

Közép-európai villamosenergia-piac lehetséges perspektívái

Prof. Dr. Aszódi Attila, Biró Bence

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Természettudományi Kar
Nukleáris Technikai Intézet

A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) támogatta.

A bemutatott kutatás a BME-NVA-02 számú projekt részeként az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a TKP2021 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Energiapolitika 2000 Társulat, 231. Energiapolitikai hétfő, 2023. október 09.

Tematika

- Nukleárisüzemanyag-ellátás diverzifikációja
Közép-Európában
- HMKE szektor, SZALDÓ vagy SZALTÓ?
- Dunkelflaute

NUKLEÁRISÜZEMANYAG- ELLÁTÁS DIVERZIFIKÁCIÓJA KÖZÉP-EURÓPÁBAN

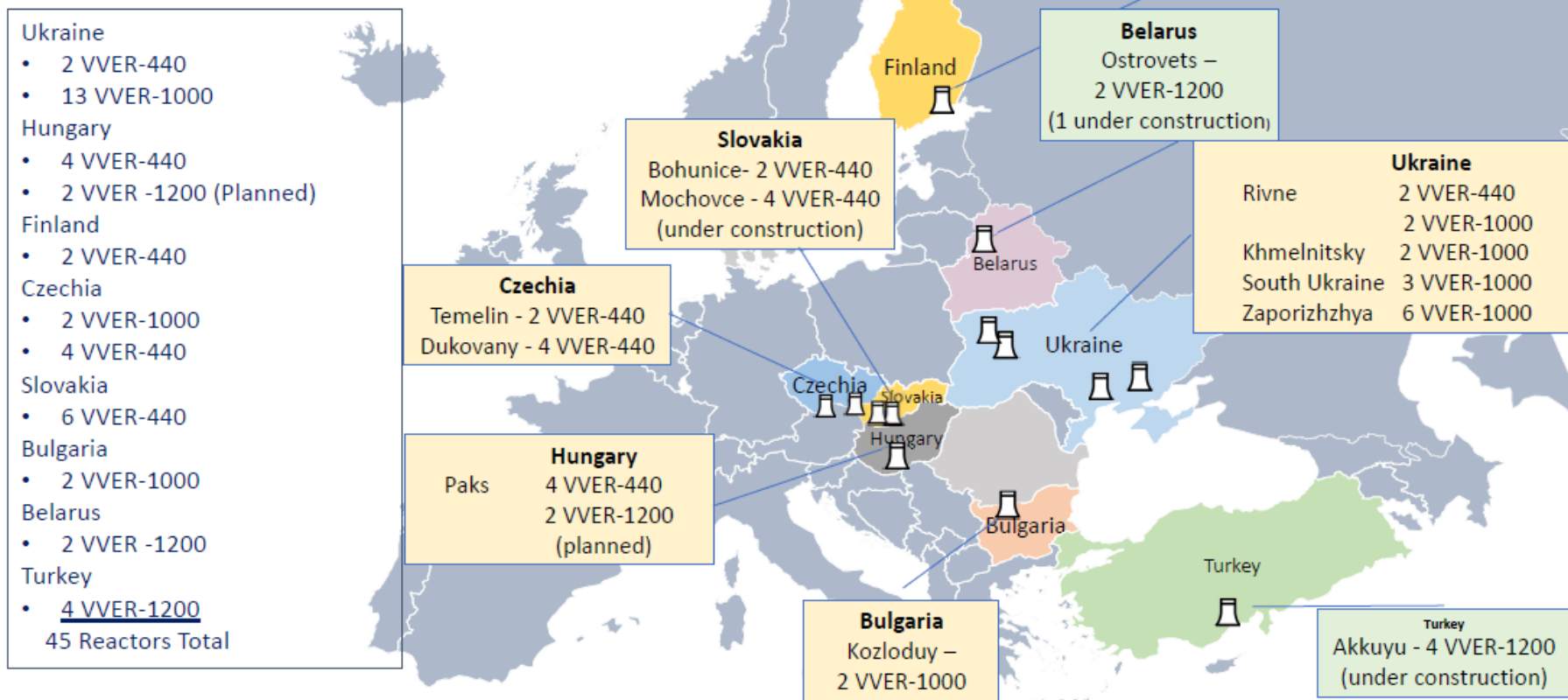
Felhasznált források:

- Euratom Supply Agency Annual Report 2021
- OECD NEA, IAEA: Uranium Resources, Production and Demand 2022

VVER reaktorok a világban

VVER Reactors

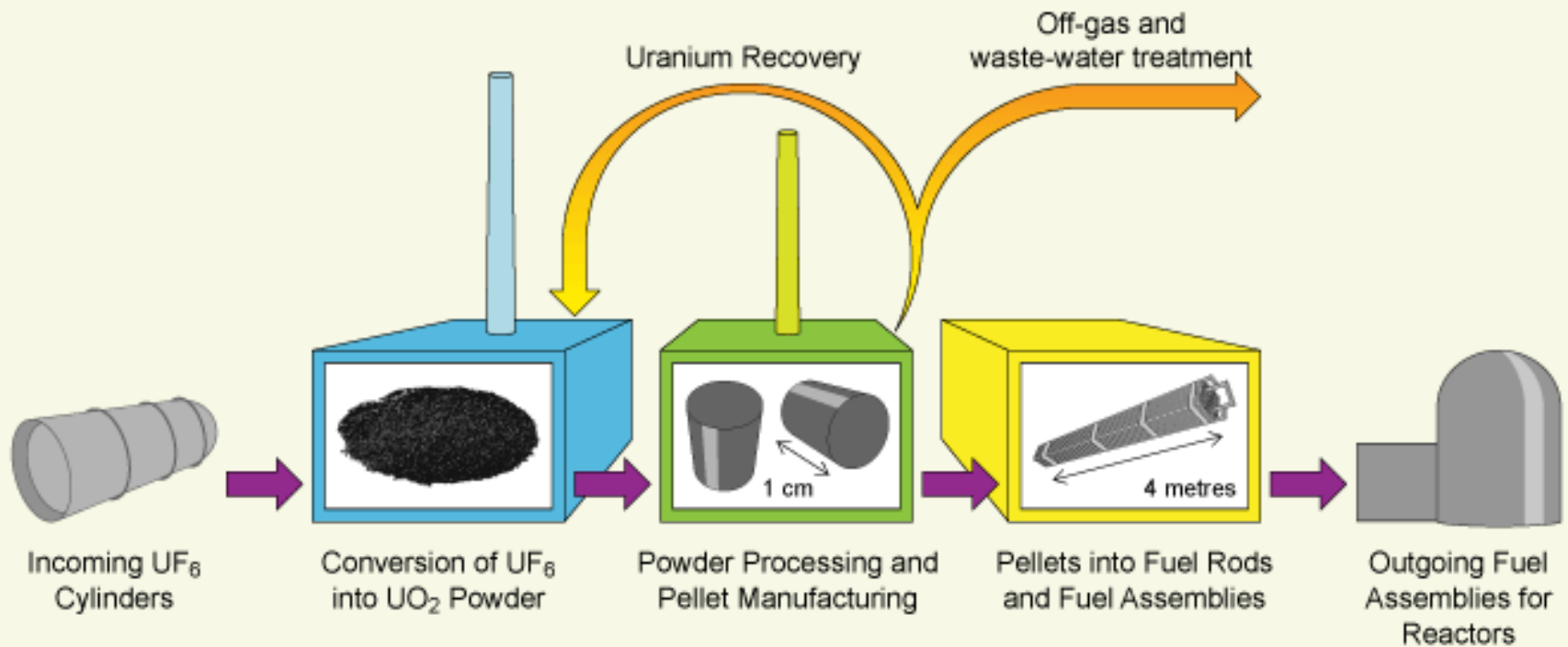
Outside of Russia



A nukleáris üzemanyaggyártás fő lépései

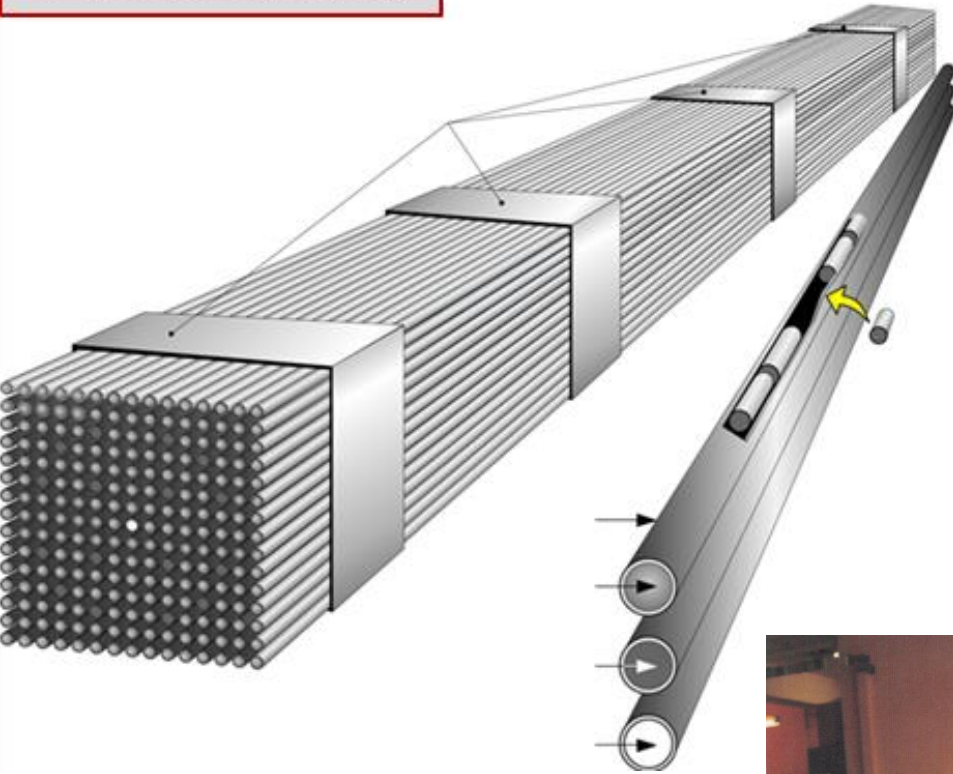


The 3-Step Fuel Fabrication Process

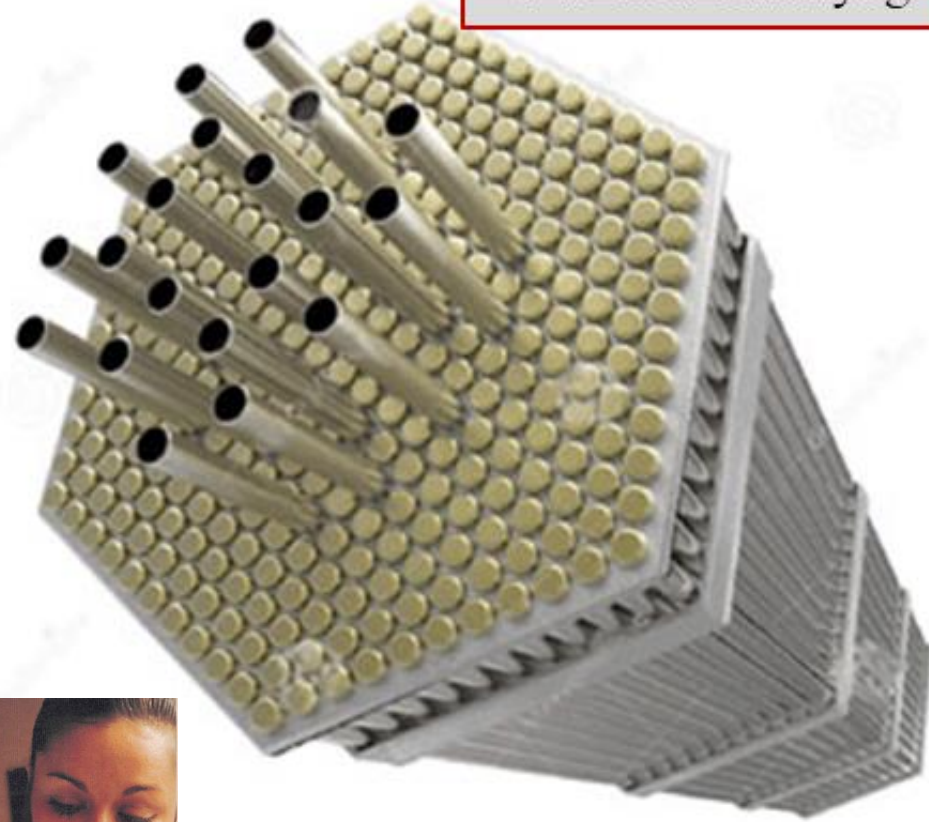


VVER reaktorok üzemanyag-ellátásának diverzifikációja

PWR üzemanyag



VVER üzemanyag



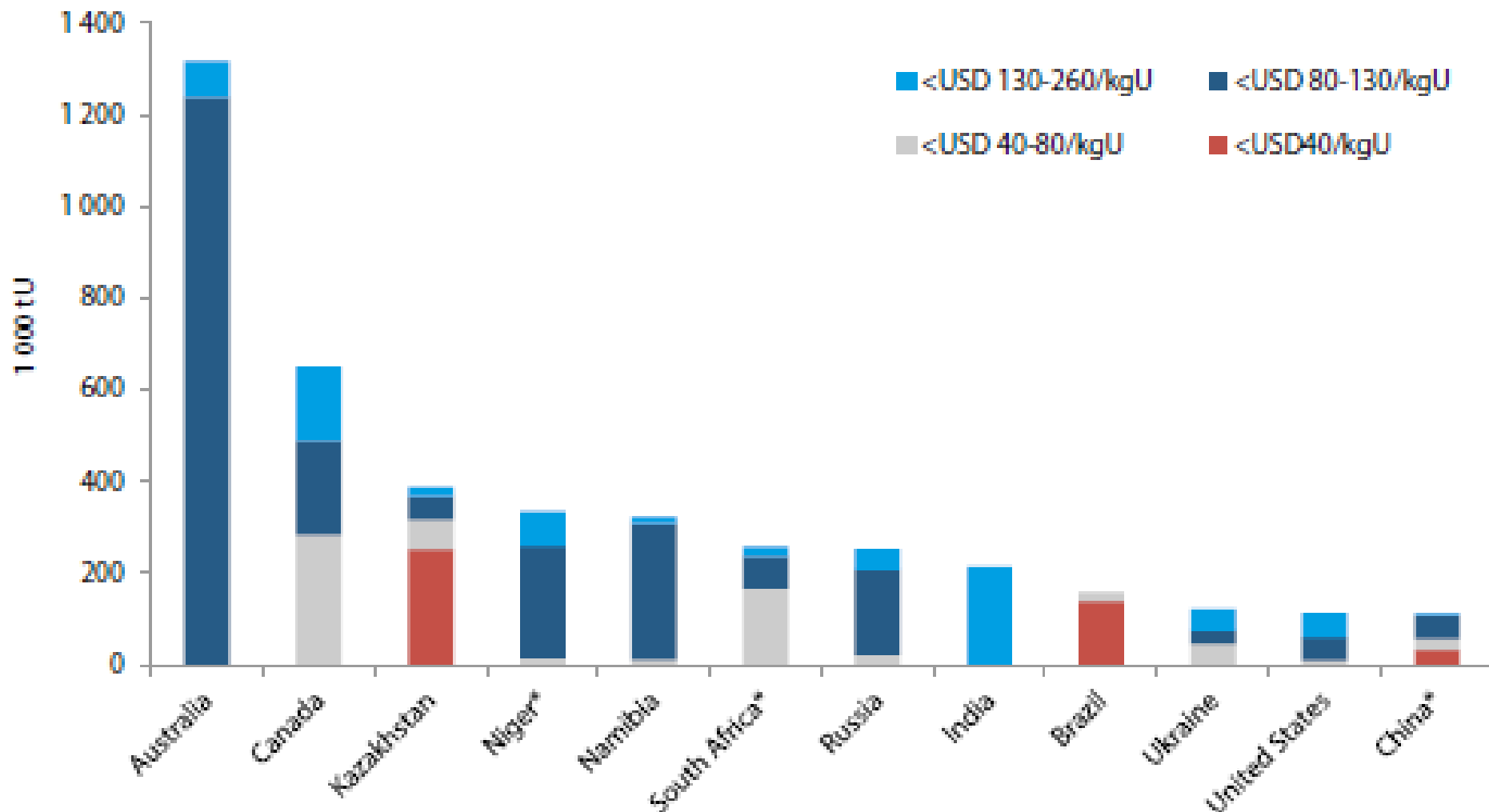
Urán készletek

Az azonosítottan kitermelhető konvencionális uránkészletek globális megoszlása

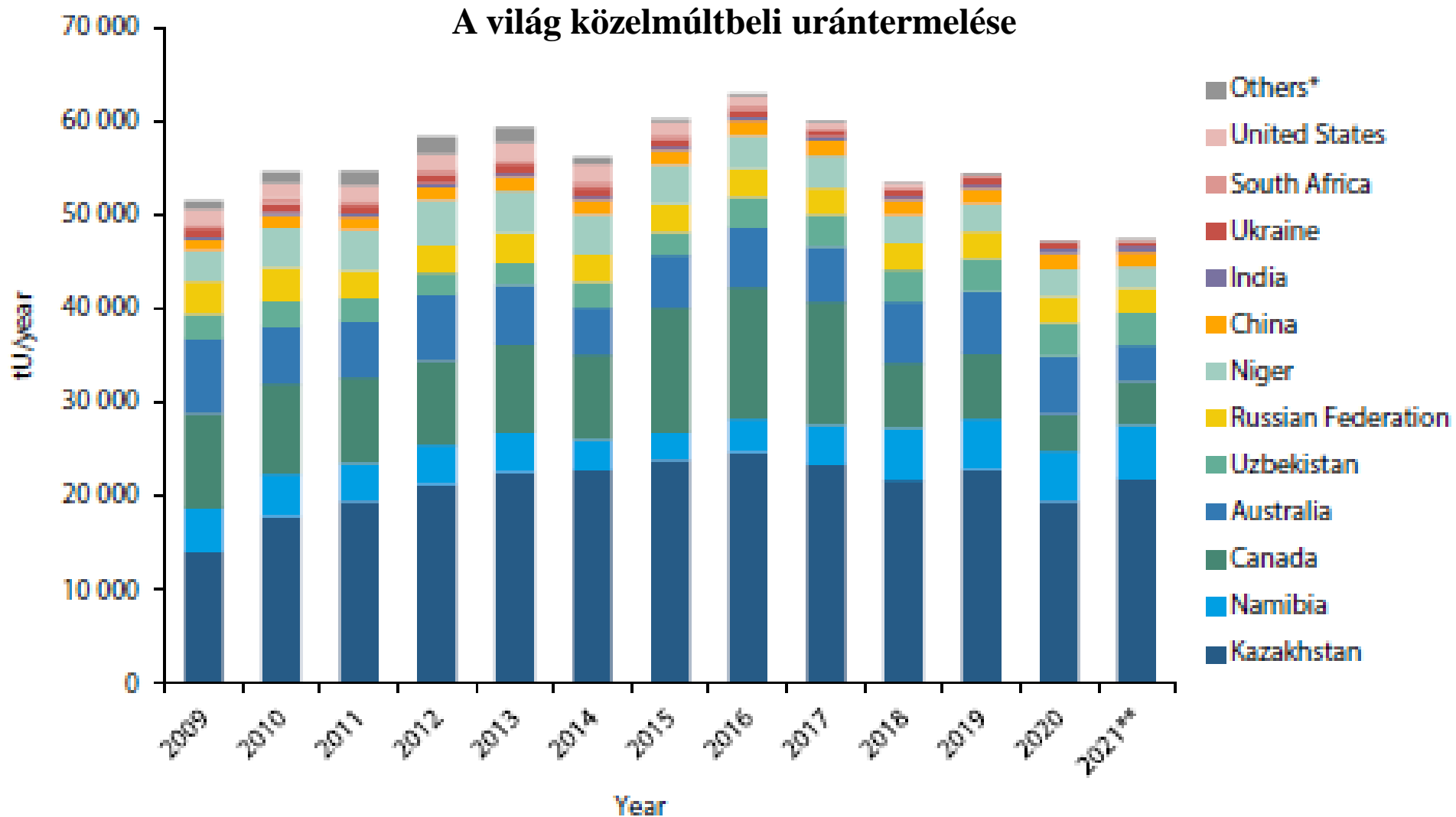


Urán kitermelési költségek

Az észszerűen bizonyítottan kitermelhető urán országos megoszlása és kitermelési költsége

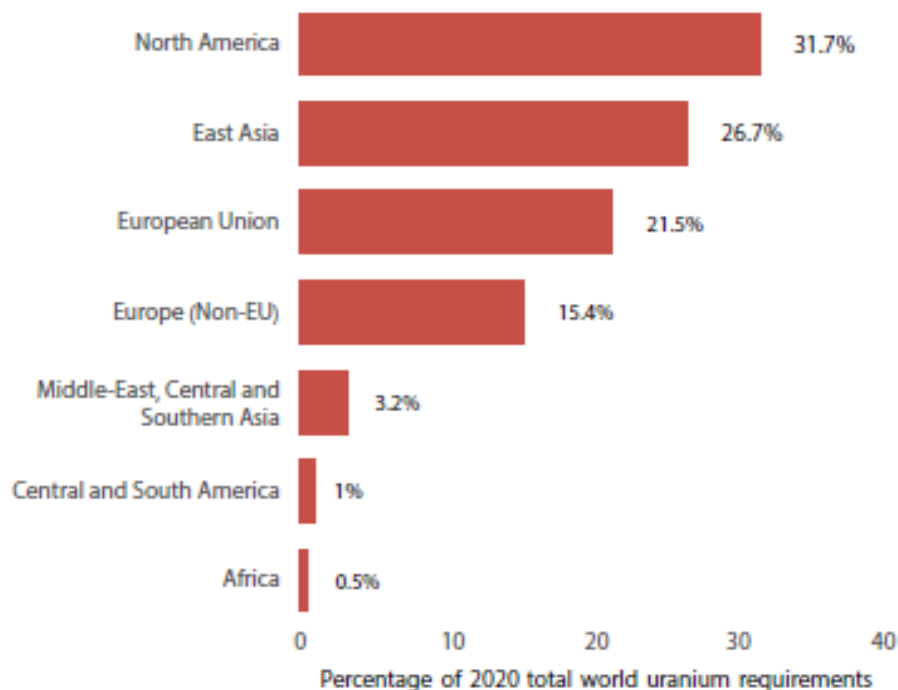


A világ urán termelése

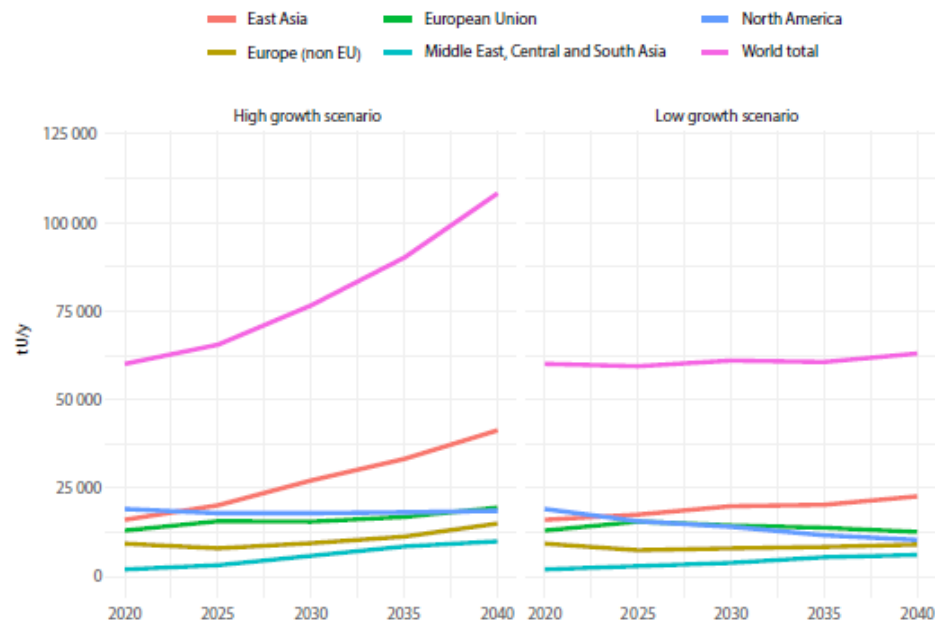


A világ urán igénye

A világ uránszükséglete: 60 114 tU

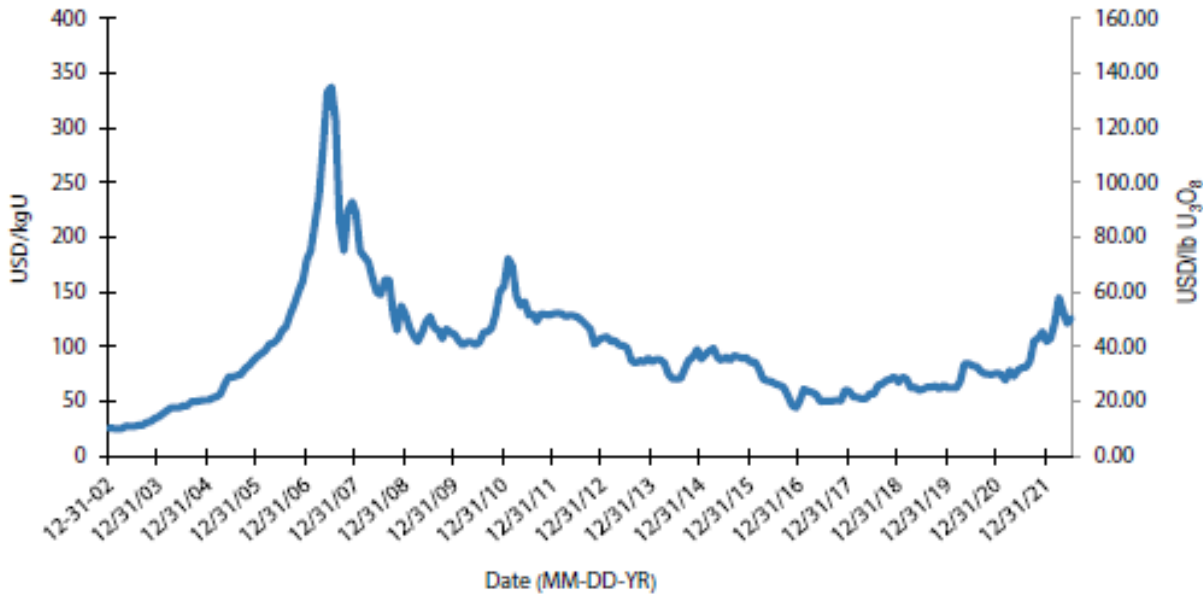


A reaktorokhoz kapcsolódó éves uránszükséglet előrejelzése 2040-ig

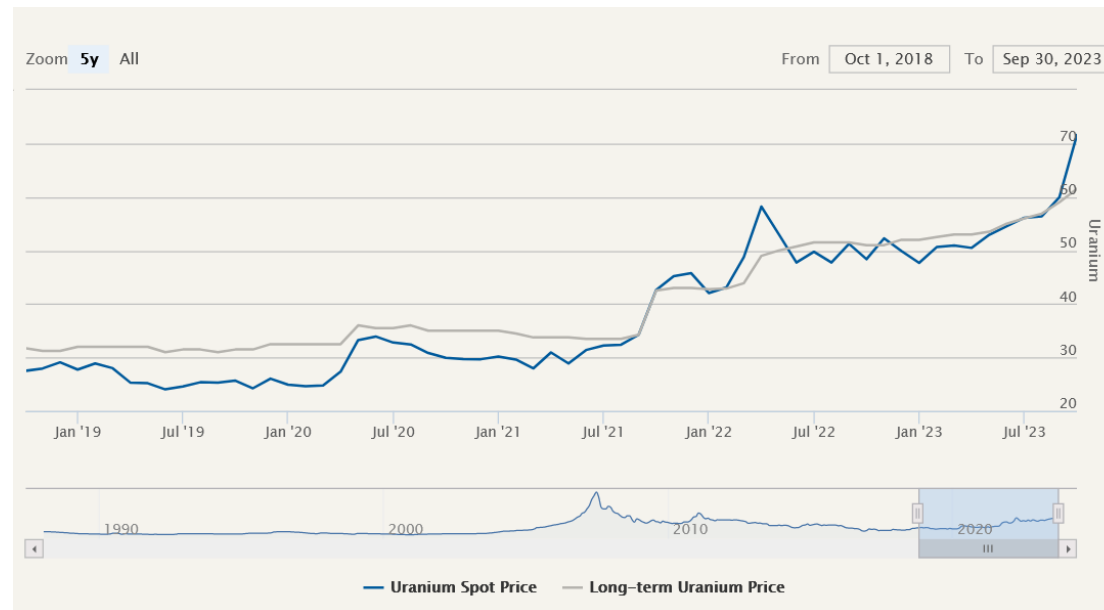


Forrás: NEA (2023), Uranium 2022: Resources, Production and Demand, OECD Publishing, Paris

Urán spot piaci ára



Forrás: NEA (2023), Uranium 2022: Resources, Production and Demand, OECD Publishing, Paris



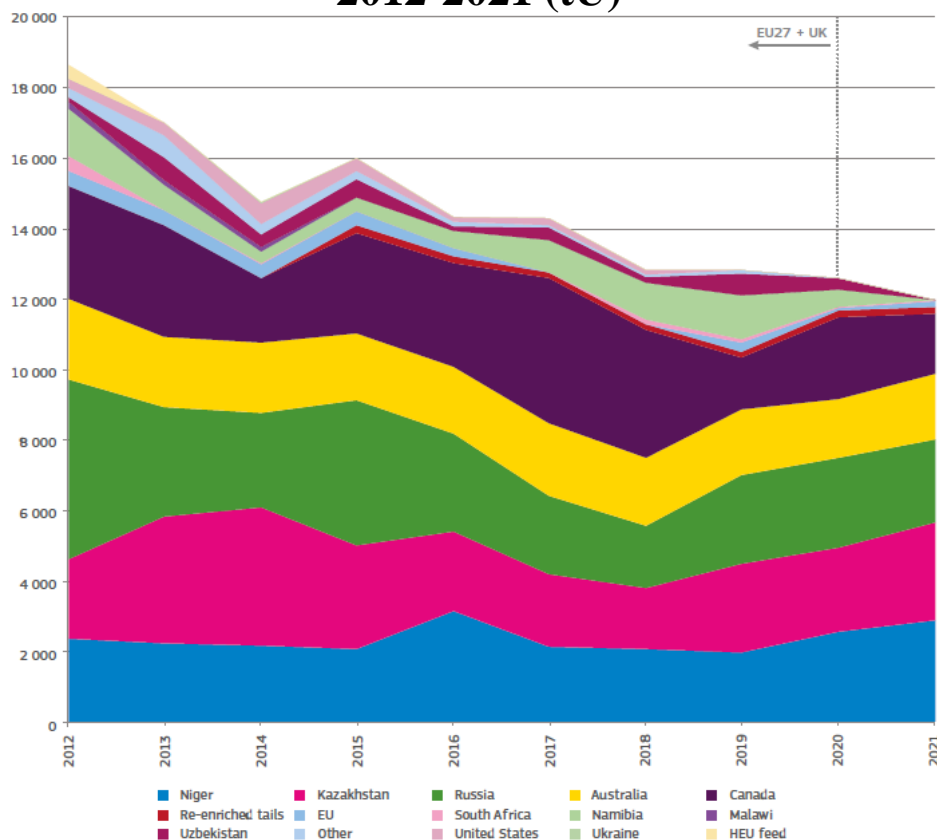
Forrás: <https://www.cameco.com/invest/markets/uranium-price>

Természeti urán beszerzése az EU közüzemi szolgáltatói által, eredet szerint, 2012-2021 (tU)

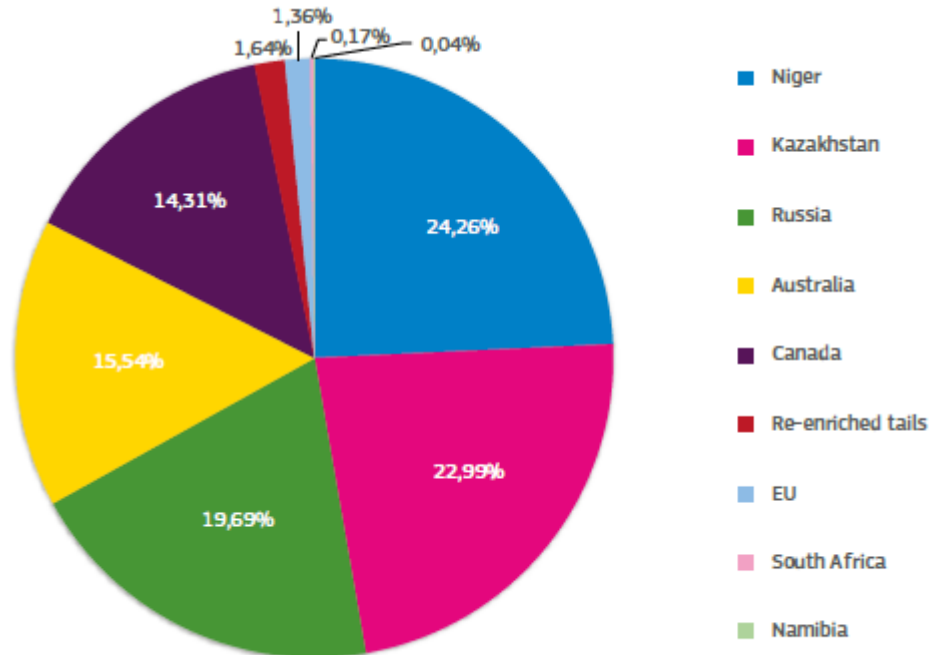
Európai urán eredete

Az öt nagy termelő
ország adta az EU-
ba szállított összes
természeti urán
több mint **96%-át**.

Az uniós erőműveknek szállított urán eredete 2021-ben (százalékos részesedés)

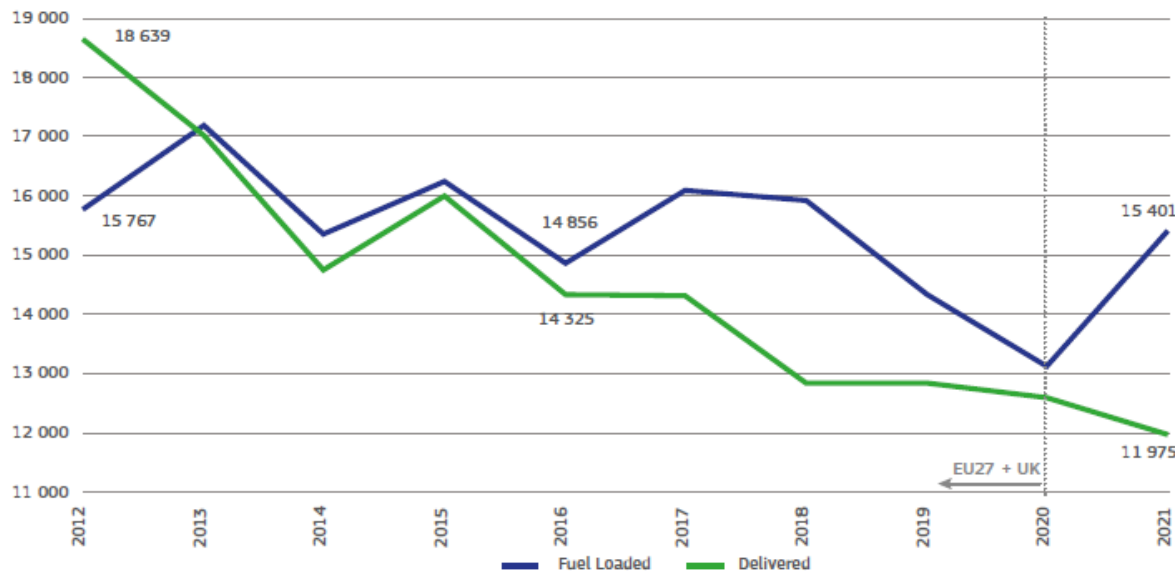


Source	Quantities (tU)	Share (%)
Uranium originating outside the EU-27	15 380	96
Indigenous sources ⁽¹⁾	642	4
Total annual requirements	16 022	100



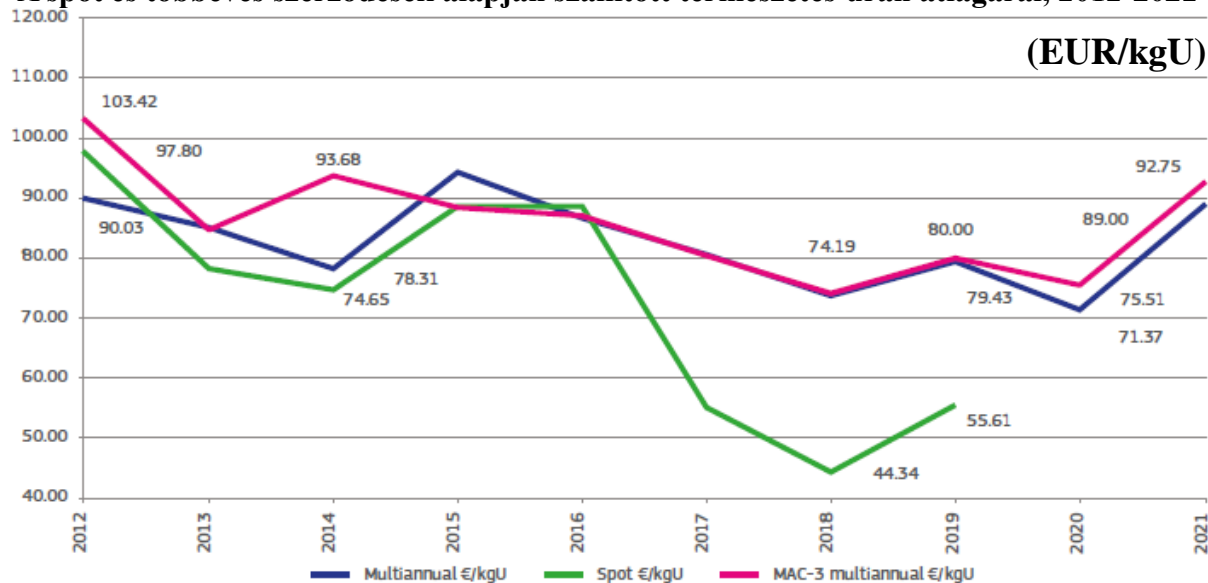
Európai urán fogyasztás, árak

Az uniós reaktorokba töltött természetes uránegyenérték és az erőműveknek beszerzési szerződések keretében szállított mennyiség (tonna termU)



Az elmúlt 8 egymást követő évben az uniós közművek **több üzemanyagot töltöttek a reaktorokba, mint amennyit vásároltak**, ami a készlet szintek folyamatos **csökkenéséhez** vezetett.

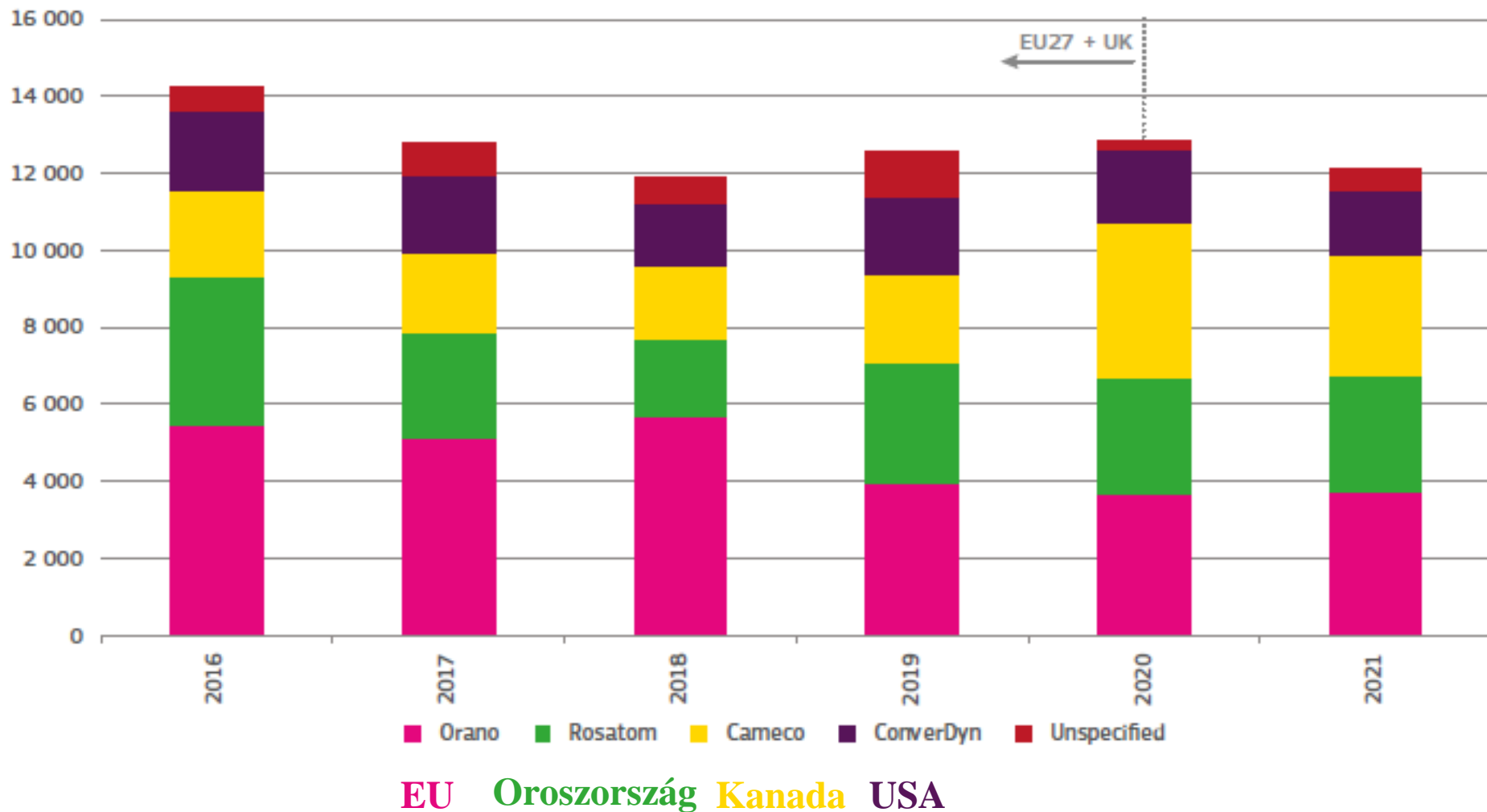
A spot és többéves szerződések alapján szállított természetes urán átlagárai, 2012-2021



Az EU-ban a természetes urán iránti kereslet a **globális uránszükséglet mintegy 18%-át** tette ki.

Urán konverzió

Konverziós szolgáltatások nyújtása az EU erőművei számára szolgáltatók szerint,
2016-2021 (tU)



Urán dúsítás

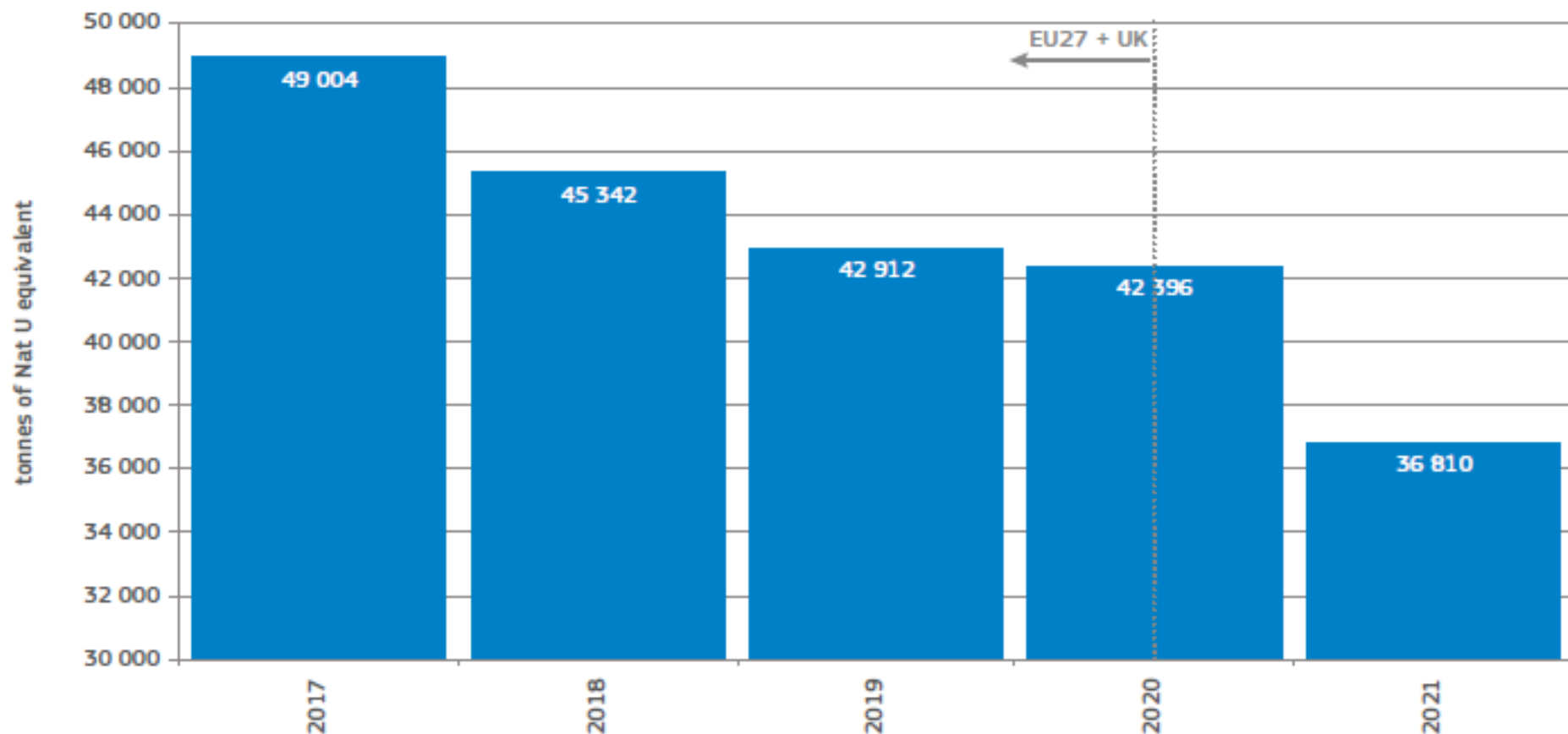
Az uniós erőművek dúsítással való ellátása szolgáltatók szerint, 2012-2021 (tSW)



EU urán készletei

Az uránkészletek átlagosan
3 évig képesek ellátni
üzemanyaggal az uniós
atomreaktorokat.

**Az uniós erőművek birtokában lévő összes természetes uránegyenérték-készlet az év végén,
2017-2021 (tonnában)**

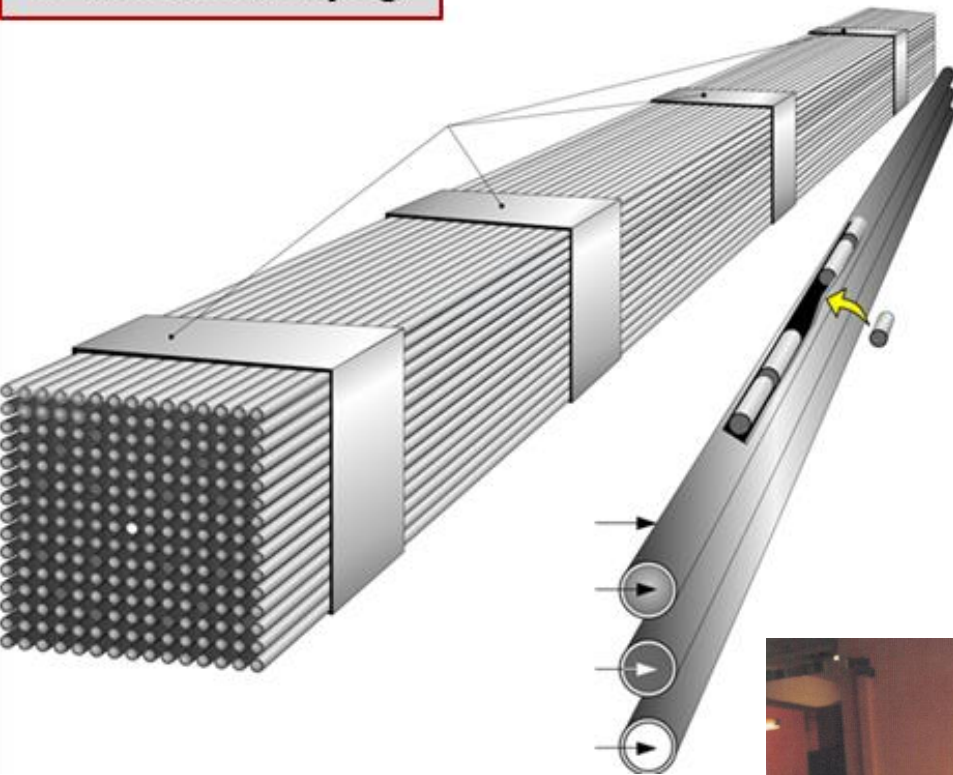


ESA megállapításai az ellátásbiztonságról

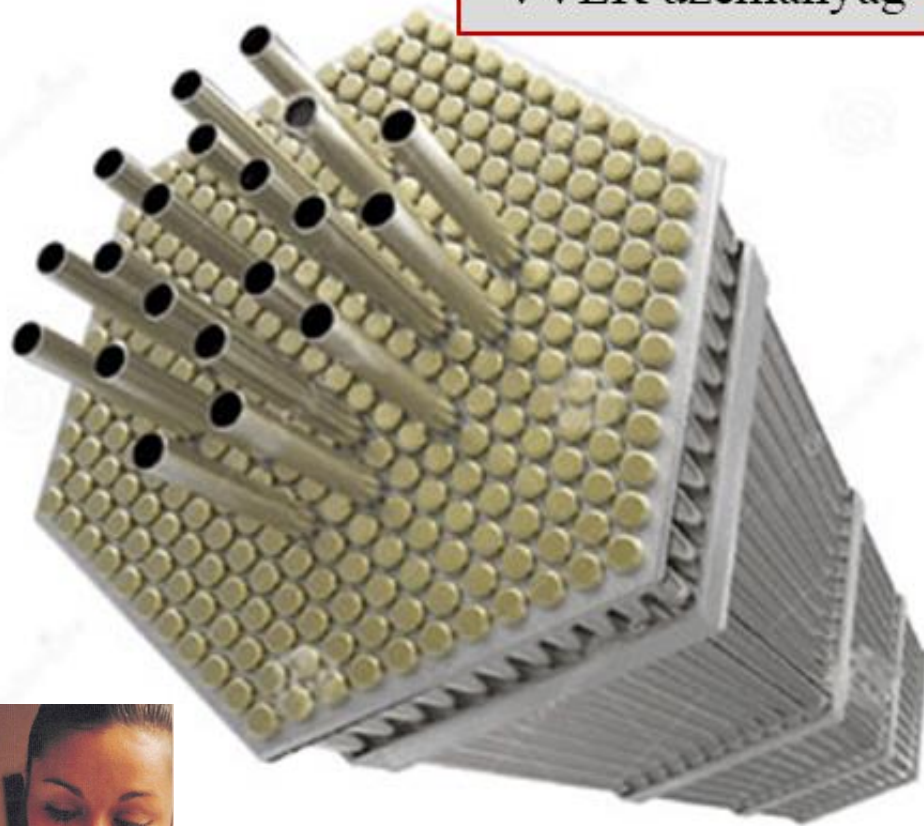
- Összességében a természetes urán szállítás az EU-ba jól diverzifikált, de számos ország vásárol a természetes urániumot csak egy beszállítótól.
- Függés egyetlen üzemanyag-tervezéstől és beszállítótól a VVER-reaktorok esetében továbbra is jelentős sebezhetőséget jelent az ellátás biztonsága.
- Középtávon konverzióhoz és dúsítási szolgáltatásokhoz való piaci hozzáférés elégtelen lehet az uniós szereplők számára, hacsak egyes üzemek nem növelik a termelést.
- Oroszország inváziója Ukrajnában veszélyeztette a bizalmat egy jelentős atomenergetikai partnerrel szemben, aláásva az EU ellátásbiztonságát a nukleáris anyagok esetében és súlyosbítja a nukleáris függőségi problémákat.
- Nukleáris üzemanyag és szolgáltatások mentesültek a szankciók alól, de a helyzet változhat.
- A dúsítási és konverziós beruházások nem lennének életképesek valamiféle hosszú távú politikai és szerződéses kötelezettségvállalás nélkül.

VVER reaktorok üzemanyag-ellátásának diverzifikációja

PWR üzemanyag



VVER üzemanyag



HMKE szektor, SZALDÓ vagy SZALTÓ?

2023. 08. 21.

2023. 08. 21.



GAZDASÁG

Eltörlik a lakossági napelemeknél az eddigi szaldó elszámolást jövőre

24.hu | 2023. 08. 21. 09:40

HIRDETÉS

SZAJKI BÁLINT / 24.HU

A kormány megtartja a napelemeknél az éves szaldóelszámolást

BELFÖLD 2023. szeptember 08. – 14:01



Halász Nikolett



Brückner Gergely

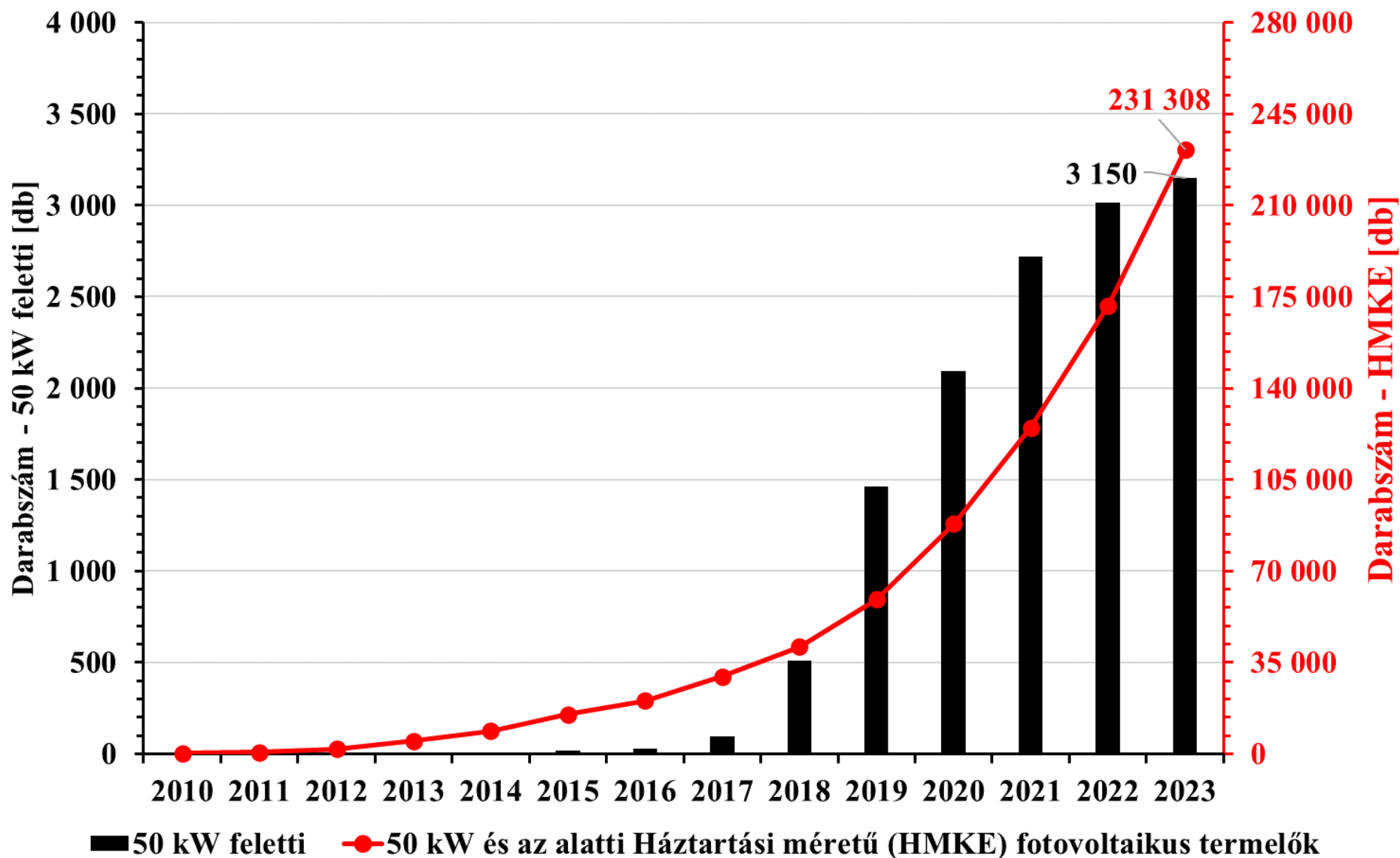
Másolás

1093

A jövő évtől is fenntartják az éves szaldóelszámolást a már működő háztartási méretű napelemes rendszerekre a telepítésüktől számított tíz éven át – jelentette be Lantos Csaba energiaügyi miniszter.

Hogy néznek ki a számok?

Magyarországi naperőművek darabszáma

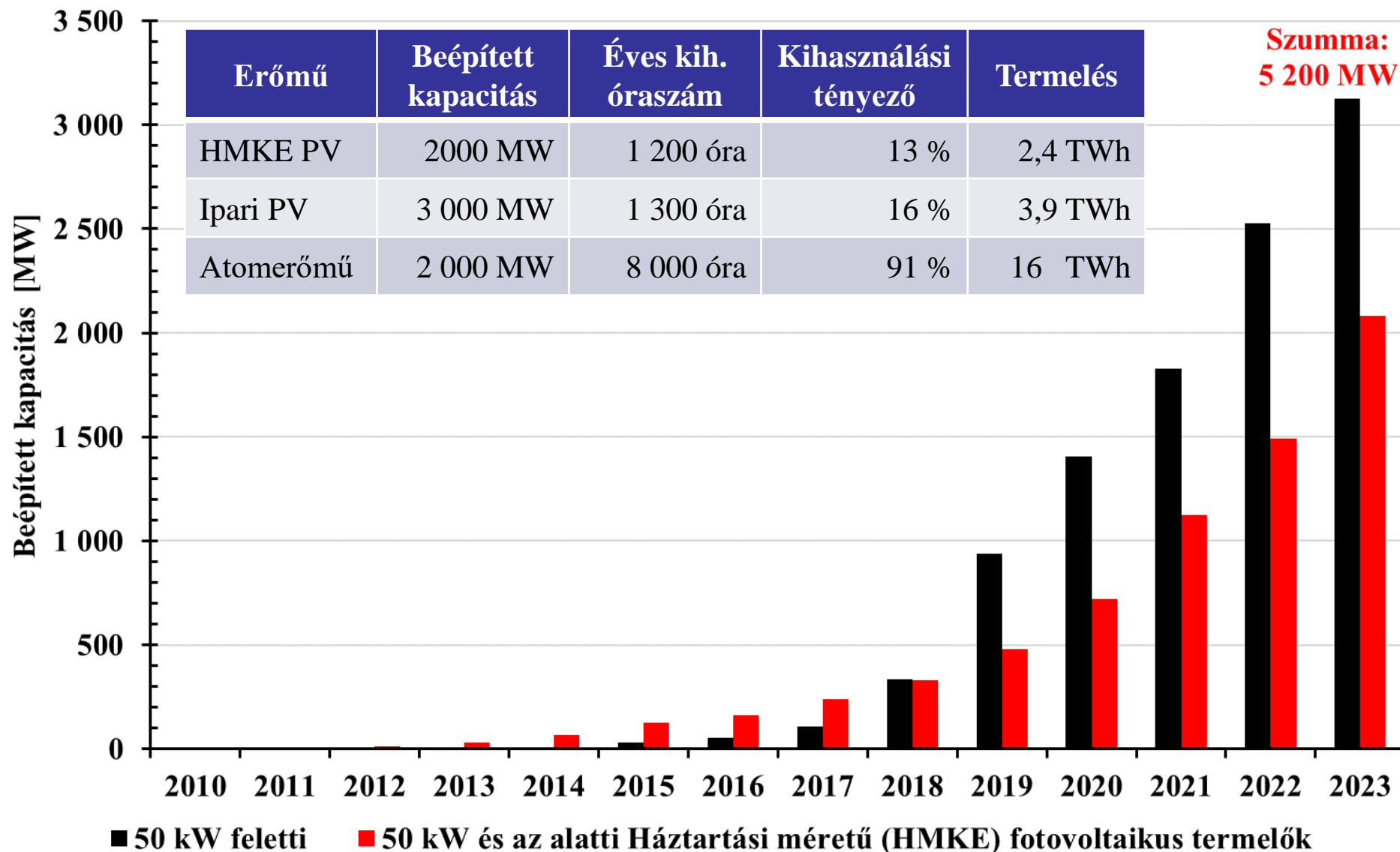


Adatok forrása:

https://mavir.hu/documents/10258/246725019/PV+STATISZTIKA_HU_20230914_ig_v1.pdf/45f2d699-409e-1d9d-9739-353805009198?t=1694694778648; saját ábrázolás

Hogy néznek ki a számok?

Magyarországi naperőművek beépített kapacitása

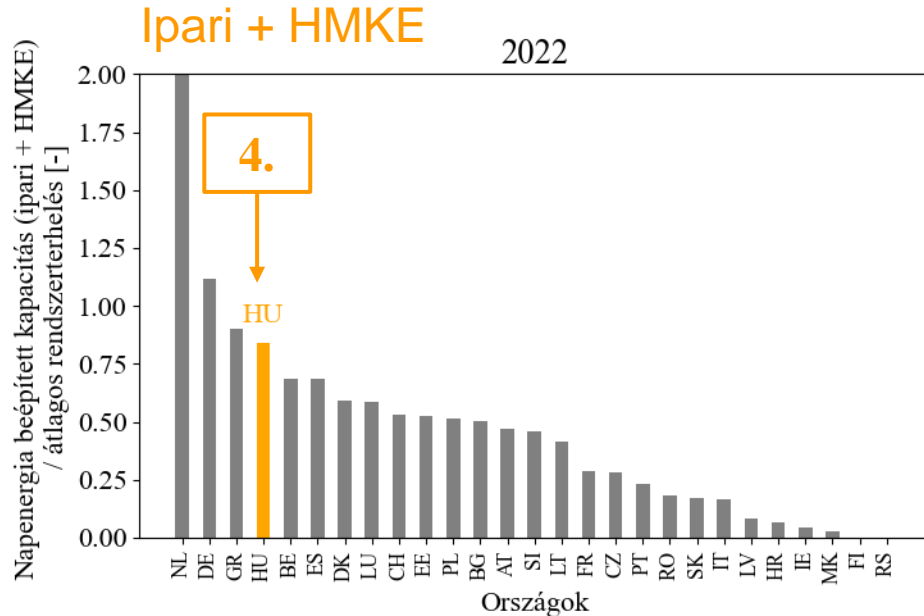
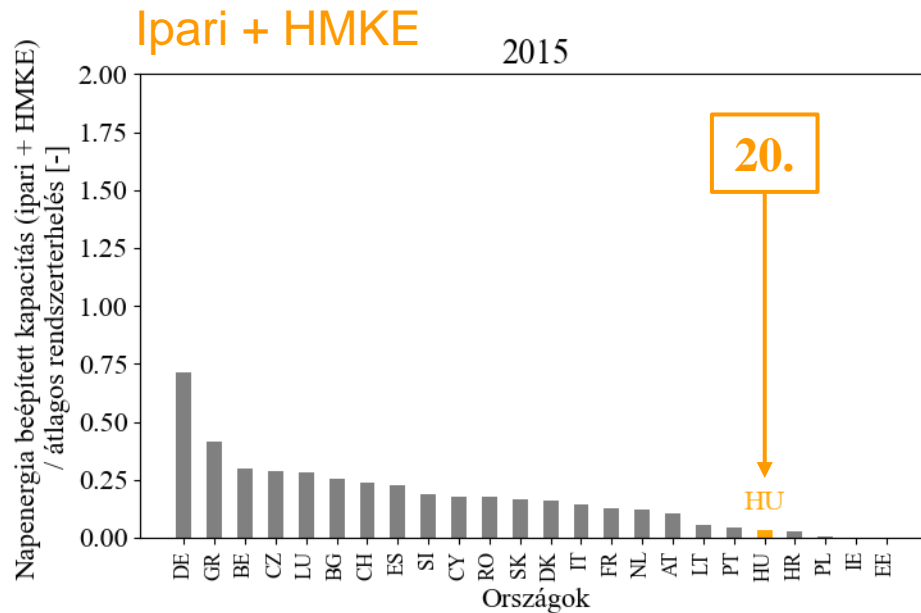
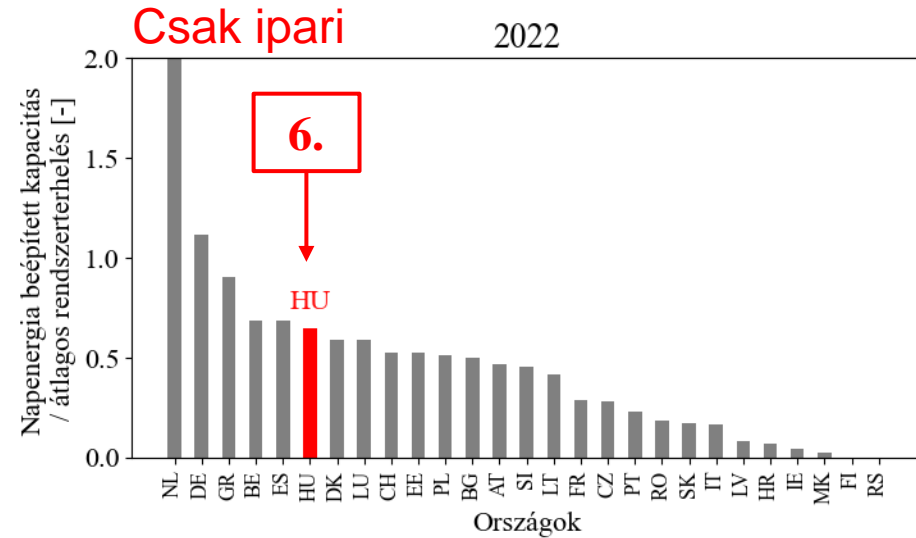
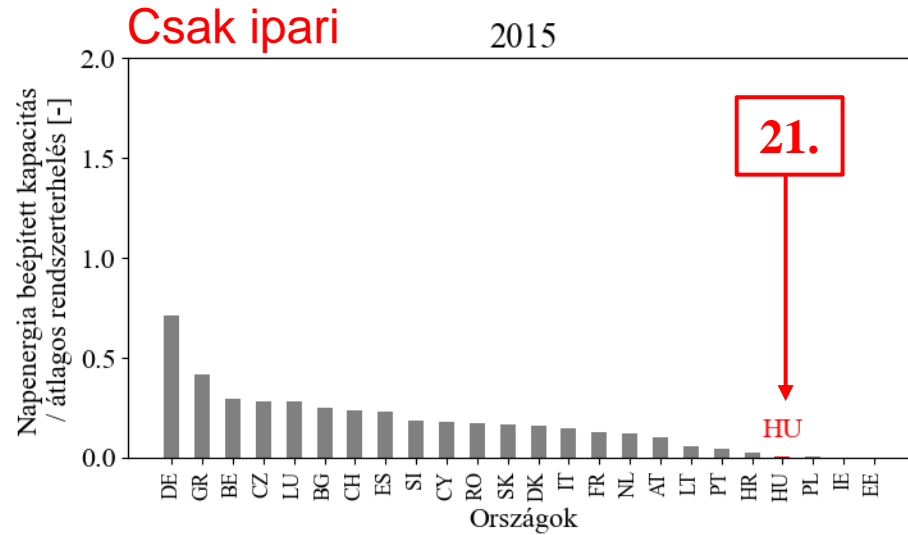


Adatok forrása:

https://mavir.hu/documents/10258/246725019/PV+STATISZTIKA_HU_20230914_ig_v1.pdf/45f2d699-409e-1d9d-9739-353805009198?t=1694694778648; saját ábrázolás

Hogy néznek ki a számok az EU-ban?

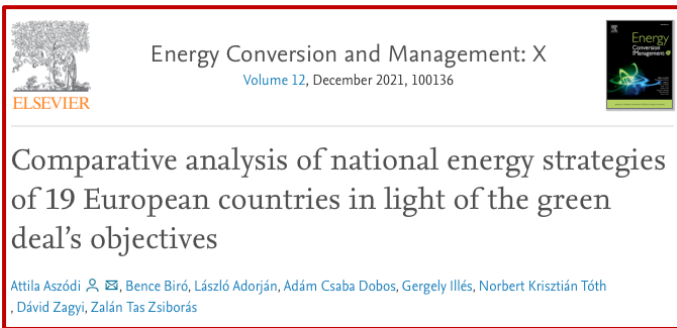
Napenergia beépített kapacitás az átlagos rendszerterheléshez képest



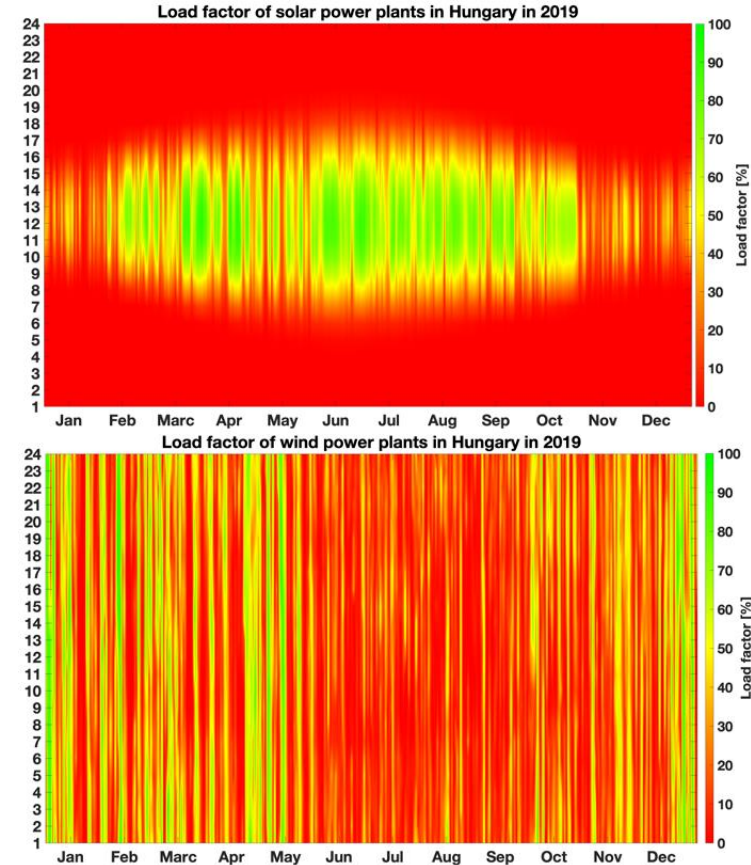
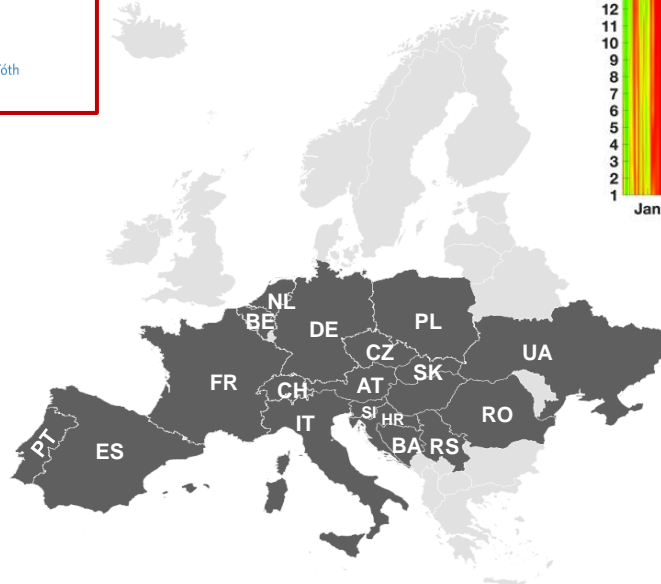
NAGY IDŐFELBONTÁSÚ VILLAMOSENERGIA-PIACI SZIMULÁCIÓINK ÉS EZEK EREDMÉNYEI

Emlékeztető – 213. Enpol hétfő (2021)

- **Kontinentális Európa (összesen 19 ország)**
- **Órás felbontású szimulációk 2030-ra és 2040-re**

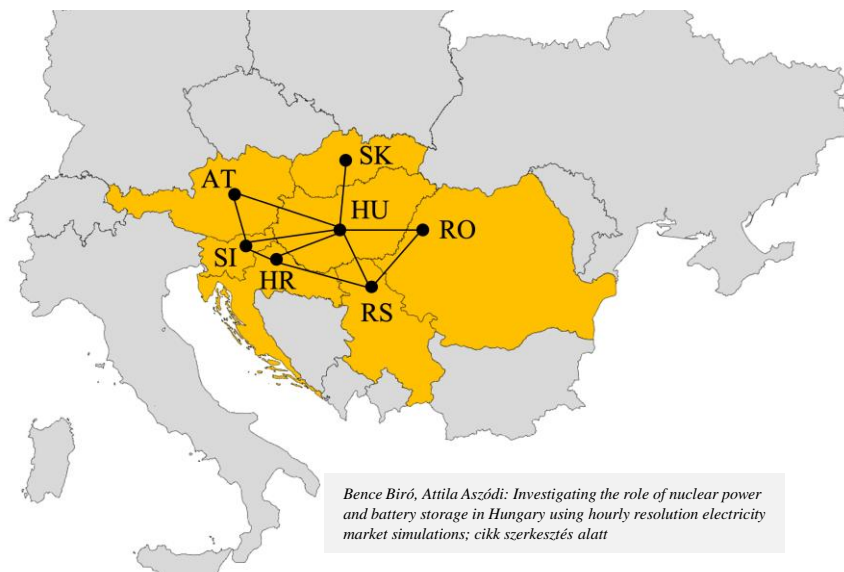


<https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100136>

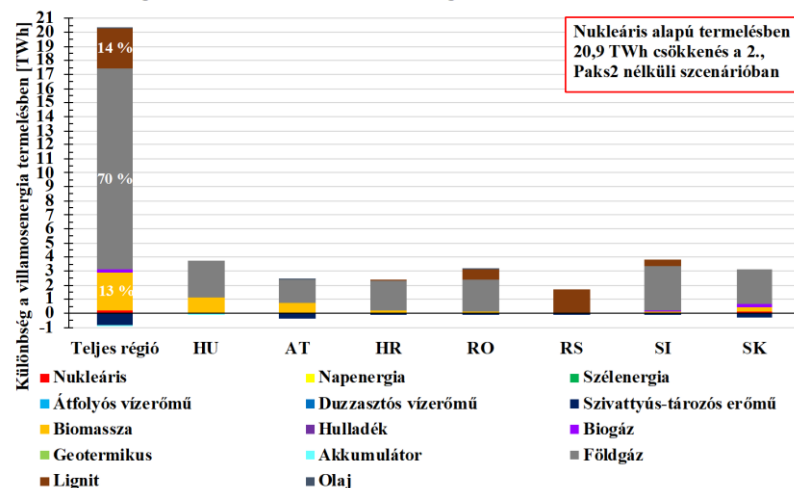


Emlékeztető – 223. Enpol hétfő (2022)

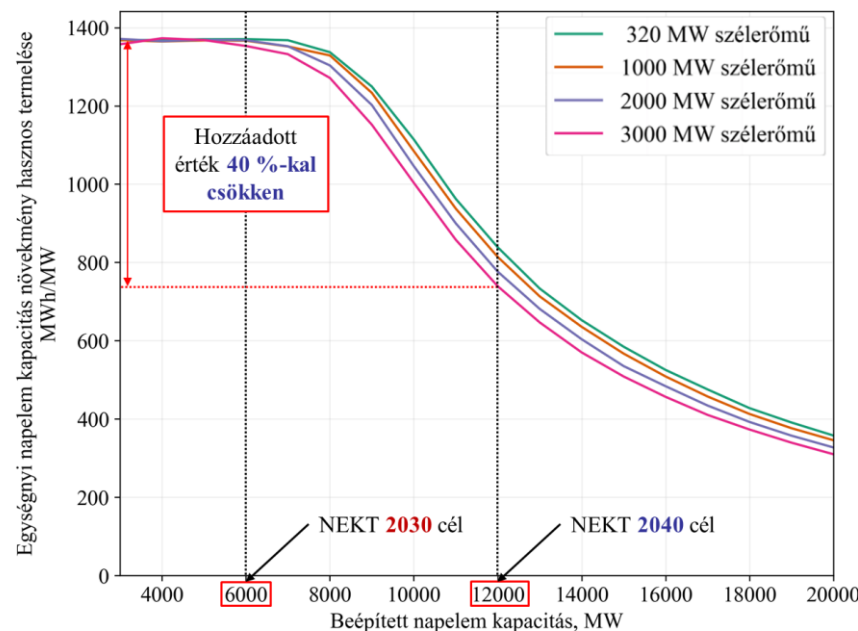
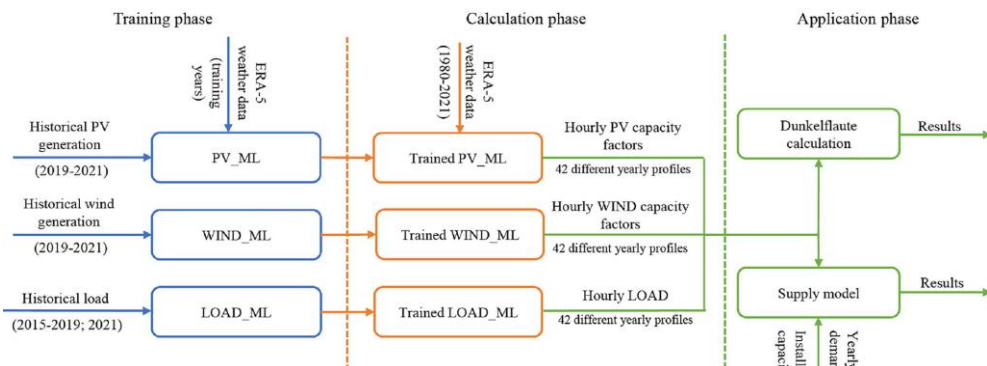
Villamosenergia-piac modellezés



Energiahordozók termelésének különbsége a két szcenárió között (2030)



Dunkelflaute modellezés



Forrás: Martin János Mayer, Bence Biró, Botond Szűcs, Attila Aszódi: Probabilistic modeling of future electricity systems with high renewable energy penetration using machine learning; Applied Energy, Volume 336; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120801>

Dunkelflaute – ha nem süt a nap és nem fúj a szél

telex

A szél- és a napenergia szuper, de van két nagy probléma

GAZDASÁG 2023. március 05. – 11:00



Széliturbínák forognak egy napelempark felett a németországi Klettwitz közelében, 2022. november 1-jén – Fotó: Sean Gallup / Getty Images

Forrás: <https://telex.hu/gazdasag/2023/03/05/a-megujulo-energia-aszodi-attila-vezetek-dunkelflaute>

index

MÁRSRA MAGYARI SOROZAT

2023. 10. 06. péntek
Brisz, Rendszer

EUR 387.36 Ft
USD 368.69 Ft
GBP 447.49 Ft

BUX 55 281 Ft
OTP 13 215 Ft
MOL 2 752 Ft

9 °C
23 °C

BELFÖLD KÜLFÖLD GAZDASÁG KULT VÉLEMÉNY TECH-TUD SPORT FOMO 24 ÓRA BLOG VIDEÓ PODCAST X

GAZDASÁG ZÖLD INDEX ENERGIA-VESELYHELYZET NAPELEM NAPELEMÉK ÁRAM MEGÚJULÓ ENERGIA

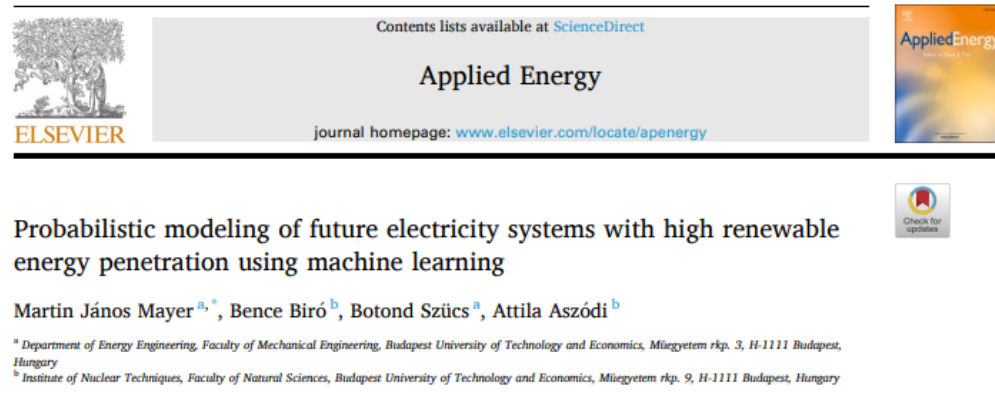
Új kutatás érkezett a napelemekről, ez minden tervünket megváltoztathatja



Forrás: <https://index.hu/gazdasag/2023/02/27/energia-veszelyhelyzet-napelem-napelemek-aram-megujulo-energia/>

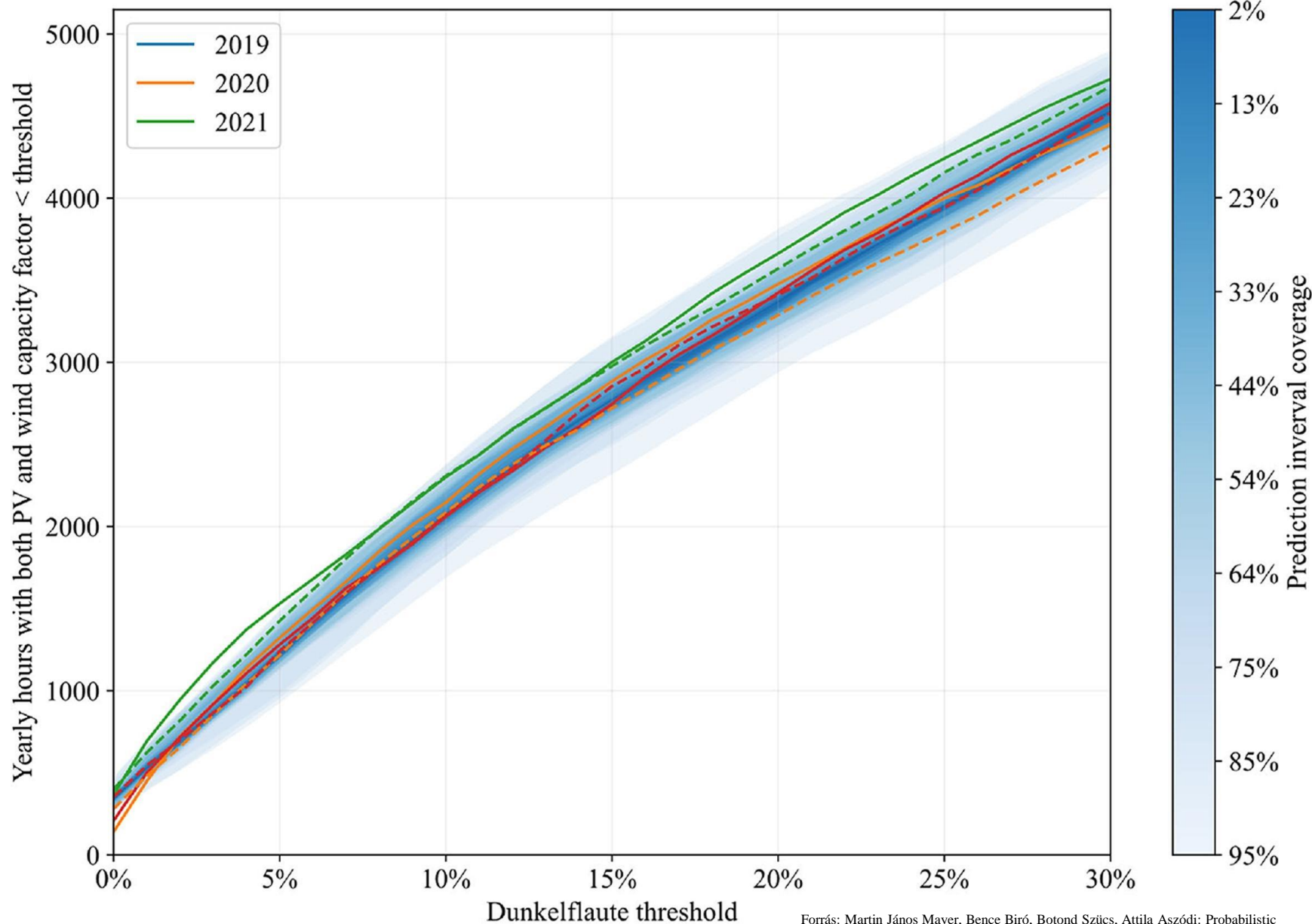
Dunkelflaute modellezése (emlékeztető)

- **Termelés és fogyasztás előrejelzés:**
 - Órás villamosenergia-**fogyasztási** és az **időjárásfüggő** energiahordozók **termelésének** előrejelzése a légköri **reanalízissel** létrehozott rácsos időjárási adatkészletek (42 évnyi adatsor) és **gépi tanulás** segítségével.
 - Fókusz: Elérhető **megújuló részarány** és **Dunkelflaute** események **valószínűségi elemzése** Python környezetben
- **Villamosenergia-ellátás modell:**
 - Magyarország **2030-as** ellátásának modellezése, **57,8 TWh** (NEKT)
 - **Fogyasztás, nap- és szélerőművek** órás felbontású modellezése
 - Órás adatok **42 évnyi meteorológia** reanalízise alapján
 - **Import/export**, tárolás, erőművek és a rendszer elemeinek műszaki korlátjai **nem lettek modellezve**



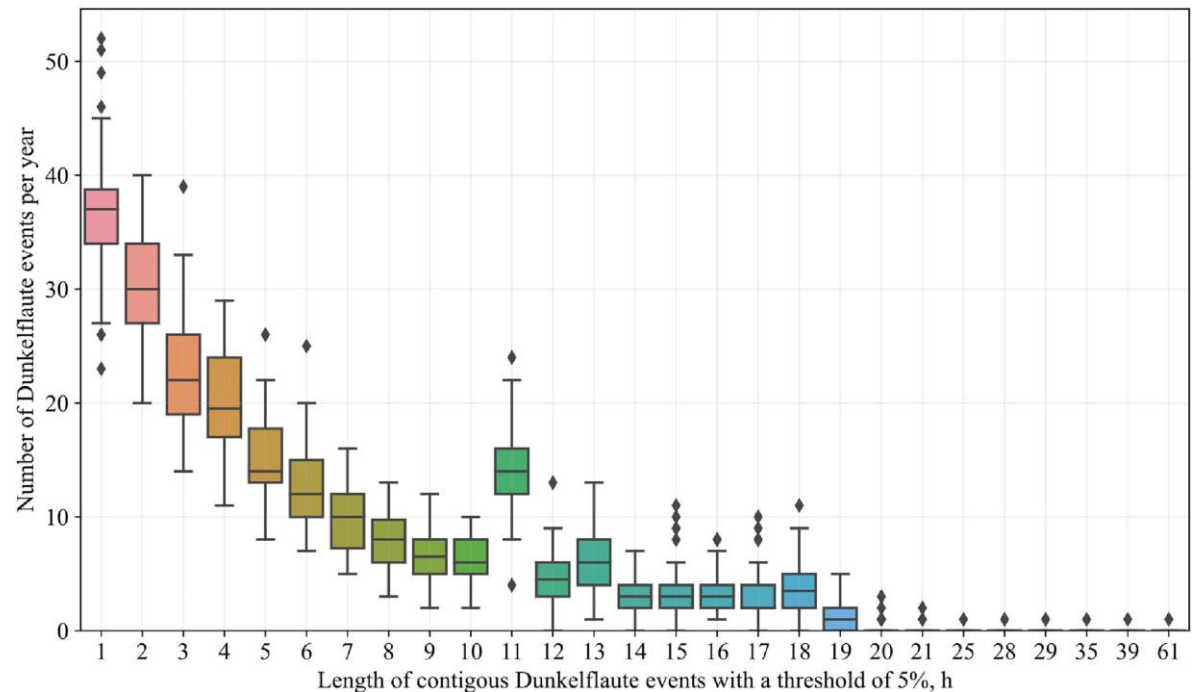
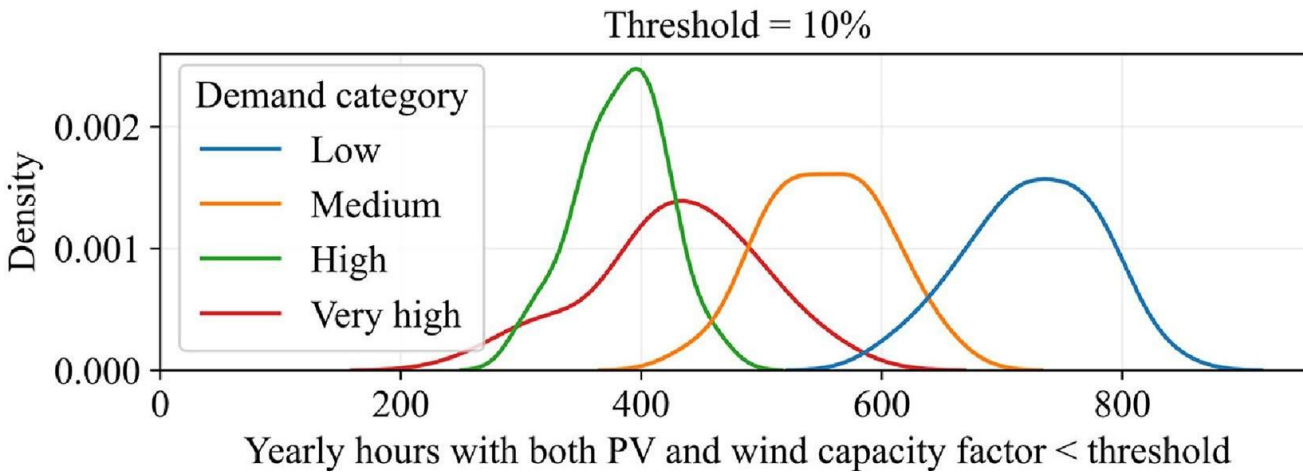
Forrás: Martin János Mayer, Bence Biró, Botond Szűcs, Attila Aszódi: Probabilistic modeling of future electricity systems with high renewable energy penetration using machine learning; Applied Energy, Volume 336; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120801>

Dunkelflaute események gyakorisága



Forrás: Martin János Mayer, Bence Biró, Botond Szűcs, Attila Aszódi: Probabilistic modeling of future electricity systems with high renewable energy penetration using machine learning; Applied Energy, Volume 336; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120801>

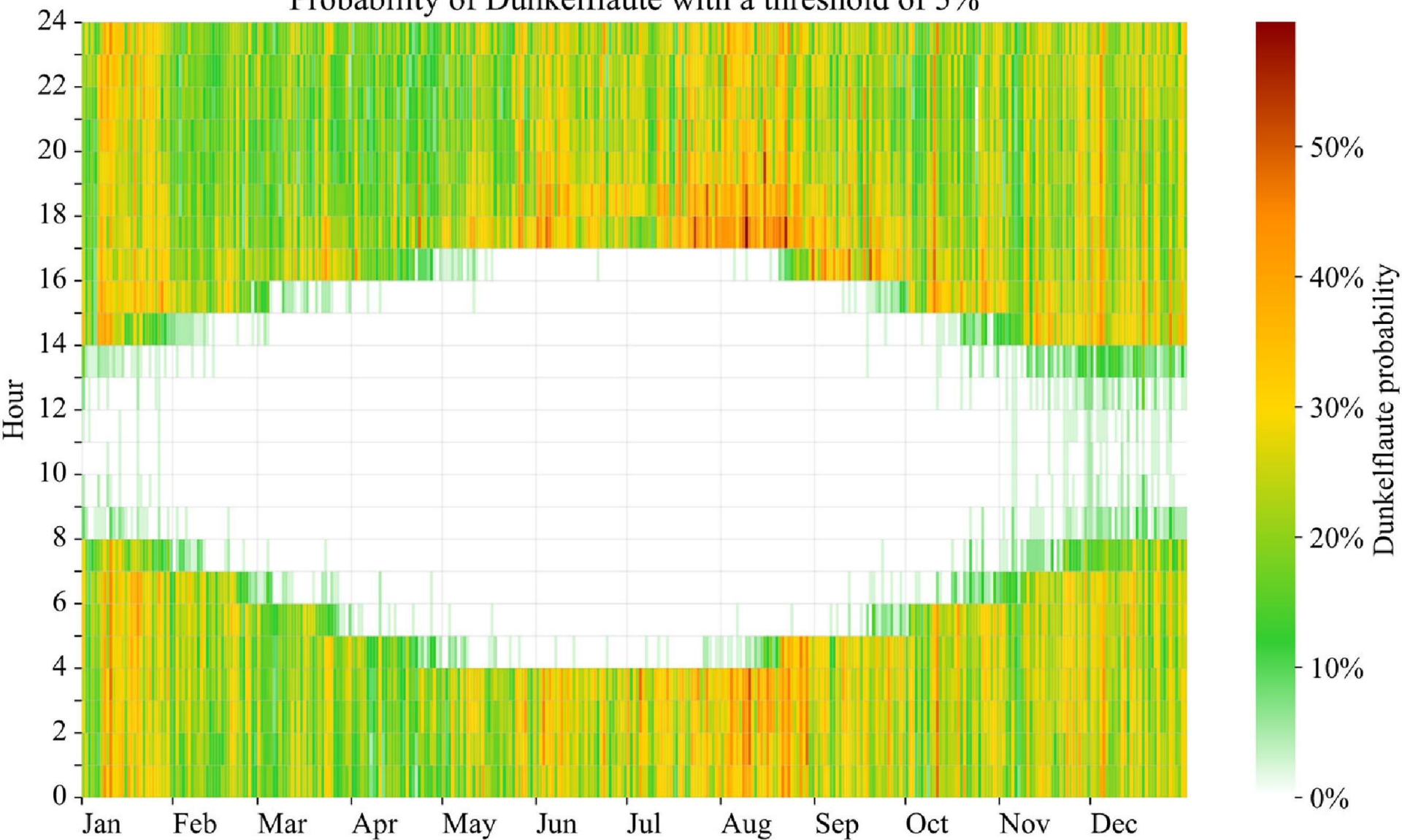
Dunkelflaute események kategorizálása, hossza



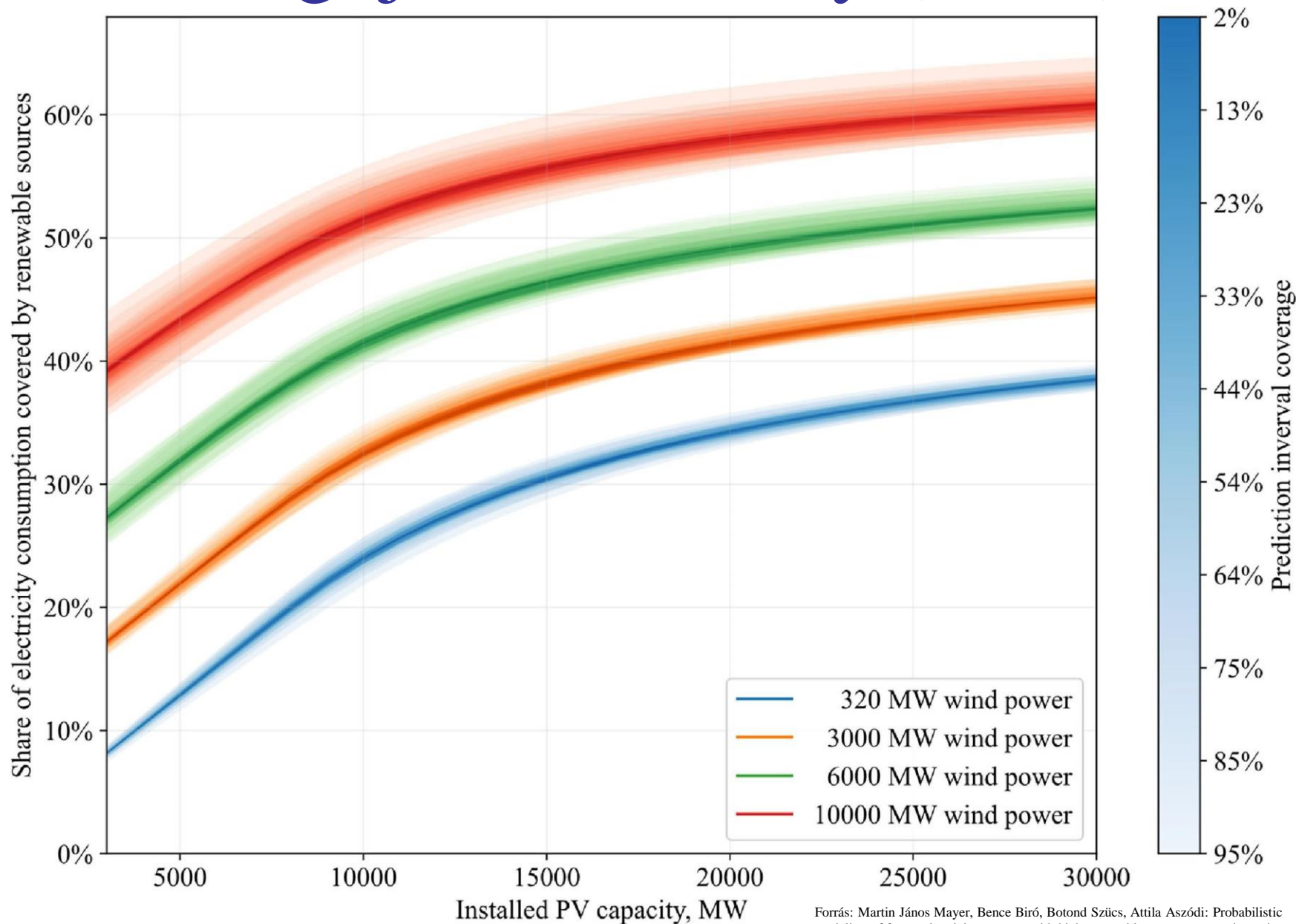
Forrás: Martin János Mayer, Bence Biró, Botond Szűcs, Attila Aszódi: Probabilistic modeling of future electricity systems with high renewable energy penetration using machine learning; Applied Energy, Volume 336; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120801>

Dunkelflaute események eloszlása

Probability of Dunkelflaute with a threshold of 5%

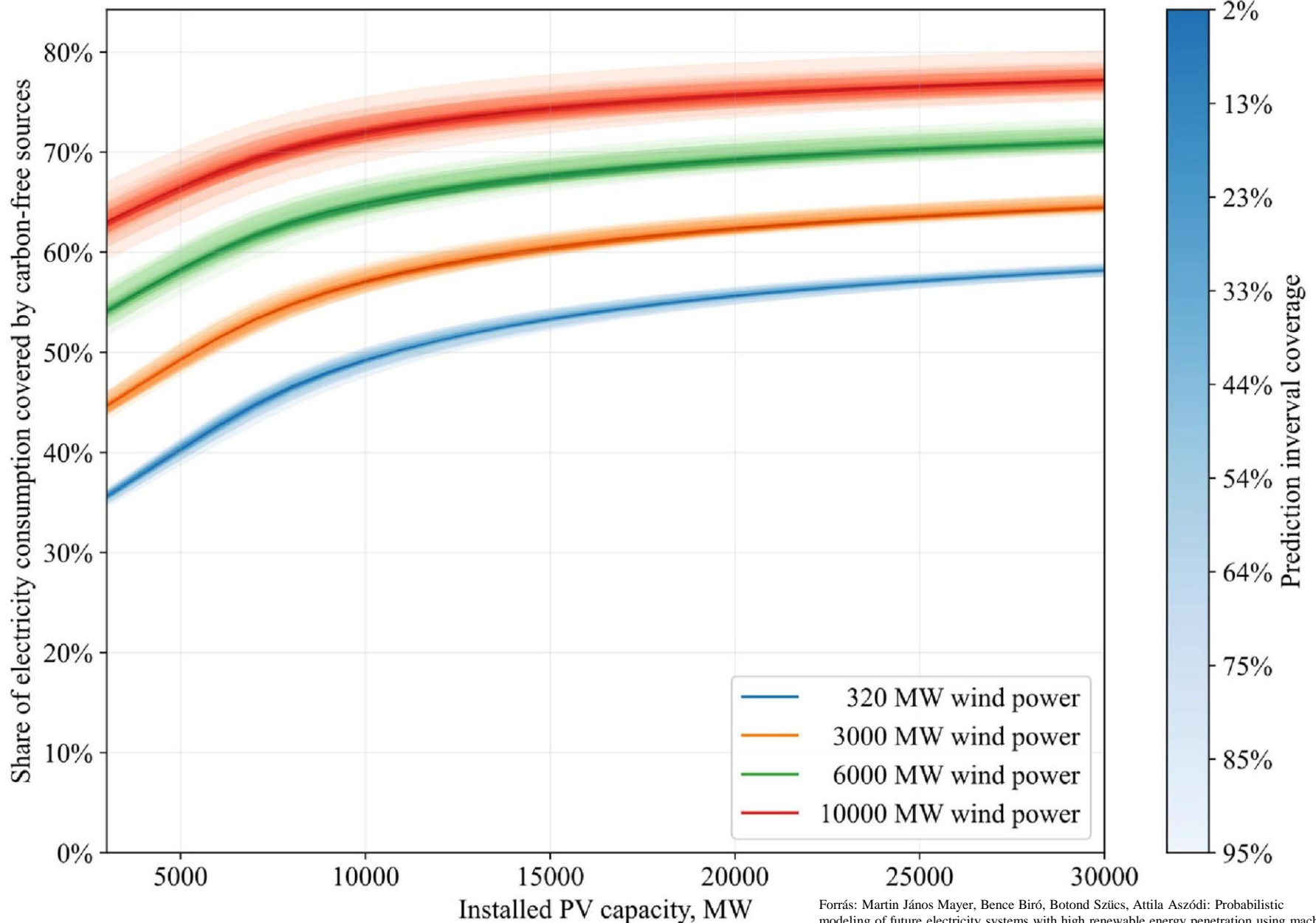


Megújuló részarány (2030)



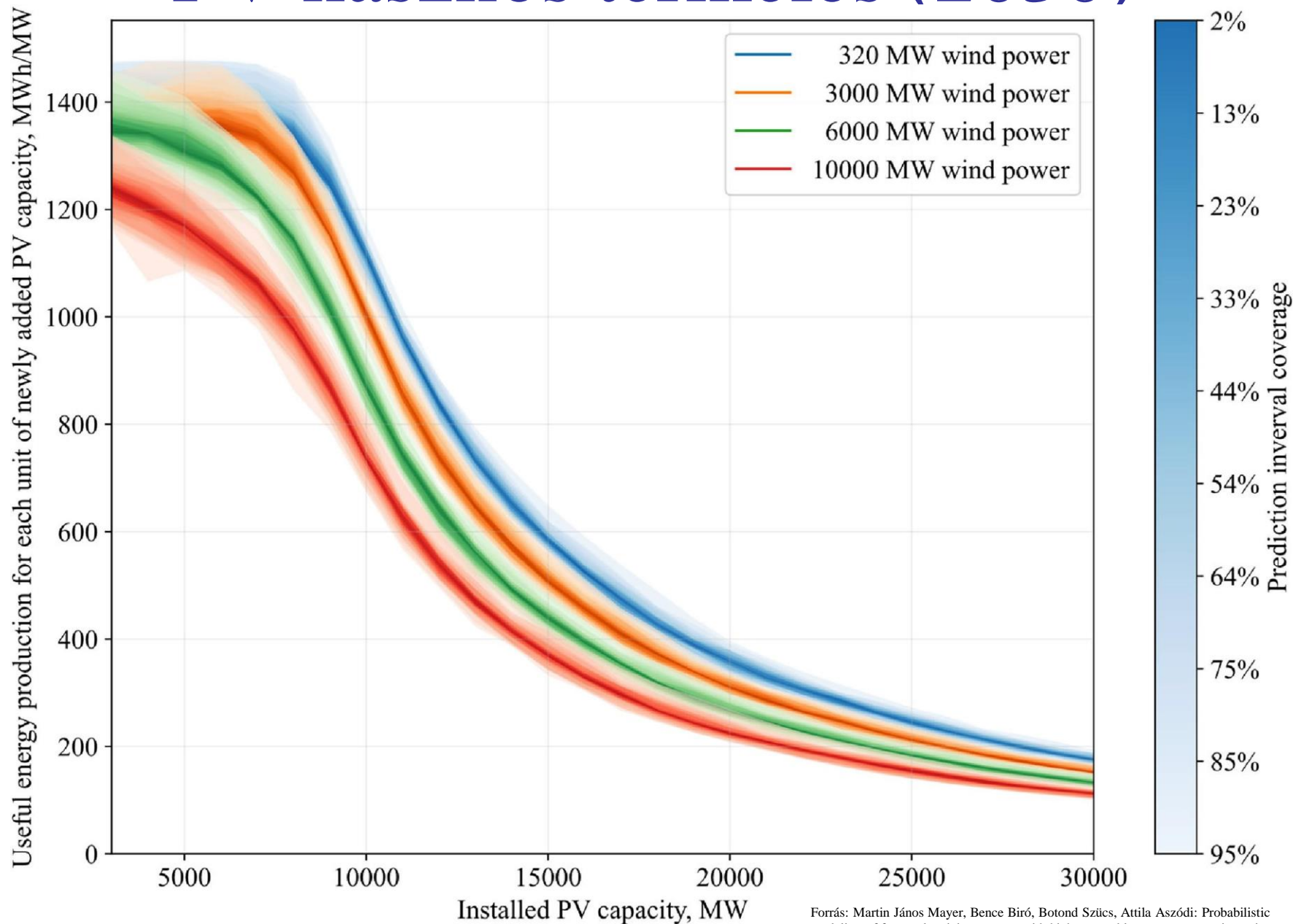
Forrás: Martin János Mayer, Bence Biró, Botond Szűcs, Attila Aszódi: Probabilistic modeling of future electricity systems with high renewable energy penetration using machine learning; Applied Energy, Volume 336; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120801>

Karbonsemleges részarány (2030)



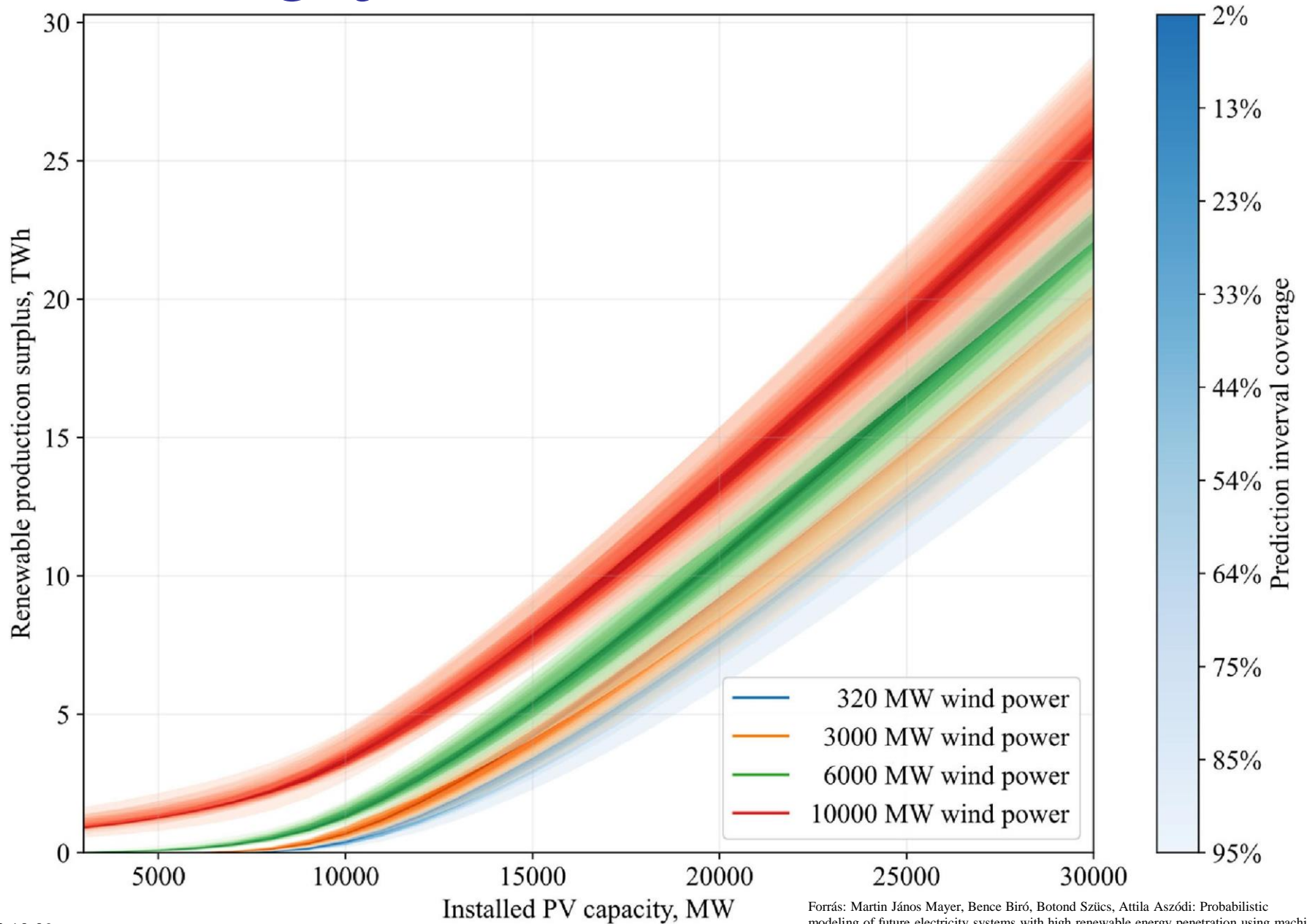
Forrás: Martin János Mayer, Bence Biró, Botond Szűcs, Attila Aszódi: Probabilistic modeling of future electricity systems with high renewable energy penetration using machine learning; Applied Energy, Volume 336; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120801>

PV hasznos termelés (2030)



Forrás: Martin János Mayer, Bence Biró, Botond Szűcs, Attila Aszódi: Probabilistic modeling of future electricity systems with high renewable energy penetration using machine learning; Applied Energy, Volume 336; <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.120801>

Megújuló túltermelés (2030)



HMKE aktualitások tanulságai

- Az éves szaldó nagyon kedvező a HMKE tulajdonosoknak és a kivitelező cégeknek, de valójában a villamosenergia-rendszer és a finanszírozók számára a mostanra létesült nagy kapacitások mellett terhessé vált
- Szükség lenne
 - a HMKE betáplálás mérésére,
 - a prosumerek VER-rel való együttműködésére,
 - okos rendszerekre (mesterséges intelligencia),
 - okos tulajdonosokra / felhasználókra (természetes intelligencia),
 - szemléletformálásra,
 - egy ösztönző tarifarendszerre,
 - nagy mennyiségű villamos energia tárolására
 - a VER szintjén és
 - a termelőknél, elosztott rendszerben.
- Nagy léptékű villamosenergia-tárolás nélkül 8000 MW PV BT fölött a magyar rendszerben PV kannibalizáció, komoly piaci áringadozások és rendszerszabályozási problémák jelentkezése várható.
- Lehet, hogy a szélsőséges piaci árak a **közgazdászoknak lehetőséget** jelentenek, a műszaki rendszerek biztonságos működéséért felelős **mérnököknek azonban ezek extrém ellátásbiztonsági kockázatok.**

Köszönetnyilvánítás

- A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA) támogatta.
- A bemutatott kutatás a BME-NVA-02 számú projekt részeként az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a TKP2021 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

