztása megduplázódhat.

Furcsa paradoxon, hogy éppen a zöldmozgalmak tiltakoznak az atomerőművek és a vízerőművek ellen, holott ezek nem bocsátanak ki szén-dioxidot, miközben ezekkel lehet legkisebb helyen (minimális ökológiai lábnyommal) a legtöbb villamos energiát megtermelni.

Vitatható, hogy időjárástól függő szél- és naperőművekkel az emberiség villamosenergia-ellátása gazdaságosan megoldható-e. Az ilyen erőművek kapacitáskihasználása meglehetősen gyenge, naperőművek esetén 10-15% között, szélerőművek esetén 20-25% között mozog, ezért az ilyen erőműveket négyszer-ötször nagyobb teljesítményre kell méretezni, mint a hagyományos erőműveket. Óriási a területigényük, rövid a működőképes élettartamuk, amelynek a lejárta után hatalmas mennyiségű veszélyes elektronikus és egyéb hulladék marad hátra. Kiszámíthatatlan teljesítményingadozásuk szabályozása járulékos műszaki intézkedéseket igényel, amelyek gyakran többe kerülnek, és nagyobb környezetterheléssel járnak, mint maga az áramtermelés. Ez utóbbi „járulékos" költségeket azonban általában nem szokták figyelembe venni.

9. ábra. **Az MVM Csoport első naperőműve Felsőzsolca határában [18]**

Lássunk egy hazai példát egy naperőműre, amelyről az internetes Origo hírportálon olvashattunk [18]. Innen megtudhattuk, hogy 2017-ben épült fel 45 hektáron Felsőzsolca határában az MVM Csoport első naperőműve. Az erőműben 74 ezer polikristályos napelemtáblát telepítettek, az erőmű beépített (névleges) kapacitása 20 MW, az átlagos éves villamosenergia-termelése pedig 21 GWh.

A Paksi Atomerőmű névleges teljesítménye 2000 MW, és az MVM honlapján olvasható adatok szerint a kapacitáskihasználása legalább 90% [19]. Ennek alapján könnyen kiszámítható, hogy az éves áramtermelése legalább 15 768 GWh. Ennyi villamos energia megtermeléséhez ezért legalább 750 darab felsőzsolcai típusú naperőművet kellene felépíteni 33 750 hektár területen.

És még azt is meg kellene oldani, hogy legyen áram a konnektorban olyankor is, amikor nem süt a Nap. Az is probléma lenne, hogy amikor majd 20-25 év múlva az ilyen erőművek üzemideje lejár, és a 33 750 hektár területet elfoglaló napelemek tönkremennek, mit fogunk kezdeni a hátramaradó több millió tonna veszélyes elektronikus hulladékkal [20].

Nem sokkal kedvezőbb a helyzet szélerőművek esetén sem.

Bár a tengerparthoz közeli helyeken a széljárások kedvezőbbek, még itt is problémát okoz a szélerőművek kiszámíthatatlan teljesítményingadozása. Magyarországon a helyzet kedvezőtlenebb, mivel az átlagos szélsebesség a szélturbinák tengelymagasságában 4–9 m/sec között van, a legtöbb szélturbina típus pedig csak 12–14 m/sec feletti szélsebesség esetén képes névleges teljesítménnyel működni. További probléma a hazai szélturbinákkal, hogy gyakran vannak kitéve villámcsapásnak, télen pedig a lapátokra ráfagyó jég teheti működésképtelenné ezeket a berendezéseket.

Nem kívánunk részletesebben belemenni az ezzel kapcsolatos teljesítménykalkulációkba, csupán megemlítjük, hogy a szerző által elvégzett előzetes próbaszámítások alapján, 20% kapacitáskihasználást feltételezve, a Paksi Atomerőmű éves villamosenergia-termelésének kiváltásához akkora szélturbinaerdőt kellene felépíteni, amelynek az összesített teljes hatásos keresztmetszete meghaladná a 30 millió négyzetmétert.

Gyakran hozzák példaként a németországi szél- és napenergia-programot. Ennek sikerességével kapcsolatban azonban lehetnek kétségeink. Petz tanulmánya szerint például 2018 novemberében a németországi szél- és naperőművek beépített teljesítménye több mint 103 GW (azaz 103 ezer megawatt), miközben az átlagos hasznos teljesítményük nem egészen 16 GW volt, ami kb. 15,5 % kapacitáskihasználást jelent [21].

Az időjárástól függő nap- és szélerőművek teljesítményével és területigényével kapcsolatos részletesebb adatokkal kapcsolatban az irodalomjegyzékre utalunk [21, 22]. Ami pedig az egyéb szóba jöhető „megújulókat" (geotermia, biomassza stb.) illeti, ezekkel sem lehet gazdaságosan kiváltani a hagyományos villamosenergia-termelést [20]. Az is megállapítható, hogy az ún. „megújuló" energiáknak nem csak a költsége, de az ökológiai lábnyoma is sokkal nagyobb, mint például nukleáris energia esetén. Ha pedig azt is figyelembe vesszük, hogy a fosszilis energiahordozó-készletek valóban kimerülhetnek 200-250 éven belül, kézenfekvő a következtetés, hogy hosszabb távon a növekvő létszámú emberiség megbízható, környezetkímélő energiaellátása elsősorban a nukleáris energia fokozott hasznosításával oldható csak meg [23].

Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz

A legvalószínűbb forgatókönyv szerint az elkövetkező néhány évtizedben, esetleg évszázadban, a hőmérséklet még egy darabig lassú növekedést mutathat, habár nem olyan mértékben, ahogyan azt a bulvársajtó hirdeti, majd utána következhet egy újabb gyors lehűlés, de következhet akár további melegedés is.

Az éghajlat melegedése azonban nem csak hátrányokkal jár, de előnyöket is kínál, ezért észszerű alkalmazkodó intézkedésekkel Magyarország a klímaváltozásnak a nyertese lehetne. Ha ugyanis valóban melegedés következik, akkor az északi féltekén az éghajlati övek észak felé tolódnak el, és a Kárpát-medence éghajlata mediterrán jellegűvé válhat.

Mi következik mindebből? Először is az, hogy tervszerűen módosítani kellene mezőgazdaságunk termékszerkezetét. Ez azonban nem elég. Ha melegszik az időjárás, ráadásul több a levegőben a szén-dioxid, a növények gyorsabban fejlődnek. Pontosabban, csak fejlődnének, ha kapnának elegendő vizet.

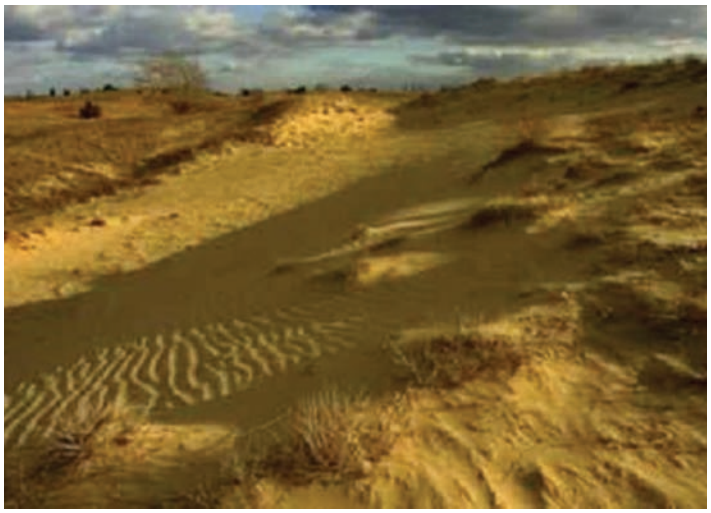
Magyarország állítólag víz-nagyhatalom! De mi az igazság? Lehetnénk akár víz-nagyhatalom, és lehetnénk az éghajlat melegedésének nyertesei, csakhogy ehhez öntözni kellene a termőföldjeinket (10. ábra).

10. ábra. **A termőföldek öntözését népszerűsítő plakát az 1950-es évekből**

Folyóink vízhozama ezt lehetővé is tenné, de a lehetőségeket nem használjuk ki. Amikor sok a víz, igyekszünk tőle megszabadulni. Aszály esetén pedig imádkozunk, hogy essen az eső. A mezőgazdasági területeinknek mindössze kb. 3%-át öntözzük. A Duna-Tisza közi Homokhátságon egy évszázad alatt a talajvízszint 6 méterrel süllyedt, több száz tó kiszáradt. A FAO szerint ez már ma is félsivatagi terület, amely évtizedeken belül teljes sivataggá válhat [24] (11. ábra).

Régen ki kellett volna építeni az öntözőcsatorna-rendszert! Az ország teljes mezőgazdasági területe kb. 5 és fél millió hektár. Ebből az 1980-as években az öntözött terület még kb. 500 ezer hektár volt. Ma már az öntözött terület mindössze kb. 170 ezer hektár [25].

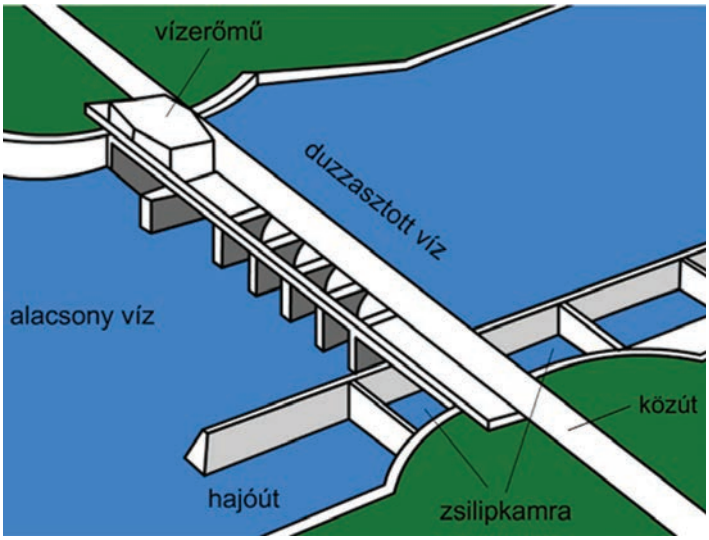
A Homokhátság helyzete összefügg a Duna vízszintcsökkenésével, amelynek a mértéke az utóbbi évszázad során 3 méter körül volt. Ennek oka egyrészt a meder mélyülése, másrészt a folyó csökkenő vízhozama, amelyben a klíma melegedése is szerepet játszhat. Ez a folyamat akkor is folytatódik, ha a klíma már tovább nem melegszik. Az alkalmazkodás érdekében mindenképpen meg kellene oldani az évszázadok óta megoldatlan vízgazdálkodási problémáinkat.



11. ábra. **Tájkép a Duna-Tisza közi Homokhátságról**

Ha öntözni szeretnénk a Homokhátságot, meg kellene építeni az évszázadok óta tervezett Duna–Tisza-csatornát, ehhez ki kellene építeni a Homokhátságon egy É–D irányú öntöző főcsatornát, és hogy víz is legyen a csatornában, duzzasztani kellene a Dunát. Ehhez azonban fel kellene adni a rendszerváltáskor kialakult vízlépcső-ellenes fóbiát, ha tényleg meg akarjuk oldani ezeket a problémákat [26].

És itt nem valamiféle 220 méteres monstrum vízlépcsőkről van szó, mint amilyen Amerikában a Hoover-gát, mindössze néhány méteres vízszintkülönbségeket kellene kialakítani a vízszint stabilizálása érdekében, azért, hogy aszály idején, vagyis amikor legnagyobb az igény öntözésre, rendelkezésre álljon megfelelő vízmennyiség (12. ábra).



12. ábra. **Kisesésű síkvidéki duzzasztómű**

A duzzasztás másik előnye, hogy árvíz közeledésekor le lehet csökkenteni a vízszintet, helyet csinálva a közeledő többletvíztömegnek, mérsékelve az áradásból származó károk kockázatát.

Ha pedig duzzasztóművet építünk, érdemes arra rátelepíteni néhány áramtermelő vízturbinát. Ezzel persze az ország villamosenergia-ellátása nem oldható meg, de közelebb kerülhetünk az EU által megkövetelt megújulóarány javításához, mert ily módon viszonylag olcsón kiválthatjuk tucatnyi 30-40 emelet magasságú széltorony megépítését olyan „megújulóval", amelynek a működése nem függ az időjárástól, és nem okoz hálózati stabilitási problémákat.

Ha pedig az EU továbbra is ragaszkodik a szén-dioxid-emisszió csökkentéséhez, az atomenergia arányát kell tovább növelni, hiszen akkor is ez lenne a legészszerűbb megoldás, ha nem kellene törődni a szén-dioxiddal [23].

A klímaváltozás gazdasági és ökológiai vonatkozásai

A modern kapitalizmus hajtóereje a profit, ezért állandóan növelni kell a termelést és a fogyasztást. A modern ipar ezért tömegesen gyárt rövid élettartamú (hamar eldobható) termékeket, amelyek, ha nem léteznének, senkinek fel sem tűnne, hogy valami hiányzik az életéből. Hatásos marketingmódszerekkel azonban rá lehet beszélni az embereket, hogy számukra ezek nélkülözhetetlenek. Így a növekvő létszámú emberiség gyors ütemben pazarolja a természet erőforrásait, hatalmas mennyiségben bocsát ki szennyező anyagokat a levegőbe, a talajba, az élővizekbe, és mérgezi az élelmiszereket. Az emberiség legnagyobb kockázata ezért nem az éghajlatváltozás, hanem a túlnépesedés, és a multinacionális vállalkozások mérhetetlen profitéhsége.

Lehet hinni vagy tagadni, hogy változik az éghajlat, lehet hinni vagy tagadni azt is, hogy van-e ebben szerepe az emberi tevékenységnek, azonban ezek a kérdések ma már nem tudományos alapon dőlnek el. Akik a döntéseket hozzák, érdekek alapján döntenek, és a döntéseikhez keresnek tudományos érveket.

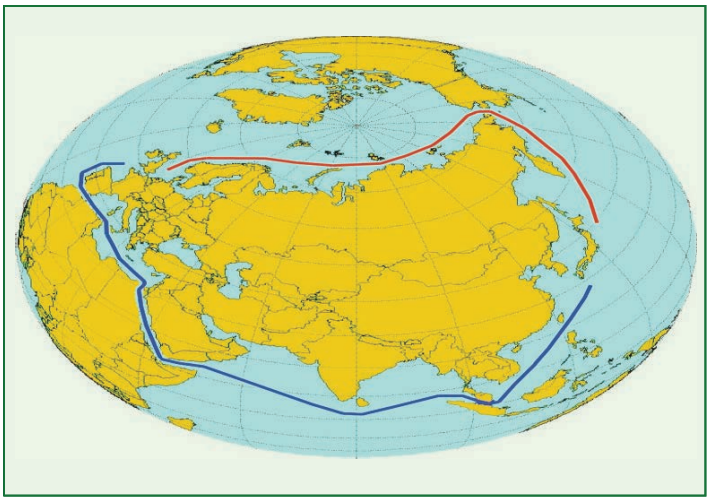
Első példaként vegyük azt a hírt, amely szerint a vezető tudósok legnagyobb része támogatja a hivatalos klímaelméletet. Erről Petz tett közzé egy rövid ismertetést – amerikai forrásokra hivatkozva – az Interneten.[27].

Eszerint 2015-ben Amerikában felmérést végeztek, hogy a természettudósok közül hányan gondolják azt, hogy a klímaváltozást emberi tevékenység okozza. Ehhez több mint 10 ezer kérdőívet küldtek szét élvonalbeli tudósokhoz, azonban ezek nagyobb része nem reagált a kérésre, a visszaérkező kb. 3 ezer válasz pedig nem hozta meg a kívánt eredményt. Ezután kiválogatták a válaszadók közül azt a 79 tudóst, akik a publikációik nagyobb részében kifejezetten és elsősorban ezzel foglalkoztak, és közülük 76 adott a kérdésre pozitív választ. Ezt azután úgy publikálták, hogy a tudósok csaknem 97%-a támogatja a hivatalos klímaelméletet.

Második példaként vegyük Bogár László stúdióbeszélgetését 2016-ból, nem sokkal a párizsi klímacsúcs után [28]. A beszélgetés címe ez volt: *„A párizsi klímacsúcson megtörtént a világ újrafelosztása."* A beszélgetés egyfajta élménybeszámoló volt az ott tapasztaltakról. Bogár zárómegjegyzése is sokatmondó, amely szerint szó esett ott persze környezetvédelemről és klímavédelemről is, de nem ez volt a lényeg. Ilyen kérdésekben komoly határozatot nem hoztak. Közben a háttérben a fontosabb résztvevők újból felosztották maguk között a világ erőforrásait, miután az elmúlt évtizedekben megváltoztak a nemzetközi gazdasági erőviszonyok. Bogár szerint az alku nem lehetett sikeres, továbbra is kérdés, hogy ki kivel tart, milyen új szövetségek és új törésvonalak alakulnak ki.

Lássuk ezek után Járosi előadását, amely Nagykanizsán hangzott el 2017-ben [22]. Az előadás címe ez volt: *A globalizmus válsága és az energetika.* Az előadó szerint a globalizációs törekvések mögött a növekedés határaira vonatkozó szakmai felismeréseknek köszönhetően egyre inkább ott találhatók az emberiség lelkiismeretére apelláló zöldmozgalmak és civil szervezetek. Ezek a nemes törekvések azonban, kihasználva a környezetért aggódó emberek rokonszenvét, egyre inkább különféle üzleti körök érdekeit szolgálják, miközben világméretű küzdelem folyik a természeti erőforrásokért. Az előadó szerint fontos lenne kialakítani egy energiatakarékosságra ösztönző erkölcsi értékrendszert, egyébként le kell mondanunk arról a jólétről és kényelemről, amelyet – legalábbis a gazdagabb országokban – megszoktunk. Tudomásul kell azt is venni, hogy a szén-dioxid-emisszió visszafogásával a (feltételezett) melegedést nem lehet megállítani.

Amint az idő múlik, a körülmények folyamatosan változnak, új szempontok merülnek fel, újabb információk kerülnek napvilágra. Ezzel kapcsolatban érdemes felidézni Bogár egyik legutóbbi előadását, amely az Energiapolitika-2000 Társulatnál hangzott el 2019-ben [29]. *„A globális hatalomgazdasági örvénylések energetikának látszó világának egyik döntő frontvonala továbbra is a klímaváltozás fedőnevű narratíva-háború."* Ebben összekapcsolódik a klímaváltozás, a migráció, és az energiarendszerekkel kapcsolatos globális vetélkedés folyamata, valamint a „zöld" narratíva nagypolitikai tényezővé válása, a zöldpártok és mozgalmak előretörése a politikában a hagyományos pártok rovására. Az előadó ezzel kapcsolatban idézi a mindössze 30 éves Alexandra Ocasio Cortez amerikai demokrata párti képviselő akcióját, amelyben óriási sajtónyilvánosság előtt bemutatta a *„Green New Deal"* című dokumentumot. Ebben – többek között – olyan abszurd javaslat is szerepel, hogy meg kellene szüntetni a globális légi közlekedést, helyette az óceánokon átívelő hidakat kellene építeni, amelyeken ultra nagy sebességű vonatok száguldoznának. Az előadó felhívja a figyelmet a világgazdaságot jelentősen befolyásoló új körülményre is, hogy az Északi-tenger peremvidékén a jégmezők olvadása miatt új hajózási útvonalak nyílhatnak meg, és ez jelentősen befolyásolhatja a nemzetközi gazdasági erőviszonyokat.



13. ábra. **Új hajózási útvonalak az északi tengeren, Bogár László előadásából [29]**

2018-ban például Kína már bejelentette, hogy ez a terület jól passzolna az Új Selyemút nevű projektjébe. Tény, hogy ezeket az útvonalakat leginkább Oroszország képes ellenőrzése alatt tartani, miközben ő rendelkezik a világ legnagyobb jégtörőflottájával. Közben pedig a melegedő éghajlat a fagyos orosz tundrát virágzó mezőgazdasági területté alakíthatja át, és ezzel Oroszország élelmiszer-termelő nagyhatalommá válhat.

Jelentősek az olvadó jég eltűnésével hozzáférhető ásványi kincsek, így a nikkel, palládium, foszfor, bauxit, kobalt, réz, platina, ritkaföldfémek. Jelentősek a sarkkörön túli kőolaj- és földgázkészletek is. A Föld még meglévő olajkészleteinek 6 százaléka pihenhet ezen a területen, és itt található a bolygó még meglévő földgázkészleteinek csaknem a negyedrésze.

Érdemes megemlíteni, hogy az USA 2017-ben felmondta a nemzetközi klímaegyezményt. Ennek előzménye az volt, hogy 2017 februárjában több mint 300 nemzetközileg elismert tudós intézett petíciót Donald Trump elnökhöz, amelyben az alábbi indokok alapján javasolták az egyezmény felmondását [30].

- Nem a szén-dioxid okozza a klímaváltozást.
- A szén-dioxid nem szennyezi a környezetet.
- A szén-dioxid a növények legfontosabb tápláléka, csökkentése esetén csökkennének a mezőgazdasági terméshozamok.

Érdemes említést tenni egy másik petícióról is, amelyet 2019 júniusában intézett 90 olasz tudós az olasz politika vezetőihez, és kifejtették, hogy a hivatalosan támogatott klímapolitika tudománytalan, értelmetlen és hatástalan, miközben óriási gazdasági károkat okoz [31].

Érdemes még idézni annak a 702 tudósnak deklarációját is, amelyet az ENSZ-hez intéztek 2019-ben, és javasolták a hivatalos klímaideológia felülvizsgálatát [32].

Végül érdemes idézni még Szarka írását, amely a Magyar Nemzet 2019. augusztus 13.-ai számában jelent meg ezzel a címmel: Korunk feladványa a klímarejtvény [33]. Ebben Szarka röviden ismerteti azt a vitát, amely 2016-ban zajlott le az MTA-ban a klímaváltozásról, és ismerteti azt a zöld tiltakozó kampányt is, amely Trump elnök ellen zajlott, miután az USA 2017 júniusában kilépett a klímaegyezményből.

Összefoglalás és következtetések

Elkerülhető-e a klímakatasztrófa?

Nem valószínű, hogy belátható időn belül olyan mértékű klímaváltozás következhet be, amely komoly veszélyt jelenthet az emberiségre, ezért a kérdésre azt lehet válaszolni, hogy voltaképpen nincs mit elkerülni. Alkalmazkodni azonban mindenkor kell az éghajlat megváltozásához, mert ha ezt elmulasztjuk, klímakatasztrófa helyett adaptációs katasztrófa következhet be.

Az éghajlat ugyanis – amióta a Föld létezik – szakadatlanul változik. Éppen ez a legnagyobb hajtóereje az evolúciónak, amelynek során az adaptációra képtelen fajok kihalnak. Így halt ki a neandervölgyi ősember is egy gyors, nagymértékű lehűlés miatt. A Föld történetében a tömeges kihalások általában jégkorszakok idején következtek be. Az élőlények ilyenkor tömegesen megfagytak, vagy éhen haltak. Melegebb időszakokban fajok kihalása ritkábban következett be, ilyenkor inkább új fajok jelentek meg. Az élőlényekre ezért a nagyobb kockázatot nem a meleg, hanem inkább a hideg jelenti.

Kétségtelenül sok jel mutat arra, hogy valóban zajlik egy lassú melegedés, ezért most ehhez kell adaptálódni. Ezért nagyon fontos számba venni az adaptációhoz szükséges intézkedéseket, és az erőforrásokat erre kell összpontosítani, az éghajlatváltozás elleni hatástalan szélmalomharc helyett.

Az éghajlatváltozástól függetlenül is azonban az emberiség olyan mértékben teheti tönkre a bolygó ökológiai rendszerét, ami valóban súlyos kockázatot jelent, hiszen a termelés és a fogyasztás korlátok nélküli növelése érdekében gyorsuló ütemben éljük fel a természeti erőforrásokat, és szennyezzük a környezetünket. Ennek azonban nem sok köze van az éghajlat megváltozásához, sem pedig az önmagában ártalmatlan – és a növények fejlődéséhez nélkülözhetetlen – szén-dioxidhoz, ezért ezt a tendenciát nem lehet azzal orvosolni, hogy korlátozzuk a szén-dioxid-kibocsátást.

A valódi problémák megoldása azonban hatalmas gazdasági érdekekbe ütközik. Egyetlen nagyvállalat sem fog lemondani arról, hogy olyan egyre újabb termékeket hozzon forgalomba, amelyekre az embereknek voltaképpen nem is lenne szükségük, azonban megfelelő reklámkampánnyal rá lehet beszélni a fogyasztókat arra, hogy megvegyék, mert ez a „trendi". Ma már a forgalomba hozott termékek költségének nagyobb részét teszi ki a csomagolás és a reklám költsége, amelyhez hatalmas mennyiségű papírt kell felhasználni újabb és újabb erdők kivágásával.

Ami pedig a szén-dioxid szerepét illeti, a bolygó felszíni hőmérsékletének sok millió éves adatai alapján erősen vitatható, hogy a melegedésben a levegő szén-dioxid-tartalmának észrevehető szerepe lehet. Rövidebb időszakokat vizsgálva kimutatható ugyan kapcsolat a hőmérséklet változása és a szén-dioxid-szint változása között, azonban e változási folyamatok időbeli eltolódása arra utal, hogy hőmérséklet emelkedése okozhatja a szén-dioxid-szint emelkedését, nem pedig fordítva.

Mindezek alapján határozottan állítható, hogy a szén-dioxid-emisszió visszafogásával nem lehet megállítani a melegedést, de erre nincs is szükség. Az erre irányuló túlzott mértékű „zöldenergia- intézkedések" pedig nem csak gazdaságilag hátrányosak, de az időjárástól függő szél- és naperőművek a hatalmas területigényük, ökológiai lábnyomuk, rövid működőképes élettartamuk, és megbízhatatlan működésük miatt ökológiai vonatkozásban is sok gondot okozhatnak.

Mindez nem jelenti azt, hogy nem érdemes ilyen módon villamos energiát termelni, azt azonban tudomásul kell venni, hogy az ilyen erőművek szerepe csak korlátozott lehet, és azt is, hogy ily módon a célul kitűzött – egyébként pedig értelmetlen és hatástalan – teljes „dekarbonizáció" műszakilag nem megvalósítható.

Az persze nem vitatható, hogy a fosszilis tüzelőanyagok használatát érdemes korlátozni, de nem a szén-dioxid-emisszió miatt, hanem egyrészt azért, mert ezek elégetése valóban együtt jár káros anyagok kibocsátásával (de a szén-dioxid nem tartozik ezek közé), másrészt azért, mert a kitermelhető fosszilis tüzelőanyagkészletek előbb-utóbb mégis csak elfogynak, ezért szükség lesz alternatív megoldásokra.

A legmegbízhatóbb és legígéretesebb alternatív megoldás a nukleáris energia fokozott hasznosítása. Figyelembe véve a „kiégett" fűtőelemek újrahasznosítási lehetőségeit, valamint a még ki nem használt tóriumkészletekben rejlő lehetőségeket, a maghasadásos nukleáris technológia évszázadokkal túlélheti a fosz-

szilis tüzelőanyagokra épülő villamosenergia-termelést, így elegendő idő állhat rendelkezésre a reménybeli fúziós reaktorok kifejlesztésére és tömeges elterjesztésére.

Ami pedig magát a melegedést illeti, az emberiség történelme azt mutatja, hogy a mostaninál hidegebb időszakok okozták a legtöbb bajt, míg a melegebb korszakokban az emberiség viszonylag jólétben tudott élni. A bolygó melegedése pedig számunkra azt jelentheti, hogy az országunk éghajlata mediterrán jellegűvé válhat, és ez kifejezetten előnyös lehet, ha megoldjuk a termőföldjeink öntözését, amire meg is van a reális műszaki lehetőség.

Hivatkozások

[1] Sv Arrhenius, S. A.: On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. Philosophical Magazine and Journal of Science, Series 5, Volume 41, April 1896, pages 237-276. https://www.rsc.org/images/Arrhenius1896_tcm18-173546.pdf

[2] Szarka L.: „Föld és ember", Akadémiai székfoglaló előadás, 2019. szeptember 17. https://www.youtube.com/watch?v=X1tyzRnbLl0

[3] Szarka L. Akadémiai székfoglaló előadásának prezentációja http://klimaszkeptikusok.hu/?p=1681

[4] Reményi K.: Globális Lehűlés, globális Felmelegedés, széndioxid, Magyar Tudomány, 2014.09.10. http://www.matud.iif.hu/2014/09/10.htm

[5] Watts, A.: Does CO_2 correlate with temperature history? https://wattsupwiththat.com/2012/04/11/does-co2-correlate-with-temperature-history-a-look-at-multiple-timescales-in-the-context-of-the-shakun-et-al-paper/

[6] Czelnai R.: „Klímaváltozás és Globális Földmelegedés", előadás, 2005. https://www.youtube.com/watch?v=B081Or15Ry4&feature=youtu.be

[7] Reményi K.: „Ki fizeti a révészt? Avagy mese a széndioxidról", előadás, 4. ábra, 2012. https://youtu.be/Ea81gGTU4mI

[8] History of Earth's Climate http://www.dandebat.dk/eng-klima5.htm

[9] Berényi D.: Kllímaváltozás, globális felmelegedés, CO_2-hatás – kritikus szemmel, Magyar Tudomány, 2011. jan. 3. szám http://www.matud.iif.hu/2011/01/03.htm

[10] Bluemle, L. W. et al. (1999): Sargasso Sea Surface Temperature https://lv-twk.oekosys.tu-berlin.de/project/lv-twk/002-Sargasso-Sea-surface-temperature.htm

[11] Ónodi T.: Klímaváltozások és kultúrák kapcsolata. http://klimaszkeptikusok.hu/?p=1538

[12] NASA: Global Climate Change https://climate.nasa.gov/

[13] NIST Chemistry WebBook https://webbook.nist.gov/chemistry/ és http://www.habitat21.co.uk/energy60.html

[14] Miskolczi F.: „Üvegházhatás és energetika", előadás, 2015. https://youtu.be/ekZHJ-yvOLM

[15] Miskolczi F.: „The Greenhouse Effect and the Infrared Radiative Structure of the Earth's Atmosphere" Development in Earth ScienceVolume2, 2014 http://www.seipub.org/des és http://klimaszkeptikusok.hu/wp-content/uploads/2015/09/Miskolczi-2014.pdf

[16] Héjjas I.: Miskolczi Ferenc klímaelmélete https://www.klimarealista.hu/miskolczi-ferenc-klimaelmelete/

[17] Miskolczi F.: „Értekezés az üvegházhatásról", Magyar Energetika, 2018/3. szám http://klimaszkeptikusok.hu/?p=1359

[18] Átadták Magyarország legnagyobb naperőművét, Origó, 2018.11.23 https://www.origo.hu/gazdasag/20181123-atadtak-magyarorszag-legnagyobb-naperomu.html

[19] A Paksi atomerőmű termelési adatai http://mvm.hu/bemutatkozas/tevekenysegunk/termeles/

[20] Héjjas I.: Megújuló energiák értelmetlensége http://klimaszkeptikusok.hu/?p=1463

[21] Petz E.: „Németország szél és naperőművi termelése 2018 novemberében" http://energiaakademia.lapunk.hu/ http://klimaszkeptikusok.hu/?p=1469

[22] Járosi M.: „A Globalizmus válsága és az energetika", előadás, 2019. https://www.youtube.com/watch?v=tBoz1VcLz_M

[23] Héjjas I.: „Küszöbön az új atomkorszak", KAPU, 2017. április http://klimaszkeptikusok.hu/?p=1173

[24] Félsivatagi övezetbe sorolták a Homokhátságot https://sokszinuvidek.24.hu/eletmod/2019/07/25/homokhatsag-felsivatag-veszely-szarazsag/

[25] Magyarország földhasználatának elemzése a rendszerváltástól napjainkig http://acta.bibl.u-szeged.hu/49847/1/jelenkori_012_001_002_141-152.pdf

[26] Héjjas I.: Bős-Nagymaros története https://www.klimarealista.hu/bos-nagymaros-tortenete/

[27] Petz E.: „Az egész világot félrevezető 97%" http://energiaakademia.lapunk.hu/tarhely/energiaakademia/dokumentumok/201906/a_97__.pdf http://klimaszkeptikusok.hu/?p=1575

[28] Bogár L.: „A párizsi klímacsúcson megtörtént a világ újrafelosztása", TV riport, 2016. https://www.youtube.com/watch?v=US8EqgWyHrU&feature=youtu.be

[29] Bogár L.: „Energetikai héttérkép", előadás, 2019. https://www.youtube.com/watch?v=BTplKYshxmU&feature=youtu.be

[30] Petíció Donald Trump elmökhöz, 2017. február http://klimaszkeptikusok.hu/wp-content/uploads/2015/09/Letter_to_President_Trump_2017-02-23.pdf

[31] Petíció olasz politikusokhoz, 2019. http://klimaszkeptikusok.hu/wp-content/uploads/2019/07/kl%C3%ADmapet%C3%ADci%C3%B3.pdf

[32] 702 tudós deklarációja az ENSZ-hez https://clintel.nl/wp-content/uploads/2019/10/European-Climate-Declaration-Oslo-18-October-2019.pdf

[33] Szarka L.: „Korunk feladványa a klímarejtvény" Magyar Nemzet, 2019. augusztus 13. https://magyarnemzet.hu/velemeny/korunk-feladvanya-a-klimarejtveny-7183667/

A lektorok véleménye az Elkerülhető-e a klímakatasztrófa? című cikkről[1]

Észrevételek Héjjas István: Elkerülhető-e a klímakatasztrófa? című tanulmányához

Egyik lektora voltam a kérdéses tanulmány első változatának. Véleményemben sok változtatást kértem a szerzőtől, illetve szabtam a közléssel való egyetértésem feltételeül. Bár e lektori elvárásoknak két „forduló" után is csak egy része teljesült, végül beleegyeztem a közlésbe. Tettem ezt azért, hogy sem engem, sem az írást közlő folyóiratot ne érhesse az a vád, hogy cenzorál, előítélettel fogad és elutasít olyan írásokat, amelyek ellentétesek a klímaváltozás emberi eredetét hirdető, azt korszerű számításokkal alátámasztó, erős többségi állásponttal.

Köszönöm a lehetőséget, hogy kifejthetem, mivel nem értek egyet a megjelenő írásban. Három ismétlődő hibát kritizálok először, de csak egyszer, bár a cikkben mindhárom gyakran ismétlődik. Az első annak hangoztatása, hogy a felmelegedés emberi eredetét hivatalos testületek (IPCC, EU, ENSZ) nyomására, vagy legalább azok által támogatottan vallja a kutatók többsége. A második, hogy a bő kéttucatnyi első rangú, egymással is versenyben álló tudományos központ közül a szerző kiemelt jelentőséget tulajdonít a NASA eredményeinek. Végül a harmadik hiba, hogy a 33 hivatkozás bő fele valamilyen előadás internetes változata. Sajnos, ilyen az 1., 3., 4. ábra hivatkozása is, amelyek egyike sem az eredeti szerzőre, csupán azok jeles felhasználóira utal.

Minden másban a szerző gondolatmenetét követem, és csak a klímaváltozás tudományos kérdéseit elemzem. A cikk megújuló energiákkal kezdődő, második feléhez nem fűzök megjegyzéseket.

Az összefoglalás utáni első bekezdésben azt olvassuk, hogy „… Arrhenius feltételezte, hogy a szén-dioxid hatással lehet a bolygó hőmérsékletére." Ezzel szemben, a kor tudományos színvonalán (1896-ot írunk) ki is számolta ezt a hatást, eredményül 2 K melegedést kapva az akkori szén-dioxid-koncentráció megkétszereződése esetén. Ma ennek közel kétszerese a jellemző érték, de Arrhenius akkor még nem ismerhette azokat a nagyobbrészt pozitív visszacsatolásokat, amik fokozzák a melegedést.

A cikk 1. ábrája azt kívánja bizonyítani, hogy az utóbbi 600 millió évben nem volt statisztikai kapcsolat a levegő szén-dioxid-tartalma és a hőmérséklet között. Az ábrával azonban két nagy és egy kisebb probléma van. Nagyobb, hogy ilyen hosszú időre nem lehetnek folytonos vonallal összeköthető ismereteink, pláne nem úgy, hogy az időszak zömében állandó, 22 Celsius-fok körüli hőmérséklet uralkodjon. Tájékozódtam a neten, hogy vannak ehhez hasonló ábrák, de a rajtuk szereplő, zömmel stagnáló értékek 20 és 25 Celsius-fok között ingadoznak. A másik gond, hogy ha hinni lehetne a hőmérsékleti görbének, abból sem következne semmi a CO_2 és a hőmérséklet modern kori kapcsolatára nézve, hiszen a bemutatott 600 millió év kb. 9/10 részében sokat változó, a maitól nagyon eltérő kontinenseloszlás volt jellemző, ami sokkal erősebb hatással lehetett az éghajlatra, mint a szén-dioxid. A kisebb hiba pedig az, hogy a CO_2 okozta sugárzási kényszer nem a koncentrációval, hanem annak logaritmusával arányos, továbbá, hogy erre a kényszerre a föld átlaghőmérséklete – a klímamodellekben és a megfigyelt változások szerint is – lineáris függvény szerint reagál, amiért is csak a koncentrációk logaritmusát értelmes párhuzamosan ábrázolni a földi átlaghőmérséklettel.

Nehéz egyetérteni azzal a kifejtéssel, amelynek végkövetkeztetése, hogy sok száz millió évvel ezelőtti légköri szén-dioxid-többlet visszatér a légkörbe, hozzáadódva az antropogén kibocsátáshoz. Az eszmefuttatás minden számítás, vagy más bizonyíték nélkül állítja, hogy a szén többi rezervoárjának egyike sem nyelhette el a többletet. Ha lett volna ilyen számítás, abból azonnal látszana, hogy a földkéregben, a talajokban, de még az óceánokban is nagyságrendekkel több szén található, mint a légkörben. Így a légköri CO_2-változásai is jelentéktelenek e rezervoárok becslési hibáihoz képest, vagyis teljesen megalapozatlan annak feltételezése, hogy folyamatos természetes CO_2-kibocsátás lenne az antropogén források mellett.

A cikk 2. ábrája meggyőzően bizonyítja, hogy a glaciális-interglaciális váltakozás során mindig a hőmérséklet változott gyorsabban, s a CO_2-koncentráció csak kb. ezer évvel később. Az éghajlat fizikai elméletében jól ismert az a visszacsatolás, amely a rövidebb éghajlati időskálákon is kiváltja a szén-dioxid-koncentráció ingadozását a hőmérséklet alakulását követve, ha (bármilyen okból) változik a hőmérséklet. Amikor például hűl a klíma, akkor az óceánok felső rétegei hűlnek le először. A hideg víz nehezebb, mint a meleg víz, ezért erősebb lesz az átkeveredés, ami több CO_2-ot von ki a légkörből, csökkentve az ottani koncentrációt. Amikor pedig melegszik a klíma, akkor a gyengébb átkeveredés miatt több CO_2 marad a levegőben. E pozitív visszacsatolás nélkül nem lehetne a Milankovics-elmélettel megmagyarázni a jelen jégkorszakon belüli glaciális-interglaciális váltakozást, mert a megfigyelt 5-10 fokos amplitúdójú ingás helyett csak 2-3 Celsius-fok lenne az amplitúdó. Az óceáni átkeveredésnek sajnos abban is szerepe van, hogy a kezdeti, 1960 körüli 40%-ról 2005-re 45%-ra nőtt a kibocsátott szén-dioxid légkörben maradó hányada. Ismétlem azonban, hogy abból, hogy százezer éves skálán a hőmérséklet vezérli a szén-dioxidot, egyáltalán nem következik, hogy amikor az emberi tevékenység megnöveli a CO_2 légköri koncentrációját, akkor az ne vezetne felmelegedéshez úgy, ahogyan azt a klímamodellek állítják.

A következő 3-5. ábrával kapcsolatban csak annyi a megjegyzésem, hogy ezek sem nem cáfolják, sem nem támogatják a szerző szándékát, a klímaváltozás emberi eredetének tagadását. Nem

tudok viszont egyetérteni a klímaelméletek, klímamodellek fejezet előtti utolsó mondattal, amely szerint „…az éghajlatváltozás elleni szélmalomharc helyett célszerűbb lenne az erőforrásokat az alkalmazkodás érdekében felhasználni.” Több visszafordíthatatlan hatás miatt semmiképpen nem szabad 3 °C fölé engedni a melegedést, amiből 1 Celsius-fokon már túl vagyunk! Az alkalmazkodás és a mérséklés együtt követendő, amit jól tükröz az alábbi szlogen: „Elkerülni a kezelhetetlent, kezelni az elkerülhetetlent!” (H. J. Schellnhuber)

Nem világos a klímaelméletek, klímamodellek fejezet elején, hogy mire alapozza a hivatkozott előadás, hogy „…az eddigi prognózisok azonban irreálisan túlbecsülték a melegedés várható mértékét.” A földi átlaghőmérséklet alakulása ugyanis sajnos megfelel a korábbi előrebecsléseknek. Ez alól a 2002-2013 közötti ún. Globális Melegedési Hiány volt rövid ideig tartó kivétel, de a melegedés azóta is folytatódik. Ugyanígy nem tudni, mire alapozza a hivatkozott előadás azt az állítást, hogy „Elméletileg is kiszámítható, és a műholdas mérések is alátámasztják, hogy a feltüntetett elnyelési vonalakon alig jut ki sugárzás a világűrbe, mivel azokat a levegőben lévő szén-dioxid már most is csaknem teljesen elnyeli, ezért további szén-dioxid bevitele az atmoszférába alig változtathat a helyzeten.” A ma forgalomban levő éghajlati modellek szerint a telítettség a mai CO_2-koncentrációk mellett még korántsem következik be. A modellek az eddigi antropogén CO_2 többlethatását 1,8 Wm^{-2} re becsülik, ehhez jön még kb. 1,0 Wm^{-2} a többi ÜHG-ból. A rendszerben maradó 240 Wm^{-2}-hez képest ez kis változás, de az IPCC által közzétett leggorombább változás is csak 8,5 Wm^{-2} 2100-ra.

Vitatom a szerzőnek azt az állítását is, hogy „A NASA és más kutató központok ilyen modelljei azonban alapvetően „statikus” sugárzásátviteli modellek, amelyek gyakorlatilag figyelmen kívül hagyják a felhőképződés és -feloszlás dinamikus szabályozó hatását, valamint a bolygón lévő víz halmazállapot-változásait.” Az Általános Cirkulációs Modellek ugyanis ezeket a folyamatokat mind kezelik, immár évtizedek óta. A szerző által hivatkozott forrás azokra a sugárzásátviteli modellekre utalhat, amiket a légkörzés dinamikája nélkül is szoktak vizsgálni.

Pontosítani kellene, hogy mi van a 8. ábrán. Szabad-e egy ábrára tenni olyan grafikonokat, amelyek a saját szórásukkal normált értékek? Az üvegházhatást biztosan nem szoktuk normálni, pláne nem úgy, hogy a kisebbítendő szórása más, mint a kivonandóé. Lássuk a szórással való normálás hatását egy egyszerű példán! Legyen a kisebbítendő értéke 5, a kivonandóé 4! Ekkor a különbség +1. Ám, ha az első tag szórása 5, a másodiké csak 2, akkor a szórásokkal normált különbség -1 lesz! Lehet, hogy ez okozza, hogy az üvegházhatást számszerűsítő ΔT_G érték a CO_2-növekedtével csökken!? Azt sem értem, hogy mitől változik a T_E, ha az OLR állandó!

Az éghajlat fizikáját taglaló rész végén szeretném kifejezni ellenkezésemet azzal a megállapítással, hogy „… mind a felszíni hőmérséklet, mind pedig a globális emissziós hőmérséklet az idő függvényében véletlenszerűen ingadozik. Az üvegházhatás mértékét pedig úgy számítjuk ki, hogy képezzük két véletlenszerűen ingadozó mennyiség különbségét. Az eredmény – a valószínűségszámítás szabályai szerint – megint csak egy véletlenszerűen és megjósolhatatlanul ingadozó mennyiség lesz. Ennek alapján állítja Miskolczi, hogy maga az „üvegházhatás”, mint mérhető mennyiség, ahogyan azt a NASA és az IPCC értelmezi, minden fizikai realitást nélkülöző értelmetlen fogalom.” Attól ugyanis, hogy nem tudom előre jelezni, szerintem még létező mennyiség! Nem beszélve arról, hogy a véletlenszerű ingás mellett mindkét tagban és a különbségben lehetnek lassú, trendszerű változások.

A tanulmány első felének végére jutva, megállapítom, hogy a szerző nem győzött meg arról, hogy nem az üvegházhatás a jelenkori globális felmelegedés okozója. Mint ahogy arról sem, hogy ő maga mélyen érti a klímaváltozás fizikáját.

Bár végülis jóvátehetetlen dolgok nincsenek a tanulmányban, tisztelettel javaslom annak a gyakorlatnak a felülvizsgálatát, amely szerint az utolsó szó mindenben a szerzőké, és a lektor csak jó szándékú tanácsadó lehet ebben a bírálati folyamatban.

Prof. dr. Mika János

* * *

Gondolatok a klímaváltozásról Héjjas István: Elkerülhető-e a klímakatasztrófa? című tanulmánya kapcsán

Héjjas István cikke és az annak kapcsán kialakult vita arra ingerelt, hogy leírjam néhány gondolatomat a klímaváltozásról és az arról szóló polémiáról. Miről is folyt, folyik a vita? Van egyrészről a hivatalosnak mondható, az IPCC, a sajtó és a politika többsége által terjesztett elmélet a klímaváltozásról és az abban elvből vagy érdekből hívők, másrészről az ún. klímaszkeptikusok véleménye, akik nem fogadják el kritikátlanul az előző csoport véleményét. Ez utóbbi csoportba tartozik Héjjas István, a vitatott cikk szerzője is. Nem áll egyedül evvel a véleményével, hogy csak magyar tudósokat emlegessek, ide tartozik Szarka László, Berényi Dénes, Miskolczi Ferenc, Reményi Károly is.

Próbáljuk meg egyszerűsítve áttekinteni a két oldal közötti különbséget.

A hivatalos oldal az utóbbi 1,5-2 évszázadban tapasztalható globális felmelegedést (eddig közel 1 °C) kizárólag a szén-dioxid és más üvegházhatású gázok (ÜHG-k, pl. metán, dinitrogén-oxid, freonok) hatásának tulajdonítják, e gázok légköri koncentrációjának növekedését pedig kizárólag vagy döntő mértékben az antropogén kibocsátásnak tudják be.

A klímaszkeptikus oldal pedig (a megnevezésével ellentétben) nem a klímaváltozás tényét tagadja (ezt nem is tehetik), hanem az előző gondolatmenet egyes lépéseit látják másként. Az egyik vitatott pont a légköri koncentráció növekedési okaiban van. A kibocsátások növekedése mellett másik két okot is szokás emlegetni: a nyelők, mindenekelőtt a fotoszintézist lebonyolító növényzet csökkenését és az óceánok vizében, oldatban tartott gázok mennyiségének csökkenését, amit a vízhőmérséklet növekedése vált ki. Ez utóbbit látszik igazolni, hogy a több százezer éves skálán a

melegebb, interglaciális időszakokban mind a szén-dioxid, mind a metán koncentráció lényegesen megnövekedett. Miért egyszerre? Mert mindkettőre a Henry-Dalton-törvény vonatkozik. További lehetséges okokat és veszélyeket vet fel Jordán Ferenc, az MTA Ökológiai Kutatóközpont Balatoni Limnológiai Intézet igazgatója egy novemberben megjelent interjúban[2].

A másik vitapont a hőmérsékletváltozás oka. Legtöbben a Föld pályaelemeinek változásait említik, de az azokhoz rendelhető hőmérsékletváltozás lényegesen kisebb, mint a jégkorszakok és az interglaciálisok közötti ingadozás. Ugyanakkor az időbeli eltérés miatt nem ad magyarázatot az elmúlt évszázadok 1,5-2 fokos ingadozásaira (i. sz. 1000 körüli klímaoptimum, középkori kis jégkorszak) sem.

A különbségek után keressünk hasonlóságot a két oldal véleménye között!

A legszembetűnőbb hasonlóság a magabiztosság. Egyik oldalon sem látok egy szem kétséget sem, mintha minden szigorúan bizonyított lenne a véleményükből. Nem próbálják meg kategorizálni az állításokat, hogy melyek a bizonyosak, melyek a nagy valószínűséggel igazak és melyek azok a feltételezések, amelyekre van valami esély, hogy úgy legyen. És mi az ezekre épített mítosz? Mi is a mitológia? Jól ismert tényekre épített képzeletbeli világ. Tudjuk, hogy ott áll egy magas hegy, az Olimposz. Látjuk, hogy mindig felhő ül a tetején és nem látjuk a csúcsát. Idáig terjed a tudás, a többit kipótoljuk a fantáziánkkal, hiszen nem tudjuk, hogy légtömegek felemelkedésével járó adiabatikus expanzió lehűlést és felhőképződést eredményez. Akkor el lehet képzelni, hogy a hegyen istenek laknak és azért csinálnak felhőt a csúcs köré, hogy ne lássuk, mit csinálnak. Nyilván ármánykodnak és paráználkodnak. És kész a mitológia.

Ezek alapján mit is lehet mondani, melyiküknek van igaza? Nagyképűség lenne bármelyik álláspont mellett egyértelműen lándzsát törni, vagy azt eldönteni, hogy melyikben van több igazság. Nekem olybá tűnik ez a vita, mintha a középkori tudós orvosok veszekednének, hogy mi a hatékonyabb, a köpölyözés vagy a piócázás. Nem nagyképűség azt hinni, hogy ma már mindent tudunk? Nem fogadhatjuk el, hogy még mindig sok természeti törvény lehet, amelyeket nem ismerünk? Hogy nem minden természeti folyamatnak értjük az okait?

És végül is a legfontosabb kérdés: hogyan tovább? Gyorsan cselekedjünk bizonytalan ismeretek alapján vagy ölbe tett kézzel nézzük, mi fog történni? Nyilván értelmes középutat kell találni. Cselekedni kell, de olyan módon, hogy ne okozzunk visszafordíthatatlan kárt sem a természeti, sem a gazdasági folyamatokban. Hogy a rendelkezésre álló anyagi és szellemi forrásokat milyen arányban osszuk meg a gyors cselekvés és az ismeretek bővítése között, az legyen a politikusok felelőssége.

Dr. Gács Iván

* * *

A szén-dioxid elnyelési vonalainak telítettségéről Levél a szerkesztőnek Héjjas István: Elkerülhető-e a klímakatasztrófa? című cikke kapcsán

V. A. Fok orosz fizikus mondta egyszer egy tanítványának: „Jegyezze meg ifjú barátom, a fizikában nem a matematika nehéz, hanem a fizika”. E sorok írója sok helyen találkozott újabban az emberi eredetű éghajlatváltozást kritizáló nézetekkel, de sajnos csak ritkán olyan ellenvetéssel, amely tudományosan helytálló, vagy legalábbis nem cáfolható néhány mozdulattal. Sajnos a címben idézett cikk is tartalmaz egy fontos tévedést, amely semmilyen szempontból és semekkora jóindulattal sem kezelhető valamiféle alternatív tudományos elméletként.

Az említett szakasz így szerepel az eredeti cikkben: *„Elméletileg is kiszámítható, és a műholdas mérések is alátámasztják, hogy a feltüntetett elnyelési vonalakon alig jut ki sugárzás a világűrbe, mivel azokat a levegőben lévő szén-dioxid már most is csaknem teljesen elnyeli, ezért további szén-dioxid bevitele az atmoszférába alig változtathat a helyzeten.”* A dolog látszólag még komolyabb súlyt is kap, mert utána áll egy hivatkozás Miskolczi Ferenc egy előadás-videójára. Azonban azt kell mondani, hogy az említett gondolatmenet téves. A szakma által „szaturációs tévedés”-nek hívott érv nem új keletű. Már a híres Anders Ångström fia, Knut Ångström is úgy érvelt Svante Arrheniusnak, hogy azokon a hullámhosszakon, ahol a CO_2 elnyelési vonalai vannak, már így is elnyel minden infravörös sugárzást, azaz koncentrációját emelve hatása nem fokozódik.

Ez a gondolatmenet azonban két okból is téves. Elsőként fontos tudni, hogy a színképvonalak szélessége növekszik az abszorbens koncentrációjának növekedésével, ez főképp a színképvonal szélén, az ún. szárnyakon érezteti hatását. A másik fontos ellenvetés, hogy még ha a telítődés fenn is állna, úgy, ahogy Knut Ångström feltételezte, a sugárzás, amely a telített rétegből elszökik, a tetején indulna el a világűrbe, ahol az abszorbens sűrűsége annyira csekély lesz (azaz annyira lecsökken az opacitás), hogy már átlátszó azon a vonalon is, ahol a légkörben lejjebb még nem. Így elképzelhető, hogy további abszorbenst adva a rendszerhez, az a réteg, ahonnan a sugárzás már el tud indulni, egyre magasabbra kerül. Ezt a magasságot egyébként effektív sugárzási magasságnak nevezzük.

A Föld légköre a magassággal egyre csökkenő hőmérsékletű, ez igaz egészen a tropopauzáig. Így, ha a légkörben az effektív sugárzási magassághoz tartozó réteg egyre magasabbra kerül, egyre kevesebb hőt tud leadni, mert sugárzása feketetest-jellegű lesz, amelyre igaz, hogy kisugárzott energia a hőmérséklet negyedik hatványával arányos.

Ezt a jelenséget részletesen leírja Pierrehummert[3].

Dr. Hetesi Zsolt

* * *

A Magyar Energetika szerkesztőbizottsága egyik tagjának levele a felelős szerkesztőhöz Héjjas István: „Elkerülhető-e a klímakatasztrófa?” című cikke kapcsán

Véleményemet a kérdésben már több alkalommal is elmondtam, ezért nem kívántam azt megismételni. Szerkesztő úr újbóli felszólítása azonban megszólalásra késztet, így megpróbálom még hangsúlyosabbá tenni érveimet.

A lassú felmelegedés valóban tény, így azzal a cikk sem kísérel meg vitába szállni. Az már viszont egyáltalán nem mindegy, hogy ez az IPCC által támogatott számos modellkísérlet prognózisainak megfelelően alakul-e, vagy az eddigi tényadatokból következtethetően jóval alacsonyabb mértékben. Ez a tény egyben azt is jel-

zi, hogy a kvázi hivatalosnak minősített elmélet alapja, miszerint a CO_2-növekedés a fő ok, s benne az ember szerepe egyáltalán nem bizonyított, ezt mutatják a számítógépes modellek és a valóságos mérések közötti nyilvánvaló eltérések! Ez akkor is igaz, ha egyes részletkérdésekben lehet is igazság.

Sajnos a CO_2 elleni harccal, a fosszilis tüzelőanyagok tűzzelvassal való kiszorításával viszont óriási s visszavonhatatlan károkat lehet előidézni s egyáltalán nem biztos(!), hogy ez majd megoldja a felmelegedés problémáját. A földi klíma változásait olyan bonyolult összefüggések vezérlik, melyek előjelzése, megmagyarázása egyelőre úgy tűnik reménytelen, így igenis szükség van mindkét oldal érveinek, minél szélesebb megismertetésére s ennek az elvnek újságunknak is meg kell felelnie!

Miután a jövő inkább többé, mint kevésbé kiszámíthatatlan, inkább az alkalmazkodásra kellene helyezni a súlyt, s ezt a cikk is megkísérli, ez is a megjelentetését indokolja. Hibát követnénk el, ha csak az egyik oldal érveit hoznánk nyilvánosságra s elhallgatnánk az ellenérveket, mert az igazságot igazán még senki nem látja. Van, aki azt hiszi, hogy már megtalálta, de ezektől óvakodnunk kell, mert „a pokolba vezető út is jószándékkal van kikövezve".

Ujhelyi Géza

* * *

Levél a Magyar Energetika felelős szerkesztőjéhez

Tisztelt Civin Vilmos főszerkesztő úr!

Elnézését kérem a késlekedésért, elég ritkán járok Magyarországon és rengeteg egyéb probléma halmozódott fel, ami késleltette, hogy érdemben foglalkozzam Héjjas István kéziratával. További elnézését kérem, hogy a magyar ékezetes karaktereket az amerikai laptopomon nem tudom reprodukálni.

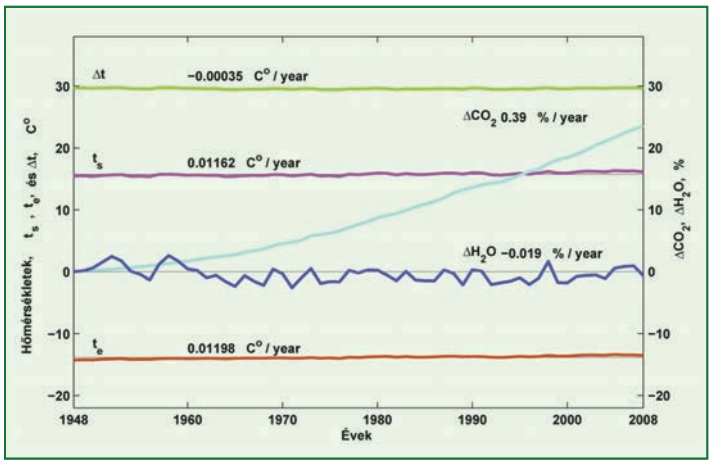
Átrágtam magam a kézirat lényegén és szerintem ez a cikk egy értékes írás, aminek a publikációját messzemenően támogatom. Úgy gondolom, hogy az IPCC dogmaszintjére süllyedt véleményének médián keresztüli harsogása mellett időről időre szükséges hangot adni a számtalan más kutató (többek között Héjjas István) véleményének is. Én a magam részéről, mint fizikus nem értek egyet az IPCC (szerintem) tudományosan megalapozatlan nézeteivel. A Héjjas-cikk rávilágít arra a szerteágazó problémakörre, amit a megfigyelt globális átlaghőmérséklet-növekedés generált. Ha egy nem szakember a cikk olvasása után elfogadja, vagy legalább mérlegeli azt a tényt, hogy a globális felmelegedés és az üvegházhatás olyan, rengeteg paramétertől függő jelenség, amit az üvegházgázok koncentrációjának növekedésével nem lehet magyarázni, akkor a cikk elérte célját.

Sajnos – mivel nem a szakterületem – érdemben nem tudom verifikálni a Héjjas-cikk számos, hivatkozásokkal alátámasztott konkrét kijelentését, viszont a fizikai tartalmat tekintve teljes mertékben egyetértek az üvegházhatásra vonatkozó megállapításaival, amit a cikk 8. ábrája ki is fejez.

Ezzel az ábrával már találkoztunk Héjjas István „Klímaváltozás és szén-dioxid" című cikkében (Magyar Energetika 2015/5-6., 5. ábra) így valamilyen szinten redundáns információ. Ha mód lenne rá, javaslom bemutatni az "Értekezés az üvegházhatásról" című cikkem (Magyar Energetika 2018/3.) harmadik ábráját, amely számszerűen, (NOAA-adatok alapján) egyértelműen mutatja az üvegházhatás negatív trendjét (lásd a mellékelt ábrát).

Még egy megjegyzésem lenne a cikk 7. ábrájához. A valódi földfelszín tengerekre és szárazföldre való szétválasztása nem igazán szükséges a globális felhőképződés magyarázatához. Itt kvantitatív megállapítást a párolgásra csak akkor tehetünk, ha a megfelelő komponensek csapadék- és hőmérsékleti viszonyait is ismerjük. A felhőképződés egy jelentős része a már a levegőben lévő vízpárából történik, a vízgőzutánpótlás egy része pedig a légkörben, a felhővízcseppek elpárolgásából származik.

Dr. Miskolczi Ferenc



A $t_e = (OLR/\sigma)^{1/4}$ és $\Delta t = t_s - t_e$, számított, illetve a t_s, ΔH_2O, és ΔCO_2 megfigyelt változásai az utóbbi 61 évben. A vízgőz és szén-dioxid oszlopmennyiségeinek relatív változásait (ΔH_2O és ΔCO_2) az 1948. évi értékek százalékában adtuk meg. Az ábrán feltüntettük a fenti mennyiségekhez tartozó lineáris trendek számszerű értékeit is.

Jelölések:

t_s a földfelszín átlagos sugárzási hőmérséklete, K

t_e a kimenő hosszúhullámú sugárzásból számított effektív hőmérséklet, K

OLR az atmoszféra felső részén kilépő hosszúhullámú sugárzás[4], Vm^{-2}

A lektori megjegyzésekhez tartozó jegyzetek:

1. Az itt olvasható írások nem azonosak a lektoroknak a kézirat eredeti, majd a javított változatáról alkotott véleményével. A hivatalos és szabályszerű lektori vélemények ennél sokkal részletesebbek, esetenként konkrétabbak és számszerű értékelést is tartalmaznak. Hivatalos lektori véleményeket lapunkban nem teszünk közzé.
2. https://www.valaszonline.hu/2019/09/10/klimavaltozas-akademia-jordan-ferenc-interju/
3. Pierrehummert, R. T.: Infrared Radiation and Planetary Atmospheres. Physics Today, January 2011 p. 33-38.
4. OLR: Outgoing Longwave Radiation (OLR) data at the top of the atmosphere are observed from the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) instrument aboard the NOAA polar orbiting spacecraft. NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration, USA (Nemzeti Óceán- és Légkörkutatási Hivatal) https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/olr/

TELEFONFLOTTA

MAGYAR ENERGETIKA ELŐFIZETŐKNEK

KORLÁTLAN DÍJCSOMAG, NETTÓ

4000

FT/HÓ HAVI DÍJTÓL*

CSATLAKOZZON A MAGYAR ENERGETIKA MOBILFLOTTÁHOZ MÉG MA!

Amennyiben Ön Magyar Energetika előfizető, jogosult a Magyar Energetika mobilflotta-kedvezmények igénybevételére. Igényelje e-mailen az info@mernokmedia.hu vagy 06 (20) 322-8888-as telefonszámon a tarifaleírást és a csatlakozási dokumentációt kötelezettségek nélkül.

*TÁJÉKOZTATÓ JELLEGŰ INFORMÁCIÓ, NEM MINŐSÜL AJÁNLATTÉTELNEK. BŐVEBB INFORMÁCIÓÉRT KÉRJE EL A MAGYAR ENERGETIKA TARIFÁT!

Hartmann Bálint, Kazsoki Attila, Sugár Viktória, Sinkovics Bálint

Napsugárzás-mintázat kategorizálási módszereinek kritikai szemléletű összehasonlítása

Az utóbbi évtizedet a megújuló energiaforrások jelentős mértékű térnyerése jellemezte szerte a világban, mely tendencia az eddigi hálózatüzemeltetési gyakorlatok felülvizsgálatát tette szükségessé. A folyamat ráirányította a figyelmet az időjárásfüggő (hazánkban elsősorban a fotovillamos) erőművek várható energiatermelésének becslési eljárásaira. Ezek közül a Nap globálsugárzási adatainak osztályozás alapján történő kiértékelése az egyik legrégebbi, az irodalomban is gyakran hivatkozott eljárás, amelynek eredményessége azonban erősen váltakozó. Jelen munka célja a különböző osztályozási eljárások összevetése egy éves globálsugárzási adatsor felhasználásával. A vizsgálat során hat különböző, determinisztikus és nem determinisztikus eljárást választottunk ki és implementáltunk. A kapott osztályok száma az algoritmusoktól függően 3 és 5 között változik, az adatokat többféle időbeli felbontással is felhasználtuk. Ezzel az összehasonlítási módszerrel az egyes megközelítések erősségeinek és gyengeségeinek, valamint ellentmondásos viselkedésének feltárása volt a cél. Ehhez két tesztet futtattunk le, egyik esetben tiszta égboltú, másikban felhővel borított esetekre vizsgálva a besorolás pontosságát, és a nem megfelelő csoportosítások arányát. A bemutatott eredmények jól jelzik az egyes eljárások eredményességi korlátait, a bemenő adat minőségére való érzékenységet, valamint a gyakran nem következetes osztályozást, amely erősen korlátozza a felhasználási lehetőségeket.

Ahogy a fotovillamos (PV) energiatermelés részaránya egyre növekszik, úgy jelennek meg a villamosenergia-rendszer egyes területein az üzemviteli kihívások. A folyamatosan változó, nehezen tervezhető fotovillamos energiatermelés új terheket ró az elosztói engedélyesek vállára, többek között a hálózaton megjelenő feszültségszabályozási feladatok, a változó teljesítményáramlási irányok, és a feszültségminőségi mutatók romlása miatt. Ezért napjainkra a hatékony elosztóhálózati üzemirányításhoz szükségessé vált a megújuló energiaforrások integrálása, elkerülhetetlenné téve a PV termelést meghatározó napi besugárzás mintázatainak felhasználását [1]. Ennek a folyamatnak fontos lépése olyan időjárási jellegzetességek felismerése, amelyek segítségével standardizálhatóvá válik az egyes napok várható energiatermelésének időbeli lefutása. Ez jelentheti a beépített kapacitás függvényében értelmezett jelentősen alacsony szintű betáplálást a hálózatra, vagy a nagy és kis pontossággal becsülhető várható időtartamok felismerését is.

Az egyes napok besugárzás alapján végzett osztályozását a szakirodalom részletesen ismerteti, azonban egyetlen domináns módszer sem emelkedik ki közülük. Tekintettel arra, hogy az algoritmusok mind-mind eltérő adatsokaságon és időbeli felbontás mellett, determinisztikus vagy nem determinisztikus módon végeznek osztályozást, a hatékonyságuk erősen változó. Ezen felvetésből kiindulva jelen munka egy olyan összehasonlító elemzést kíván bemutatni, amely az egyes módszereket egy közös, éves adatsor felhasználásával értékeli.

Az első, különböző besugárzási karakterisztikákkal rendelkező napokat osztályozó eljárás a clear sky indexet (CI), azaz a tiszta égbolt mutatót alkalmazza, amely a mért és elméleti felhőmentes napi besugárzás arányát adja meg. A fogalmat Li és Lam vezette be, akik az egyes napokat három kategóriába sorolták: tiszta, felhős, valamint borult [2] [3]. A definíció korlátait hamar felismerték, ugyanis a mutató nem volt képes a vizsgált adatok időbeli változását jellemezni. Ennek köszönhetően Muselli egy olyan megoldást dolgozott ki, amelyben a tiszta ég mutató mellett további, az osztályozáshoz szükséges paramétereket használt [4]. A számítás során kapott benapozási időtartam („sunshine duration"), valamint felhőborítási arány („cloud fraction) változókat további esetekben is felhasználták a napok már említett 3 osztályba sorolásához [5] [6].

Az adatok időbeli változásának figyelembevételéhez a legszélesebb körben elterjedt megoldás egy olyan variabilitási index (VI) létrehozása, amely leírja a mért és tiszta ég besugárzási görbék közötti viszonyt. Ennek a változónak, valamint a tiszta ég mutatónak az első közös alkalmazását Stein írta le, munkájában négy különböző naptípust különítve el, a vízszintes síkra eső globálsugárzás értékéből kiindulva [7]. Ezt némileg módosították Trueblood cikkében, ahol a szerzők öt különböző típust használtak az osztályozási feladathoz [8]. A besugárzás irregularitásait fraktáldimenziók használatával is mérhetjük, például az idősoros adatok Minkowski-Bouligand dimenziójának számával, ahogy azt több cikkben is bemutatták. [9] [10] [11].

Számos publikáció foglalkozik a globálsugárzási adatok klaszterezési algoritmusok segítségével történő csoportosításával. Gastón-Romeo egy speciális, matematikai morfológiai eljárást alkalmaz, amellyel a globálsugárzási adatok négy csoportját azonosította [12]. Ezen megoldás, miután képes a besugárzási görbék lefutását is figyelembe venni, meghaladja azokat a korábbi eljárásokat, amelyek kizárólag a napi tiszta ég indexet alkalmazzák, köszönhetően annak, hogy Chicco munkájában a globálsugárzási adatsort átskálázta és normálta, az éjszakai adatokat pedig elhagyta; az így kapott részleges adatsort klaszterezéssel sorolta osztályokba [13]. Kevésbé preferált eljárások azon kevert modellek, amelyek valószínűségi alapon írják le az egyes jellemző, karakterisztikus napokat. Soubdhan Dirichlet eloszlások kombinációját használta arra, hogy négy különböző naptípust hozzon létre [14], míg Alimohammadi és He kevert Gauss-modell használatával alkotott három típust [15].

Az eddig bemutatott, egymástól jelentősen eltérő megközelítések jól mutatják, hogy mekkora különbségek vannak nem csak a modellek felépítésében, hanem az azok által adott osztályozási eredményekben is. A determinisztikus módszerek jóval robusztusabbak, kevésbé függenek a bemenő adattól, azonban bizonyos esetekben túlságosan is egy adott időjárási környezetre, helyszínre vannak optimalizálva. Ez a hátrány a második, azaz nem determinisztikus módszerek csoportját nem érinti, azonban a bemenő adatokra való érzékenység itt jelentősebb. A másik megállapítható tanulság, hogy bár tiszta égboltú és teljesen felhős napokat minden módszer definiál, az átmeneti esetek besorolása nagyon eltérő módon történik meg.

Módszertan

Munkánkban hat különböző módszert választottunk ki, amelyek mind implementálásra és futtatásra kerültek azonos globálsugárzási adatsoron. Egyaránt találhatók köztük determinisztikus és nem determinisztikus eljárások, valamint különböző időbeli felbontásokat is használtunk a sokszínűség biztosítására. A következőkben röviden áttekintjük ezeket az eljárásokat. Az egyes szkripteket MATLAB környezetben írtuk meg, az elméleti maximális besugárzás értékét a Bird-modell alapján határoztuk meg [16].

- **1. módszer:** determinisztikus osztályozás tiszta ég és variabilitási index alapján, 1 perces adatfelbontás mellett [8] alapján.
  Az eljárás, amely a tiszta égbolt (CI) és variabilitási indexet (VI) használ, ezek értéke alapján pedig öt különböző típust különböztet meg (Clear, Overcast, Mild, Moderate, High). Előnye, hogy mindkét mutató egyszerűen számítható, valamint az osztályozási folyamat egyértelmű határokat húz a besorolás során. A kapott csoportok száma a legmagasabb a kiválasztott módszerek közül.
- **2. módszer:** determinisztikus osztályozás tiszta ég és fraktáldimenziók alapján, 1 perces adatfelbontás mellett [9] alapján.
  A globálsugárzási adatok feldolgozása során először egy újra-mintavételezett, 1000 adatponttal rendelkező idősoros adatot hoztunk létre, majd ezt egy 1000×1000 pixel felbontású képpé alakítottuk. A képen dobozszámláló algoritmus segítségével végeztünk elemzést, amelynek eredményeként meghatározható a fraktáldimenzió nagysága. A dimenzió számszerű értékét (D_f) a függvény R skálatényező 8 és 128 közötti értékeiből határoztuk meg. A fraktáldimenzió és a tiszta égbolt index ismeretében három csoportot alkottunk (Clear-sky, Partly cloudy, Cloudy). Hátránya ennek az eljárásnak, hogy a fraktáldimenziók alapvető ismeretét igényli a felhasználótól, valamint a mért és elméleti tiszta ég adatok közötti jó összehasonlíthatósághoz a dobozméret megfelelő beállítására van szükség.
- **3. módszer:** nem determinisztikus csoportosítás spektrális teljesítménysűrűség alapján; 5 perces adatfelbontás mellett [17] alapján.
  Az eljárás által használt tiszta égbolt indexet a korábban ismertetett módon számítottuk, míg az intermittencia ($I_{(d)}$) nagyságát az időfüggvények teljesítményspektrum-sűrűségéből határoztuk meg. A frekvenciatartományban az 1/30 és 1/3 Hz közötti értékeket vettük figyelembe, amely értékek az 5 perces mintavételi felbontásból adódnak. A tiszta égbolt és intermittencia indexeket párba állítottuk, majd k-közép klaszterezéssel csoportokba rendeztük. A lokális minimumok elkerülése érdekében a csoportosítást ötvenszer megismételtük, és a legkisebb hibával rendelkező csoportosítást használtuk. A módszer lényeges eltérése az előzőekhez képest az, hogy az alkalmazott két index nem teljesen független egymástól, ami a megoldás hátrányának tekinthető.
- **4. és 5. módszer:** nem determinisztikus csoportosítás az időbeli adatok csoportosítása alapján; újra-mintavételezett adatok 1 perces felbontással rögzítve [13] alapján.
  Egy tisztán klaszterezésre építő módszert is választottunk, amely elsősorban a kisebb tapasztalattal rendelkező felhasználók számára tűnhet előnyös opciónak. Bemeneti adatként normált és újra-mintavételezett globálsugárzási adatokat használtunk, amelyeket k-közép klaszterezéssel rendeztünk. (Az újra-mintavételezés során az eredetileg 1440 pontból álló, perces felbontású adatokat egységesen 1000 adatpont hosszúságúvá alakítottuk úgy, hogy minden nap esetén a vektor 1. és 1000. eleme napkeltéhez és napnyugtához igazodjon. Ennek a módszernek a segítségével összehasonlíthatóvá válnak az egyébként igen eltérő napsütéses időtartammal bíró napok). Az eljárást végrehajtottuk a kiindulási idősoros adatokra, illetve azok nagyság szerint rendezett változataira is. A módszer használatának várt előnye kettős: egyrészt univerzálisan használható a rendelkezésre álló mérési adatok időbeli felbontásától függetlenül, másrészt az eredeti és a rendezett adatok közötti különbség rávilágíthat az algoritmus érzékenységére is.
- **6. módszer:** nem determinisztikus csoportosítás kevert modell alapján; újra-mintavételezett adatok 1 perces felbontással rögzítve [15] alapján.

A rendelkezésre álló kevert eloszlás modellek közül a Gauss-eloszlást használót választottuk. A korábban hivatkozott cikk fő gondolatát megtartva a napi tiszta égbolt értékek valószínűségi sűrűségfüggvényét egy bimodális kevert Gauss-eloszlás írja le. Ha egy tiszta égbolt érték adott tartománya dominál egy napon (például a tiszta ég napján az összes minta értéke 1 körüli), akkor ez a bimodális eloszlás erősen torzul, az egyik komponens súlya jelentősen nagyobb, mint a másik komponensé. Ha a két komponens súlya ugyanabban a tartományban van (ez jellemző az átmeneti napokra), akkor az eloszlás bimodális jellege megmarad. A kapott valószínűségi sűrűségfüggvényeket ezután k-közép klaszterezéssel csoportosítottuk.

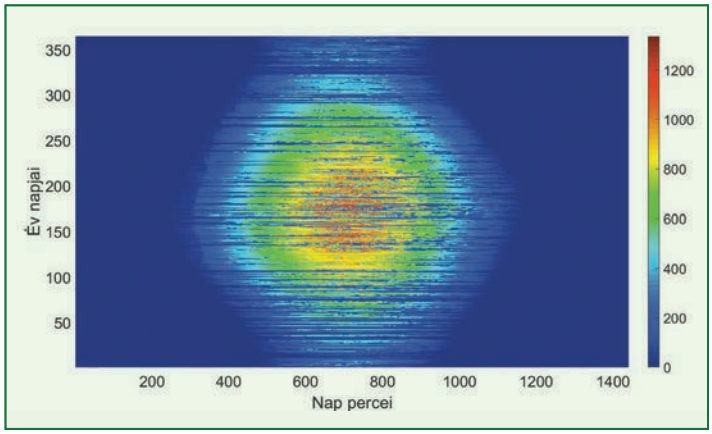
Az összehasonlítás célja a különféle azonosítási és csoportosítási technikák tesztelése volt, hogy megállapítsa azok erősségeit és gyengeségeit, valamint feltárja az esetleges ellentmondásokat. Ennek érdekében két fő szempontot fogalmaztunk meg:

- Vizsgáljuk meg, hogy a módszerek egységesen azonosítják-e a napokat tiszta vagy felhős időben,
- Vizsgáljuk meg, hogy a módszerek milyen körülmények között azonosítják a napokat egymásnak ellentmondó módon.

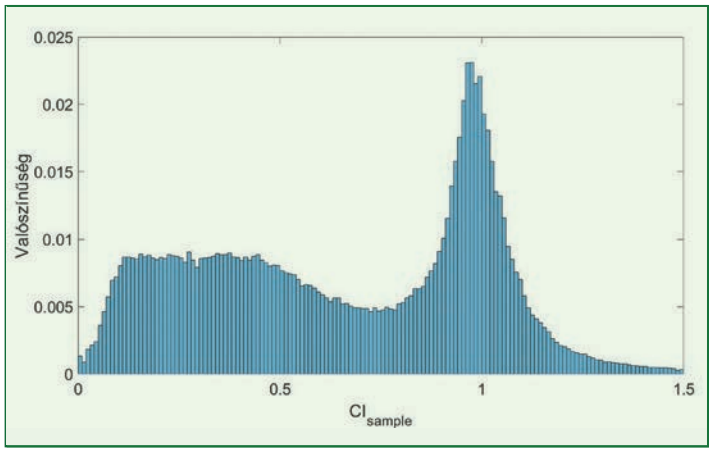
A tesztelést egyéves globálsugárzási adatok segítségével végeztük, amelyeket az Energiatudományi Kutatóközpontban található eszközökkel rögzítettünk. Az adatok 1 perces felbontással álltak rendelkezésre; a különböző felbontást alkalmazó csoportosító módszereknél az adatokat mintavételezés útján, átlagolás

nélkül dolgoztuk fel azért, hogy a besugárzás dinamikai viszonyai a lehető legnagyobb mértékben megőrizhetők legyenek.

Amint az az 1. ábrán látható, 2018 meglehetősen tipikus, jelentős szélsőségek nélküli évnek tekinthető. Az éves átlaghőmérséklet 11,99 °C volt, ami a nyilvántartások vezetése óta a valaha volt legmagasabb. Csak februárban és márciusban volt a szokásosnál alacsonyabb hőmérséklet, míg januárban és áprilisban kb. 4 °C-kal melegebb volt, mint a sokéves átlag. Az éves csapadékmennyiség a vártnál kissé alacsonyabb volt, szélsőségek februárban és márciusban voltak érzékelhetők, amikor a havi csapadékmennyiség meghaladta a sokéves átlag kétszeresét. A 2. ábra a tiszta égbolt indexek valószínűségi sűrűségfüggvényét mutatja az újra-mintavételezett adatokra. Három jellegzetesség figyelhető meg: a döntően tiszta égboltú körülményeket az 1 körüli módus mutatja, míg a két, kevésbé domináns a felhős és a részben felhős napokat mutatja, amelyek átlaga rendre körülbelül 0,15 és 0,4.



1. ábra. **A 2018-as év globálsugárzási adatai, W/m²**



2. ábra. **Az újra-mintavételezett adatok tiszta égbolt értékeinek sűrűségfüggvénye**

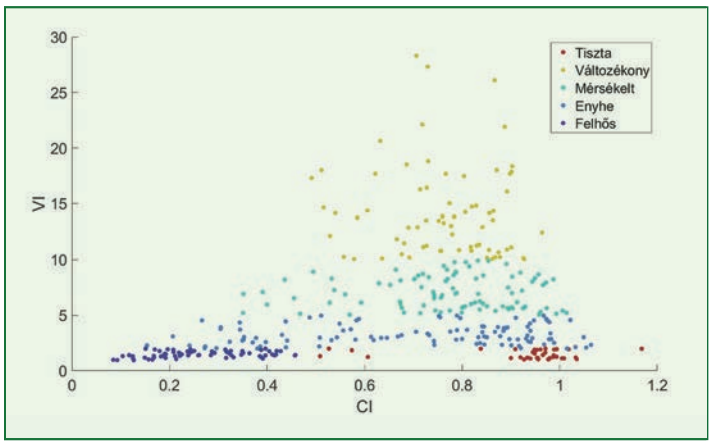
Eredmények

Csoportosítás

A 2018-ban rögzített adatokat a 2. pontban leírt módszerek segítségével dolgoztuk fel. A 3–8. ábrák a különböző csoportosítási módszerek eredményeit mutatják be. A használt színpaletta minden estben azonos, a két végletet jelentő tiszta égboltú és teljesen felhős nap sárgával és lilával van jelölve, míg a fennmaradó 1–3 csoportot e két szín közötti színek jelölik. (A melegebb árnyalatok jellemzően jobb besugárzási viszonyokat mutatnak).

A 3. ábra az 1. módszer csoportosítását mutatja, tiszta égbolt és variabilitási indexek öt kategóriába sorolásával. A módszerre jellemző sajátosságok jól megfigyelhetők, viszonylag sok nap került a „Felhős" és az „Enyhe" csoportok határára. Alacsony a „Tiszta" és „Felhős" napok száma (36, illetve 66).

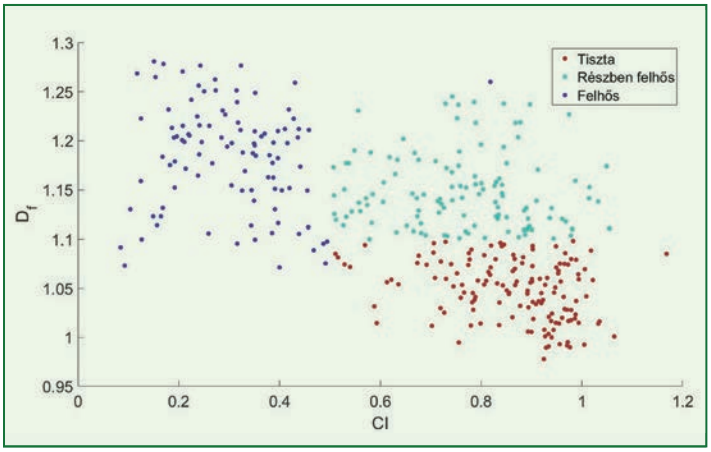
A napok száma az egyes csoportokban: „Tiszta" 36, „Változékony" 69, „Mérsékelt" 91, „Enyhe" 103, „Felhős" 66.



3. ábra. **Az 1. módszer csoportosítási eredményei**

A 4. ábrán a 2. módszer eredményei láthatók. A három csoport nagysága hasonló, a tiszta égbolt index és a fraktáldimenzió közötti korreláció negatív tendenciát mutat, ami azt jelzi, hogy a nyári napok általában kevésbé változékonyak.

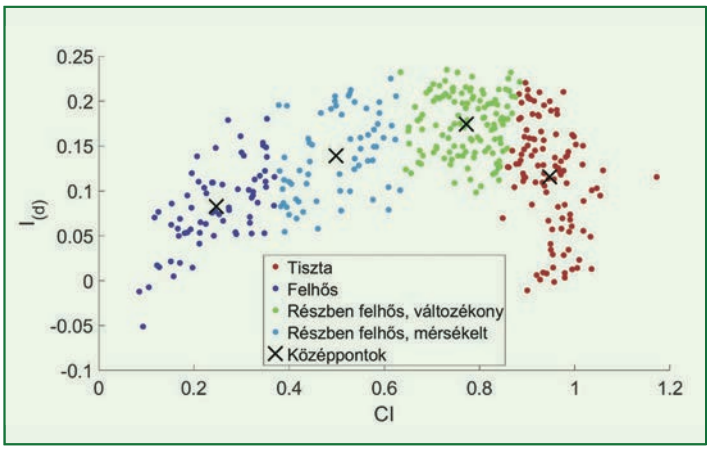
A napok száma az egyes csoportokban: „Tiszta" 144, „Részben felhős" 120, „Felhős" 101.



4. ábra. **A 2. módszer csoportosítási eredményei**

Az 5. ábra a 3. módszer szerinti eredményeket ismerteti. Ahogy az a nem determinisztikus módszerek esetében megszokott, a csoportok között nincs egyértelműen meghatározható különbség, pl. a „Részben felhős, változékony" és a „Tiszta" besorolású napok határa nem köthető egy konkrét tiszta égboltértékhez. Könnyen igazolható, hogy másik bemeneti adatsor eltérő csoportokat eredményezhet.

A napok száma az egyes csoportokban: „Tiszta” 108, „Részben felhős, változékony” 122, „Részben felhős, mérsékelt” 65, „Felhős” 70.

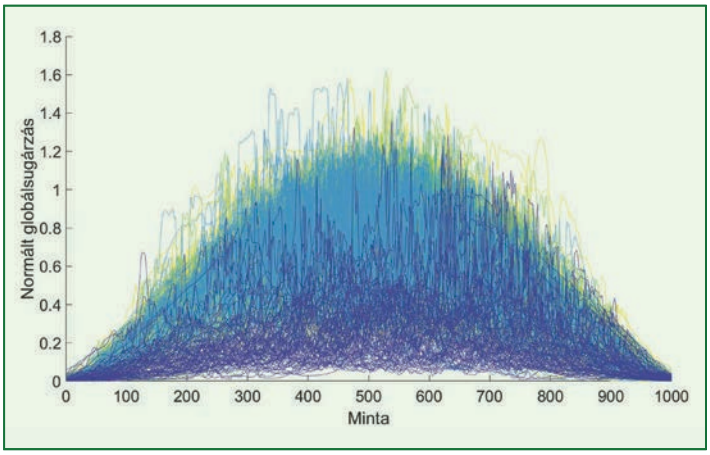


5. ábra. **A 3. módszer csoportosítási eredményei**

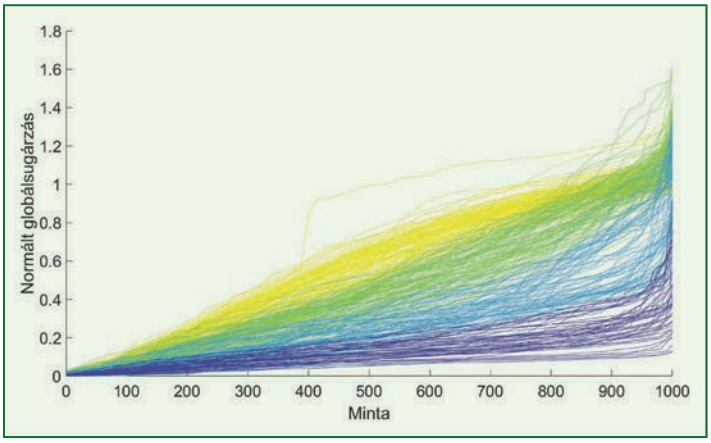
A 4. és 5. módszer által kapott csoportokat a 6. és a 7. ábra szemlélteti. A két ábra összehasonlítása hangsúlyozza a nem determinisztikus csoportosítási módszer két változata közötti különbséget. Míg a 6. ábra a „Kvázi tiszta” (zöld) és a „Kvázi felhős” (kék) napok időbeli adatainak jelentős átfedését mutatja, addig ezek a 7. ábrán jobban elkülönülnek. Érdemes megjegyezni, hogy a tiszta égbolt meglétét nem feltétlenül a normált besugárzás napi maximális értéke, hanem ezen értékek viszonylag magas átlaga jellemzi. A „Kvázi tiszta” és a „Kvázi felhős” napok hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek nagyon magas és nagyon alacsony besugárzási értékek esetén is, de a 7. ábrán szereplő görbéken könnyen megkülönböztethetők. Hangsúlyozni kell, hogy míg a 4. és az 5. módszer ugyanazt a csoportosítási technikát használja, és úgy tűnik, hogy nagyjából azonos napok számát azonosítja, mint az egyes csoportok tagjai, a pontos napok nagyon különbözőek lehetnek (ezt cikkünk későbbi szakaszában tárgyaljuk).

A napok száma az egyes csoportokban a 4. módszer alapján: „Tiszta” 143, „Kvázi tiszta” 42, „Kvázi felhős” 81, „Felhős” 99. Az 5. módszer esetében ezek a számok rendre: 127, 113, 70, 55.

Végezetül, a kevert Gauss-modell eredményei a 8. ábrán láthatók. A „Tiszta” (sárga) és a „Felhős” (lila) napok esetében a



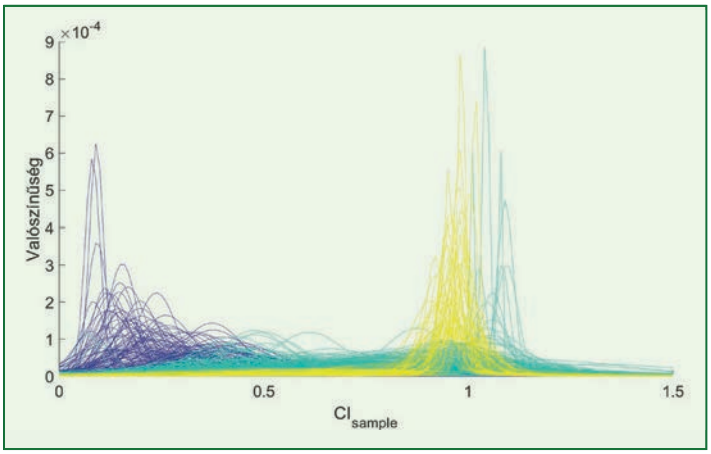
6. ábra. **A 4. módszer csoportosítási eredményei**



7. ábra. **A 5. módszer csoportosítási eredményei**

bimodális közelítés egyik módusa a domináns, szinte unimodális eloszlást eredményezve. Ezek a napok tipikusan alacsonyabb variabilitással jellemezhetőek. „Részben felhős” napok esetén mindkét módus megfigyelhető. A nem determinisztikus csoportosítás itt is látható hátránya, hogy az utóbbi kategória néhány napja jellegét tekintve nagyon közel áll a „Tiszta” típushoz, tehát a csoportok határai ismét meglehetősen lágyak.

A napok száma az egyes csoportokban: „Tiszta” 68, „Részben felhős” 194, „Felhős” 103.



8. ábra. **A 6. módszer csoportosítási eredményei**

A hat csoportosítási módszer eredményeit összevetve fontos különbségek állapíthatók meg. Ezek kifejtését elősegítendő, az 1. táblázatban a módszerek, és ezen belül az egyes csoportokhoz tartozó napok fajlagos száma látható az egyenletes eloszláshoz viszonyítva. A nagyobb számok azt jelzik, hogy az adott módszer általában felülreprezentálja a csoportot. Az 1. táblázat adatai két szempont szerint értékelhetők. Elsőként a különböző módszerek által használt csoportok mennyisége vehető figyelembe, majd ezen belül az egyező kategóriájúak kerülhetnek összehasonlításra (1, 6; 3, 4, 5). Az a két módszer (2, 6.), amely három csoportot használ, szinte ugyanakkora mennyiségben azonosított felhős napokat, azonban a 2. módszer kétszer annyi tiszta napot jelölt meg, mint a 6. (144 a 68-hoz képest). Ennek megfelelően a részben felhős napok száma is jelentősen különbözik. Az a három módszer, mely négy csoportot definiál (3, 4, 5), szintén mutat

1. táblázat. A napok relatív száma az egyes csoportokban

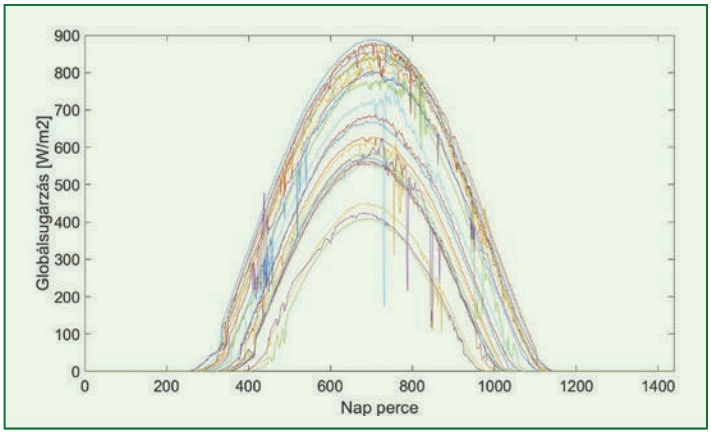
Módszer	Relatív számosság				
#1	Tiszta 0.493151	Változékony 0.945205	Mérsékelt 1.246575	Enyhe 1.410959	Felhős 0.90411
#2	Tiszta 1.183562	Részben felhős 0.986301			Felhős 0.830137
#3	Tiszta 1.183562	Részben felhős, változékony 1.336986		Részben felhős, mérsékelt 0.712329	Felhős 0.767123
#4	Tiszta 1.567123	Kvázi tiszta 0.460274		Kvázi felhős 0.887671	Felhős 1.084932
#5	Tiszta 1.391781	Kvázi tiszta 1.238356		Kvázi felhős 0.767123	Felhős 0.60274
#6	Tiszta 0.558904	Részben felhős 1.594521			Felhős 0.846575

figyelemreméltó összefüggéseket. Mindegyik viszonylag magas számokat tartalmaz a tiszta vagy részben tiszta napok számát tekintve. A 3., 4. és 5. módszernél 230, 185 és 240 nap került kijelölésre ezen első két csoportban. Ugyanakkor, ha összevetjük a 4. és 5. módszert, nagy különbséget találunk, holott ezek szinte ugyanazt a csoportosítási technikát alkalmazzák.

A módszereket összevető másik szempont szerint vizsgálhatjuk a kategória értékeinek varianciáját. Például egy kivételével az összes módszer viszonylag kisszámú felhős napot definiált, de az eredmények csupán 0,0021 varianciát mutatnak. Ezzel szemben a tiszta napok számánál ugyanez a variancia 0,162 értéket vesz fel, amely majdnem egy nagyságrenddel nagyobb az előzőnél. Ez az eredmény arra utal, hogy valamilyen oknál fogva a különböző módszerek a felhős napokat nagyobb következetességgel azonosítják, mint a tisztákat. Ezek az eredmények az alábbiakban kerülnek elemzésre.

A tiszta égbolt feltételeinek vizsgálata

A 2018-as év teljes adathalmazának felhasználásával a vizsgált hat csoportosítási módszer átlagosan 104 napot azonosított tiszta égboltúként, ami viszonylag magas, figyelembe véve, hogy a módszerek kétharmada legalább 4 csoportot használ. Az összes módszer által egységesen tiszta égboltúként azonosított napok száma ugyanakkor mindössze 26. Ezeknek a napoknak az idősoros adatai a 9. ábrán láthatóak. A közös jellemzőjük, hogy felhőmozgások ritkán fordulnak elő és az átlagos besugárzási érték magas. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy a legmagasabb mért besugárzás csupán 880 W/m^2 (május 6-án rögzítve), ami azt jelenti, hogy egy nyári nap sem került tisztaként azonosításra az összes módszerrel egyidejűleg, ami jelzi a csoportosítási módszerek alacsony hatékonyságát.



9. ábra. **Az összes módszer által egyidejűleg tisztaként azonosított napok besugárzási értékei**

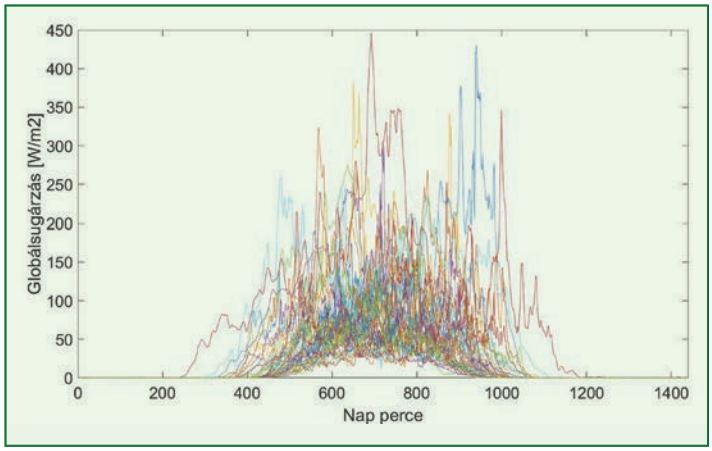
33 olyan napot találunk, amelyeket öt módszer azonosított tiszta égboltúként egyidejűleg. Az idősoros adatok szemrevételezéses vizsgálatával megállapítható, hogy a napok globálsugárzási adatai haranggörbével jellemezhetők, amelyek viszont jelentős eltéréseket mutatnak, leginkább a déli órákban. Ennek a csoportnak a legnagyobb mért besugárzási értéke 1182 W/m^2 (július 14.). A fenti 33 napból az 1. módszer szerinti azonosítás 28-nál nem teljesül, míg a többi esetén a 6. módszer nem mutatott találatot. Az 1. módszernél mind a 28 nap magas, 0,86 feletti tiszta égbolt indexértékekkel rendelkezett, tehát a különböző csoportosítás csupán a variabilitási indexek eredménye; ezek a napok „Változékony", „Mérsékelt" vagy „Enyhe" csoportba kerültek.

A 6. módszernél az idősoros adatok manuális értékelése alapján 4-et az 5 napból tiszta égboltúként kellett volna azonosítani. A maradék egy napra a valószínűségi sűrűségfüggvény egymódusú, 1 várható értékkel, ami azt mutatja, hogy a nap tévesen került csoportosításra a módszer nem-determinisztikus jellegének következtében. A többi nap esetén a mért és tiszta égbolthoz tartozó besugárzási görbék állandó különbséget mutatnak, két módust hozva létre a sűrűségfüggvényen, ami a „Részben felhős" napok jellemzője.

További 27 napot sorolt a tiszta égboltúak közé legalább 4 módszer. Ezek közül az 1. módszer egyetlen esetben sem adott pozitív besorolást, illetve 19 esetben az 1. és a 6. módszer hiányzott. Ezeknek a napoknak a többsége nagy variabilitással és igen rövid felhős időszakokkal jellemezhető. A fennmaradó 8 nap esetén 4-4 egybeesés található az 1. és 2. vagy 1. és 3. módszereknél. A 2. módszer perces időbeli felbontást használ bemenő adatként, így a mért adatok magas variabilitását megőrzi; ezek a napok a „Tiszta" és „Részben felhős" csoportok határán helyezkednek el. Hasonló figyelhető meg a 3. módszer esetén, ahol az összes érintett nap a „Tiszta" és a „Részben felhős, változékony" csoportok határán helyezkedik el. Mivel a határokat klaszterezéssel határoztuk meg, az ilyen „téves azonosítások" elfogadhatóak, és nem tekintjük őket a módszerek hiányosságának.

A felhős égbolt feltételeinek vizsgálata

A 2018-as adatsorból a vizsgált módszerek átlagosan 83 napot azonosítottak felhősként, de ezek közül csak 47 olyan nap volt, amelyeket közös metszetként az összes módszer kiválasztott. Ezeket a 10. ábra mutatja. A napok alacsony besugárzási értékekkel (447 W/m^2 alatt) és korlátozott variabilitással jellemezhetőek.



10. ábra. **Az összes módszer által egyidejűleg felhősként azonosított napok globálsugárzási adatai**

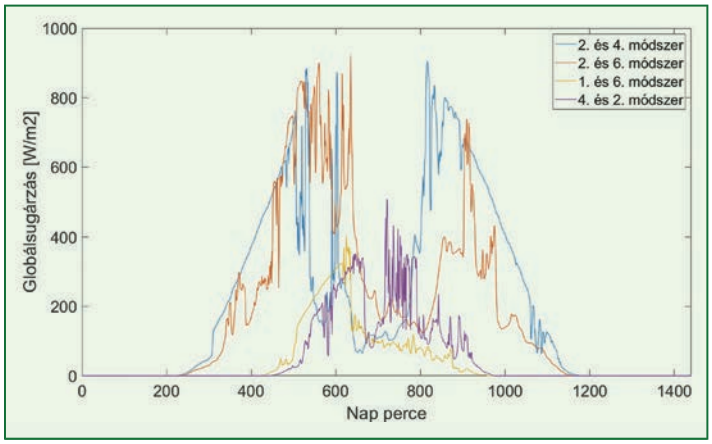
Csupán 13 nap került azonosításra felhősként egyszerre öt módszer alapján, amelyeknél vagy az 1. módszer (8 nap) vagy az 5. módszer (5 nap) hiányzott a többi közül. Az 1. módszert vizsgálva kiderül, hogy a kérdéses napok a tiszta égbolt index alapján ez esetben is a felhős csoportba esnének, de a variabilitási index alacsony küszöbértéke miatt az „Enyhe" csoportba kerültek. Az 5. módszer esetén mind az 5 nap „Részben felhős" azonosítást kapott, amely a felhős csoport szomszédja. Ezeknél a napoknál megfigyelhetőek olyan rövid periódusok, ahol a mért besugárzás jelentősen túllépte a megfelelő tiszta égbolt értékeket, magas tiszta égbolt indexeket eredményezve. Mivel az 5. módszer nem idősoros adatokat használ, elég csupán pár magasabb érték ahhoz, hogy a várttól eltérő csoportba kerüljön az adott nap.

22 olyan napunk volt az év során, amelyeket négy módszer azonosított felhősként. Ezekben közös, hogy mindegyiküket így azonosította a 2., 4. és a 6. módszer, de mindegyikük hiányzik az 5. módszer esetén. A negyedik pozitív azonosítást vagy az 1. (12 nap) vagy a 3. módszer (10 nap) adta. Részletesen vizsgálva belátható, hogy az 1. módszer az alacsony variabilitás miatt ad ismét eltérő besorolást, míg a 3. módszernél a k-közép klaszterezés nem-determinisztikus tulajdonsága miatt ezek a napok a „Részben felhős, mérsékelt" csoportba kerülnek.

Következtetésképpen elmondható, hogy egyik módszer sem ad következetesen hibás eredményt a felhős körülmények esetére, de a módszerek érzékenysége igen különböző.

Ellentmondásos besorolás

Az utolsó vizsgálat az egyes napok ellentmondásos besorolására fókuszál. Az első esetben azokat az eseteket gyűjtöttük össze, amikor egy adott nap tiszta égboltúként és felhősként is azonosításra került legalább egy módszer által. Még a jelen munkához leképezett korlátozott számú módszertan, és a mindössze egy éves adatsor esetén is 4 ilyen napot találtunk (június 5., július 6., november 29., december 31), amelyek idősoros adatai a 11. ábrán láthatóak. Ezek a napok vagy a nyár közepén vannak, magas besugárzási értékekkel, vagy téli időszakban helyezkednek el, ahol a napok rövidebbek. Mind a négy esetben egy módszer tisztaként, egy másik módszer felhősként azonosította a napot, ahol a módszer-párok mindenhol egy determinisztikus és egy nem-determinisztikus tagból állnak.



11. ábra. **Az ellentmondásosan azonosított napok besugárzási értékei**

Június 5. (kék adatsor) esetén reggel és délután tiszta égboltú feltételek láthatóak, ugyanakkor dél körül az idősoros adatok erős felhőzetet mutatnak. Ez azt eredményezi, hogy a 2. módszer ezt a napot tisztaként sorolja be 0,588 tiszta égbolt index és 1,031 fraktáldimenzió-értékkel. Ha az adatok nagyobb változékonyságot mutatnának, akkor az utóbbi érték már átlépné a „Részben felhős" csoport 1,1-es küszöbértékét. A 4. módszer esetében a nap felhősként lett azonosítva a klaszterezés után, de ez ismételten a nem-determinisztikus eljárás hibája.

Július 6. (narancssárga adatsor) esetében a fentiekhez hasonló besugárzási értékeket rögzítettek, és ez alkalommal is a 2. módszer azonosította tiszta égboltúként a napot (0,511 és 1,085 értékekkel), azonban az nagyon közel fekszik mind a „Tiszta", mind a „Részben felhős" csoportok értékhatáraihoz. A 6. módszer felhősként sorolta be a napot. A tiszta égbolt index értékek valószínűségi sűrűségfüggvénye bimodális erre a napra vonatkozóan, ami a „Részben felhős" csoport jellemzője. Az első módus súlya ugyanakkor magas (72,3%), várható értéke pedig 0,35, ami az egymódusú „Felhős" csoport (0, 5) és a „Részben felhős" függvény első módusának várható értéke (0,4) között van, ami klaszterezésnél a hamis besorolást eredményezi.

A 6. módszer feltűnik november 29. esetén is (sárga adatsor), ahol a módszer a napot felhősként azonosítja, az első módus nagyobb súlya (62,1%) miatt. Az 1. módszer szerint ez a nap tiszta, ahol a tiszta égbolt index értéke 0,526, a variabilitásié pedig 1,991. Mivel utóbbi esetben 2 már az „Enyhe" csoportba sorolást jelentene, ez a nap szintén példaként hozható fel a két csoport határán elhelyezkedő esetekre, de ebben az esetben a besorolás helyesnek tekinthető.

December 31. (lila adatsor) az egyetlen nap a négy közül, amikor a felhős besorolás determinisztikus módszer (2.) alapján történt. Ebben az esetben a tiszta égbolt index 0,818, a fraktál dimenzió 1,26 értékeket vesz fel, a váratlan csoportosításnak pedig

az oka, hogy a módszernél bármely nap, ahol a fraktál dimenzió 1,25 fölötti, felhősként kerül besorolásra.

Az ellentmondásos besorolás másik előfordulását kifejezetten a 4. és 5. módszerek esetén vizsgáltuk, amelyek „Kvázi tiszta" és „Kvázi felhős" közbenső csoportokat tartalmaznak. Összesen 68 olyan nap van, amely ezekkel a közbenső lehetőségekkel más csoportba kerül besorolásra, mint a többi módszer alapján. Meglepő azonban, hogy csak 7 nap kerül „Kvázi tisztaként" megjelölésre a 4. módszer, és „Kvázi felhősként" az 5. alapján. Ezen napok adatai tartósan fennálló, de alacsonyabb variabilitást mutatnak. Ennek következtében, bár az idősoros adatok alapján dolgozó módszer relatív tiszta napoknak látja őket, a másik, rendezett adatok alapján csoportosító módszer nagyobb hangsúlyt fektet a nap folyamán mért besugárzási különbségekre.

Összefoglalás

A tanulmányban hat módszert hasonlítottunk össze, amelyek segítségével különböző csoportok hozhatóak létre globálsugárzási adatok alapján. A vizsgált módszereket szakirodalmi kutatás alapján választottuk ki. A kiválasztásnál a cél az volt, hogy a példák széles körben lefedjék a használt technikákat, beleértve a determinisztikus és nem-determinisztikus módszereket, és a különböző időbeli felbontásokat. Az eredmények azt mutatják, hogy bizonyos módszerek hajlamosak felülreprezentálni egy vagy több csoportot, általában a tiszta égboltú napok esetében. Az is kiderült, hogy ez a jelenség a nem-determinisztikus módszereknél gyakoribb, mivel a determinisztikus csoportosítási eljárások általában stabilabb módszertani alapokon állnak. A nem-determinisztikus csoportosítási módszerek lényegesen eltérő csoportokat hozhatnak létre, amikor különböző adatsor kerül felhasználásra, ami azt jelenti például, hogy a más-más évekből származó, tiszta égboltúként azonosított napok különböző tulajdonságokkal rendelkezhetnek. Hangsúlyozni kell továbbá, hogy csupán korlátozott számú eset került egységesen azonosításra tiszta (26), vagy felhős (47) napként az összes módszer által. Az eredmények között találunk ellentmondásosan besorolt példákat is, ahol bizonyos napokat egy módszer tisztaként, egy másik pedig felhősként azonosított. Ezek a példák minden esetben determinisztikus és nem-determinisztikus módszerek összevetéséből kerültek ki, ahol az idősoros adatok részletes elemzése szolgált magyarázatul az ellentmondásra.

Cikkünk eredményei is hangsúlyozzák, hogy a besugárzási idősorok kategorizálása egy viszonylag egyszerű eszköz, amely ugyanakkor kevéssé robosztus, így alkalmazása csupán tervezési számításoknál javasolt. A rövidebb horizontú felhasználás esetén kifinomultabb technikák (például műholdas adatok felhasználásával történő előrejelzés [18], numerikus időjárás-előrejelzés, tanuló algoritmusok [19]) alkalmazása részesítendő előnyben.

Hivatkozások

[1] Kapros, 2017. Autonóm és hálózattal együttműködő fotovillamos energiatermelő rendszerek optimalizálása, Doktori értekezés, Szent István Egyetem, 2017

[2] Lam and Li, 1996. Study of solar radiation data for Hong Kong, Fuel and Energy Abstracts, vol. 37., pp. 301., 1996

[3] Li and Lam, 2001. An analysis of climatic parameters and sky condition classification, Building and Environment, vol. 36., pp. 435-445., 2001

Köszönetnyilvánítás

Jelen munka a VEKOP-2.3.2-16-2016-00011 projekt keretében, az Európai Bizottság és a Magyar Kormány által közösen finanszírozott Európai Strukturális és Befektetési Alapok támogatásával készült.

[4] Muselli et al., 2000. Classification of typical meteorological days from global irradiation records and comparison between two Mediterranean coastal sites in Corsica Island, Energy Conversion and Management, vol. 41., pp. 1043-1063., 2000

[5] Rahim et al., 2004. Classification of daylight and radiation data into three sky conditions by cloud ratio and sunshine duration, Energy and Buildings, vol. 36., pp. 660-666., 2004

[6] Baharuddin et al., 2011. Daylight availability in Hong Kong: classification into three sky conditions, Architectural Science Review, vol. 53., pp. 396-407., 2011

[7] Stein et al., 2012. The Variability Index: A New and Novel Metric for Quantifying Irradiance and PV Output Variability, in Proc. World Renewable Energy Forum, 2012

[8] Trueblood et al., 2013. PV Measures Up for Fleet Duty, IEEE Power & Energy Magazine, vol. 11., pp. 33-44. 2013

[9] Maafi and Harrouni, 2003. Preliminary results of the fractal classification of dailiy solar irradiances, Solar Energy, vol. 75., pp. 53-61., 2003

[10] Harrouni et al., 2005. Classification of daily solar irradiation by fractional analysis of 10-min-means of solar irradiance, Theoretical and Applied Climatology, vol. 80., pp. 27-36., 2005

[11] Harrouni, 2008. Fractal Classification of Typical Meteorological Days from Global Solar Irradiance: Application to Five Sites of Different Climates, Modeling Solar Radiation at the Earth's Surface: Recent Advances, Chapter 2, 2008

[12] Gastón-Romeo et al., 2011. A Morphological Clustering Method for daily solar radiation curves, Solar Energy, vol. 85., pp. 1824-1836., 2011

[13] Chicco et al., 2014. Characterization of solar irradiance profiles for photovoltaic system studies through data rescaling in time and amplitude, in Proc. 49th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2014

[14] Soubdhan et al., 2009. Classification of daily solar radiation distributions using a mixture of Dirichlet distributions, Solar Energy, vol. 83., pp. 1056-1063., 2009

[15] Alimohammadi and He, 2016. Multi-Stage Algorithm For Uncertainty Analysis of Solar Power Forecasting, IEEE PES General Meeting, 2016

[16] Bird and Hulstrom, 1981. A Simplified Clear Sky Model for Direct and Diffuse Insolation on Horizontal Surfaces, 1981

[17] Fortuna et al., 2016. A new fine-grained classification strategy for solar daily radiation patterns. Pattern Recognition Letters, vol. 81., pp. 110-117., 2016

[18] Hoffmann et al., 2019. A globálsugárzás adatok interpolációja műholdas adatok felhasználásával, in Proc. 45. Meteorológiai tudományos napok, 2019.

[19] Várkonyi, 2018. Felhőalap és felhőborítottság rövid távú előrejelzése neurális hálózat segítségével, Diplomamunka, ELTE Meteorológiai Tanszék, 2018

Szilágyi Zsombor

A földgáz külkereskedelme

A világ népessége és energiaigénye folyamatosan nő. A földfelszín átlaghőmérsékletének emelkedését és következményeit mindenki érzi. A két folyamat kapcsolatát is elég pontosan meg tudjuk fogalmazni: ezért indult el a világon a fosszilis energiahordozók használatának visszaszorítása, környezetbarát energiahordozókra cserélése. A szénhidrogén-készletek feltárásának új módszerei lefékezték a kőolaj és a földgáz felváltását környezetbarát energiahordozókkal. Felerősödött a földgáz szerepe a világ energiaigényének kielégítésében.

A földgáz, mint fosszilis energiahordozó a világ energiaszükségletének kielégítésének nagyon fontos eleme. Az energetikai hasznosítás mellett a vegyipar egyik legfontosabb alapanyaga is. A földgáz egy sor területen képes helyettesíteni a kőolajtermékeket is, például a közlekedésben.

Az 1. táblázat néhány ország éves primerenergia-felhasználását mutatja. Kiemelhetjük az úgynevezett BRIC országokat: Brazília, Oroszország, India, Kína, ahol az utóbbi években gyors gazdasági fejlődést értek el, és az energiaigények is gyorsan nőttek. Talán Oroszország a kivétel, különösen azért, mert a 2014 őszén indult olajár-esés talán ezt az országot sújtotta legkeményebben. Kína fejlődésében is jelentkezik némi visszaesés, amit az egész világ aggódva figyel. A fejlett gazdasággal rendelkező európai országok és az USA is visszafogottabb energiaigényt mutat. Ebben szerepe van az Európai Unióban elhatározott energiatakarékossági programoknak is.

Irán primer energia-felhasználását azért mutatjuk be, mert a viszonylag gyors növekedés mögött a világ nagyobb része olyan nukleáris potenciálfejlesztést gyanított, amelynek katonai vonzatai is lehetnek. Változó sikert mutat az egyezség Irán nukleáris programjainak nemzetközi ellenőrzéséről. Ez az alkudozás viszont rendre befolyásolja a kőolaj világpiaci árát.

Az Európai Unióban figyelhető meg az energiaigények fékeződése, a tudatos környezetvédelmi intézkedések miatt. Sajnos az EU törekvését a légköri szén-dioxid-szint határozottabb csökkentésére a világ többi része elég passzívan szemléli.

A világ energiatermelésének energiahordozók szerinti megoszlását mutatja be a 2. táblázat. Mindegyik fosszilis energiahordozó felhasználása nőtt, de a legnagyobb növekedési ütemet a megújuló energiahordozók mutatják. A kőolaj szerepének elsősége még néhány évtizedig megmarad. A szén a második helyezett, a földgáz szerepe pedig határozottan erősödik.

1. táblázat. Primerenergia-felhasználás, EJ/a [1]

	2010	2012	2014	2016	2018
USA	93,1	90,0	93,5	92,6	96,3
Kína	104,3	117,2	124,5	127,6	137,1
Oroszország	28,0	29,0	28,8	28,9	30,2
India	22,6	25,2	27,9	30,1	33,9
Brazília	11,0	11,8	12,5	12,1	12,5
Japán	21,1	19,9	19,3	18,9	19,0
Németország	13,7	13,4	13,2	13,7	13,6
Franciaország	10,7	10,4	10,1	10,0	10,2
Olaszország	7,3	6,9	6,3	6,5	6,5
Nagy-Britannia	9,0	8,6	8,1	8,1	8,1
Irán	8,9	9,5	10,4	10,8	12,0
A világ többi országa	176,8	184,7	187,1	194,6	201,4
Világ összesen	506,6	526,5	541,8	553,9	580,5

2. táblázat. Az energiahordozók szerepe a világ primerenergiatermelésében, EJ/a [1]

Energiahordozó	2017	2018
Olajtermék	192,9	195,2
Földgáz	131,5	138,6
Szén	155,7	157,9
Nukleáris	25,0	25,6
Vízenergia	38,5	39,7
Egyéb megújuló	20,5	23,5
Összesen	564,2	580,5

Ha a földgáz jövőjéről készített prognózist nézzük (3. táblázat), akkor azt látjuk, hogy az EU országok és az USA visszafogott gázigény-növekedést terveznek, a fejlődő országok pedig dinamikusabb gázigény-emelkedéssel számolnak.

3. táblázat. A világ földgázfogyasztása, milliárd Nm^3 [2]

	2020	2025	2030	2035	2040
USA	819	876	908	940	957
Brazília	43	52	62	72	82
EU	483	482	465	459	457
Európa	585	593	583	583	585
Közép Kelet	554	655	736	790	831
Afrika	158	185	226	276	336
Kína	309	409	504	582	641
India	66	88	115	148	185
Oroszország	431	439	448	461	464
A világ többi országa	485	566	653	741	832
Világ összesen	3933	4345	4700	5052	5370

Mintegy 20 évvel ezelőtt, az Egyesült Államokban indult el ipari méretekben a palaolaj-kutatással együtt a nem konvencionális földgázkészletek kutatása és kitermelése. A „palagáz" névvel jelzett termék termelése rohamosan nő. Napjaink újdonsága a tengerparti sávokban talált hatalmas mennyiségű metánhidrát. A metánhidrát hószerű, szilárd anyag, a metán és a víz asszociációja. A kitermelés technológiáját jelenleg fejlesztik. A metánhidrát-készletekről még becslések sem készültek. Elsősorban Európában erősödik a hulladékok ártalmatlanítása során nyert metán hozzákeverése a földgázhoz.

Földgáz-kereskedelmi szervezet

Szinte minden nap hallunk a kőolaj-kereskedelemmel kapcsolatban az OPEC szervezetről. A Kőolajexportáló Országok Szervezete (OPEC) 14 országot fog össze, és igyekszik kézben tartani a világ kőolaj-felhasználásának befolyásolását. Döntéseik a kőolaj árát is mozgatják.

2001-ben Teheránban létrehozták a Gázexportáló Országok Fórumát (GECF). 12 ország a tagja a laza érdekvédelmi szervezetnek. A csoporton belül Oroszország, Irán, Katar a legnagyobb földgázexportőr. Az évente tartott üléseik inkább konzultációnak tekinthetők, mint a földgázpiacot érdemben befolyásoló fórumnak. Mégis némi figyelmet érdemel ennek a szervezetnek az aktivitása, mert a Föld ma ismert (hagyományos) földgázkészletének 70%-a van a tagországok területén. A GECF 2019. évi előjelzése szerint a világ földgázfelhasználása 2050-re felülmúlja a kőolajfogyasztást, és a Föld energiaigénye 2050-ig 30%-kal fog nőni. A világ primerenergia-igényén belül a földgáz aránya 27% lesz a jelenlegi 23%-hoz képest.

A földgáz külkereskedelme

Kereskedés a tőzsdéken

A tőzsde egy különlegesen szervezett, koncentrált piac, ahol az áruk (beleértve értékpapírokat) kereskedése szigorúan előírt szabályok szerint folyik. Elkülönülten szoktak érték- (pénz, értékpapírok) és áru- (valós áruk) tőzsdéket működtetni.

A legnagyobb forgalmú tőzsdék az OECD államokban működnek. A tőzsde helyszínt biztosít a kereskedéshez, amely egy helyre koncentrálja a keresletet és a kínálatot, s emellett a résztvevők számára speciális, csak a tőzsdére jellemző szabályokat alkalmaz. A különleges szervezettség legfőbb jellemzői, hogy a tőzsdéken:

- csak pontosan meghatározott árukat,
- meghatározott helyen és időben,
- csak feljogosított személyek közreműködésével,
- meghatározott módon

lehet forgalmazni. A megkötött üzletekről csak a mennyiség, az ár és a szállítás időpontja nyilvános.

Mivel sem az eladó, sem a vevő nem ismert, a tőzsde kiváló lehetőség minden külső befolyástól mentes földgázimportra és -exportra is. A tőzsdén kötött ügyletekhez szükséges a földgázszállítóval, mint szállítási rendszer üzemeltetővel is szerződést kötni a tényleges gázszállításra. A tőzsde szigorú rendje mindenekelőtt a befektetők érdekeit szolgálja.

A tőzsdén az áruk fizikai jelenléte nélkül folyik a kereskedés. Tényleges adásvételek, de spekulációs ügyletek is köthetők. Az üzletkötéseket a nyilvánosság, a szereplők általi ellenőrzöttség jellemzi. A megkötött üzletek teljesítését a tőzsde intézményesen szavatolja.

A tőzsde olyan kereskedelmi centrum, amely növeli a befektetési piac likviditását, ugyanakkor olyan információs központ is, amely a főbb gazdasági folyamatok értékelésére is lehetőséget ad. A tőzsdei árfolyam az adott árura vonatkozó valamennyi információt koncentráltan, folyamatosan és objektíven adja közre.

A földgáz külkereskedelmének legalább 95%-át a tőzsdéken kötött üzletek alkotják. Az Európai Unió minden országában működik földgáztőzsde, ezen kívül a világban még további mintegy kétszáz tőzsde forgalmaz földgázt is. A tőzsdék többségében a földgáz az egyik forgalmazott áru.

A világ legnagyobb forgalmú földgáztőzsdéje az USA Louisiana államában működő Henry Hub tőzsde. A Henry Hub tőzsdén kialakult árak hatással vannak az egész világon a földgáz árára.

A tőzsdéken azonnali (másnapra vonatkozó) és későbbi időszakra lehet üzletet kötni. Az USA második legnagyobb árutőzsdéje a New York Mercantil Exchange (NYMEX), ahol a szénhidrogének mellett szénnel, villamos energiával és fémekkel is kereskednek.

A 4. táblázat példaként mutat be néhány spot (azonnali) tőzsdei földgázárat (EUR/MWh) a holland TTF tőzsdén.

4. táblázat. Spot tőzsdei árak a TTF tőzsdén, EUR/kWh [3]

Teljesítés éve	Teljesítés napja	Napi átlagár
2015	12.03	17,5
2016	03.22	11,9
2017	07.26	15,2
2018	07.02	21,8
2020	02.02	9,6

A földgáz és a kőolaj tőzsdei ára között szoros kapcsolat van. A kőolaj ármozgását rövid időn belül követi a földgáz tőzsdei árának változása is.

Az Európai Unióban működő földgáztőzsdék egységes szabályzat szerint működnek.

Európában a földgáz-külkereskedelmi szerződésekben jellemzően a TTF (holland földgáz tőzsde) árait használják. Több magyar földgázkereskedő üzletel a bécsi CEGH földgáztőzsdén. A budapesti HUDEX tőzsdén is lehet földgázügyleteket kötni.

A HUDEX a Magyar Derivatív Energia Tőzsde is az EU szabályai szerint működik: földgáz- és villamosenergia-tőzsde. A földgáztőzsde néhány jellemzője:

- A kereskedés meghatározott kereskedési napokon, kereskedési naptár szerint folyik.
- Alapterméke a határidős földgázüzlet, amelyet az FGSZ Zrt. nagynyomású szállítórendszerén szállítanak le.
- A legkisebb kereskedhető mennyiség: 1 MWh, a legnagyobb egység: 1000 MWh.
- Egységár: EUR/MWh.
- A kereskedés módja: folyamatos kereskedés-elszámolás minden tőzsdenapra vonatkozóan.
- A földgázátadás pontja: az FGSZ Zrt. szállítóvezeték-rendszer virtuális pontja (MGP).
- A kötések időtartama: hónap, negyedév, szezon (nyári: április–szeptember, téli: október–március), év (két következő év).

Vezetékes földgázexport-import

Szomszédos országok között kiépített, de több országon át vezető csővezetékek is szolgálnak a vezetékes földgázexport-import lebonyolítására. A földgázimportőr/exportőr a vezeték használatért díjat fizet a vezeték tulajdonosának.

A vezetékes földgázexport-import Európában jellemző, de jelentős földgázforgalom van például az USA és Kanada között, vagy az észak-afrikai államok és Európa között is. Ha az exportőr és az importőr ország között még további ország is van, akkor külön szerződést kell kötni a földgáztranzitálásra is.

A földgázexport-import szerződéseket általában több évre kötik. A szerződő felek gázpiaci szereplők, nem kormányok. Az európai szerződések néhány jellemzője:

- A szerződések részletesek, minden előforduló eseményt előre kezelnek.
- A földgáz átadás-átvétel helye általában az országhatár.
- A szerződött legnagyobb órai teljesítmény nem léphető át.
- Take-or-pay (TOP) kikötést tartalmaznak: a szerződésben meghatározott havi, éves gáz át nem vétele esetén az elmaradás értékének egy részét ki kell fizetni.
- Az át nem vett, illetve le nem szállított szerződött mennyiség teljesítése közös megegyezéssel halasztható.
- A szerződéses ár meghatározó eleme valamelyik nagy forgalmú (európai) földgáztőzsde jellemző ára.
- Szokásos szerződési tétel az évenkénti szerződés-felülvizsgálat: külső versenyző árajánlatának bekérése és versenyeztetése a többéves szerződés feltételeivel (last call opció).
- A szerződés tartalmazhat kikötést a vételár devizájának árfolyamára is.

A szerződéseket a lejáratig nem szokták felbontani, de módosíthatók.

Cseppfolyós földgáz- kereskedelem (LNG)

Fiatal termék a földgáz világpiacán az LNG. Megnyitotta ez a technológia az utat az exportra azoknak az országoknak, amelyek tengerparttal és jelentős földgázkészlettel rendelkeznek, ugyanakkor hozzáférést biztosít a földgázhoz azoknak a tengerparttal rendelkező országoknak, amelyek szállítóvezetéken nem érhetők el. 2019 végén közel 20 országból exportáltak LNG-t a világon. Az Európai Unió minden tengerparttal rendelkező országában üzemel, épül, vagy terveznek LNG-fogadóállomást. Az 5. táblázat a földgáz külkereskedelmének néhány elemét mutatja be.

Megjelent az LNG-piacon Ausztrália, Indonézia, Malajzia (együtt mintegy 100 milliárd m^3-rel), de Vietnam is. Ezek az országok egyelőre főleg Távol-Keletre szállítanak, de a piaci helyzet eredményezheti azt is, hogy akár Európába szállítsanak. Oroszország felismerte, hogy az LNG a jövő útja újabb exportlehetőségek megszerzésére, és egyelőre Távol-Keleten indította el az LNG exportot. Volt már próbajáratuk az Északi-tengeren át, ahol LNG-terminált is építettek, de szóba jött a Fekete-tenger térsége is.

Az USA a palagázbőségnek köszönhetően megjelent az európai LNG piacon. Többször szállítottak már nagy tisztaságú cseppfolyós etánt Európába, ami a vegyiparban fontos alapanyag.

A földgáz piacát a különböző gazdasági, politikai vagy katonai események befolyásolják, de tartósan a földgáz iránti kereslet növekedésével lehet számolni. A palagáz és a palaolaj megjelenése a piacokon már a tőzsdéket érintő hatáson túljutott.

Az LNG- adásvétel a tőzsdén meghatározott mennyiségről, a hajót indító kikötőről és az indítás időpontjáról, a fogadó kikötőről és az érkezés időpontjáról, valamint a gáz áráról szól alapvetően. A megkötött üzletet a vevő a szállítmány célba érkezéséig továbbadhatja. Az LNG ára valamivel a vezetékes földgáz külkereskedelmi ára felett van.

Az USA elhatározta, hogy már akár 2020-ban is önellátó lesz kőolajból, a palaolaj-kutatások és a kitermelés sikerei miatt. A palaolaj-termelés kap elsőséget, a kísérő gázok elhelyezése vagy exportja ma még több helyen gondot okoz a szállítási infrastruktúra hiányai miatt. Rohamtempóban épülnek a szállítóvezetékek és a tengerparti LNG-terminálok.

Az ENSZ szorgalmazza, hogy minden ország vállaljon akciókat a fosszilis tüzelőanyag-felhasználás visszaszorítására. A klasszikus értelmezés szerint a földgáz nem klímabarát tüzelőanyag, azonban a magas hatásfokú hasznosítás, a széleskörűen kialakult használat, a vegyipar alapanyag-igénye lehetnek olyan tényezők, amelyek nem fordítják a földgáz ellen a környezetvédelmi törekvéseket.

Hivatkozások

[1] BP Statistical Review of World Energy 2019 |68th edition
[2] BP Energy Outlook – 2019 edition (2019. április)
[3] http://www.eex.com és https://www.theice.com/products

5. táblázat. A vezetékes és LNG földgáz kereskedelem változása, milliárd Nm^3 [1]

Ország	2013				2018			
	Csővezetékes		LNG		Csővezetékes		LNG	
	import	export	import	export	import	export	import	export
USA	78,9	44,4	2,7	0,1	77,3	67,6	2,1	28,4
Kína	27,3	-	24,5	-	47,9		73,5	
Kanada	25,8	78,9	1,1	-	21,9	77,2	0,6	
Katar	-	19,9	-	105,8		20,2		104,8
Japán	-	-	119	-			113,1	
Oroszország	27	212	-	14,2	25,2	223,1		24,9
Norvégia	-	102,4	-	3,8		114,3		6,6
Algéria	-	28,8	-	14,9		38,9		13,5
Világ összesen	707,5	707,5	325,	325,3	805,4	805,4	431,1	431,1

Hírek

A Nemzetközi Energiaügynökség a karbonnegativitásról

Valamely tevékenységet akkor tekinthetünk karbonsemlegesnek, azaz akkor állíthatjuk róla, hogy nettó kibocsátása zérus (carbon neutrality, net-zero emission), ha működése során ugyanannyi szén-dioxidot távolít el, mint amennyit kibocsát. Egy vállalkozás, egy ágazat, vagy egy ország akkor lesz karbonnegatív, ha az általa kibocsátottnál több CO_2-ot távolít el a légkörből.

Ahhoz, hogy a (Párizsi Megállapodásban rögzített ambiciózus nemzetközi) klímacélokat évszázadunk második felére el lehessen érni, a jelenlegi tendenciák és az ismert előrejelzések alapján akár az is szükségessé válhat, hogy globálisan megvalósuljon a negatív emisszió. Az IPCC 2018-ban kiadott jelentésében[1] bemutatott szinte valamennyi előrejelzés szerint annak feltétele, hogy a globális átlaghőmérséklet ne emelkedjék 1,5 °C fölé, hogy 2050 után meg kell valósulnia a negatív kibocsátásnak.

Ez azonban nem jelenti azt, hogy a kibocsátott szén-dioxidnak a légkörből való eltávolítása lehetne az egyetlen hosszútávú megoldás. Rövidebb távon az alkalmazott technológiák korszerűsítése nagyon fontos szerepet játszhat a tiszta energiára történő átállás folyamatában. Az ezzel kapcsolatos innovációk semlegesíthetik vagy ellensúlyozhatják azoknak az eljárásoknak a kibocsátásait, amelyek jelenlegi fejlettségi szintjükön nem, vagy csak szinte megfizethetetlen költséggel lennének karbonsemlegessé tehetők. Különösképpen igaz ez az acél- és cementgyártásra, valamint a nagy távolságokra történő szállítás és a légi közlekedés területén.

Az IEA elemzőjének megítélése szerint a szén-dioxid kivonása pl. a füstgázokból vagy akár a légkörből nem lehet a kibocsátás-csökkentés alternatívája, vagy ürügy arra, hogy elhalasszák a kibocsátás-csökkentési eljárások bevezetését. Jelenlegi ismereteink alapján mindazonáltal úgy tűnik, hogy az éghajlatváltozás elleni küzdelemben ezek alkalmazása feltétlenül szükséges.

Hogyan lehet kivonni szén-dioxidot a légkörből?

Jelenlegi ismereteink szerint a szén-dioxid kivonása a légkörből háromféle módszerrel lehetséges:

- természeti folyamatok,
- a természeti folyamatok hatékonyságának javítását szolgáló eljárások,
- technológiai megoldások.

Ilyen **természeti folyamat** az erdősítés (erdőtelepítés olyan területeken, ahol korábban nem voltak erdők) és az újraerdősítés (a kivágott vagy kipusztult erdők újratelepítése). Léteznek további megoldások is, mint pl. a partok menti vagy a tengeri élőhelyek célzott helyreállítása oly módon, hogy azok (ismételten) alkalmasak legyenek a CO_2 kivonására a levegőből.

A **továbbfejlesztett, gyorsított természeti folyamatok** közé olyan talajgazdálkodási intézkedések tartoznak, amelyek növelik a talaj karbontartalmát. Ilyen lehet pl. a biomasszából előállított faszén (biochar) bekeverése a termőtalajba, ami így lehetővé teszi a szénnek akár több száz évig a talajban való tárolását. Ennél egyelőre kevésbé fejlett eljárásnak tűnik a talaj mállasztása, amivel meg lehet gyorsítani a szén-dioxid abszorpcióját a talajban (példaként említhető az az eljárás, amelynek során finomra őrölt szilikát ásványokat kevernek a talajba). Jelenleg is folynak kísérletek, amelyek során pl. az óceánok vizébe speciális tápanyagokat adagolnak, ezzel javítva annak CO_2-felvevő képességét. Ezek a módszerek még jelentős kutatási-fejlesztési tevékenységet igényelnek ahhoz, hogy bevezethetővé váljanak.

A technológiai megoldások túlnyomó többsége a leválasztott szén-dioxid hosszú távú geológiai tárolásán alapul. Ilyen a biológiai forrású energiahordozókat alkalmazó energiatermelés, majd a CO_2 leválasztása és tárolása (BECCS[2]), vagy a szén-dioxid közvetlen kivonása a légkörből. Ezek az eljárások jelentős szerepet kaphatnak az energetikai átmenet folyamatában.

Az IPCC megállapítása szerint a mezőgazdasági, erdészeti és földhasználati eljárások 2050-ig évente 1–11 milliárd tonna CO_2 eltávolítására, illetve a légkörből való kivonására lehetnek alkalmasak. Az évszázad közepéig a BECCS-alapú eljárásokkal kivont szén-dioxid mennyisége elvileg elérheti az évi 8 milliárd tonnát. Ez jelentős mennyiség, ha figyelembe vesszük, hogy 2018-ban az energetikai ágazat globális kibocsátása 33 milliárd tonna volt.

Bioenergia alkalmazása a CO_2 leválasztásával és tárolásával (BECCS)

A BECCS olyan esetekben alkalmazható, amelyek során az energiatermelés alapanyagául biomasszát választunk, vagy biomassza és fosszilis tüzelőanyagok keverékét tüzeljük el az energetikai berendezésekben, a cementgyártásban használt kemencékben, azokban a finomítókban, amelyekben a bioüzemanyagokat (etanolt) fermentációval állítjuk elő, vagy akár a biomasszából történő biogáz-előállítás során. A BECCS alkalmazása során azt a szén-dioxidot távolítjuk el és tároljuk földalatti üregekben, amelyet a fejlődő növények a légkörből vontak ki korábban, így az kikerül a természetes karbon-ciklusból.

A BECCS az egyik technológiailag legérettebb szén-dioxid eltávolítási eljárás.

Világszerte számos ilyen létesítmény üzemel, amelyek az ipari folyamatokból és a biomassza-alapú villamosenergia-termelésből származó CO_2-ot kivonják. Az Egyesült Államokban például az Illinois államban működő létesítményben[3], ahol bioetanolt gyártanak, évente mintegy 1 millió tonna CO_2-t választanak le és tárolnak egy erre a célra kijelölt geológiai tárolóban. Az Egyesült Királyságban a Drax erőműben kísérleti projekt indult a biomassza-tüzelés során keletkező CO_2 leválasztására és tárolására. Ha a projekt sikeres lesz, ez lehet a világ első negatív kibocsátású erőművi egysége.

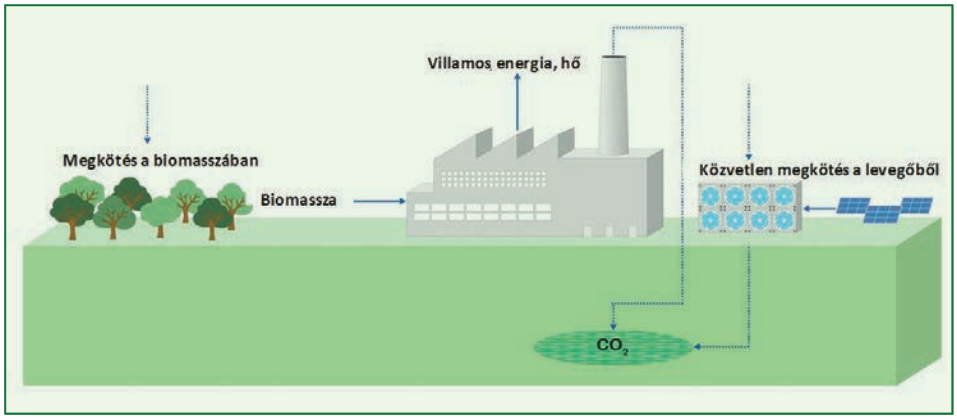
Bizonyos esetekben a BECCS viszonylag alacsony költségű lehetőséget kínál a szén-dioxid-leválasztás és -tárolás bevezetésére. Ilyen pl. a bioetanol előállítása, amelyben a CO_2 befogási költségei nem magasabbak 25 USD-t/CO_2-nél. Nehézséget okoz mindazonáltal a biomassza fenntartható rendelkezésre állása (kitermelés, szállítás, előkészítés), valamint a leválasztott CO_2 szállítására és tárolására szolgáló infrastruktúra biztosítása, amely utóbbi a világ legtöbb régiójában nem áll rendelkezésre.

A szén-dioxid közvetlen leválasztása a légkörből

A közvetlen leválasztással nyert szén-dioxidot élelmiszer- és italgyártásra lehet felhasználni, vagy szintetikus üzemanyagok gyártása során lehet hasznosítani. Ezekben az esetekben a leválasztott CO_2 újra a légkörbe jut, azaz ilyen módon nem érhető el negatív kibocsátás.

Miután a légkörben a CO_2 koncentrációja alacsony, a levegőből történő közvetlen leválasztási technológiák jelenleg energiaigényesebbek és drágábbak, mint más szén-dioxid-leválasztási eljárások, amelyek nagyobb koncentrációjú gázokkal működnek. A közvetlen eljárások becsült fajlagos költsége 95–230 USD/tCO_2. Mára tíz fölé emelkedett azoknak a kisebb létesítményeknek a száma, amelyekben a levegőből vonják ki a gázt és használják pl. szénsavas italok gyártásához. Az első nagy léptékű üzem jelenleg épül az USA-ban[4], amely évi 1 millió tonna CO_2 leválasztását tűzte ki célul és a gázt a nyersolaj-kitermeléshez fogják felhasználni.

Az IEA következetesen hangsúlyozza, hogy a globális energetikai átálláshoz – más, nem technológiai jellegű intézkedéseken kívül (energiahatékonyság javítása, energiatakarékosság stb.) – különféle technológiák alkalmazása szükséges. Nincs egységes vagy egyszerű megoldás a nemzetközi éghajlatpolitikai célok elérésére, miközben alapvető fontosságú az energiaellátás biztonsága és az energiához való hozzáférés biztosítása. Bár a kibocsátások csökkentése az elsődleges feladat, a szén-dioxid-eltávolítási technológiák, például a BECCS és a közvetlen leválasztás fejlesztése és alkalmazása fontos és kiegészítő szerepet játszhat az energiaágazat szén-dioxid-semlegesség felé történő elmozdításában.



Szén-dioxid megkötési lehetőségek

Forrás: Budinis, S.: Going Carbon Negative: What are the technology options? https://www.iea.org/commentaries/going-carbon-negative-what-are-the-technology-options?utm_campaign=IEA%20newsletters&utm_source=SendGrid&utm_medium=Email

Jegyzetek

1. https://www.ipcc.ch/sr15/
2. BECCS: BioEnergy and Carbon Capture and Storage
3. https://www.adm.com/news/news-releases/adm-begins-operations-for-second-carbon-capture-and-storage-project-1
4. https://carbonengineering.com/news-updates/carbon-engineering-expanding-capacity-of-commercial-dac-plant/

Létrejöhet Magyarország legnagyobb energia-kiskereskedelmi társasága

Jóváhagyta a cégbíróság, hogy 2020. március 31-ével az MVM Partner Zrt.-ből az NKM Energia Zrt.-be kerüljön át a versenypiaci kiskereskedelmi üzletág. Az NKM Energia Zrt. az NKM 100%-os tulajdonú társasága. 2019. június 30-án alapították, amikor az NKM földgázszolgáltató és áramszolgáltató társaságai, az NKM Földgázszolgáltató Zrt. és az NKM egyesültek.

Az MVM Csoport az optimális működés, valamint az ügyfelek hatékonyabb kiszolgálása érdekében alakítja át struktúráját. A vállalatcsoport hosszú távú stratégiájának megfelelően megszünteti a tagvállalati portfóliók és tevékenységek közötti párhuzamosságokat. A hazai energetikai társaság stratégiai tevékenységi területeinek optimális működését segíti, hogy teljes villamosenergia- és földgáz-kiskereskedelmi tevékenységét a vállalatcsoporthoz tartozó NKM Energia Zrt.-be szervezi.

Az MVM Partner Zrt. ezzel a nemzeti energetikai holding egyedüli villamosenergia-nagykereskedő társasága, az NKM Energia Zrt. pedig az egyetlen villamosenergia- és földgáz-kiskereskedő társasága lesz. Utóbbi feladatává válik a 4,2 millió lakossági ügyfelet kiszolgáló egyetemes szolgáltatás is.

Forrás: MTI, https://www.nkmenergia.hu/vallalati-informaciok/rolunk http://mvm.hu/uncategorized/az-mvm-csoport-egy-cegbe-szervezi-energia-kiskereskedelmi-tevekenyseget/

Magyarország megújult energiastratégiája és klímaterve

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium közzétette az új Nemzeti Energiastratégiát (98 oldal) és a Nemzeti Energia- és Klímatervet (NEKT, 292 oldal). A kormány, illetve a minisztérium honlapján ugyancsak megtalálható a „Jelentés az éghajlatváltozás Kárpát-medencére gyakorolt esetleges hatásainak tudományos értékeléséről" (77 oldal) c. dokumentum. Nagy kár, hogy a közzétett dolgozatok szerzői kollektíváit – amelyek bizonnyal igen alapos és körültekintő munkát végeztek – nem tüntetik fel, így az olvasók kénytelenek közvetlenül a minisztériumhoz fordulni esetleges véleményükkel, javaslataikkal, bírálataikkal, kiegészítéseikkel. Amint Orbán Viktor januári nemzetközi sajtótájékoztatóján kiderült, a kormányülés megtárgyalta, jóváhagyta és elfogadta a dokumentumokat (a miniszterelnök név szerint csak a stratégiát és az éghajlatváltozási cselekvési tervet említette), így nem egyértelmű, hogy a szakmát képviselő olvasók véleményével kiegészülhetnek-e, módosulhatnak-e ezek a fontos, jövőbe mutató dolgozatok.

A Nemzeti Energiastratégiához egy melléklet tartozik (123 oldal), míg az Európai Bizottság szabályainak megfelelően készült NEKT-et 4 melléklet egészíti ki. Ezek mindegyike Excel táblázatos formában szolgál számszerű adatokkal. Ugyanitt további három dokumentum található még, amelyek a Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia tervezetét (46 oldal), annak társadalmi egyeztetését (31 oldal), és az egyeztetés rövid kiértékelését (3 oldal) tartalmazzák.

Fájóan hiányzik a stratégia és a terv – jogszabály szerint előírt – stratégiai környezeti vizsgálata (SKV), hatásvizsgálata, jóllehet a minisztérium korábbi nyilvános tájékoztatóján, az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szervezésében az SKV-ről tavaly november 26-án még előadást is hallhattak a résztvevők, akik igen szép számmal vettek részt a Ráday utcában a Károli Gáspár Református Egyetem előadótermében tartott rendezvényen, amelyet Palkovics László miniszter nyitott meg.

A világ legnagyobb naperőművei

Az épülő villamosenergia-termelő berendezések közül a naperőművek kapacitása nő a leggyorsabban. Az elmúlt öt évben a növekedés üteme elérte a 60%-ot, és 2018-ra 480 GW fölé emelkedett. Az 1. táblázat bemutatja a világon üzemelő legnagyobb kapacitású naperőműveket. (UG)

Források:

https://electrek.co/2018/01/29/10-really-cool-solar-power-installations/
https://www.power-technology.com/features/the-worlds-biggest-solar-power-plants/
https://asia.unlockingsolarcapital.com/top-50-operational-plants
https://en.wikipedia.org/wiki/Kurnool_Ultra_Mega_Solar_Park

A Kamuthi Solar projekt látképe (India)

1. táblázat. A legnagyobb naperőművek a világon (2018)

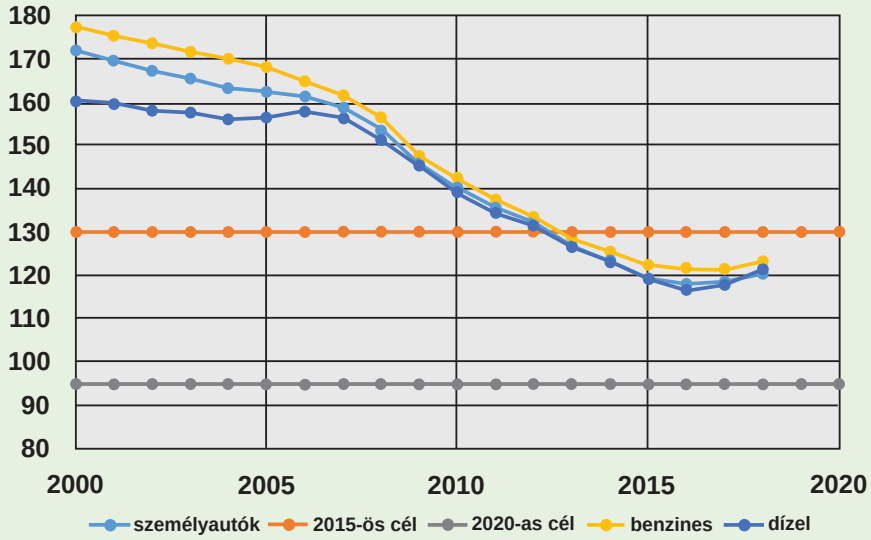
Erőmű projekt neve	Ország	Kapacitás	Terület	Üzembe helyezés éve	Beruházás
		MW	km²		millió USD
Tengger Desert Solar Park	Kína	1547	43	2017	–
Sweihan Photovoltaic Independent Power Project	USA	1177	8	2017	870
Yanchi Ningxia Solar Park	Kína	1000	–	2016	2340
Datong Solar Power Top Runner Base	Kína	1070	–	2016	–
Kurnool Ultra Mega Solar Park	India	1000	23	2015	980
Longyangxia Dam Solar Park	Kína	850	27	2013	920
Enel Villanueva PV Plant	Mexikó	828	24	2018	–
Kamuthi Solar Power Station	India	648	10	2016	680
Solar Star Projects	USA	579	13	2015	–
Topaz Solar Farm and Desert Sunlight Solar Farm	USA	550	19	2012	1460

A kormány általi elfogadás ténye nem tekinthető véglegesnek, miután erről az aktusról egyelőre nem jelent meg kormányhatározat. Így az sem ismert, hogy a dokumentumokat megtárgyalja-e a Parlament. Orbán Viktor január 9-i sajtótájékoztatóján már arról tájékoztatta a jelenlévőket, hogy február elején konkrét intézkedési terveket is közzétesznek a stratégia végrehajtásához. Ennek megfelelően a kormány honlapján február közepe óta olvasható „A 2020 végéig tartó I. Éghajlatváltozási cselekvési terv" (82 oldal) és annak mellékletei (23 oldal), amelyet az ITM mellett a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Nemzeti Alkalmazkodási Központ Főosztálya jegyez.

Forrás: https://www.kormany.hu/hu/dok?source=11&type=402#!DocumentBrowse

Nincs sok esély a személyautók 2020-as kibocsátási célértékének elérésére

Az Európai Unió célértéke szerint az évente üzembe helyezett új autók átlagos szén-dioxid-kibocsátása 2015-re 130, 2020-ra 95 g/km-re kell csökkenjen. Ezek közül a 2015-ös célértéket sikerült elérni, sőt kb. 120 g/km-re csökkent az átlagos kibocsátás. A mérési eredményeket az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (European Environmental Agency, EEA) összesítette és publikálta 2019 novemberében. Az eredményt az 1. ábra mutatja. A felmérésben az EU tagállamok mellett Izland adatai is szerepelnek.



1. ábra. **Az újonnan üzembe helyezett személyautók átlagos fajlagos CO_2 kibocsátása, g/km**

Ugyanebben az ábrában az is látszik, hogy a 2020-as cél teljesítése gyakorlatilag lehetetlen. A 2000 és 2016 közötti jelentős és monoton csökkenés után 2017-re 0,4 g/km értékkel, majd 2018-ra újabb 2,0 g/lm-rel növekedett.

A növekedésnek többféle oka van:

- Csökkent a dízelmotoros autók aránya a 2011-es 55%-os csúcsértékről 36%-os részaránya 2017-re.
- Lényegesen megnőtt a SUV (Sport Utility Vehicle; magyar fordításban sportcélú haszonjármű, de nevezik utcai terepjárónak vagy szabadidőautónak is) aránya a teljes gépkocsiparkon belül és az arány megközelítette az 1/3-ot. A SUV-ok átlagosan nagyobb méretűek és tömegűek, mint az egyéb autók, emiatt a fogyasztásuk is mintegy 10%-kal magasabb.
- Nőtt, de nem a várt ütemben a villamos hajtású autók aránya. A tisztán akkumulátoros autókból és a plug-in hibridekből egyaránt közel 150 ezer darabot helyeztek üzembe 2018-ban, ez azonban csak az összes üzembe helyezés 2%-a.

Figyelemre méltó, hogy a benzines és dízelmotoros személyautók fogyasztása közötti különbség 2005 után néhány éven belül jelentősen lecsökkent, majdnem eltűnt. (GI)

Források:

https://www.eea.europa.eu/highlights/average-co2-emissions-from-new
https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/average-emissions-for-new-*cars-5#tab-chart_2*

A lítium-ion akkumulátorokról

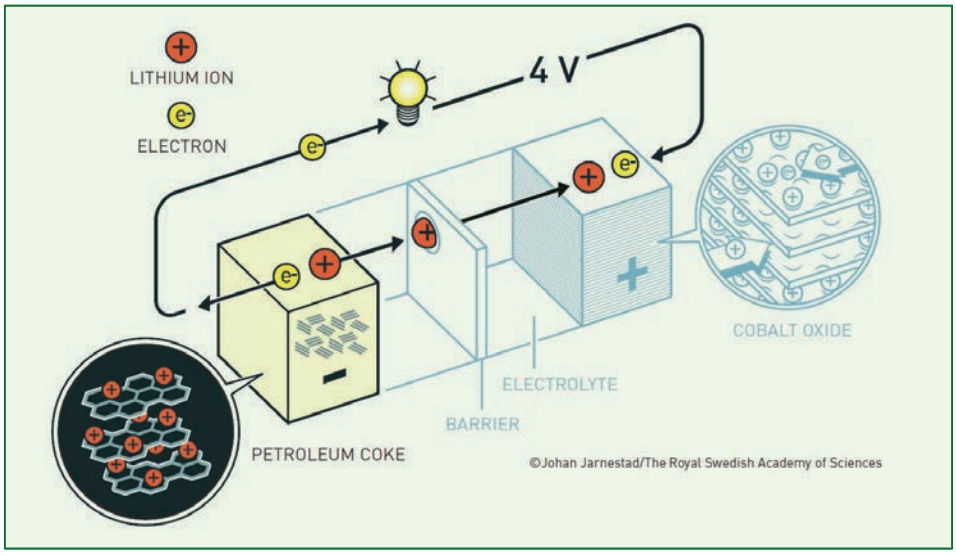
Aligha vonható kétségbe, hogy a lítium-ion akkumulátorok megváltoztatták a világot. Jelentős mennyiségű energia – hordozható és újratölthető akkumulátorokban való – tárolása nélkül nem lehetne mobiltelefonunk és a többi, mára megszokott eszközeinket is nélkülöznünk kellene. A technológia felfedezőit 2019-ben kémiai Nobel-díjjal tüntették ki.

J. B. Goodenough, M. S. Whittingham és A. Yoshino részesültek 2019-ben a legnagyobb tudományos elismerésben. Whittingham a hetvenes évek olajválsága kapcsán, szupravezetőkkel kapcsolatos kutatásai során fedezte fel, hogy létezik egy olyan, kiemelkedően energiagazdag anyag, amelynek segítségével a lítium-akkumulátorokhoz újfajta katód készíthető. Ezt az anyagot titán-diszulfidból (TiS_2) állították elő, amelyben molekuláris szinten olyan (ún. intersticiális, rácsközti) üregek találhatók, amelyek lítium-ionok átmeneti otthonaként szolgálhatnak. Az akkumulátor anódja fémes lítiumból készült, amely könnyen ad le elektronokat. Az így készült akkumulátor feszültsége nagyobb, mint 2V. Hátránya, hogy a fém lítium igen reakcióképes és robbanékony, ezért a hétköznapi alkalmazása nem megvalósítható.

Goodenough feltételezte, hogy a katód potenciálja tovább növelhető, ha fém-oxid helyett fém-szulfidból állítják elő. Hosszú és rendszeres kísérleteket követően kimutatta, hogy a rácsközti lítium ionokat tartalmazó kobalt-oxid katód segítségével a 4V feszültség is elérhető.

Yoshino készítette el az első kereskedelmi forgalomba hozható lítium-ion akkumulátort 1985-ben. Anódként nem a reaktív fém lítiumot használta, hanem petrolkokszot, amely hasonlóan a kobalt-oxid katódhoz képes a lítium ionok befogására. Kutatásai eredményeként olyan kis súlyú, strapabíró akkumulátorhoz jutott, amely akár több száz alkalommal is feltölthető és kisüthető anélkül, hogy a teljesítménye csökkenni kezdene. A lítium-ion akkumulátorok nagy előnye, hogy működésük nem olyan kémiai reakciókon alapul, amelyek károsítják az elektródokat, hanem úgy működnek, hogy a lítium ionok oda-vissza mozognak az anód és a katód között. 1991-ben kerültek először kereskedelmi forgalomba.

Az első kereskedelmi lítium-ion akkumulátorok anódja petrolkokszból készült, katódja lítium-kobalt-oxid (Li_xCoO_2), míg vízmentes elektrolitja propilén-karbonátban oldott lítium-hexa-fluoro-foszfát ($LiPF_6$) volt. Töltőfeszültsége eléri a 4,1V-ot, energiasűrűsége pedig kb. 80 Wh/kg (200 Wh/liter). Nem sokkal később kiderült, hogy megfelelő elektrolit-összetétel mellett a petrolkokszt helyett grafit is használható. Etilén-karbonátot tartalmazó oldószer alkalmazása esetén – amelyet korábban a magasabb olvadáspontja miatt mellőztek – olyan szilárd közbenső fázisú elektrolit (SEI) alakul ki a grafit elektródon a töltés/kisütés folyamata során, amely megvédi a karbon anyagát a leválástól és a további degradációtól. A következő generációs lítium-ion akkumulátorokat már ennek megfelelően grafit-anóddal állították elő. Így 4,2V töltőfeszültség és csaknem kétszeres energiasűrűség vált elérhetővé.



1. ábra. **A Nobel-díjat eredményező lítium-ion akkumulátor [1]**

A további fejlesztések között megemlítendők a katódként használható új anyagok, amelyeket Goddenough csoportja fedezett fel: olyan lítium-vegyületeket próbált használni a katód anyagaként, amelyek úgynevezett átmenti fémeket (kobalt, nikkel, mangán, vas) és oxigént is tartalmaznak. Ezekben a cellákban a töltés során alkalmazott feszültség hatására a pozitív töltésű lítium-ionok a katódról a grafit anódra vándorolnak és ott fémes lítiummá alakulnak át. Ilyen pl. a spinell szerkezetű lítium-mangán-oxid és az olivin szerkezetű lítium-vas-foszfát. Ez utóbbi feszültsége kisebb, de stabilabb és nagyobb töltési sebességek esetén is használható – és nem is gyúlékony. Nem állt meg természetesen sem az elektródok, sem az elektrolitok kutatásfejlesztése sem [1].

Manapság egy kereskedelemben kapható, plug-in hibrid gépkocsi akkumulátorának kapacitása kb. 10-12 kWh. A Tesla Model S elektromos autóban 85 kWh-s akkumulátor üzemel.

A lítium-ion akkumulátorok gyártása során – amint fentebb bemutattuk – olyan ritka elemekre, pl. nikkelre és kobaltra van szükség a pozitív elektród (katód) előállításához, amelyek készletei végesek, áruk emelkedik és nem elhanyagolhatóak a velük összefüggésben felmerülő környezetvédelmi problémák sem. Szakértők jelentős hiányt jósolnak már 2022-re is. Ezek a körülmények is serkentik olyan új anyagok vizsgálatát, amelyekkel az átmeneti fémek helyettesíthetők lehetnek. Ilyen lehet pl. a kén. A lítium-kén akkumulátorok jóval több energia tárolására képesek, egységnyi tömegre vetítve akár hatszor annyit képesek felvenni, mint elődeik. Ennél még fontosabb, hogy alapanyaguk is lényegesen olcsóbb és a Föld számos pontján elérhető. A kén a 16-ik leggyakoribb elem, amelyből jelenleg mintegy 70 millió tonnányit bányásznak évente. Sajnálatos módon azonban a lítium-kén akkumulátorok gyakorlati alkalmazását mindeddig megakadályozta, hogy (fizikai értelemben vett) feszültség hatására törékennyé válnak [2, 3].

Egy jelenleg folyó fejlesztés azonban felélesztette a reményt. A lítium-kén akkumulátorokban az energia tárolása úgy történik, hogy a lítium kationok (pozitív töltésű ionok) egy olyan elektródon abszorbeálódnak, amelyek polimer kötőanyag által egyben tartott karbon-mátrixban elhelyezkedő kén részecskéket tartalmaznak.

Ezek nagy tárolókapacitását az adja, hogy az elektród, miközben az akkumulátor teljesen feltöltődik, eredeti térfogatának csaknem kétszeresére duzzad. A töltési-kisütési folyamat során végbemenő tágulás és összehúzódás következtében a részecskék közötti összetartó erő csökken és a karbonmátrix, valamint a polimer kötőanyag is folyamatosan deformálódik. A karbon-mátrix az akkumulátor alapvető fontosságú eleme, miután ezen keresztül jutnak az elektronok a szigetelő tulajdonságú kénhez, amelyet a polimer ragasztó tart egyben. Ha ezek deformálódnak, az elektronok nem tudnak az elektródon áthaladni, mert elzáródik az út, amelyen ezt megtehetnék. Ezzel pedig az akkumulátor teljesítménye igen gyorsan visszaesik. (A „hagyományos" lítium-ion akkumulátorok esetében ez a probléma nem merül fel).

Az ausztráliai Monash University munkatársai a kötőanyag előállítása során olyan módszert alkalmaztak, amelynek eredményeképpen a ragasztóanyag olyan, rugalmas hálós szerkezetűvé alakítható, amelynek térközeiben elegendő üres hely marad ahhoz, hogy az anyag össze tudjon húzódni, illetve tágulni tudjon, miközben az egyes részecskék együtt maradnak. Ezek a tágulástűrő elektródok hatékonyan képesek kezelni és elviselni a ciklikus feszültséget és lehetővé teszik, hogy a kénrészecskék teljes tárolókapacitását kihasználhassuk. A kísérletek egyelőre laboratóriumi szinten folynak, de a kutatók reményei szerint 2-4 éven belül ezek az akkumulátorok akár kereskedelmi forgalomba kerülhetnek [4].

Források

[1] Scientific Background on the Nobel Prize in Chemistry 2019, Lithium-ion Batteries, https://www.nobelprize.org/uploads/2019/10/advanced-chemistryprize2019.pdf

[2] Lithium-Sulphur batteries: cheaper, greener, hold more energy https://energypost.eu/lithium-sulphur-batteries-cheaper-greener-hold-more-energy/ 2020-01-16

[3] Alarco, J., Talbot, P.: Charged up: the history and development of batteries, https://theconversation.com/charged-up-the-history-and-development-of-batteries-40372 2015-04-30

[4]Shaibani, M.: Batteries made with sulfur could be cheaper, greener and hold more energy https://theconversation.com/batteries-made-with-sulfur-could-be-cheaper-greener-and-hold-more-energy-129135

Kiváló olaj- és gázipari diplomamunka díjak

A Szénhidrogénipari Mérnökképzésért Alapítvány Kuratóriuma kiemelkedő színvonalú szakdolgozatáért/diplomamunkájáért és a védés során tanúsított felkészültségének elismeréséül díjat adományozott négy végzős hallgatónak. A díjak ünnepélyes átadására 2020. február 7-én került sor a Miskolci Egyetem XIX. előadótermében. A díjakat Dr. Turzó Zoltán, az Alapítvány elnöki tagja adta át. Az elismerő oklevélhez pénzjutalom is tartozik.

Az 1992-ben alapított Szénhidrogénipari Mérnökképzésért Alapítvány 2010-ben hozta létre diplomamunka-díját az olaj- és gázipari tématerületeken készült, kiemelkedő szakmai teljesítményt nyújtó dolgozatok megbecsülésére. A Miskolci Egyetem Kőolaj és Földgáz Intézetében 2020. január 6-án, 7-én és 8-án megtartott Olaj- és gázmérnök szakos, illetve specializációs záróvizsgák eredményei alapján az Alapítvány Kuratóriuma az alábbi díjakat ítélte oda a frissen végzett mérnök hölgyeknek és uraknak.

A Szénhidrogénipari Mérnökképzésért Alapítvány Kuratóriuma kiemelkedő színvonalú szakdolgozatáért és a védés során tanúsított felkészültségének elismeréséül **arany fokozatú szakdolgozat díjat** adományozott **Magyar Veronika** végzős BSc hallgatónak CAMCO BK1 ¼ típusú szelep CFD vizsgálata dinamikus körülmények között című dolgozatáért.

Ezüst fokozatú szakdolgozat díjat adományozott **Papp Cintia** végzős BSc hallgatónak Hidrogén gáz hatása a tárolói eszközrendszerre című dolgozatáért.

Ezüst fokozatú szakdolgozat díjat adományozott **Ponta Péter Ádám** végzős BSc hallgatónak WARP és kalcium bázisú fluidumtechnológia összehasonlítása című dolgozatáért.

Ezüst fokozatú diplomamunka díjat adományozott **Mészáros Katalin** végzős MSc Olaj- és gázmérnök hallgatónak Nagyközépnyomású gázelosztó légvezeték kiváltásának vizsgálata című dolgozatáért.

A hallgatók ugyanezen a napon vehették át BSc és MSc szintű mérnöki diplomájukat is a Miskolci Egyetem Diplomaátadó Nyilvános Szenátusi Ülésén. (SZI)

Balról jobbra: Dr. Turzó Zoltán az alapítvány elnöke, Mészáros Katalin, Magyar Veronika, Ponta Péter Ádám

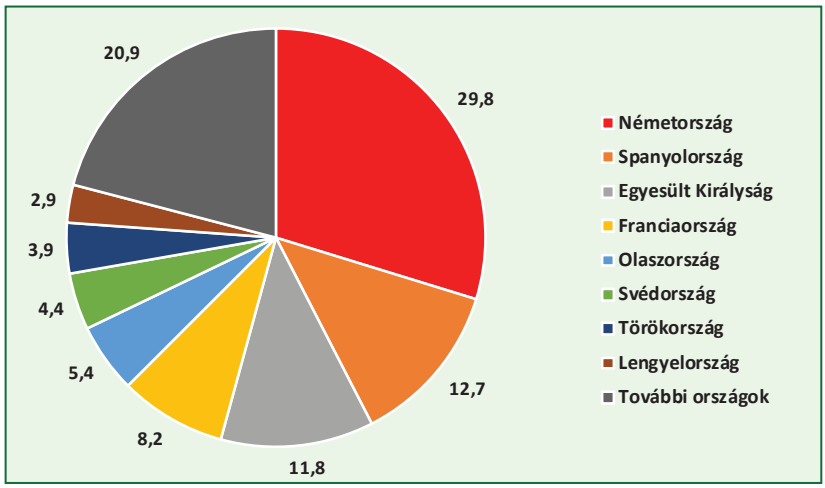
Európa szélerőművi kapacitása meghaladta a 200 GW-ot

Európában a szélerőművek együttes teljesítőképessége 2019-ben 205 GW-ra emelkedett. A növekedés mértéke a tavalyi évben 8% volt (15,4 GW). Az új létesítmények a 2018. évinél több mint egynegyedével magasabbak. Háromnegyedük a szárazföldön, 3,6 GW-nyi pedig a tengereken létesült. A szélerőműveket építő országok közül Németország telepítette a legtöbbet.

2019 végén az európai szélerőművek kétharmada 5 országban működött (1. ábra). Németországban (61 GW), Spanyolországban (26 GW), az Egyesült Királyságban (több mint 24 GW), Franciaországban (közel 17 GW) és Olaszországban (11 GW). A szélerőművek 2019-ben 417 TWh villamos energiát termeltek, amely Európa villamosenergia-fogyasztásának 15%-át teszi ki. A szélenergia Dániában a villamosenergia-termelés 48%-át, Írországban a 33%-át, Portugáliában a 27%-át, Németországban a 26%-át, az Egyesült Királyságban pedig a 22%-át fedte le.

Források:

https://www.enerdata.net/publications/daily-energy-news/europe-installed-more-15-gw-new-wind-capacity-2019.html?utm_source=Enerdata&utm_campaign=c1171200c6-Email_Daily_Energy_News_02_2020&utm_medium=email&utm_term=0_838b1c9d18-c1171200c6-124440385
https://windeurope.org/newsroom/press-releases/europe-now-gets-15-percent-of-its-electricity-from-wind-but-is-not-building-enough-to-deliver-the-green-deal/



1. ábra. **Az európai szélerőművek kapacitásának megoszlása 2019 végén, %**

Dr. Bíró Károly Ágoston 1941-2020

Dr. Bíró Károly Ágoston 1941. május 29-én született Szentegyházán, Hargita megyében, Romániában. Középiskolai tanulmányait a székelyudvarhelyi dr. Petru Groza (ma Tamási Áron) Gimnáziumban végezte magyar nyelven. Ezt követően a temesvári Traian Vuia Politechnikai Intézetben a Villamosmérnöki Karon, az Elektromechanika szakon szerzett villamosmérnöki oklevelet.

Egész pályafutása a Kolozsvári Politechnikai Intézethez (Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar) kötötte. Az oktatói ranglétrát végigjárva végül professor emeritusként vonult nyugállományba 2008-ban. Pályafutása során 16 évig vezette a Villamos Gépek, Management és Marketing Tanszéket, számos megbízatást látott el az egyetem Villamosmérnöki Karán. Szakterülete a villamos gépek tervezése, modellezése, mérése és hibaanalízise volt.

Több mint 200 tudományos cikk, konferenciadolgozat és szakkönyv szerzője, illetve társszerzője. Oktatási és tudományos munkájának elismeréseként számos romániai és magyarországi elismerésben részesült. Romániában „Kiváló Docens", „Conferentiar Universitar Evidentiat" címet és Titu Maiorescu I-osztály oklevelet kapott. 2000-ben a Román Köztársaság elnöke a Nemzeti Érdemrend lovagi fokozatát adományozta Bíró Károlynak. Magyarországon a Miskolci Egyetem, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, a Magyar Energetikai Társaság, a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége és a Magyar Mérnöki Kamara részesítette elismerésben. 2004-től a Magyar Tudományos Akadémia Köztestületi tagja.

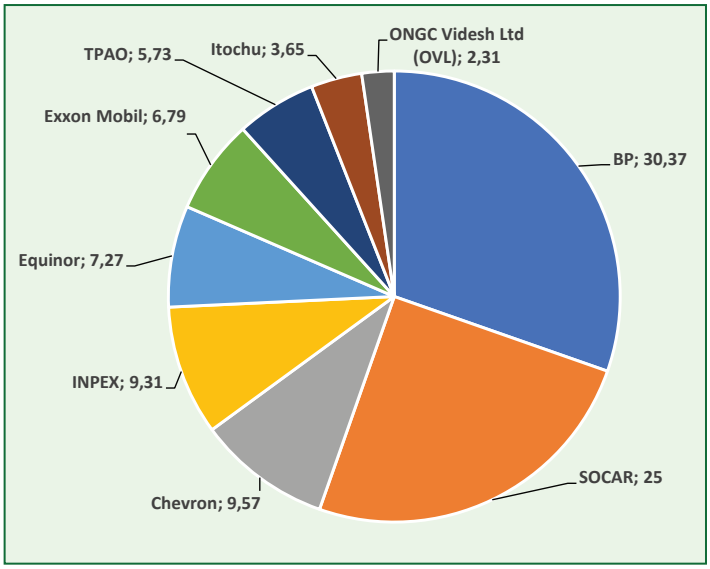
Az 1990-ben alakult Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) alapító tagja, 1997–2004 között pedig elnöke volt. Megalapította, majd több mint 2 évtizedig vezette az EMT Energetika-Elektrotechnika Szakosztályát. A szakosztály 2000 óta évente rendezi meg a magyar nyelvű Energetika-Elektrotechnika konferenciát (ENELKO), amelynek 2018-ig elnöke is volt. 2003-tól a Magyar Energetikai Társaság tagjai is szép számmal vesznek részt a konferenciákon, 2014 óta az ENELKO konferenciának a MET is társszervezője. Bíró Károly rendszeres látogatója volt a MET által szervezett Magyar Energia Szimpóziumnak is.

Fáradhatatlan szervezője volt a romániai és magyar energetikusok szakmai együttműködésének. 2020. január 6-án hunyt el. Emlékét és szellemiségét tisztelettel megőrizzük.

500 millió tonna felett

A Kaspi-tengeri ACG olajmező kitermelése 2020 januárjára túllépte az 500 millió tonnát . Az Azeri-Chirag-Gunashli mezőben 1997. november 7-én kezdődött meg a termelés. Azerbajdzsán kormányának közvetlen bevétele ezzel meghaladta a 140 milliárd USD-t. A mezőt a BP Exploration Ltd. üzemelteti.

Az ACG részvényeinek megoszlását az 1. ábra mutatja:



1. ábra. **Az ACG részvényeinek megoszlása 2020, %**

Az ACG alapszerződését 1994 szeptemberében írta alá az azeri kormány és 11 külföldi olajtársaságból alakult konzorcium. Azerbajdzsán kormányát a szerződésben az állami olajtársaság (SOCAR = State Oil Company of Azerbaijan Republic) képviselte. Az alapító társaságok 6 országot képviseltek (BP, Amoco, Unocal, Lukoil, Statoil, Exxon, Pennzoil, McDermott, Ramco, Delta Nimir; UK, USA, Oroszország, Norvégia, Törökország, Szaúd-Arábia). Az időközben lezajlott adásvételek és átalakulások az 1. ábrán látható tulajdonosi struktúrát alakították ki.

Az ACG olajmező a Kaspi-tengerben Azerbajdzsán vizein Bakutól keletre 100 km távolságban található. A vízszintesen elhelyezkedő rezervoárok 2000 és 3500 m közötti mélységben helyezkednek el. 2019 első félévéig a beruházott tőke nagysága elérte a 36 milliárd USD-t. Jelenleg az éves kitermelés meghaladja a 3,6 milliárd barrelt (kb. 520 millió tonna). A Chirag-mező 1997 óta működik. Ezt követte 2005 elején az Azeri-Közép, majd ugyanezen év végén az Azeri-Nyugat, majd 2006-ban az Azeri-Kelet mező. 2008 óta termelnek olajat a Gunashli-mezőből. A Chirag-Nyugat platformról 2014 januárja óta érkezik a nyersolaj. Az Azeri Közép-Kelet projekt létesítése 2019-ben kezdődött, innen az első szállítmány 2023-ra várható.

Az ACG mező napi termelése kb. 550 ezer barrel (79 ezer tonna). Ennek túlnyomó részét a Baku-Tbiliszi-Ceyhan (BTC) vezetéken szállítják el, amely a teljes projekt integráns része. A vezeték jelenlegi szállítási kapacitása napi 1,2 millió barrel (kb. 170 ezer tonna).

A MOL 2019 decemberében írta alá a szerződést a Chevronnal, amely szerint a magyar társaság tulajdonába kerül az ACG olajmező 9,57%-os és a BTC vezeték 8,9%-os részesedése. Ennek a részvény-adásvételnek a véglegesítése az érintett kormányok és szabályozó hatóságok hozzájárulásától, illetve engedélyétől függ. A tranzakció zárása 2020 második negyedévében várható. Az üzlet értékét 1,57 milliárd USD körülire becsülték (kb. 470 milliárd HUF). A világszínvonalú olajmező megszerzése napi 20 ezer barrellel (kb. 2800 tonna) járul hozzá a MOL-csoport éves szénhidrogén-termeléséhez a következő években, és jelentősen növeli a MOL olajkészletét. (CV)

Források:

https://news.az/articles/economy/144719 2020-01-09
https://www.azernews.az/oil_and_gas/156109.html 2019-09-18
http://nrgreport.com/cikk/2020/01/10/elerte-az-500-millio-tonnat-az-azeri-acg-olajmezo-termelese 2020-01-10
https://mol.hu/hu/molrol/mediaszoba/7183-a-mol-9-57-os-reszesedest-vasarolt-az-azerbajdzsani-acg-olajmezoben-es-8-9-os-reszesedest-a-btc-vezetekben/

Bereczki Bence, Béres Adrienn, Béres Krisztián, Bíró Annamária, Burján Bernadett, Eke Balázs, Hruska Olivér, Szekeres Péter, Szondy Borbála, Varga Nóra

Magyar Energia Szimpózium 2019

A Magyar Energetikai Társaság (MET) új helyszínen, a Magyar Mérnöki Kamara Szerémi úti nagytermében 2019. november 21-én, ezúttal 23. alkalommal rendezte meg éves Kárpát-medencei magyar energetikusok szakmai szimpóziumát. Az idei esemény kiemelt témái a dekarbonizáció, decentralizáció és adigitalizáció voltak.

A konferencia nyitóelőadásaként az Innovációs és Technológiai Minisztérium (ITM) Energia- és Klímapolitikáért Felelős Államtitkárságának stratégiai tervezési és elemzési főosztályvezetője, **Szlottáné Totok Éva** „Az energiafüggetlenség felé" címmel tartott előadást a Nemzeti Energiastratégia (NES) és a Nemzeti Energia- és Klímaterv (NEKT) témájában. Az előadás elején számba vette a 2019. évi integrált energia- és klímapolitikai stratégiaalkotás elemeit, a hozzá kapcsolódó cselekvési tervet, az uniós kötelezettségeket, a támogató testületek szerepét, valamint bejelentette, hogy az ITM vált a szakpolitikai tervezés felelősévé is. A stratégiaalkotásba ipari szereplőket, tudományos testületeket, egyetemeket is igyekeztek bevonni, munkacsoportokat hoztak létre. (A Nemzeti Energiastratégia 2020. január 16. óta elérhető a kormany.hu weboldalon). A NES és a NEKT elkészítéséhez megalkották a magyar TIMES modellt. A komplex energetikai modellel a 2016–2050-es időhorizontra készültek tervek, 1 éves modellperiódussal, különböző paraméterek, technológiai adatok, peremfeltételek megadásával. A gazdaságfejlesztés kontextusában a klímavédelem versenyélénkítő hatást eredményez. Mindenki arra törekszik, hogy a legjobb megoldást kínálja, de felhívta a figyelmet arra is, hogy nem szabad olyan ambiciózus célokat kitűznünk, amelyeket a jövő generációi képtelenek lesznek megvalósítani. Ezért az ITM az ország képességeihez mért, felelősséggel megvalósítható vállalásokat tesz, fogyasztóközpontú, okos, tiszta és megfizethető energiaellátásra törekszik. A NES és a NEKT szerint a primerenergiamixben a földgáz meghatározó elem lesz, de csökken (2040-re 10 milliárd m^3-ről 6,3 milliárd m^3-re), az importfüggőséget 80%-ról 70%-ra csökkentenék. 2040-re a paksi kapacitás-fenntartásnak és a megújuló penetrációnak (7000 MW fotovillamos forrás) köszönhetően a karbonmentes villamosenergia-arány elérheti a 90%-ot. Magyarország 2030-ra 21%-os megújulóarányt tűz ki, – szemben az EU 32%-os célszámával – főként hűtési-fűtési energiafelhasználásban történő átalakítások által. Az 1990-hez képest 40%-kal csökkentett üvegházhatású gázkibocsátást könnyen teljesíteni tudjuk, és a végenergia-felhasználás 2005-ös értékre való visszaszorítása is reális lehet. További célok a villamosenergia-szektorban:

- a hálózat alkalmassá tétele a decentralizált termelés befogadására,
- az átviteli és elosztóhálózatok okosítása,
- az importarány 20% alá csökkentése,
- a szélsőséges piaci helyzetek kezelése.

Zarándy Pál, a MET elnöke köszönti a szimpózium résztvevőit

A villamosenergia-mix átalakul a lignitkapacitások leépítésével, a diverzifikált technológiai portfólió tovább diverzifikálódik a fotovillamos telepek létesülése mellett a szélkapacitás jelentős növelésével, a rugalmasság szempontjából fontos gáztüzelésű erőmű-beruházások ösztönzésével, új szlovák és várhatóan szlovén irányú határkeresztező összeköttetések kiépítésével. Szó volt még a földgázszektor dekarbonizációjáról és az alternatív üzemanyagokhoz kapcsolódó szakpolitikák kidolgozásáról (CNG, LNG, hidrogén, biogáz, biometán). Szükség lesz az épületeket, a közlekedést és az ipari folyamatokat érintő energiahatékonysági intézkedésekre is. Mindezeket zászlóshajó projektek mentén és átfogó szemléletformálási kampány támogatásával tervezik megvalósítani.

A plenáris szekció második előadását **dr. Grabner Péter,** a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal energetikáért felelős elnökhelyettese tartotta „Az Európai Unió energetikai irányelveinek átültetése a hazai szabályozásba" címmel. Grabner úr előadásában beszámolt az Európai Unió jogalkotásának jelenlegi helyzetéről; a Tiszta Energia Csomaggal (Clean Energy Package, vagyis CEP) kapcsolatos politikai döntések és jogsza-

bályok megszülettek, a feladatok a tagállamoknál vannak. A CEP megvalósítása valós piaci integráció lehetőségét jelenti a villamosenergia-piac szempontjából, és egyben azt is jelenti, hogy a nemzeti energiapolitikák új környezetbe kerülnek. A közép-európai térség tagállamaiban zajló gazdasági és társadalmi felzárkózási folyamatok miatt a térségben végbemenő villamosenergia-piaciváltozások nem a nyugat-európaival azonos dinamikával jelentkeznek. Az Energiaunió irányításáról szóló javaslat az első olyan jogszabály, amely az EU minden területét lefedi. Ennek célja a 2030-as uniós szintű célok elérésének biztosítása. A rendelet bevezeti az egységes szerkezetű Integrált Nemzeti Energia és Klíma Terveket (NEKT), amelyeket regionális kooperáció keretében a tagállamok véleményezésére bocsátanak. Magyarország esetében a 2020-ra kitűzött cél 13% megújuló részarány a 2020. évi teljes bruttó energiafogyasztásban. 2030-ra nincs kötelező nemzeti cél, de EU-s szinten el kell érni a 32%-os megújuló energia részarányt. Magyarország a NEKT szerint 20%-ot vállalt. A CEP villamosenergia-rendeletének 6. cikkében (a kiegyenlítő energia piacára vonatkozó szabályok) olyan előírások szerepelnek, mint az energia-árkorlát eltörlése, a határár alapú árképzés, a kiegyenlítő szabályozási kapacitás irányonkénti szétválasztása, míg a 18. cikk (a hálózatokhoz való hozzáférés díjaira vonatkozó előírások) az ármegállapításra, az árszabályozásra, és a tarifarendszerre vonatkozó követelményeket tartalmaz. A 2021–2024-es időszakban új, a rendszerhasználati díjakra vonatkozó árszabályozási ciklus indul, amelynek fontosabb mérföldkövei:

- szakmai ajánlás a villamosenergia-szolgáltatók és egyetemes szolgáltatók költségnyilvántartásáról és költségfelosztásáról (2019. március),
- eszköz- és költség-felülvizsgálati módszertani útmutató közzététele (2020. május 15.),
- villamos keretrendelet kihirdetése (2020. május 15.),
- az új árszabályozási ciklus egyes éveinek ármegállapítására vonatkozó módszertani útmutató közzététele (2020. november 2.),
- villamos áralkalmazási rendelet kihirdetése (2020. december 17.),
- villamos díjrendelet kihirdetése (2020. december 17.).

Előadásának zárásaként Grabner úr néhány további árszabályozási kihívást sorolt fel a hálózatokhoz való hozzáféréssel és a hálózatok használatának díjával kapcsolatban.

A Paks II. Atomerőmű Zrt. vezérigazgató-helyettese, **Horváth Miklós** előadásának apropójaként az International Energy Agency kijelentését idézte: „A Párizsi Klímaegyezmény akkor teljesíthető, ha a nukleáris energia részaránya a világ áramtermelésében minimum 15 százalék lesz." Az atomenergia szükségességének alátámasztása után áttért az atomerőmű engedélyezési folyamatának ismertetésére és a projekt státuszának felvázolására. Az erőmű életciklusa nagyjából azonosan épül fel, de más-más az időbeliség, a vonatkozó eljárásrend, mindig az adott jogszabályi környezetnek kell megfelelni. 2017 márciusában lezárultak az uniós vizsgálatok, majd alig több mint egy hónapon belül a telephely- és a környezetvédelmi engedélyezés is. Még mindig az előkészítés szakaszában vagyunk, eddig 403 megszerzett engedéllyel rendelkezünk. Jelenleg az egyik legfontosabb engedély, a „Nukleáris létesítési engedély" elkészítésén dolgoznak a szakemberek. A következő mérföldkő a több százezer oldalnyi létesítési engedélykérelem benyújtása lesz, 2020. június 30.-ai határidővel. Az előadás következő részében Horváth Miklós bemutatta a felvonulási épületek tervét és az új erőművi blokkok helyét. Láthattunk néhány fényképet a 2019 februárjában átadott transzformátorállomásról és az irodaépületek megkezdett építéséről. Ezután egy impozáns látványterv következett a majdani 6-os blokk sziluettjéről. Megemlítette, hogy a hidegvizes csatornát kiszélesítik és mélyítik majd, valamint új melegvízcsatorna létesül, utóhűtőkkel. Jövőre elkezdődik az új kalocsai híd kivitelezése és a munkások elhelyezésére alkalmassá teszik a kalocsai laktanyát. A már most is érezhető forgalomnövekedés miatt új utakat kell építeni, valamint bővítik a Mezőfalva-Paks vasútvonalat. Az előadás a Paks II. Zrt. által kínált szakmérnöki és gyakornoki képzések, ösztöndíjprogramok összefoglalásával zárult.

Veisz Imre, a Magyar Elektrotechnikai Egyesület főtitkára az egyesület szeptemberi Vándorgyűlésének tanulságait foglalta össze. A konferencián hozzávetőleg 750 szakember vitatta meg, hogy melyek a legfontosabb aktuális megoldandó kérdések. Véleménye szerint a mai hangulat hasonló a transzformátor kifejlesztésekor beindult pezsgéshez, hiszen a közeljövőben újra kell gondolni a hálózati struktúrát, a mérnöki filozófiákat. A földgázfogyasztás csökken, a villamosenergia-fogyasztás esetében azonban ennek ellenkezőjét látjuk. A jelentős elektrifikáció; az e-mobilitás és a hőszivattyúk elterjedése mind a hálózat terhelésének növekedését okozzák, de változnak a fogyasztói szokások is. Az időjárásfüggő megújulók integrációja nagy problémát jelent, egyelőre a termelői oldalon történik a kiszabályozás, de a jövőre nézve kérdéseket vet fel a probléma. A centralizált erőművek szakembergárdáinak szerepét vajon hogyan tudják majd átvenni a laikus üzemeltetők, ha a termelés súlypontja áttevődik a háztartásokba? A fogyasztásra méretezett KIF vezetékeket 22%-os egyidejűségre kell tervezni, azonban a napelemek egyidejűségét – amelynek értéke 100% – figyelembe véve ötszörös hálózatkapacitásra lenne szükség. Ráadásul emellett az energiaáramlások iránya megfordulhat, feszültségemelkedésekkel is számolni kell. A résztvevők különböző megoldásokkal, prototípusokkal álltak elő a tárolás és a teljesítményelektronika területén. A flexibilitást a különböző fogyasztói típusok bevonásával lehetne biztosítani, éjszakai villamosautó-töltéssel, bojlerek és napelemek vezérlésével, irodaépületek komfortsávon belüli hűtés-fűtés szabályozásával. Valós idejű információról egyelőre csak a NaF és KöF hálózat esetében beszélhetünk, kérdés, hogy az okos mérések beépítése megtérül-e. Az ügyfélszolgáltatások digitalizációja viszont valóban sürgős fejlesztésre szorul. Később, például a napelemes termelőknél egyre intenzívebb adatcserére lesz szükség, ami teljesen új megközelítést kíván. Az alapinfrastruktúra és a megújulók integrációjának finanszírozására elengedhetetlenek az EU-s források. Előadása végén Veisz Imre is kitért a szakmai utánpótlás fontosságára, és a fiatalok műszaki irányba való ösztönzésének eszközeire, mint például a MEE által rendezett „Mi a pálya?" műszaki pályaválasztó fesztiválsorozat.

Az első plenáris szekció lezárásaként a dekarbonizációs technológiákról, azok akadályairól tartott előadást dr. Molnár László, az ETE főtitkára. Az előadás gazdasági áttekintéssel indult: a GDP és az energiafogyasztási trendek szinte változatlanul folytatódnak, a fejlődő országok energiafogyasztása gyorsan nő. A klímavédelmi erőfeszítéseket főként a közel- és távol-keleti országokra (Délkelet-Ázsia, Kína stb.) kell fókuszálni. Az Európai Unió hatá-

rozott lépéseket tesz a klímavédelmi célok eléréséért. Az EU negyedik energiacsomagja, a Tiszta Energia Csomag fő célkitűzése a hagyományos technológiák cseréje megújuló energiaforrásokra, amelyekkel a CO_2-kibocsátásának csökkentése megvalósítható, ezáltal elősegítve a dekarbonizációs célok elérését. A megújuló energiaforrások mellett az elektrifikáció is jelentős szerepet fog ebben vállalni. Az innovatív megoldások kezdeti stádiumban vannak, de legjobb esetben is távol állnak a kereskedelmi megvalósítástól. Az EU hőtermelésének nagyjából 60%-a földgázalapú, amelynek kiváltása villamos energiával nehéz feladat. A Tiszta Energia Csomag egyik fő célja a dekarbonizációhoz kötődik, amelynek alapeleme a szén, az olaj és a földgáz kiszorítása, helyettesítése megújuló energiaforrásokkal. Ehhez azonban elengedhetetlen a technológiai fejlődés, a gazdaságos energiatárolás, az elektromos autók akkumulátorainak gyors töltése és hosszú hatótávolsága, az Északi Áramlat 2 gázvezeték és a nagy átviteli hálózatok megépülése, a szabályozó erőművek nyereséges működése, valamint az atomerőművek megőrzése és fejlesztése. A célok teljesítése főként gazdasági akadályokba ütközik. Az energiaárak folytonos csökkenése tapasztalható, ugyanakkor a szél- és napenergiát hasznosító áramtermelő berendezések növekvő támogatást igényelnek. A megújuló energiaforrások nagyobb beépített kapacitással jóval kevesebb villamos energiát termelnek, mivel többnyire időjárásfüggő technológiák, kihasználtságuk alacsony. Az ellátásbiztonság megőrzése érdekében a hagyományos villamosenergia-rendszereket fenn kell tartani, ami többletköltségként jelentkezik. Az EU törekvései ambiciózusak, előremutatóak, ugyanakkor költségesek is. A sikeres dekarbonizációhoz elengedhetetlen új atomerőművek létesítése, míg a megújuló energiákat óvatos tempóban kell kezelni, valamint a kiegyenlítő energiát földgáztüzelésű erőművekben kell megtermelni. Ellenvéleményként dr. Molnár László megemlítette a világban zajló eseményeket is. 2019. október 18-án nyilvánosságra hozták az Európai Éghajlat Nyilatkozatot, amelyben közel 500 tudós megállapította, hogy nincs klímavészhelyzet, visszautasítják a 2050-re kitűzött karbonsemleges stratégiát. Érdemes figyelni az Egyesült Államok klímapolitikáját is, ugyanis elkezdődött a hivatalos kilépésük a párizsi egyezményből.

Csallóközi Zoltán, a FŐGÁZ Zrt. nyugalmazott igazgatója, a MET felügyelőbizottságának elnöke Magyarország jövőbeni gázellátási helyzetét ismertette. Az előadás első felében a hazai és a nemzetközi igényeket mutatta be: Magyarország gázigénye nagyjából 2%-a az összeurópai fogyasztásnak, amely évi 10 milliárd m^3 földgázt jelent. Három forrásból biztosítható az igény, ezek a hazai termelés, a gáztárolói készletek és az import. Mivel a hazai gázkitermelés a hazai igények 15-20%-át biztosítja, így importfüggőség alakult ki, ami jelentős tározói kapacitás (6,1 milliárd m^3) kialakítását igényelte. Jelenleg az importgáz Oroszországból, a Gazpromtól érkezik, ennek legnagyobb része Ukrajnán halad keresztül. Az újonnan létesülő Északi Áramlat 2 vezetéknek köszönhetően azonban ez a volumen minden bizonnyal csökkenni fog. Egy másik ilyen útvonal a Török Áramlat meghosszabbítása Magyarországig szintén diverzifikálási lehetőség lehet. További ellátási útként jelenik meg a horvát Krk-szigeten létesítés alatt álló LNG fogadóállomás és a Románia felőli import beindítása. Ezen útvonalak együttese már képes 100%-ban kiváltani az Ukrajnából érkező földgázt, azonban a romániai irány megvalósításának időpontja még bizonytalan. Az új szereplők belépésének köszönhetően az orosz gáz részaránya csökkenhet, ami az ország alkupozícióját jelentősen javítja. Végezetül a rövidtávú, azaz az elkövetkezendő három téli időszakra vonatkozó ellátásbiztonsági terveket mutatta be. A 2019/20-as évre, az 1996–2015 közötti hosszú távú szerződésből fennmaradt 3 milliárd m^3 földgáz 2020-ig átvehető. Amennyiben Ukrajna felől semmilyen formában sem érkezne gáz, akkor a hazai tároló kapacitás és a Baumgarten felől érkező import fedezni tudná az idei gázellátást. 2020/21-ben várhatóan bekapcsolódik az Északi Áramlat 2 és a román határkeresztezőn érkező gáz, a következő esztendőben pedig a Török Áramlat és a horvát LNG útvonal beindításával is számolnak. A gázellátás bizonytalansági tényezője – évek óta – az orosz-ukrán kapcsolat. A jelenleg folyó tárgyalások alapján nagy valószínűséggel létrejön a 2019-es év utolsó napjaiban egy rövid időszakra vonatkozó szállítási megállapodás, amely minden résztvevő félnek az érdeke. *(Azóta ismertté vált, hogy 2019. december 31-től 5 éven keresztül biztosított az orosz gáz transzportja Ukrajnán keresztül).*

Dr. Szanyi János, a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékének tudományos főmunkatársa előadásában egy geotermikus energiát felhasználó projekt előkészítéséhez szükséges tényezőkre hívta fel a figyelmet. Ezekből 3 dolgot emelt ki: megfelelő földtani, hidrogeológiai adottságok; megfelelő méretű és szerkezetű hőpiac; stabil, kiszámítható gazdasági, jogi környezet. Megjegyezte, hogy utóbbinak vagyunk híján leginkább. Ezek után a szegedi távhőrendszerről számolt be, amelynek része a belvárosi és az újszegedi geotermikus rendszer is. Ezek 1-1 termelőkúttal, és 2-2 visszasajtoló kúttal rendelkeznek, a belvárosi teljesítménye 4,5 MW_{th}, az újszegedié pedig 4,4 MW_{th}. Ezt további 9 termelőkúttal és 18 visszasajtoló kúttal szeretnék bővíteni, amelyek hozama kutanként nagyjából 70 m^3/h, hőmérséklete 90-95 °C. Ezzel jelentős, 65%-os földgázfelhasználás-csökkenést, és 34 699 t/év CO_2 csökkenést érnek el úgy, hogy a projekt megtérülési ideje kevesebb, mint 10 év. A projekt segítségével az egész fűtési idény teljes hőszükségletének 70%-a fedezhető geotermiával, +7 °C vagy annál nagyobb külső hőmérséklet esetén pedig a teljes fűtési energia geotermikus energiával fedezhető. Az előadó megjegyezte, hogy nem érdemes 100%-os csúcsigényre méretezni a geotermikus távhőellátó rendszert, mivel nem lenne kihasználva. A csúcsigények kielégítésére meglévő gázkazánok vagy más megújuló energia szolgálhat. Dr. Szanyi János előadásában többször is kihangsúlyozta, hogy a geotermikus energia megbízható, időjárás-független, helyben rendelkezésre álló, részlegesen megújuló energiaforrás. A szegedi távhő példáján levezetve bemutatta, hogy a geotermikus energia használatához jelentős gazdasági és környezeti előnyök társulnak. Ennek ellenére részaránya hazánkban elmarad a többi megújuló energiához képest, pedig Magyarország adottságai kiválóak a geotermia hasznosításához. Ahhoz, hogy a jövőben csökkenteni tudjuk a hőellátás földgázfüggőségét, a megújulók részarányának növelésében jelentős szerepet kell kapnia a biomasszán és a napenergián kívül a geotermiának is.

A FŐTÁV Zrt. stratégiai projektjeiről beszélt **Orbán Tibor,** a FŐTÁV Zrt. műszaki vezérigazgató-helyettese. 2020-tól új korszaknak örvendhet a távhőszolgáltatás a 4. generációs távfűtéssel, amelyben a társadalmi elvárás a veszteségcsökkentés mellett a klímavédelmi célok elérése, valamint a fenntarthatóság; a hőhordozó közeg hőmérséklete alacsonyabb, a hőforrások

diverzifikáltabbak, megjelenik a szezonális hőtárolás, megkezdődik az integráció az okos rendszerekbe a távfelügyeleteken és az okos mérőkön keresztül, továbbá kiemelt fontosságúvá válik a távhűtés is. A bécsi és a göteborgi távhőrendszerek kisebb, szigetüzemű rendszerek integrációjából alakultak ki, piacuk egyre bővül. Ez lenne az elérendő cél Budapesten is. A fővárosi távfűtés jelenlegi legfőbb problémája az, hogy a nagy szigetüzemű távhőrendszerek nincsenek fizikailag összekötve. A szolgáltatás egy-egy hőkörzetben jelentősen függ külső, monopolhelyzetben lévő hőtermelőktől. Ebből adódóan a termelői hőárak magasak, ami nagy terheket ró a fogyasztókra. További probléma a belső budapesti kerületekben a távfűtés hiánya. A problémákra megoldást jelent a „Kéménymentes Belváros" projekt, az egységes távhőrendszer, valamint új, zöld hőforrások megvalósítása. A projekttel többszáz MW nagyságú piacbővítésre kerül sor, a megújuló energiaforrások és hulladék részarányának jelentős növelése földgázkiváltás céljából, valamint a CO_2-kibocsátás csökkenése várható. A FŐTÁV Zrt. további jelentős projektjei közé tartoznak a távhűtést megvalósító projektek is. Erre a legkiemelkedőbb példa a Városliget közintézményei távhűtésének megoldása 2018–2021 között. A Városliget esetében a távhűtés hűtőkompresszorral és új hűtőköri elemekkel valósul meg, amellyel a kompakt levegővíz hűtéshez képest jelentős villamosenergia-megtakarítás, ezzel pedig évente 670 t CO_2,eq kibocsátás-csökkenés érhető el. Magyarország levegőszennyezettsége egész Európában jelentős, a harmadik legszennyezettebb ország vagyunk. Ezért minden lehetőséget szükséges megragadni a CO_2-kibocsátás csökkentése és a levegőminőség javítása érdekében.

Almási László, az ALTEO Energiaszolgáltató Nyrt. portfólió menedzsere az ALTEO Füredi úti energiatárolóját mutatta be „Villamosenergia-tároló létesítésének és üzemeltetésének tapasztalatai" című előadásában. A környezetvédelem és fenntarthatóság érdekében számos olyan új technológiai elem (időjárásfüggő megújulók, prosumerek, e-mobilitás) jelenik meg a villamosenergia-rendszerben, amelyek komoly problémákat okoznak a rendszerirányítók számára. Könnyen belátható, hogy az új technológiák megfelelő integrációjához jelentős mértékben növelni kell a villamosenergia-rendszer rugalmasságát. Erre ösztönöz a CEP szerinti egységes európai keretrendszer is. Az ALTEO Nyrt. 2017-ben nagyjából 500 millió Ft értékben nyert el vissza nem térítendő támogatást az NFKI Vállalatok K+F tevékenységének támogatása című pályázatán, amelynek keretein belül egy 7,5 MW teljesítményű, több mint 6 MWh kapacitású akkumulátortelepet létesített. A telepített rendszer felhasználási lehetőségei a frekvenciaszabályozás mellett a szekunder szabályozás támogatása, időbeli arbitrázs, a csúcsfogyasztás levágása, szünetmentes ellátás, valamint az időjárásfüggő termelők termelésének egyensúlyozása. A rendszer a tervek szerint 10 évig fog üzemelni, ez alatt elsősorban primerszabályozási tendereken vesz részt. Az előadó kiemelte, hogy az egyéb alkalmazások a jelenlegi piaci környezetben nem jelentenének biztos megtérülést. A megtérülés optimalizálása érdekében célszerű lenne hibrid, valamint időben változó – a mindenkori piaci viszonyokhoz alkalmazkodó – működtetési stratégiák alkalmazása.

Dr. Ladányi József, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamos Energetika Tanszékének (BME-VET) tanszékvezetője előadásának bevezetőjében a villamos energia nélkülözhetetlenségét hangsúlyozta. Emiatt létfontosságú, hogy az egyetemek a változásokhoz és az új kihívásokhoz alkalmazkodva, az ő szavaival élve „kész mérnököket" biztosítsanak az ipar számára, akik az egyetemről kikerülve azonnal munkába állva tudják segíteni a villamosenergia-minőség és az ellátásbiztonság megteremtését az innovációk alkalmazásával. A VET-en ezt a szemléletet követik, magas a doktoranduszok aránya, ebből adódóan a tanszék átlagéletkora is jelentősen csökkent az elmúlt években. A tanszékvezető kiemelte, hogy a BME kutató egyetem, tehát a kutatások során megszerzett tapasztalatokat is oktatják. A tanszék a kutatásait különböző hazai és európai uniós források támogatásával folytatja. A Horizon2020 EU-s program keretein belül elindultak a FLEXITRANSTORE, az INTERRFACE és a FARCROSS projektek, amelyekben az egyetem hazai ipari szereplőkkel közösen vesz részt. Mindegyik projekt közös jellemzője, hogy a tanszéknek demonstrálnia kell a projektek megvalósíthatóságát, meg kell valósítani a projektek technikai részét és a piaci szerepvállalást is be kell mutatni velük kapcsolatban. A hazai források közül a legfontosabb jelenleg a FIEK (Felsőoktatási és Ipari Együttműködési Központ) pályázata, amelynek keretein belül egy villamosenergia-rendszer és komponenseinek tesztelésére alkalmas real-time szimulátor labor és az e-mobilitás hajtásrendszerének minden elemét tesztelni képes laboratórium épül a BME-n. Emellett elindult a Lendület program, illetve hazai és nemzetközi együttműködés eredményeként több K+F és ipari projekt is fut a tanszéken (pl. ásványi olaj kiváltása nagytranszformátorokban észterekkel, SF6 gáz mennyiségének csökkentése a kapcsolóberendezésekben, dinamikus távvezeték-terhelhetőség, villamosenergetikai infrastruktúra fejlesztése a HMKE-k terjedése miatt, feszültség alatti munkavégzés). Az előadás zárásaként a tanszékvezető kiemelte, hogy az oktatás az ipar és az egyetemek közös célja és felelőssége, ezért különösen fontosak ezek az együttműködési projektek.

A plenáris előadásokat és az ebédszünetet követően a Jedlik és Bolyai szekciók előadásai következtek.

A Jedlik szekciót a Pöyry Erőterv Villamoshálózatok irodavezetője, **Podonyi Gábor** indította. Az energetikában a következő 30 évben jelentős változások várhatóak. 2050-re a világ várható népessége 9,6 milliárd fő lesz, az emberek 40%-a vízhiányban fog szenvedni, háromból két ember városban fog élni, illetve minden hatodik ember 65 évnél idősebb lesz. Az energiatermelés közel megduplázódik, az energiafelhasználás egyharmadát a szállítás fogja kitenni. Az elmúlt 140 évben jelentős volt a globális hőmérsékletemelkedés, ezért a párizsi klímakonferencia 2040-re 2 °C-ban maximalizálta azt. Ennek a célnak a teljesítésében jelentős szerepet játszik az elektrifikáció. Több tanulmány kimutatta, hogy a jövő energiakosarában a kis karbonkibocsátású energiaforrások elsődlegesek lesznek, így a megújuló energiaforrások (különösen az időjárástól függetlenek, mint például a vízerőművek) előtérbe kerülnek. A gazdasági növekedéshez a stabil villamos energia és a megújuló energiahasználat harmóniája szükséges. A decentralizált termelés komplexebb energiamenedzsmentet igényel, amelylyel kapcsolatban a Nemzeti Közművek intenzív kutatásokat végez. A digitalizáció lesz a kulcs a jövőben, de ennek a folyamatnak még az elején járunk.

Prof. dr. Nyers József, a Szabadkai Műszaki Főiskola és az Óbudai Egyetem Alkalmazott Informatikai és Alkalmazott Matematikai Doktori Iskola professzora a hőszivattyús rendszerek energiaoptimumának meghatározásáról tartott előadást, amelyben egy analitikus optimalizációs eljárás bemutatása után egy

esettanulmány keretei között ismertette tapasztalati eredményeit. Kutatásának célja a hőszivattyús fűtőrendszer maximális COP-jának meghatározása a kút- és a keringtetőszivattyú teljesítményének optimalizálásával egy állandó, az épület hőigényének megfelelő hőszivattyú-teljesítmény mellett. A hőszivatytyú paramétereivel nem kellett foglalkozni, mivel a gyártó cég előírja az optimális értékeket a maximális COP elérése céljából. Különböző célú optimalizációs eljárás ismert és használt a gyakorlatban, pl. a mérésen alapuló, a matematikai modellt alkalmazó eljárások (numerikus, analitikus, analitikus-numerikus). Kiemelte, hogy a hőszivattyús fűtőrendszer energetikai optimumának is több típusa van, a lokális optimumok (a kút- vagy a keringtetőszivattyú teljesítménye szerint), a globális optimum (a kút- és a keringtetőszivattyú teljesítménye szerint) és a totális optimum (kút-, keringtetőszivattyú és kompresszor teljesítménye szerint). A mérőrendszer rövid áttekintését követően bemutatta és összehasonlította egymással a mérési úton, a numerikus optimalizációs eljárással és az analitikus optimalizációs eljárással kapott eredményeket. Összességében az energiaoptimum meghatározásához szolgáló célfüggvényként a rendszer teljesítménytényezője szolgál, amely a rendszer fűtőteljesítményének, valamint a kompresszor és szivattyúkat meghajtó motor összteljesítményének viszonya. Meghatározott fűtőteljesítményű hőszivattyú esetén a fűtőrendszernek kettő lokális energetikai optimuma létezik a keringtető- és a kútszivattyú teljesítményéből adódóan, amely kettőből egy globális optimum határozható meg. A lokális energiaoptimumok végleges feltételegyenletei összetett, implicit, nemlineáris algebrai egyenletek, amelyek megoldása csak numerikus úton lehetséges.

A Jedlik szekció harmadik előadásában **Havas Márton,** a MET IT pártoló és a Wattmanager Kft. alapító tagja, valamint a BME jelenlegi doktorandusz hallgatója – mutatta be kutatását, melyben azt vizsgálta, hogy az akkumulátoros energiatárolóval ellátott naperőművek versenyezni tudnak-e a hagyományos menetrendtartó vagy ún. csúcserőművekkel. Témája aktuális, hiszen a villamosenergia-fogyasztás napon belül változik, ezért a termelői oldalon kiegyenlítésre van szükség, miközben exponenciálisan nő a nem szabályozható termelők (nap- és szélerőművek) beépített kapacitása. Így továbbra is szükség van csúcserőművekre, amelyek jellemzően fosszilis alapúak. A csúcsigény csökkentésére kínálnak alternatívát a különböző energiatárolási technológiák, amelyek folyamatosan fejlődnek. A vizsgálat alapja egy fiktív erőmű modellje, amely naperőműből és hozzá kapcsolt akkumulátoros energiatárolóból áll. Az erőmű és az akkumulátor energiatőzsdén való közös részvételére terjedt ki a vizsgálat 4 különböző országban (Magyarország, Csehország, Románia, Szlovákia). A modellezéshez 5 évnél nem régebbi valós, órás bontású rendszerterhelési, illetve energiaárakra vonatkozó adatokat használt fel. A napelemek és az akkumulátor termelése alapján 4 különböző üzemállapotot különböztetett meg: az első esetben a hálózat táplál be az akkumulátorba, a másodikban a naperőmű táplál be az akkumulátorba, a harmadikban az akkumulátor kitárol a hálózatra és a negyedik esetben a naperőmű táplál be a hálózatba. Az üzemállapotok nem kizárólagosak, a modell több üzemállapot egyidejűségét is tudja kezelni. További fontos paraméterek és peremfeltételek a teljesség igénye nélkül: az adott vizsgálati időtartam völgy- vagy csúcsidőszak-e, az akkumulátor pillanatnyi töltöttségi szintje, a naperőmű pillanatnyi termelése, az akkumulátor hatékonysága, valamint a naperőmű teljesítményromlása. Az üzemállapotok megválasztása során az erőmű célja mindig a profitmaximalizáció. A bemeneti paraméterek pénzügyi és műszaki adatok. Három forgatókönyv eredményeit mutatta be az előadó 10, 20 és 30 éves időtávon 4 különböző energiapiacon. A naperőmű az első forgatókönyv esetén akkumulátor nélkül, a második esetén egy VRFB akkumulátorral[1], a harmadik esetben lítium akkumulátorral együtt üzemel. Az élettartamköltség értékek mindhárom esetben kedvezők, míg a belső megtérülési ráta csak az akkumulátor nélküli napelempark esetén pozitív, és csak a 20 évnél hosszabb időtávokra. Fontos megemlíteni, hogy a jobb összehasonlíthatóság céljából a modell a naperőművek számára elérhető támogatási rendszereket, kötelező átvételi- és prémium támogatásokat nem veszi figyelembe. A naperőművek esetében utóbbiak megléte miatt tapasztalhatunk a vizsgált országok energiapiacain kedvező belső megtérülési ráta értékeket 20 évnél rövidebb időtávokon is. Az akkumulátoros energiatárolóval kapcsolt naperőmű vizsgált mutatói esetében a 4 piac között nem tapasztalható számottevő eltérés.

Füri Péter az Energiatudományi Kutatóközpont munkatársa az elektromos és hagyományos autók szén-dioxid kibocsátását hasonlította össze. Felhívta a figyelmet a benzin és dízel üzemű autók környezetszennyező hatására, melyek használatakor az üvegházhatású gázok és számos egyéb légszennyező is kibocsátásra kerül. Jelentős zajterhelést okoznak továbbá a belső égésű motorok. Lokálisan ugyan csökkenti a lég- és zajszennyezést az elektromos autók használata, amennyiben azonban a teljes életciklusra vetített szén-dioxid-kibocsátást vizsgáljuk, már nem minden esetben kedvezőbb az elektromos autók használata. Fontos továbbá kijelenteni, hogy az elektromos autók akkumulátor gyártásakor is általában jelentős mennyiségű szén-dioxid kerül a légkörbe, így az elektromos autók előállításakor kibocsátott üvegházgáz mennyisége általában meghaladja a benzines és dízeles autók gyártása közben kibocsátott szén-dioxid-mennyiségét. Így megkérdőjelezhető a "Zero emmision" jelző használata ezen járművek esetén. Az igazoló számításokat három különböző meghajtású, közel egyforma paraméterekkel rendelkező autóra végezte el. Az elektromos autók története egészen a XIX. század végéig nyúlik vissza, azonban a rövid hatótáv és az olcsó olajár miatt e járművek végül nem terjedtek el. A mai elektromos autókkal akár már 300 km-t is megtehetünk egyetlen feltöltéssel. Az EPA, WLTP és NEDC szabvány adják meg a hatótávokat különböző külső befolyásoló tényezők mellett. Ezeket a hatótávokat azonban az előadó szerint a jövőben mindenképp érdemes lehet méréses úton felülvizsgálni. A villamos energia előállításának módja nagyban befolyásolja az autó használatából származó szén-dioxid-kibocsátás mértékét. A számítások ismertetését követően, az energiamix szerepe került előtérbe. A villanyautó töltéséhez szükséges különböző villamosenergia-termelési módok közül a szén, lignit és olaj tüzelőanyagú technológiák adták a legnagyobb szén-dioxid-kibocsátást, míg a szél-, víz- és nukleáris energiát hasznosítók a legalacsonyabbat. Egy okos hálózat kiépítésével az elektromos autók a szén-dioxid-kibocsátást csökkentendő akkor lennének tölthetők, mikor a megújulók (és az atomerőművek) jól termelnek, továbbá az elektromos autók mint tárolók beiktatásával a villamosenergia-rendszer stabilizálható is lenne. Összességében megállapítható, hogy az elektromos autók csak akkor juttatnak lényegesen kevesebb szén-dioxidot az atmoszférába, mint a ha-

gyományos dízel- vagy benzinüzemű gépjárművek, ha döntően megújuló és/vagy atomenergiával termelt árammal töltjük őket, valamint érdemes lenne könnyebb és kisebb elektromos autókat használni az alacsonyabb energiafogyasztás elérése érdekében.

A Jedlik szekcióval párhuzamosan a Bolyai szekció előadásai is elkezdődtek. **Kökény László,** a Századvég Gazdaságkutató Zrt. kutatója a villamosenergia-fogyasztás fogyasztó oldali befolyásolásával kapcsolatos lakossági potenciált és magatartást vizsgálta Hortay Olivérrel, a Századvég Gazdaságkutató Zrt. Energetika Üzletág vezetőjével, és a kutatásuk során szerzett tapasztalataikat osztotta meg a hallgatósággal. Az Európai Unió új energiaszabályozási csomagjában megjelenik a kereslet oldali szabályozás és ebben a lakosság aktív részvételének támogatása. A villamosenergia-piac dekarbonizációjának és az időjárásfüggő megújuló kapacitások megjelenésének köszönhetően a fogyasztásban és a termelésben a csúcsok és a mélyvölgyek nem egy időben jelentkeznek, amelyek kiegyenlítését a kereslet oldal rugalmasabb alkalmazkodása oldhatja meg. A fogyasztók árjelzésre adott reakcióját a keresletoldali válasznak (demand side response, DSR), a koordinált megoldásokat pedig keresletoldali szabályozásnak (demand side management, DSM) nevezzük. A kutató szerint a DSM által kínált dinamikus villamosenergia-árak nem kiszámíthatatlanabbak a rögzített áraknál, mivel ebben az esetben is rögzíthetők az árak különböző időszakokban. Emellett nem feltétlenül drágább ez az árazás, amennyiben a fogyasztók áthelyezik a fogyasztásukat más időszakra. A fogyasztók részéről elvárt az érett gondolkodás és a tudatosság. A kutatáshoz szükséges lakossági felmérés során a kisebb létszámú, magas átlagéletkorú háztartásokat kérdezték arról, hogy 10%-os árkedvezmény érdekében átütemeznék-e a villamosenergia-fogyasztásukat. A megkérdezettek viszonylag kis része válaszolt igennel, ezen csoport tagjai többségében az idősebb, alacsonyabb végzettségű és keresetű válaszadók voltak. A negatív hozzáállású válaszadók kifogásolták az időmenedzsment nehézségét, a kedvezmény alacsony mértékét és jellemzően bizalmatlannak mutatkoztak a rendszerrel szemben. A kutatás újszerű Magyarországon, legfőbb eredménye pedig az, hogy a DSM-mel és DSR-rel kapcsolatos véleményeket a háztartás mérete, az egy főre eső nettó jövedelem és a villanyszámla összege befolyásolja leginkább. A kutató szerint a legfontosabb feladat a társadalom szemléletformálása, de a fogyasztás időbeli eltolása mellett a fogyasztás csökkentése is nagymértékben segítené a rendszerkiegyenlítési feladatok megoldását.

Dr. Leskó Tamás, a Rátky és Társa Ügyvédi Iroda ügyvédjelöltje a földgázszektor szabályozási reformját érintő tervekről és kilátásokról tartotta előadását. Először ismertette az EU-jog három dimenzióját (nemzetközi, közösségi és nemzeti jog), és bemutatta ezek hatásköreit. Ezek alapján az energiaügy, így a földgázszektor is az Európai Unió és a tagállamok közötti megosztott hatáskörök közé tartozik. A tapasztalat szerint a földgázszektorra vonatkozó szabályozások a villamos energiára vonatkozó jogszabályokkal azonos módon változnak, időben egy kicsit lemaradva követik azokat. A korábbi energiacsomagok eredményeként lépések történtek a földgázpiac liberalizációja érdekében, rögzítették a rendszerüzemeltetők feladatait, a tulajdonosi és a számviteli szétválasztás alapelveit, illetve modelleket dolgoztak ki a TSO-k és DSO-k szétválasztására és független szabályozó hatóságok életre hívására. Ezek alapján tehát annak ellenére, hogy a CEP nem vonatkozik közvetlenül a földgázszabályozásra, a jogszabálycsomag tartalmából következtethetünk a földgázszektor várható változásaira. További jogszabályi módosítás történt idén tavasszal a földgáz-kereskedelem szabályozása terén, amelynek értelmében az eddigiekkel ellentétben a harmadik országból érkező vezetékekre is az uniós szabályozás fog vonatkozni. Az új szabályozás lényege, hogy az Északi Áramlat 2 és a hasonló szállítóvezetékek építéséről konzultációt kell kezdeményezni, és az Európai Bizottságot is értesíteni kell, célja pedig, hogy az EU-nak legyen ráhatása az ilyen vezetékek létesítésére. A jogszabályváltozás és a Dánia részéről támasztott akadályok következtében a vezeték átadása éppen annyit fog csúszni, hogy az már az uniós szabályozás alá fog esni. A Clean Energy Package (CEP – Tiszta Energia Csomag) alapján az ENTSO-G, a Földgázpiaci Szállításirendszer-üzemeltetők Európai Hálózatának műszaki, piaci és klímavédelmi dimenziói is kidolgozásra várnak, amelyhez a szükséges eszközök többek között a CO_2-megkötés, a gáz hasznosítása és tárolása, a földgáz minőségének és a források diverzitásának fenntartása a függőség megelőzése érdekében. Mindezek mellett a következő időszakban a szabályozónak a rendszerhasználat optimalizálására és a tervezhetőségre is választ kell adnia.

Horkai András, a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Karának (SZIE-YMÉK) egyetemi tanársegédje az energiafelhasználást befolyásoló tényezőket és az energiapolitikai dokumentumokban megjelenő szemléletformálást vizsgálta, valamint egy esettanulmány eredményeit is megosztotta a hallgatósággal.

A tanulmány a főváros ötödik legnagyobb paneles lakótelepének, a Füredi utcai lakótelep meleg- és hidegvíz-felhasználására fókuszál. A közel azonos geometriai, formai, épületszerkezeti, gépészeti és energetikai tulajdonságok és demográfiai adottságok mellett két épület között akár 20–40 százalékpontnyi különbség is adódhat az egy főre jutó vízfelhasználásban. Az ilyen adatok csökkentésének érdekében is fontos a fogyasztók informálása és szemléletformálása.

A Nemzeti Energiastratégia, amely Magyarország energiapolitika alapdokumentuma, több pontban is említi a fogyasztói szemléletformálást. Célja, hogy biztosítsa a hazai energiaellátás hosszú távú fenntarthatóságát és gazdasági versenyképességét. Az Energia- és Klímatudatossági Szemléletformálási Cselekvési Terv (EKSzCsT) fő célcsoportja a lakosság, azon belül is a gyermekek és fiatalok. A Cselekvési Terv létrehozásában a mozgató rugók (a feltárt problémák) igen jelentősek. Hiányos információátadás miatt a lakosság nagy része nincs tudatában az energiafogyasztásával és a legtöbben még egyszerű, csupán odafigyelést igénylő energiatakarékossági lépéseket sem tesznek meg, továbbá a lakosság bizonyos része számára nem egyértelmű, hogy milyen összefüggés van a klímaváltozás és az energiafelhasználás között. Ezeknek a problémáknak a lehetséges megoldására a Cselekvési Tervről szóló Korm. határozat felhívja az Emberi Erőforrások Miniszterét, hogy a Nemzeti Alaptanterv (NAT) és az egyes Kerettantervek felülvizsgálata során gondoskodjon az energia-, klíma- és környezettudatosságra nevelés hangsúlyosabb megjelenéséről. Magyarország Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terve 2020-ig (NEHCsT) is a fogyasztók tájékozottságát és környezettudatosságát szeretné növelni a társadalom legszélesebb körében.

A kommunikáció hatékonyságának javításával és a dokumentumokban megfogalmazottak sikeres végrehajtásával a fogyasz-

tói szemlélet pozitívan befolyásolható, a hatékony végrehajtáshoz azonban folyamatos állami szerepvállalásra is szükség van.

A Bolyai szekció utolsó előadásán a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai karáról érkező **dr. Kondor Tamás és Juhász Hajnalka** beszámolóját hallhattuk a 2019-es európai Solar Decathlon versenyről, amelyet ezúttal Szentendrén rendeztek meg. A Pécsi Tudományegyetem a Miskolci Egyetemmel, valamint a Blidai Saad Dahlad Egyetemmel együtt indult a versenyen a Hungarian NEST+ projekttel. A verseny célja a szemléletformálás, a felelős környezethasználat népszerűsítése. A feladat egy ökotudatos épület koncepciójának kidolgozása, valamint 14 nap alatt történő felépítése volt. A kialakítás során két Magyarországon gyakori megoldás, a panelrendszer, valamint a kockaházak vetődtek fel. A kockaházak korszerűsítése kisebb lépés, egyetlen ott élő családot kell csak meggyőzni, nem egy egész közösséget. A Hungarian NEST+ csapata a feladatra két koncepciót dolgozott ki. Az első alacsony költségvetésű megoldásban egy már meglévő épületen kis változtatásokat eszközöltek a Re-7 alapelvei, a csökkentés, újrahasznosítás, csere, helyreállítás, újrafelhasználás és újraegyesítés alapján. Az épület alaprajzát átrendezték, a helyiségeket 4 különböző zónára bontották tartózkodási idő alapján. Ezt követően újrarendezték az alaprajzot, újragondolták a tájolást, biztosítva ezzel a megfelelő benapozást. A házon belül hűtőlabirintust hoztak létre, amely passzív módon biztosítja a friss levegőt. Az építmény tetején egy Venturi-toronytányért helyeztek el. A teraszt kiterjesztették belső élettérré, amely nyáron árnyékolható, télen pedig egy teljesen fényáteresztő burok veszi körbe, ezáltal 70 m^2 plusz területhez jutottak. Az átalakításokhoz elsősorban újrahasznosított vagy természetes anyagokat használtak fel. A magasabb költségvetésű, „high-tech" koncepció célja a mai elvárásokat teljesíti, tulajdonképpen az alacsony költségvetésű megoldáshoz különböző kiegészítéseket kapcsoltak. A megtakarított energiát felhasználták, valamint épületautomatizálási megoldásokat is alkalmaztak, ezzel igyekeztek felkészülni a jövő kényelmi elvárásaira. A passzív megoldásokat aktív elemekkel egészítették ki, így napelemes rendszer került a tetőre, ezáltal az épület bizonyos időszakokban energiapozitívvá vált. Az átalakítások során szem előtt tartották a népi építészetbe való illeszkedést. A Hungarian NEST+ projekt végül az építészet és az energiahatékonyság kategóriájában is dobogós helyen végzett.

A konferencia hagyományaihoz híven nagy örömmel és sok szeretettel fogadtuk határon túli kollégáinkat, akik a Felvidékről, Erdélyből, valamint a Vajdaságból érkeztek hozzánk. Ezúton is megköszönjük a szervezésben való segítséget és hozzájárulást a Magyar Mérnöki Kamarának, az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesületnek, a Magyar Elektrotechnikai Egyesületnek, az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaságnak, a Rákóczi Szövetségnek, valamint Sziráki Zsuzsának, aki a MET titkárság részéről segítette munkánkat. Köszönettel tartozunk továbbá a MESZ hagyománya megalapozóinak, akik segítsége nélkül nem jöhetett volna létre az idei rendezvény sem: dr. Korényi Zoltánnak, Zarándy Pálnak, valamint végül, de nem utolsó sorban Váncza Józsefnek, aki szívét-lelkét beleadva dolgozott a korábbi szimpóziumok létrejöttében, de aki ezen a rendezvényen sajnos már nem lehetett közöttünk. Bízunk benne, hogy sikerült méltó módon megőriznünk emlékét.

Jegyzetek

1. VRFB: vanadium redox flow battery vanádium redox (folyadékáramlásos) akkumulátor

Új időpont!
2020. szeptember 27 –
október 13.

20 ÉVE

light+building

A technika összeköt.

Smart Urban, konnektivitás és egyszerű folyamatok. Intelligens infrastruktúra és előrelátó energiagazdálkodás a modern épületek tükrében. A Light + Building kiállítói Önt is a jövőbe vezetik.

Connecting. Pioneering. Fascinating.

office@bdexpo.hu
Tel.: 1/346-0273

messe frankfurt

E számunk szerzői:

Hartmann Bálint dr.
tudományos munkatárs
MTA Energiatudományi Kutatóközpont
hartmann.balint@energia.mta.hu

Héjjas István dr.
okl. gépészmérnök
hejjas224@gmail.com

Kazsoki Attila
tudományos segédmunkatárs
MTA Energiatudományi Kutatóközpont
kazsoki.attila@energia.mta.hu

Miskolczi Ferenc dr.
légkörfizikus
Az MTA köztestületének külső tagja
fmiskolczi@cox.net

Sinkovics Bálint
tudományos segédmunkatárs
MTA Energiatudományi Kutatóközpont
sinkovics.balint@energia.mta.hu

Sugár Viktória
tudományos segédmunkatárs
MTA Energiatudományi Kutatóközpont
sugar.viktoria@energia.mta.hu

Szilágyi Zsombor dr.
c. egyetemi docens
drszilagyizsombor@freemail.hu

E számunk lektorai:

Civin Vilmos
okl. vegyészmérnök
vcivin@cviker.hu

Gács Iván dr.
ny. egyetemi docens
Budapesti Műszaki Egyetem
gacs@energia.bme.hu

Hetesi Zsolt dr.
egyetemi docens
Nemzeti Közszolgálati Egyetem
hetesi.zsolt@uni-nke.hu

Mika János prof. dr.
egyetemi tanár
Eszterházy Károly Egyetem
mikaj@ektf.hu

Tar Károly dr.
ny. egyetemi docens
Debreceni Egyetem
tarko47@gmail.com

Wantuchné dr. Dobi Ildikó
tanácsadó
Országos Meteorológiai Szolgálat
dobi.i@met.hu

http://magyarenergetika.hu

Olvasói levél

Örömmel olvastam Stróbl Alajos kollégánk gondolatait lapunk 2019/5. számában. Nagyon tetszik a bevezető, az az őszinte és magával ragadó tömör gondolatsor, amelyből megtudjuk, mi késztette írásra. Nagyon pontosan sorolja fel a kapcsolt energiatermelés előnyeit. Hangsúlyozza, hogy van értelme és hasznos a kapcsolt energiatermelés. Részletesen kifejti a támogatás jelentőségének témakörét és az ármegállapítás fontosságát. Áttekinti Magyarország villamosenergia-ellátását és újra kifejezi sajnálkozását, amiért nem épül új erőmű Magyarországon.

Németország energetikai helyzetét én egy kissé másként értékelem. Bevezetőként szeretnék a World Energy Outlook 2017 című kiadványára hivatkozni, amely szerint az EU nukleáris alapú villamosenergia-termelése növekvő tendenciát mutat és így szerepe a jövőben is megkerülhetetlen. A Nukleáris Világszövetség adatai szerint egyre többen kívánnak belépni az atomenergiát használók klubjába. Így a német kormány 2011-ben hozott határozata az atomerőművek leállításáról kissé furcsa döntés. No de minden kormánynak joga van saját elképzelése alapján dönteni.

Az igaz, hogy 2018 végén a német beépített bruttó erőműves kapacitás 222 GW volt, de az ellátás szempontjából nem a beépített kapacitás a mérvadó, hanem a megtermelt villamos energia mennyisége. 2017-ben és 2018-ban a szél- és naperőművek az összes villamosenergia-termelésnek csak a 26 százalékát biztosították. A villamosenergia-termelés 61 százalékát továbbra is a szén- és gázerőművek, illetve a bezárásra ítélt atomerőművek biztosították. A fennmaradó 13 százalékot az olaj, a víz és a biomassza alapú erőművek termelték. Hogyan értelmezhető az a tény, hogy a német kormány egyrészt halálra ítélte a szenet, másrészt újabb barnaszén kitermelésére adott engedélyt? A szénkitermelés megkezdésének érdekében Immerath település egy részét a templommal együtt lebontották és felszámolták már a temetőt is.

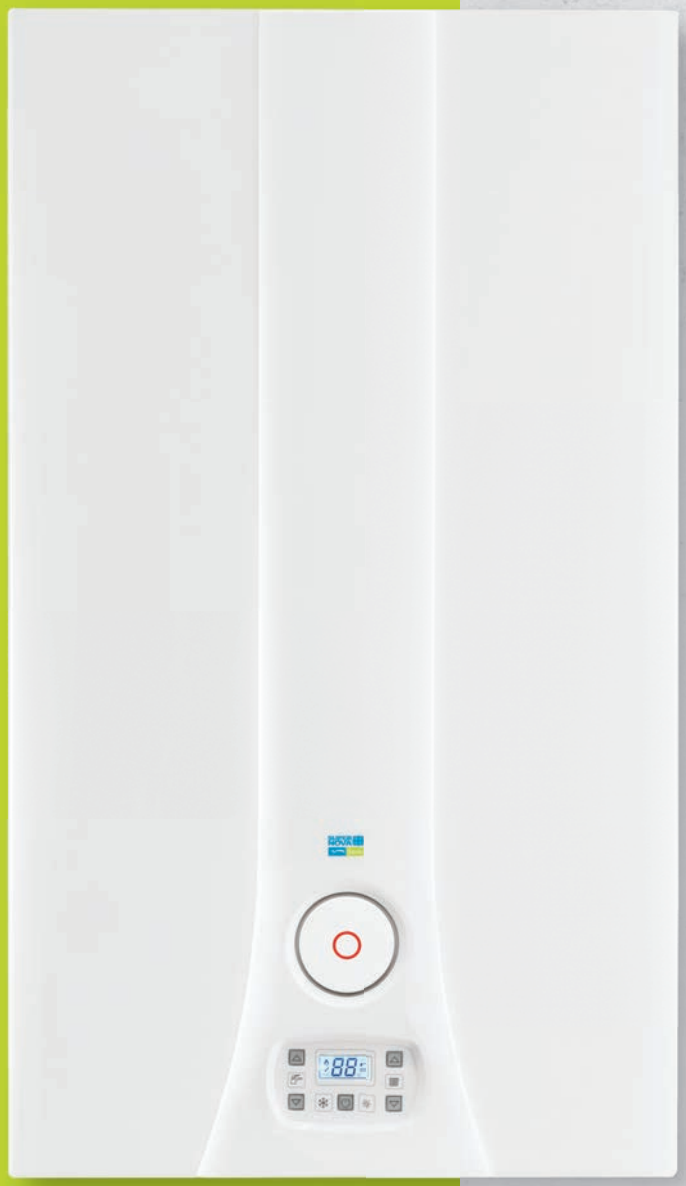
Ami pedig a beépített bruttó erőművi teljesítményt illeti, Romániának például 1988-ban 22 000 MW beépített teljesítménye volt, de a primer energiahordozók hiánya miatt alig tudott 12 000 MW csúcsteljesítményt biztositani, azt is csak 47 Hz frekvencián és komoly korlátozások közepette.

Mindennemű energiaszolgáltatás alapja a biztonság és a rendszer kiegyensúlyozott üzemeltetése. Ezen a téren a német villamosenergia-rendszer nem jeleskedik. 2017. január 24-én délelőtt a Nap nem sütött, a szél alig fújt, a megújulók alig termeltek valamit és így 50-60 GW teljesítményhiány lépett fel. A rendszerirányító kénytelen volt minden létező erőművet beindítani, függetlenül azok állapotától és a környezetre gyakorolt hatásuktól. A tíz napig tartott válságos helyzet miatt a rendszer késhegyen táncolt és majdnem összeomlott. Én személyesen megéltem 1977. május 10-én a román villamosenergia-rendszer kiesését. Egy hálózati üzemzavar következtében a rendszer kb. 4-5 óra időtartamra összeomlott. Az okozott kár több milliárd dollár volt és meghaladta az 1977. márciusi 4-i nagy romániai földrengés okozta károkat. Senkinek nem kívánom, hogy megéljen ilyen eseményeket. Én nem bízom olyan tartalékban, amelynek az alapja, hogy csak fúj majd a szél Európában, vagy járnak még a fosszilis erőművek vagy az atomerőművek. Erre nem lehet biztonságot építeni. Szép dolog az együttműködés és szükség is van rá, de mindig a saját rendszerünk a leghatékonyabb.

Ami pedig a CO_2-kibocsátást illeti, azt Németország 2009 és 2017 között csak 1 millió tonnával tudta csökkenteni, a közel ötszörös megújuló kapacitásnövekedés ellenére. Hálózati problémák is vannak Németországban. Az északon megtermelt megújuló alapú villamos energia nehezen jut el a déli régiókba, illetve Ausztriába. Többnyire a szomszédos országok hálózatán keresztül. Ez a hurokáramlás jelentős kárt okoz az érintett ország rendszerének.

Összegzésként én is úgy gondolom, hogy a fanyalgás ellenére tanulhatunk valamit a németektől, sőt másoktól is. Nyitottaknak és felkészülteknek kell lennünk a párbeszédre. Senki sem mondhatja, hogy megtalálta a bölcsek kövét és nála van az abszolút igazság! Ugyanakkor a döntés előtt gondolkozzunk mindig józanul, mert a fogyasztói igényeket minden időpillanatban ki kell elégíteni és a természeti törvényeket nem lehet felülírni.

Makai Zoltán



SUPER NOVA

Savio

ÚJGENERÁCIÓS KONDENZÁCIÓS KAZÁNOK

Az ErP irányelveknek maximálisan megfelelő berendezések.

EVODENS
25 és 30 kW-os fűtő és kombi készülékek, beépített tárolós változatban is

INOXDENS
25 és 35 kW-os fűtő és kombinált üzemű készülékei

ACTADENS
25 kW-os kombi készülék előkészítve Hibrid rendszer szabályozásához is

ACTA NOx 24
24 kW-os kéményes kombi készülékek pótlására

SUPEREVODENS Újdonság!
24 kW-os gyűjtőkéménybe köthető készülék

2 ÉV GARANCIA

ErP READY

A háztartási készülékek mellet az ipari kazánok is megtalálhatóak a gyártó kínálatában.

A termékeket keresse a Merkapt Épület-gépészet üzleteiben!

Épületgépészeti kiskereskedéseink elérhetőségei:

1106 Budapest,	Maglódi út 14/B	Tel.: (1) 260 0470, (1) 260 1405/101
1117 Budapest,	Budafoki út 183.	Tel.: (1) 464 5205, (20) 443 7018
1134 Budapest,	Róbert Károly krt. 90.	Tel.: (1) 340 9746, (20) 489 8733
1143 Budapest,	Hungária krt. 92-94.	Tel.: (1) 221 4247, (20) 264 7718
1092 Budapest,	Mester utca 33-35.	Tel.: (1) 216 7117, (20) 589 8612
1081 Budapest,	Fiumei út 10.	Tel.: (1) 334 4554, (20) 489 8584
1211 Budapest,	Kossuth Lajos utca 17.	Tel.: (1) 276 0313, (20) 570 2558
1033 Budapest,	Vörösvári út 103.	Tel.: (1) 450 0868, (20) 350 0912

Merkapt

KIZÁRÓLAGOS ÉRTÉKESÍTŐ:
MERKAPT Zrt.
1106 Budapest, Maglódi út 14/B.
Tel.: +36 1 260 0470
info@merkapt.hu
www.saviokazan.hu