

## A magyar bruttó villamosenergia-termelés struktúrájának alakulása 2010 és 2021 között

Bozsik Nándor – Bozsik Norbert – Tánczos Tamás

### Összefoglalás

*A magyar villamosenergia-termelés három pilléren nyugszik, a fosszilis, a nukleáris és a megújuló energiákon. Míg a hazai villamosenergia-termelés mintegy 6,5%-kal visszaesett 2010 és 2020 között addig a bruttó villamosenergia-felhasználás mintegy 10%-kal növekedett, ami a villamosenergia-import jelentős növekedését eredményezte. Az import növekedésének fő oka, hogy Magyarország olcsón vásárolhat áramot a szomszédos országoktól. Pozitív fejleménye az elmúlt időszaknak, hogy a megújulók egyre nagyobb szerepet játszanak a villamosenergia-termelésben. A megújuló energiafogyasztás növekedése a szén és a gáz felhasználás csökkenésével jár együtt, mely összhangban van üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésével kapcsolatos EU-vállalásokkal és fontos tényező a klímaváltozás elleni küzdelemben. A villamosenergia-termelés és felhasználás kitétségének csökkentése érdekében fontos lenne a megújuló energiák további bővítése. Cikkünkben a magyar villamosenergia-termelés szerkezeti átalakulását elemeztük a 2010 és 2020 közötti időszakra vonatkozólag, kiegészítve a 2021-es év előrejelzéseivel. A kutatás során korrelációs számítást és regresszió vizsgálatot végeztünk, feltárva a lehetséges kapcsolatokat az energiahordozók között. Az eredmények azt mutatják, hogy a napelemes energiatermelés növekedése a szénalapú villamosenergia-termelés csökkenésével, míg a földgázalapú villamosenergia-termelés növekedése a nettó villamosenergia import csökkenésével jár együtt. Magyarország számára a következő évtizedekben komoly kihívást jelent, hogy saját villamosenergia-szükségletét biztonságosan, gazdaságosan és környezetbarát módon tudja biztosítani*

**Kulcsszavak:** fosszilis energia, korreláció, megújuló energia, nukleáris energia, villamosenergia-termelés

**JEL:** O13, P48, Q40

## Development of the structure of hungarian gross electricity production between 2010-2021

### Abstract

*The Hungarian electricity production is based on three pillars: fossil, nuclear and renewable energies. While domestic electricity production fell by about 6.5% between 2010 and 2020, gross electricity consumption increased by about 10%, which can be attributed to the decrease in production and the significant increase in electricity imports. The main reason for the increase in imports is that Hungary can buy cheap electricity from neighboring states. A positive development of the past period is that renewables has been playing an increasing-by important role in electricity production. The increase in renewable energy consumption is connected with a decrease in the use of coal and gas, which is in line with EU commitments related to the reduction of greenhouse gas emissions and an important factor in the fight against climate change. In order to reduce the exposure of electricity production and use, it would be*

*important to further expand renewable energies. In our article, we analyzed the structural transformation of Hungarian electricity production for the period between 2010 and 2020, supplemented by forecasts for the year 2021. During the research, we performed correlation calculation and a linear regression analysis, revealing the possible relationships between the energy carriers. The results show that an increase in solar energy production is accompanied by a decrease in coal-based electricity production, while an increase in natural gas-based electricity production is associated with a decrease in net electricity imports. In the coming decades, it will be a serious challenge for Hungary to be able to provide its own electricity needs in a safe, economical and environmentally friendly way.*

**Keywords:** fossil energy, correlation, renewable energy, nuclear energy, electricity generation

**JEL:** O13, P48, Q40

## Bevezetés

### *Magyarország bruttó rendelkezésre álló energiahelyezete*

Magyarországot az energiamix nagyfokú diverzifikáltsága, az importált energiától való jelentős függés, az alacsony átalakítási és elosztási veszteségek, valamint az alacsony átlagos üvegházhatású gázintenzitás jellemzi (Brodny–Tutak, 2021a).

A magyar bruttó energiefelhasználást tekintve öröndetes tény, hogy a szén felhasználás bő egy harmaddal (37,7%) csökkent 2010 és 2020 között, ami jelentősen hozzájárul hazánk szén-dioxid csökkentéssel kapcsolatos nemzetközi vállalásaihoz.

A gázfogyasztásunk ugyan csökkent 10,7%-kal, viszont az olaj felhasználásunk 9,8%-kal növekedett az évtized során. A megújuló részesedése 2010-ben 10,7%-ot, 2020-ban pedig 11,9%-ot tett ki a hazai bruttó energia-felhasználásban. A nukleáris energia részesedése stabil, mintegy 15-16%. (1. táblázat)

**1. táblázat. Magyarország bruttó rendelkezésre álló energiahelyezete  
2010 és 2020 között GWh-ban**

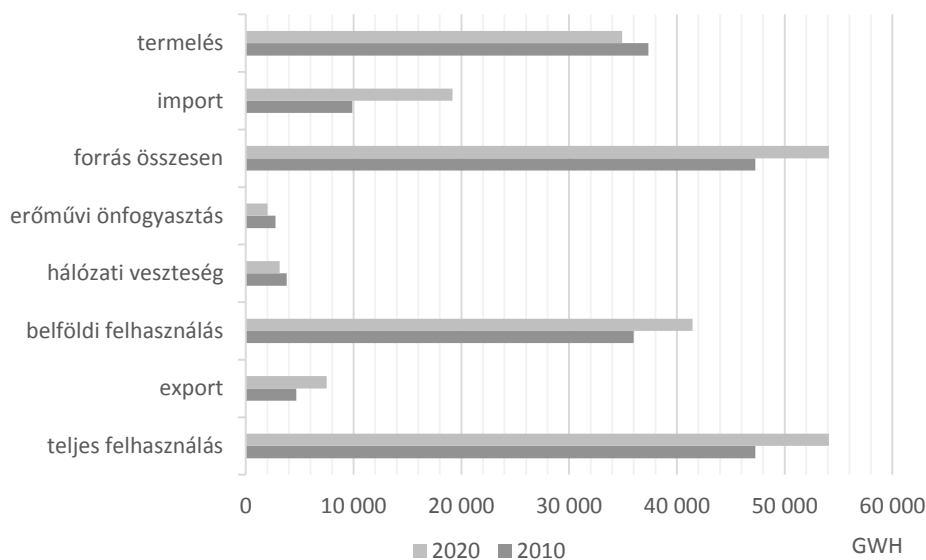
	2010	részesedés	2020	részesedés	2010-2020
szén	31 439,55	10,4%	19 573,34	6,7%	-37,7%
gáz	114 154,25	37,7%	101 929,75	35,1%	-10,7%
olaj	79 067,09	26,1%	86 904,48	30,0%	9,9%
megújuló	32 302,58	10,7%	34 483,19	11,9%	6,8%
nukleáris	46 089,69	15,2%	47 136,39	16,3%	2,3%

*Forrás: Eurostat, 2023a adatok alapján a szerzők számítása*

Magyarország elkötelezett a szén-dioxid kibocsátás csökkentése mellett és deklarálta, hogy 2030-ig bezárja nagy üvegházhatású gázkibocsátású széntüzelésű erőműveit (Brodny–Tutak, 2021b).

### ***A magyar bruttó villamosenergia-termelés***

Magyarország bruttó villamosenergia-termelése 2010-ben 37 371 GWh volt, ami 2020-ra 34 930 GWh-ra csökkent, ez 6,53%-os visszaesést jelent. A magyar villamosenergia felhasználás másik forrása az import, amely 2010 és 2020 között jelentősen, 9897 GWh-ról 19 176 GWh-ra emelkedett. A növekvő import egyik oka, hogy Magyarország olcsón vásárolhat áramot a szomszédos államoktól. Az importtal együtt az összes villamosenergia-forrás 47 268 GWh-ról 54 106 GWh-ra nőtt a vizsgált időszak alatt. Emellett a magyar villamosenergia-export 4702 GWh-ról 7499 GWh-ra emelkedett 2010 és 2020 között. Magyarország nettó villamosenergia-importja 2010-ben a bruttó felhasználáshoz viszonyítva 12,2% (5195 GWh) volt, 2020-ra pedig elérte a 25,5%-ot (11 677 GWh), igaz, hogy 2014-ben és 2015-ben már több mint 30% is volt. A magyar bruttó villamosenergia-fogyasztás – hálózati veszteséggel és önfogyasztással együtt – 42 566 GWh volt 2010-ben, ami 2020-ra 46 607 GWh-ra nőtt. A csökkenő termelés ellenére növekvő villamosenergia-felhasználás a nettó import jelentős növekedését eredményezi (KSH, 2022). (1. ábra)



**1. ábra. Magyarország villamosenergia-mérlege**

*Forrás: KSH, 2022 adatok alapján a szerzők szerkesztése*

Megjegyzendő, hogy a 2008-as pénzügyi válság után az elektromos áram ára folyamatosan emelkedett az Európai Unióban, Magyarországon azonban csökkentek az áramárak, a lakossági fogyasztók egyetemes áramszolgáltatási tarifája miatt.

### ***A magyar villamosenergia-mix***

Magyarország számára a következő évtizedekben komoly kihívást jelent, hogy saját villamosenergia-szükségletét biztonságosan, gazdaságosan és környezetbarát módon tudja biztosítani. Mivel gyakorlatilag minden nagyerőmű (50 MW teljesítmény feletti) az üzemi élettartama végéhez közeledik, az ország villamosenergia-rendszerében elkerülhetetlenül jelentős változások következnek be (Kiss–Hetesi–Kiss, 2016).

A magyar villamosenergia-termelés három pilléren nyugszik, a fosszilis, a nukleáris és a megújuló energiákon. Magyarországon a bruttó villamosenergia-termelésben a szén 10,8%-ot, a földgáz 26,4%-ot, a nukleáris 46,6%-ot a megújulók pedig 16,2%-ot képviseltek 2020-ban. A szénfelhasználása több mint 40%-kal csökkent a villamosenergia-termelésben 2010 (6234 GWh) és 2020 (3711 GWh) között. Ennek egyik fő oka, hogy a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése fontos tényező a klímaváltozás elleni küzdelemben. Több nemzetközi környezetvédelmi és klímavédelmi megállapodás is tartalmazza a szénelapú energiatermelés mielőbbi teljes felszámolását. A szénfelhasználás radikális csökkentésének másik fő oka a drasztikusan emelkedő szén-dioxid kvótaárak emelkedése, ami természetesen benne van a költségekben. A jövőben ez a folyamat egyre inkább meghatározó tényező lesz a gazdaságos energiatermelésben (Győri, 2020). Harmadrészt azért csökken a magyar szénfelhasználás, mert a nagy áramtermelő erőművek esetenként a teljes tervezett vagy már meghosszabbított élettartamuk végéhez közelednek. Ezek egyike a Mátrai Erőmű, amelyet 2025 körül vagy leállítanak, vagy teljesen felújítanak. Előbbi esetben közel 1000 MW teljesítmény hiányzik a magyar villamosenergia-termelésből. Ennek egy része kiváltható gázerőművekkel és napenergia-termeléssel, valamint napirenden van a biomassza-erőművek gázosítási vagy pirolízises módszerekkel történő építése is (Lipták – Hadházi, 2021).

A magyar bruttó villamosenergia-termelésben a földgáz 11 598 GWh-ról 9091 GWh-ra esett vissza 2010 és 2020 között, ami 21,6%-os visszaesést jelent. A földgáz még így is a magyar villamosenergia-mix 26,4%-át tette ki. A földgáz alapú villamosenergia-termelés egyik fő alkalmazási területe a megújuló energia alapú erőművek csúcsidezőségi és az időjárástól függő megújuló energia kiegyenlítő energiával történő ellátása. Ezen kívül a földgázalapú villamosenergiát CHP (Combined Heat and Power) olyan erőművekben állítják elő, amelyek kapcsolt hő- és villamos energiát termelnek. Ezen erőművek fő alkalmazási területe a lakossági közösségi rendszerek, ahol hő- és villamosenergia kombinált termelésével nagyobb hatékonyság érhető el. Természetesen ez megváltozik a Mátrai Erőmű leállításával, vagy egy másik forgatókönyv szerint a lignitről a földgázra való átállással.

Magyarországon az atomenergia-termelés jóval nagyobb arányt képvisel a villamosenergia-termelésben, mint a többi energiaforrás. Az atomenergia 16 055 GWh teljesítménnyel (2020) a villamosenergia-mixen belül stabilan 46%-át teszi ki, amit a paksi erőmű négy blokkja biztosít. A nukleáris alapú villamosenergia-termelésben jelentős változások várhatók a 2030-as évek elején, amikor Paks I és Paks II várhatóan több évig egyidejűleg működik majd (Kovács, 2020). A megújulók egyre nagyobb szerepet játszanak a magyar villamosenergia-termelésben, míg 2010-ben még 8,1%-os, addig 2020-ban már 16,1%-os részarányt képviseltek. Magyarországon 2010-ben még 3019 GWh volt a megújuló forrásból előállított villamos energia, 2020-ban viszont már elérte az 5529 GWh-t, ami 83,1%-os növekedést jelent. (2. táblázat)

**2. táblázat. A magyar bruttó villamosenergia-termelés alakulása  
2010 és 2020 között GWh-ban**

	2010	részesedés	2020	részesedés	2010-2020
szén	6 234	16,8%	3 711	10,8%	-40,5%
gáz	11 598	31,3%	9 091	26,4%	-21,6%
olaj	490	1,3%	45	0,1%	-90,8%
megújuló	3 019	8,1%	5 529	16,1%	83,1%
nukleáris	15 761	42,5%	16 055	46,6%	1,9%
egyéb	269	0,7%	499	1,4%	85,5%
teljes	37 371	100,0%	34 930	100,0%	-6,5%

*Forrás: Eurostat, 2023b adatok alapján a szerzők számítása*

Magyarországon a megújuló kapacitások növelésének nincs alternatívája, a kérdés az erőforrások mennyisége és összetétele (Munkácsy – Kádár, 2016). A megújuló energiaforrások közül hazánkban a vizet, a szél-, a nap- és a bioenergiát használják fel. A megújulókból előállított villamos energia részaránya a 2014 és 2016 közötti időszakban még stagnált (7,3%), majd 2017 óta jelentősen nőtt (Szeberényi–Rokicki–Papp-Váry, 2022). Ennek ellenére Magyarországon a megújulóenergia-ágazat kis részesedéssel bír a villamosenergia-termelésben (Sulich–Soloduchó-Pelc, 2021).

Magyarország villamosenergia-piaci az EU többi országához képest gazdasági, környezeti és energiabiztonsági szempontból a középmezőnyben található, a 28 ország közül a 16. helyen áll (a Brexit előtt) (Siksnelyte–Zavadskas, 2019). A vízből előállított villamosenergia felhasználása 2020-ra 29,5%-os növekedést mutatott 2010-hez képest, és 244 GWh-t tett ki, ami a megújulókból előállított villamosenergia 4,4%-át jelenti. Magyarországon a vízenergia felhasználási lehetőségei korlátozottak. Nagy előnye, hogy tisztán, káros kibocsátás nélkül tud villamos energiát termelni, a megtermelt áram pedig viszonylag olcsó.

A szél által a megújulókból termelt villamos energia 11,9%-ot tett ki 2020-ban, ami teljesítményében 655 GWh-t jelent. Ez 22,7%-os növekedést jelent a 2010-es állapothoz képest hozzátevé, hogy Magyarországon 2016 óta kapacitásbővítési tilalom van érvényben (Major, 2020).

A megújuló energiaforrások közül a napelemek esetében tapasztalható igen jelentős növekedés. Magyarország kiemelkedik a napenergiából előállított villamosenergia tekintetében (Pakulska, 2021). Míg 2010-ben a napelemekkel megtermelt villamos energia alig volt kimutatható (kevesebb, mint 1%), addig 2020-ra arányuk megközelítette a megújuló energia alapú bruttó villamosenergia-termelés 45%-át. A napelemek által termelt villamosenergia így 2459 GWh volt. A látványos növekedés egyik fő oka az volt, hogy 2015-től a kisméretű háztartási naperőművek mellett megjelentek a közepes- és nagyméretű naperőművek, amelyek nem saját fogyasztásra, hanem hálózati termelésre szolgálnak. A bioenergia esetében értékalapon nem történt változás, csak a részesedést tekintetében. A bioenergiával előállított villamosenergia 2159,9 GWh-t tett ki 2020-ban, részesedése viszont 76,1%-ról 39,1%-ra csökkent, ami a napelemek használatában bekövetkezett áttörésnek tudható be. (3. táblázat)

**3. táblázat. A megújulókból történő bruttó villamosenergia-termelés alakulása Magyarországon 2010 és 2020 között GWh-ban**

	2010	részesedés	2020	részesedés	2010-2020
víz	188,4	6,2%	244,0	4,4%	29,5%
szél	533,8	17,7%	655,0	11,9%	22,7%
napelem	0,9	0,0%	2459,0	44,6%	:
bioenergia	2296,5	76,1%	2159,9	39,1%	-5,9%
teljes	3019,5	100,0%	5517,9	100,0%	82,7%

*Forrás: Eurostat, 2023c adatok alapján a szerzők számítása*

## Anyag és módszer

A kutatásunk során idősoros elemzést végeztünk a magyar bruttó villamosenergia-termelésre vonatkozólag a 2010 és 2020 közötti időintervallumban, kiegészítve a 2021-es év előrejelzéseivel. Az elemzés adatai az Eurostat és a KSH statisztikai adatbázisaiból kerületek feldolgozásra. A vizsgálatba vont elsődleges energiahordozók a nukleáris energia, a fosszilisok közül a szén és gáz, illetve a megújulók közül a bioenergia, a napelem, a szél és a víz. Az elemzésbe még bevontuk változóként

a villamosenergia-import és -export különbségét, vagyis a nettó importot. A kutatás során korrelációs számítást és regresszió vizsgálatot végeztünk, feltárva a lehetséges kapcsolatokat az energiahordozók között.

### ***Statisztikai vizsgálatok***

Az adatok feldolgozása és a változók közötti összefüggések elemzése (ANOVA táblázatban megjelenítve) SPSS 25.0, az idősorok és a regresszió eredményének vizuális megjelenítése a Minitab 20.0 statisztikai programcsomaggal készült.

### ***Korrelációs számítás***

A korrelációs elemzés során két minta korrelációs együtthatóját becsüljük meg, egész pontosan a Pearson-féle korrelációs együtthatóját. A minták korrelációs együtthatója „r”, -1 és 1 között mozog. Az „r” számszerűsíti a minták közötti lineáris asszociáció irányát és nagyságát. A nullához közeli korreláció esetében gyenge lineáris kapcsolat van a két változó között, az 1-hez közeli korreláció esetében pedig erős lineáris kapcsolat tapasztalható a két változó között (Taylor, 1990).

### ***Regresszió számítás***

A regresszió számítás során egy vagy több független változó hatását vizsgáljuk egy függő változóval kapcsolatban. A módszer révén az ábrázolt pontokhoz legjobban illeszkedő egyenest (görbét) keressük, vagyis egy olyan egyenes (görbe) egyenletét határozzuk meg amelyhez képest az ábrázolt pontok a legkisebb távolságra helyezkednek el. A számításokhoz használt statisztikai programok által készített ANOVA táblázat segít meghatározni a regressziós egyenlet paramétereit, illetve megállapítani a modell szignifikanciaszintjét (az esetek többségében a  $P < 0,05$  érték jelentősnek számít) (Robinson, 2020).

## **Eredmények**

### ***A magyar bruttó villamosenergia-termelés korrelációvizsgálata energiaforrás alapján***

A magyar bruttó villamosenergia-termelés 4. táblázat idősorai szolgálnak a korrelációs mátrix alapjául alapul. A vizsgálatba bevont elsődleges energiahordozók a nukleáris energia, a fosszilisok közül a szén és földgáz, illetve a megújulók közül a bioenergia, a napenergia, a szél és a víz által termelt villamosenergia teljesítménye, illetve a nettó import értékei képezik a számítások alapját.

**4. táblázat. A magyar bruttó villamosenergia-termelés alakulása energiaforrások szerint 2010 és 2021 között, GWh-ban (\* KSH-előrejelzés)**

	szén	földgáz	nukleáris	bioenergia	napelem	szél	víz	nettó import
2010	6 234	11 598	15 761	2 296	1	534	188	5195
2011	6 483	10 738	15 685	1 859	1	626	222	6643
2012	6 344	9 401	15 793	1 655	8	770	213	7967
2013	6 300	5 541	15 370	1 832	25	718	213	11 877
2014	5 995	4 240	15 649	2 126	67	657	301	13 390
2015	5 790	5 108	15 834	2 161	141	693	234	13 686
2016	5 632	6 479	16 054	2 071	244	684	259	12 711
2017	4 932	7 869	16 098	2 156	349	758	220	1 2878
2018	4 669	7 282	15 733	2 300	629	607	222	14 348
2019	4 036	8 700	16 288	2 232	1 497	729	219	12 584
2020	3 711	9 091	16 055	2 160	2 459	655	244	11 677
2021*	3 084	9 447	15 990	2 058	3 793	651	208	12 755

*Forrás: Eurostat, 2023d és KSH, 2023 adatok alapján a szerzők számítása*

Az SPSS 25.0 program segítségével a primer energiahordozók, illetve a nettó import páronkénti Pearson-korrelációi kerültek kiszámításra. Az eredményeket a 5. táblázatban jeleníti meg. A mátrix cellái a változók páronkénti regressziós- és szignifikancia együtthatóit tartalmazzák. A regressziós együtthatónál egy vagy két csillag azt jelzi, hogy a regressziós együttható a 0,05 és 0,01 kétirányú szignifikanciaszinten belül van. Az eredmények csak a főátló alatti együtthatóit tartalmazzák, mivel a mátrix szimmetrikus a főátlóra.

**5. táblázat. A magyar bruttó villamosenergia-termelés korrelációs mátrixa**

	szén	földgáz	nukleáris	bioenergia	napelem	szél	víz
földgáz	-0,147						
sign.	0,649						
nukleáris	-0,664*	0,257					
sign.	0,019	0,419					
bioenergia	-0,445	-0,043	0,410				
sign.	0,147	0,894	0,185				
napelem	-0,918**	0,263	0,495	0,208			
sign.	0,000	0,409	0,102	0,516			
szél	-0,023	-0,353	0,244	-0,493	-0,061		
sign.	0,943	0,261	0,444	0,104	0,851		
víz	0,071	-0,679*	-0,008	0,076	-0,127	0,111	
sign.	0,827	0,015	0,980	0,814	0,694	0,732	
nettó import	-0,499	-0,754**	0,237	0,345	0,290	0,348	0,481
sign.	0,099	0,005	0,459	0,271	0,361	0,267	0,113

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

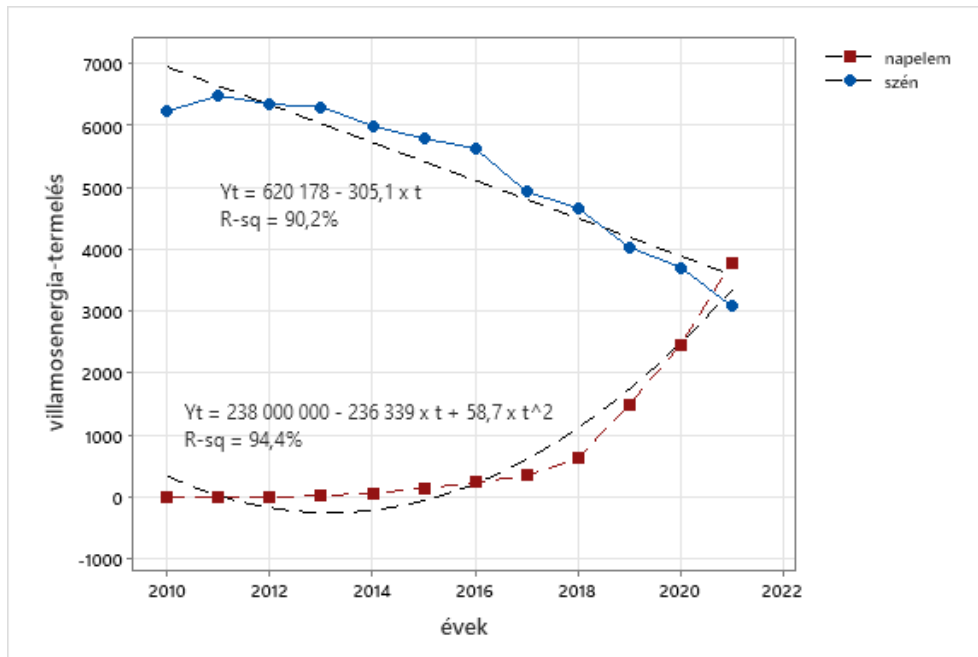
\*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*Forrás: a szerzők saját számítása*

A 5. táblázatból látható, hogy a szénhez és a földgázhoz tartozó oszlopokban vannak szignifikáns korrelációt mutató párok. Természetesen az ellenkező irányból is nézhetjük, azaz a nukleáris, a napelem, a víz és a nettó import sorok tartalmazznak jelentősen korreláló párokat. A dekarbonizáció vizsgálata során érdemes a fosszilis felől megközelíteni a szorosság és később a regressziós vizsgálatot.

### A szén-napelem idősor

A szén-napelem korrelációja igen magas negatív értéket mutat (-0,918), ami a kettejük idősorgrafikonján is látható. (2. ábra) A csökkenő szénértékekhez egyre növekvő napelemértékek tartoznak.



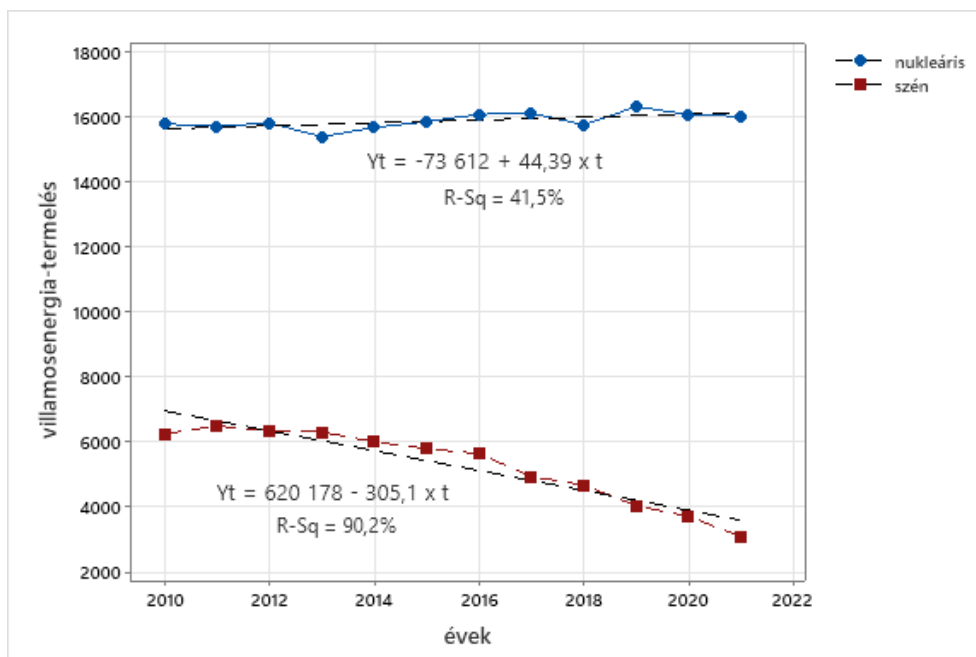
2. ábra. A szén és a napelem villamosenergia-termelésének idősora  
2010 és 2021 között, GWh

Forrás: a szerzők saját szerkesztése

### A szén-nukleáris idősor

A szén és az atomenergia korrelációs együtthatója (-0,664) közepesen erős, negatív irányú kapcsolatot mutat. Az idősoros adatokat vizsgálva megjegyzendő, hogy az atomenergiából származó áramtermelés enyhén növekvő, a szénből előállított elektromosáram mennyisége erőteljesen csökkenő tendenciát mutat. (3. ábra)





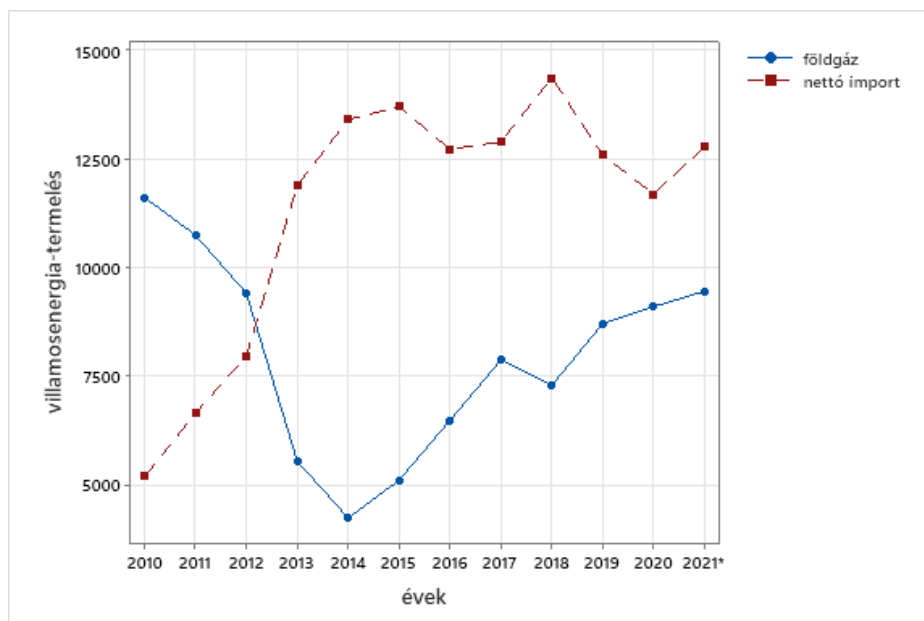
3. ábra. A szén és a nukleáris villamosenergia-termelés 2010 és 2021 között, GWh

*Forrás: a szerzők saját szerkesztése*

A nukleáris alapú áramtermelés a technológiának köszönhetően stabil hozamú. A Pakson az energiát négyszer 500 MW-os blokkok adják, ezek nehezen szabályozhatók, azaz blokkonként az üzemi teljesítményük 100%. A nukleáris alapú villamosenergia-termelésben a változásokat az üzemzavarok, illetve a karbantartási leállások és az ezzel párhuzamos korszerűsítések adják (OAH, 2023).

### ***A földgáz és a nettó import időszora***

A földgáz és a nettó import között erős negatív korrelációt (-0,754) mutat a korrelációs mátrix. Az 4. ábra alapján látható, hogy monotonitás szempontjából nem olyan egységes, mint a szén-napelem idősor grafikonja.

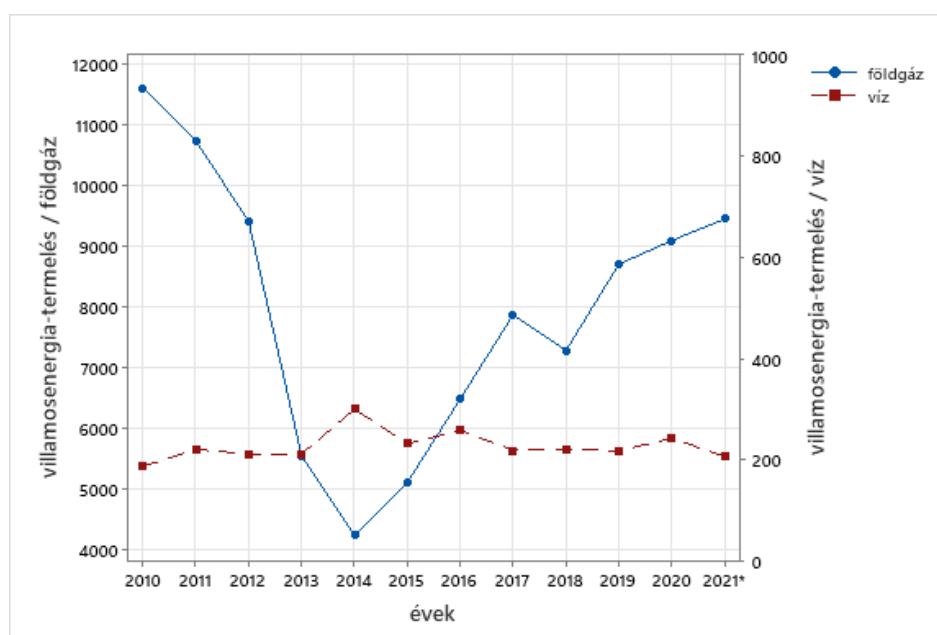


4. ábra. A földgáz villamosenergia-termelési és a nettó villamosenergia-import időszora 2010–2021, GWh

Forrás: a szerzők saját szerkesztése

### A földgáz-víz idősor

A víz közepes negatív korrelációt mutat a földgázzal (-0,679). Az 5. ábra egyrészt mutatja a vízenergia-termelés alacsony szintjét, másrészt azt, hogy Magyarországon a vízhozam erősen függ az időjárástól, ezért a hozam hektikus. A vízenergiából történő villamosenergia-termelés csak szűk, specifikus keretek között szabályozható (OVF, 2023).



5. ábra. A földgáz és a víz energiatermelési időszora 2010–2021, GWh

Forrás: a szerzők saját szerkesztése

### ***A magyar bruttó villamosenergia-termelés egyváltozós regressziós vizsgálata***

A korrelációs vizsgálatok alapján a szén és a napelem között kvadratikus-, a földgáz és a nettó import közötti lineáris regresszió került vizsgálatra. Ezek a típusok valószínűsíthetők a leginkább az idősorok diagramja alapján (2. és 4. ábra), illetve ezt igazolják a 6. és 7. ábrák.

### ***A szén-napelem kvadratikus egyváltozós regressziója***

Az SPSS 25.0 program a szén-napelem egyváltozós regressziójára a 6-8. táblázatok értékeit kalkulálta ki.

**6. táblázat. A szén-napelem regresszió fő mutatói**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,968 <sup>a</sup>	,936	,922	323,30615

a. Predictors: (Constant), napelemQD, napelem

*Forrás: a szerzők saját számítása*

A R Square oszlop értéke azt mutatja meg, hogy a napelemek termelése a széntermelés varianciájának 93,6%-át (ez lineáris regressziónál 84,4%) magyarázza. Az utolsó oszlop a standard becslés hibáját mutatja. Az ANOVA táblázat részletezi a modell eltéréseit. (7. táblázat)

**7. táblázat. A szén-napelem ANOVA<sup>a</sup>-értékei**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	13808571,223	2	6904285,611	66,053	,000 <sup>b</sup>
	Residual	940741,777	9	104526,864		
	Total	14749313,000	11			

a. Dependent Variable: szén

b. Predictors: (Constant), napelemQD, napelem

*Forrás: a szerzők saját számítása*

A Regression értéke ( $SS_T$ ) az átlagtól való összes négyzetre emelt eltérés, összes variancia. A Residual értéke ( $SS_R$ ) a regressziós görbétől való összes négyzetre emelt eltérés. A Total értéke ( $SS_M$ ) azt mutatja, hogy mennyivel csökkent az eltérés a regressziós görbének köszönhetően.

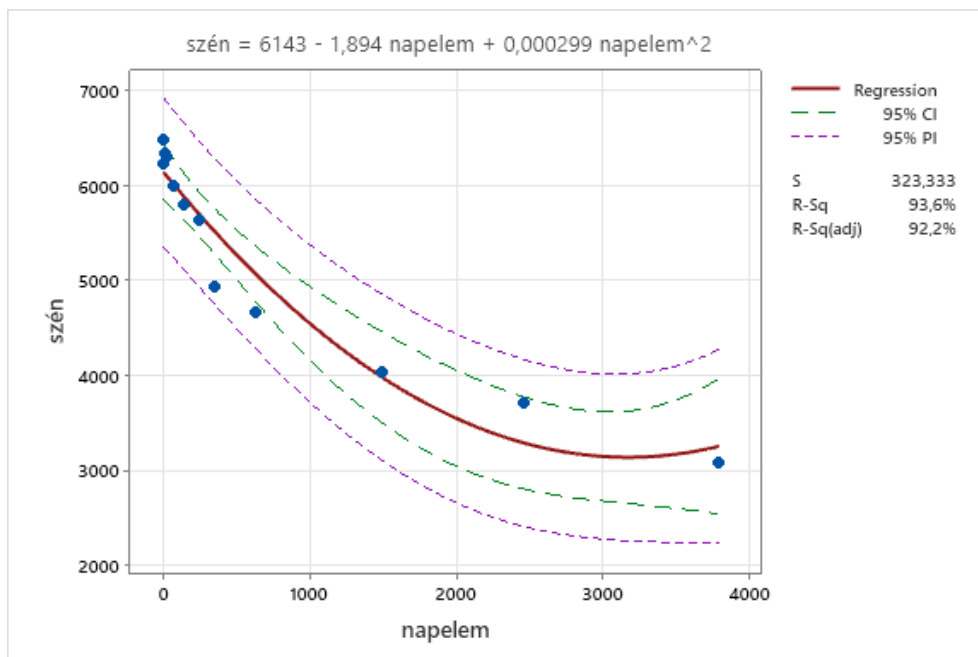
8. táblázat. A szén-napelem regresszió együtthatói

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized	t	Sig.
		B	Std. Error	Coefficients		
1	(Constant)	6142,712	125,090		49,106	,000
	napelem	-1,894	,293	-1,985	-6,469	,000
	napelemQD	,000299	,000083	1,109	3,614	,006

a. Dependent Variable: szén

Forrás: a szerzők saját számítása

Amennyiben a regressziós egyenletet a másodfokú polinom  $y=c+bx+ax^2$  alakjában értelmezzük, akkor a 8. táblázat (Constant) sor első adata (6142,712) a c érték, a napelem sor első adata (-1,894) a b értéke, a napelemQD sor első adata (0,000299) az a érték. Ezek alapján a regressziós görbe egyenlete:  $Y = 6143 - 1,894X + 0,000299X^2$ , ahol Y a szén, X a napelem által megtermelt elektromos áram, mint változó. A regressziós görbe egyenletének adott pontjában vett első deriváltja ( $Y' = -1,894 + 0,000598X$ ) adja a kis tartományon belüli napelem alapú villamosenergia-termelés és hozzá tartozó szén alapú villamosenergia-termelés változásának hányadosát. A szén-napelem gráfja és a hozzá tartozó regresszió görbét a 6. ábra mutatja.



6. ábra. A napelem és a szén közötti kvadratikus regresszió görbéje

Forrás: a szerzők saját szerkesztése

Meg kell jegyezni, hogy lineáris regresszió esetén az egyenes egyenlete:  $Y=5940,399 - 0,876X$ , ahol Y a szén, X a napelem által megtermelt elektromos áram, mint változó. Az R-Sq értéke 84,4% az R-Sq(adj) 82,8%.

### Földgáz-nettó import egyváltozós regressziós egyenlete

A földgáz-nettó import esetén lineáris egyváltozós regressziós vizsgálatra került sor. A földgáz-nettó-import regressziós vizsgálatára az SPSS program a 9-11. táblázat értékeit kalkulálta.

**9. táblázat. A földgáz-nettó import regresszió fő mutatói**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,754 <sup>a</sup>	,569	,526	1575,15167

a. Predictors: (Constant), net\_import

*Forrás: a szerzők saját számítása*

Az  $R^2$  értéke alapján a nettó import értéke a földgázból valló villamosenergia termelés varianciájának 56,9%-át magyarázza.

**10. táblázat. A földgáz és nettó import ANOVA<sup>a</sup>-értékei**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	32740845,727	1	32740845,727	13,196	,005 <sup>b</sup>
	Residual	24811027,940	10	2481102,794		
	Total	57551873,667	11			

a. Dependent Variable: földgáz

b. Predictors: (Constant), net\_import

*Forrás: a szerzők saját számítása*

**11. táblázat. A földgáz és nettó import regresszió-együtthatói**

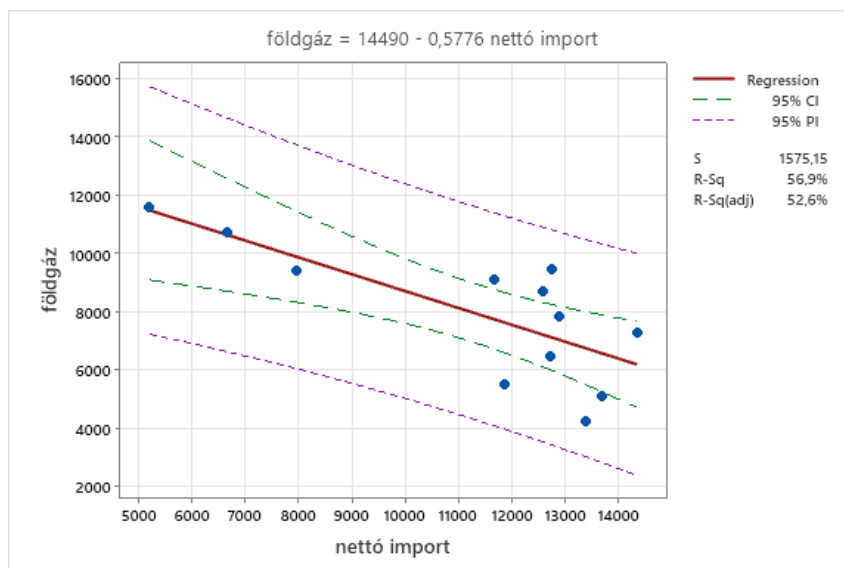
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	14489,988	1854,783		7,812	,000
	net_import	-,578	,159	-,754	-3,633	,005

a. Dependent Variable: földgáz

*Forrás: a szerzők saját számítása*

A Constant sor első adata alapján a regressziós egyenes 14489,988-as értéknél metszi az y tengelyt. A net\_import B értéke alapján a regressziós egyenes meredeksége -0.578. A Beta értéke alapján újabb szórásnyi nettó import után 0,754 szórással kevesebb földgázt fordítunk villamosenergia-termelésre.

A regressziós egyenes egyenlete:  $Y = 14489,988 - 0,578X$ , ahol Y a földgáz által megtermelt elektromos áram, X az elektromos áram nettó importja, mint változó. Ezek alapján a földgáz -nettó energiainport gráfja és a hozzá tartozó regressziós egyenest a 7. ábra mutatja.



7. ábra. A nettó import és a földgáz közötti lineáris regresszió gráfja

*Forrás: a szerzők saját szerkesztése*

## Összefoglalás

Magyarország számára a következő évtizedekben komoly kihívást jelent, hogy saját villamosenergia-szükségletét biztonságosan, gazdaságosan és környezetbarát módon tudja biztosítani. A hazai bruttó villamosenergia-felhasználás 2010 és 2020 között mintegy 10%-kal növekedett, ami a hazai termelés csökkenése és a villamosenergia-import jelentős növekedésének tulajdonítható. A magyar villamosenergia-termelés fosszilis, a nukleáris és a megújuló energiákon alapszik. Az elektromosenergia termelés meghatározó eleme a nukleáris energia, mely a teljes termelés közel felét biztosítja, ráadásul olcsó, és nem jár ÜHG-kibocsátással sem.

Magyarországon a biomasszából, biogázból, vízből és szélből történő villamosenergia-termelés nem mutatott jelentős változást az elmúlt időszakban, ellenben a napelemes villamosenergia-termelés rendkívül megugrott mind a háztartásokban, mind az ipari szektorban. A szénfelhasználás csökkenése és a napenergia-termelés növekedése között rendkívül szoros kapcsolat figyelhető meg. Nem véletlenül, hiszen az egyik legfőbb energetikapolitikai cél és intézkedés az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, melyért leginkább a szén felelős.

A földgáz felhasználása és az importált villamos energia mennyisége között is magas korreláció tapasztalható. Az importált villamos energia árának csökkenése az importált áram iránti kereslet növekedéséhez vezetett, ezzel párhuzamosan a vizsgált időszakban tendenciájában csökkent a földgáz villamosenergia-termelésre történő felhasználása, megjegyzendő azonban, hogy 2014 a gáz ilyen irányú felhasználása kapcsán fordulóponthoz vezetett. Vizsgálati eredményeink összhangban vannak a kormány azon törekvéssel, hogy Magyarország minél szélesebb körben vegyen részt a nemzetközi villamosenergia-kereskedelemben. Ezt szolgálja az új szlovéniai távvezeték, valamint az a zöld távvezeték, amely a jövőben Románián és Grúzián keresztül kapcsolódik majd Azerbajdzsánhoz (About Hungary, 2022).

## Hivatkozott források

- About Hungary (2022), FM: Electricity imports can reduce reliance on natural gas, Letöltés dátuma: 2023. 06. 10. forrás: <https://abouthungary.hu/news-in-brief/fm-electricity-imports-can-reduce-reliance-on-natural-gas>
- Brodny, J. – Tutak, M. (2021a): The comparative assessment of sustainable energy security in the visegrad countries. a 10-year perspective. Journal of Cleaner Production, 2021, 317, 128427, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128427>
- Brodny, J. – Tutak, M. (2021b): Assessing sustainable energy development in the central and eastern European countries and analyzing its diversity, Science of The Total Environment, 2021, 801, 149745, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149745>
- Eurostat (2023a): Hungary, Complete energy balances, Gross available energy, Letöltés dátuma: 2023. 05. 10. forrás: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_BAL\\_C\\_custom\\_3069522/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_BAL_C_custom_3069522/default/table?lang=en)
- Eurostat (2023b): Hungary, Complete energy balances, Gross electricity production, Letöltés dátuma: 2023. 05. 10. forrás: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_BAL\\_C\\_custom\\_3069534/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_BAL_C_custom_3069534/default/table?lang=en)
- Eurostat (2023c): Hungary, Complete energy balances, Renewable Gross electricity production, Letöltés dátuma: 2023. 05. 21. forrás: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_BAL\\_C\\_custom\\_3070543/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_BAL_C_custom_3070543/default/table?lang=en)
- Eurostat (2023d): Complete energy balances, Standard international energy product classification, Letöltés dátuma: 2023. 05. 21. forrás: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/4a62a227-6e3d-4b9c-b49d-e28abd643ef2?lang=en>
- Győri, K. (2020): Az igazságos energiaátmenet a szénrégiókban - A szénkivezetés társadalmi hatásai, Energiaklub 2020, Letöltés dátuma: 2023. 01. 31. forrás: [https://energia-klub.hu/files/study/Az%20igazs%C3%A1gos%20energia%20%C3%A1tmenet%20a%20sz%C3%A9nr%C3%A9gi%C3%B3kban\\_Energiaklub.pdf](https://energia-klub.hu/files/study/Az%20igazs%C3%A1gos%20energia%20%C3%A1tmenet%20a%20sz%C3%A9nr%C3%A9gi%C3%B3kban_Energiaklub.pdf)
- Kiss, M. V. – Hetesi, Zs. – Kiss, T. (2016): Issues and solutions relating to Hungary's electricity system, Energy, 2016, 116, 329–340, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.121>
- Kovács, G. (2020): A kormány szerint az atomenergia a nyerő, csak Paks II árát hagyták ki, az egyenletből, HVG, 2020.01.22., Letöltés dátuma: 2023. 05. 10. forrás: [https://hvg.hu/gazdasag/20200122\\_energiastrategia\\_klima\\_paks\\_atomenergia](https://hvg.hu/gazdasag/20200122_energiastrategia_klima_paks_atomenergia)
- KSH (2022), Letöltés dátuma: 2023. 05. 10. forrás: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/ene/hu/ene0008.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/ene/hu/ene0008.html)
- KSH (2023): Bruttó villamosenergia-termelés, Letöltés dátuma: 2023. 05. 21. forrás: [https://www.ksh.hu/stadat\\_files/ene/hu/ene0009.html](https://www.ksh.hu/stadat_files/ene/hu/ene0009.html)
- Lipták, R. – Hadházi, T. (2021): A villamosenergia-felhasználás változása, Multidiszciplináris tudományok, 11. kötet. (2021) 3 sz. pp. 167–174, <https://doi.org/10.35925/j.multi.2021.3.19>
- Major, A. (2020): A világon példátlan szabályokkal lehetetleníti el a szélenergiát Magyarország, Portfólió, 2020, Letöltés dátuma: 2023. 06. 30. forrás: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20210423/a-vilagon-peldatlan-szabalyokkal-lehetetleniti-el-a-szelenergiat-magyarorszag-479054>

- Munkácsy, B. – Kádár, P. (2016): "Seeking the sustainable power mix for Central Europe," 2016 IEEE 14th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY), Subotica, Serbia, 2016, pp. 257–262, <https://doi.org/10.1109/SISY.2016.7601508>
- OAH (2023): Országos Atomenergia Hivatal honlap, Letöltés dátuma: 2023. 05. 31. forrás: <http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?openagent>
- OVF (2023): Országos Vízügyi Főigazgatóság honlap, Letöltés dátuma: 2023. 05. 31. forrás: <http://www.ovf.hu/>
- Robinson, G. M. (2020): Statistics, Overview, International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition), Elsevier, 2020, Pages 29–48, forrás: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10430-5>
- Siksnyelte, I. – Zavadskas, E.K. (2019): Achievements of the European Union Countries in Seeking a Sustainable Electricity Sector. Energies 2019, 12, 2254. <https://doi.org/10.3390/en12122254>
- Sulich, A. – Soloduchko-Pelc, L. (2021): Renewable Energy Producers' Strategies in the Visegrád Group Countries. Energies 2021, 14, 3048. <https://doi.org/10.3390/en14113048>
- Szeberényi, A. – Rokicki, T. – Papp-Váry, Á. (2022): Examining the Relationship between Renewable Energy and Environmental Awareness. Energies 2022, 15, 7082. <https://doi.org/10.3390/en15197082>
- Taylor, R. (1990): Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. Journal of Diagnostic Medical Sonography. 1990;6(1):35–39. <https://doi.org/10.1177/875647939000600106>

## Szerzők

Bozsik Nándor

ORCID [0000-0002-6798-3844](https://orcid.org/0000-0002-6798-3844)

PhD-hallgató

Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

e-mail: [bozsik.nandor@uni-obuda.hu](mailto:bozsik.nandor@uni-obuda.hu)

Bozsik Norbert

ORCID [0000-0002-3115-6118](https://orcid.org/0000-0002-3115-6118)

PhD

főiskolai tanár

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Agrár- és Élelmiszergazdasági Intézet

e-mail: [bozsik.norbert@uni-mate.hu](mailto:bozsik.norbert@uni-mate.hu)

Tánczos Tamás

ORCID [0009-0005-4594-7550](https://orcid.org/0009-0005-4594-7550)

PhD

egyetemi docens

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar

e-mail: [tanczos.tamas@uni-eszterhazy.hu](mailto:tanczos.tamas@uni-eszterhazy.hu)

*This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License*  
[CC-BY-NC-ND-4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

