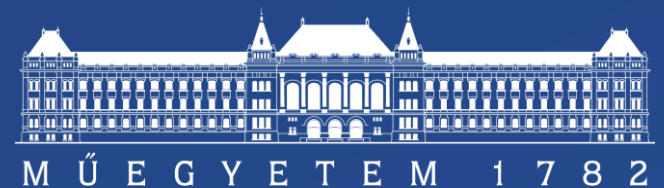


Az ellátásbiztonság jövője

Dr. Hartmann Bálint, tudományos főmunkatárs, BME VET

Jelek a jelenben a kiberjövőből – Jövőtervező.BME, 2025.03.05.



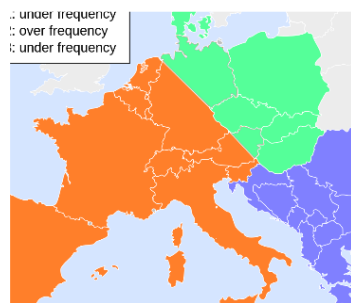
Ellátásbiztonság

2003: fa



Olasz
blackout

2006: hajó



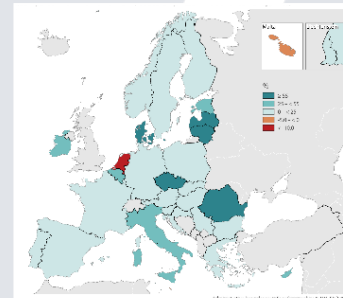
Európai
rendszer-
bomlás

2020: vírus



Kiegyenlítő
energia
problémák

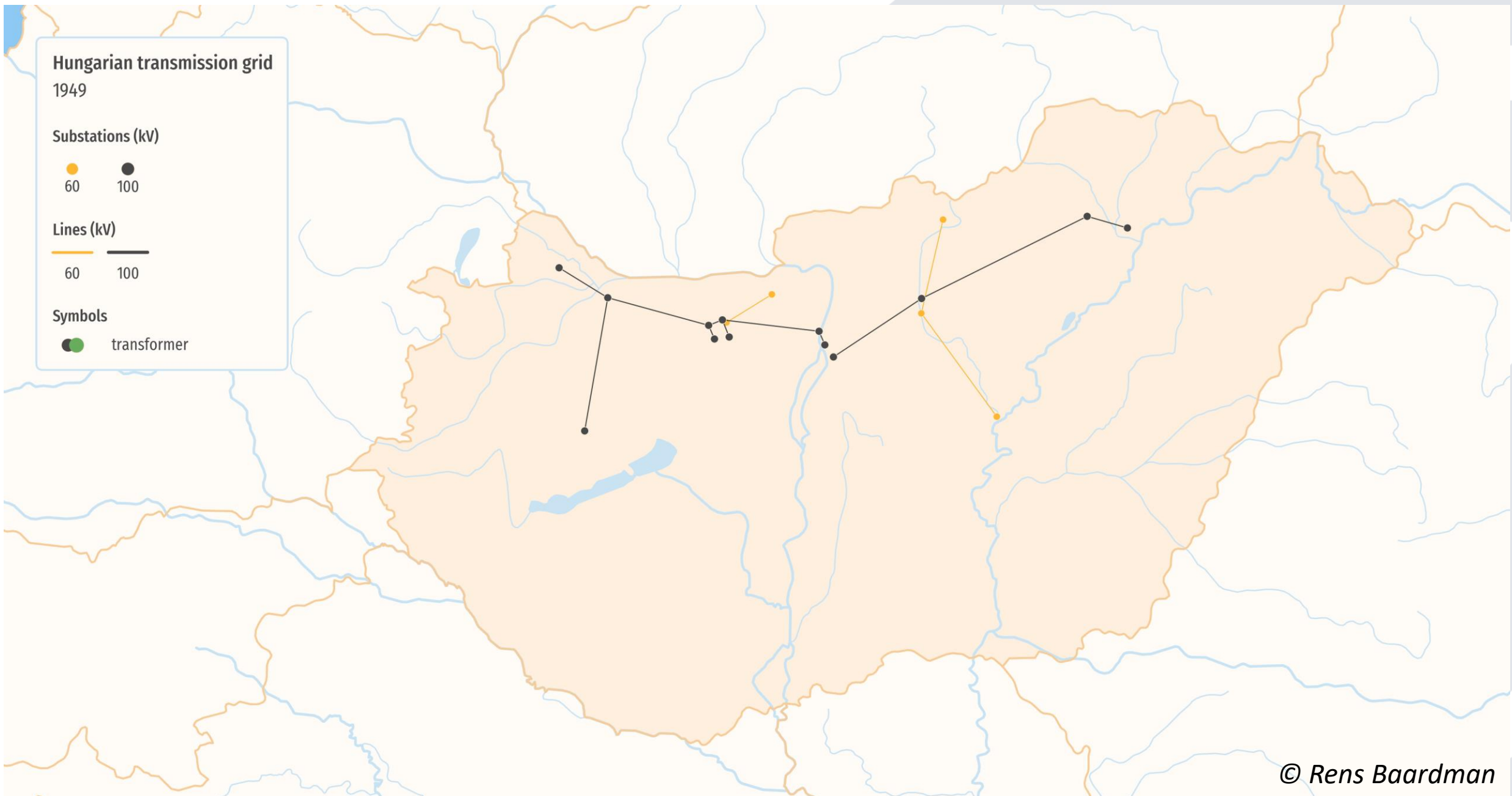
2022: háború



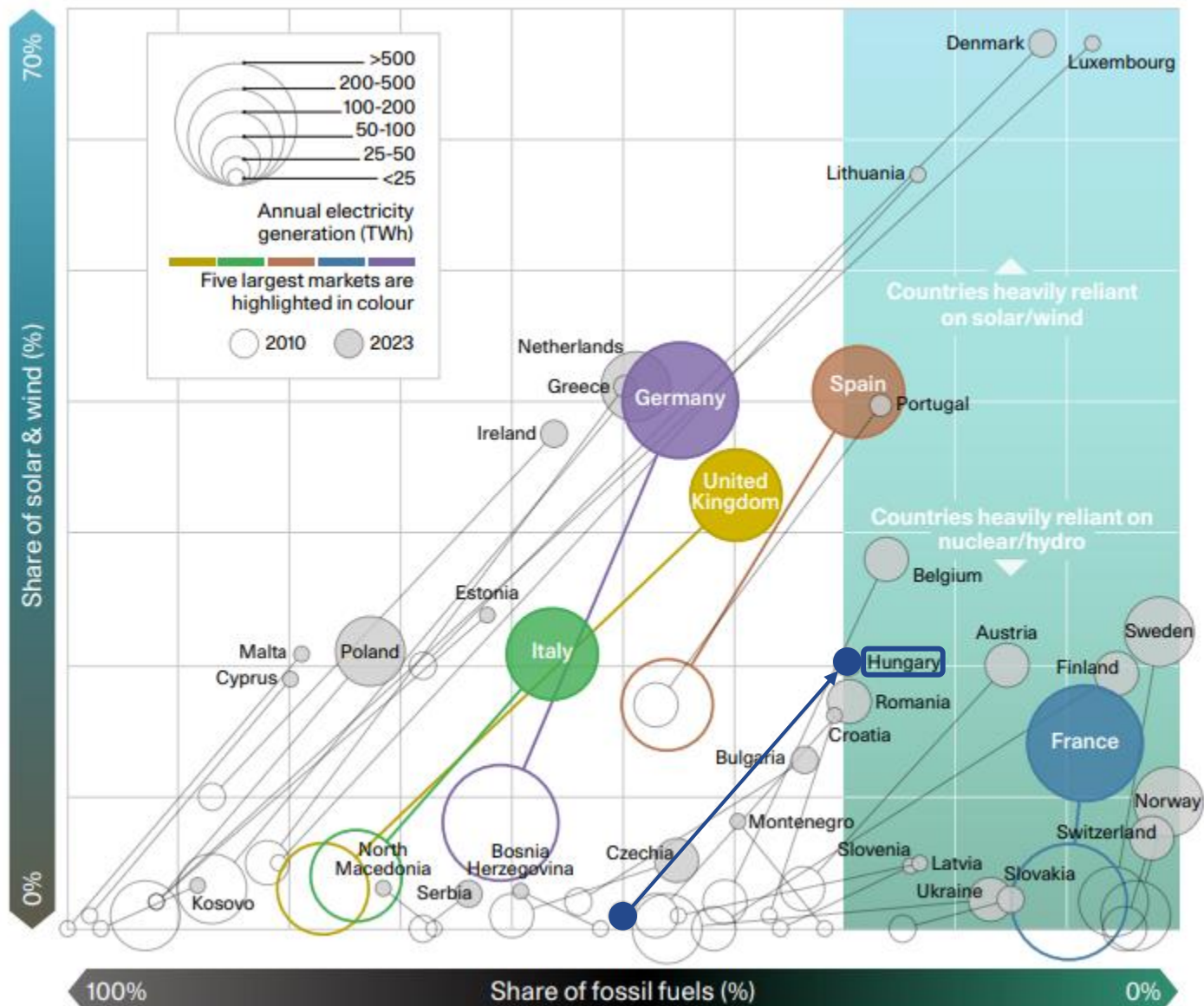
Piaci
árcsúcsok

Következő?





© Rens Baardman

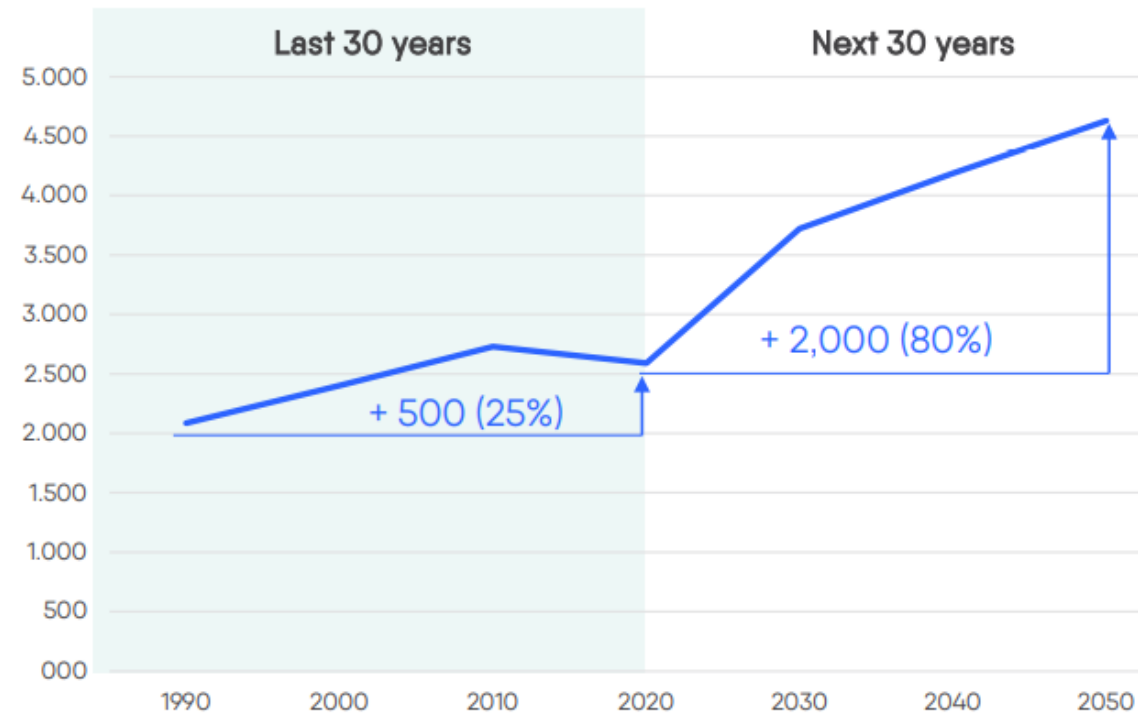


Van de Graaf et al 2024 Energy diplomacy : Europe's new strategic mission, Brussels Institute for Geopolitics

Európa jövője

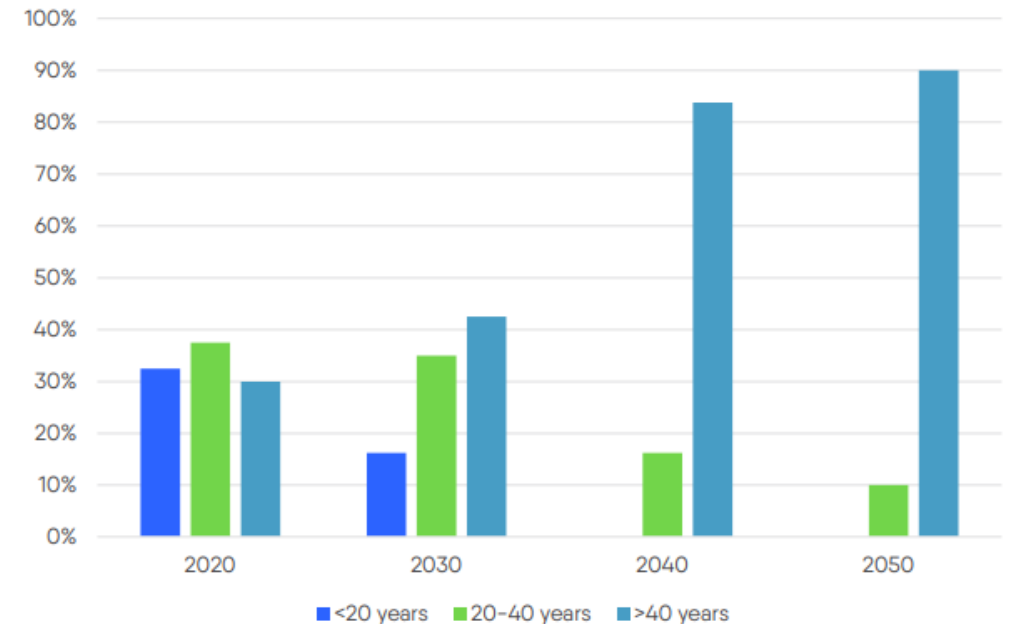
Electricity consumption (TWh)

Rising consumption in the EU27+Norway



Age of grid infrastructure (LV power lines)

Progressive asset ageing if none of the infrastructure is replaced after 2020 in the EU27+Norway



EURELECTRIC: Grids for speed

40 évvel ezelőtt...



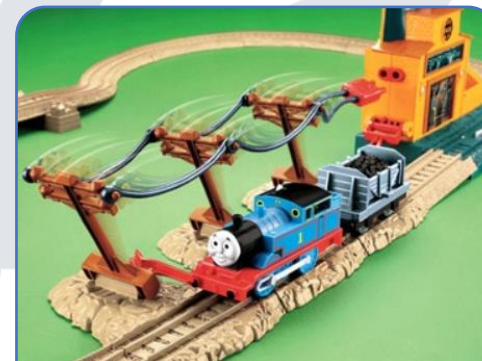
...Trudeau kanadai miniszterelnök bejelenti visszavonulását



...Liechtenstein választójogot ad a nőknek



...az Apple piacra dobja a Macintosh személyi számítógépet



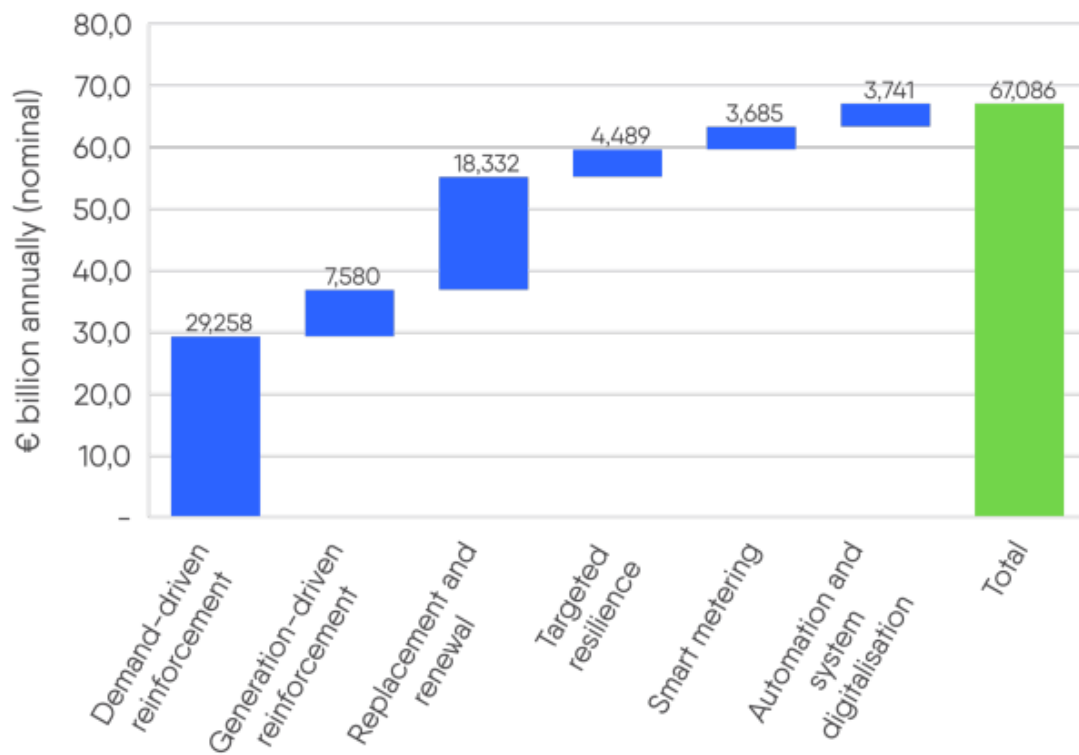
...képernyőre kerül a Thomas, a gőzmozdony első része



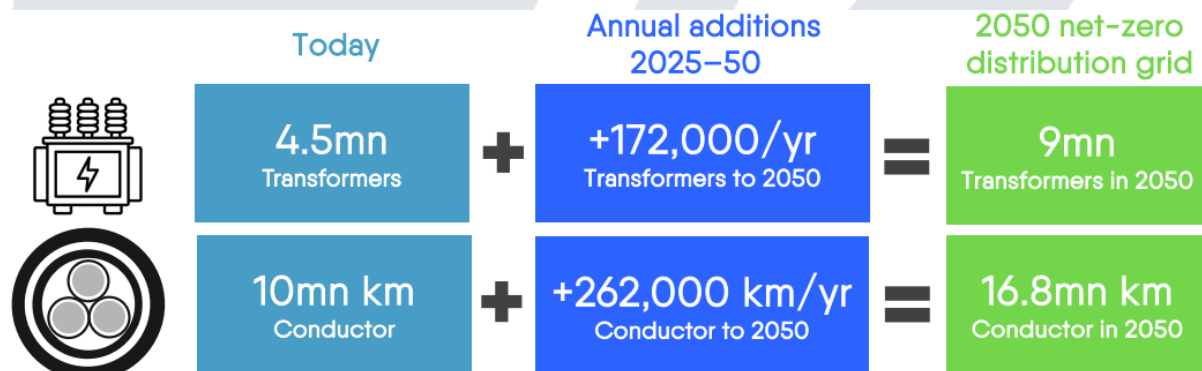
...üzembe helyezik Paks második blokkját

A nagyságrendek

Annual average grid investment in the EU27+Norway (2025–50)

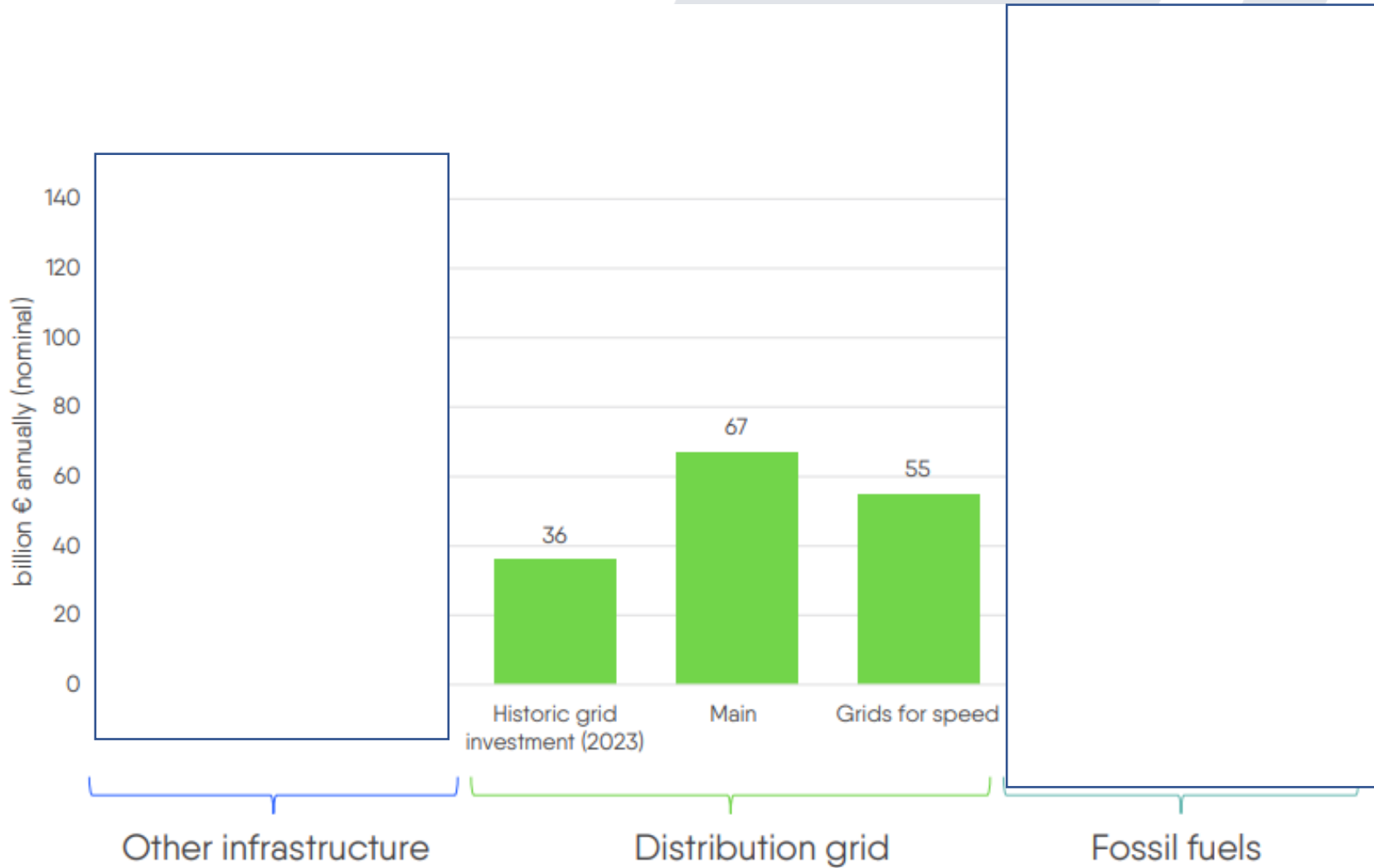


Magyarország: kb. 750 millió EUR/év
(300 Mrd HUF/év)



EURELECTRIC: Grids for speed

Ellátásbiztonságunk ára



Átvitel

NF elosztás

Elosztás

1,E-05

1,E-03

1,E-01

1,E+01

1,E+03

1,E+05

1,E+07

1,E+09

periódus

másodperc

perc

óra

nap

év

Inercia

Napon belüli folytonos kereskedés

Másnapi
kooptimalizáció

Tranziens stabilitás,
kaszád
összeomlások

Energiatárolás piaci
körülmények között

Hálózat sérülékenységi

Hálózat-
fejlesztés

Rugalmassági piacok

Állapotbecslés

Referencia
hálózati modellek

Feszültségszabályozás

Terhelésbecslés

Mikrogriddek, energiaközösségek

Peer-to-peer
kereskedelem

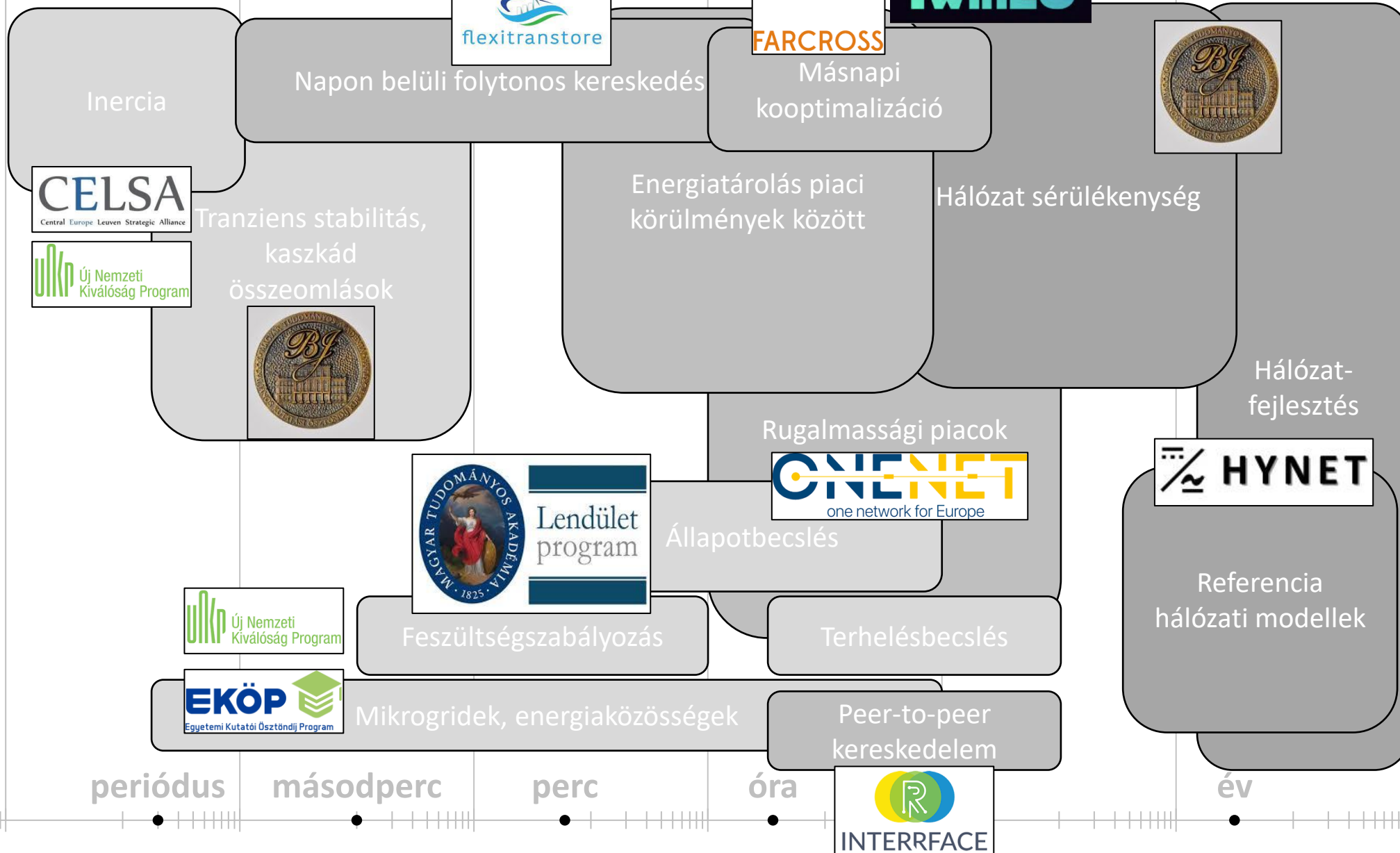
BME FASTER Kutatócsoport

Átvitel

NF elosztás

Elosztás

10
1,E-05 1,E-03 1,E-01 1,E+01 1,E+03 1,E+05 1,E+07 1,E+09



Az ellátásbiztonság jövője

- Feltártuk azon beavatkozások lehetséges körét, amelyek segíthetnek enyhíteni a villamosenergia-rendszer előtt álló **kettős kihíváson** (rendszertervezés és -üzemeltetés), három területen:
 1. Infrastruktúra-tervezés
 2. Villamosenergia-rendszerek üzemeltetése és irányítása
 3. Villamosenergia-piacok



Az ellátásbiztonság jövője

- A vállalatirányítás rövid időtávra összpontosít, **korlátozva a magas kockázatú/magas nyereségű** lehetőségek feltárását
- A különböző fizikai időállandók és térbeli felbontások közötti **interoperabilitás** megteremtésére van szükség ahhoz, hogy a jövő villamosenergia-rendszereit megfelelően modellezhessük
- A villamosenergia-rendszert jellemző mérőszámok és mutatók nem alkotnak átfogó rendszert és nem képesek megragadni az **energiaátmenet komplexitását**
- A meglévő modellezési és szimulációs technikák alulteljesítenek a hálózatok **extrém állapotainak** elemzésében

RECORD – A villamosenergia-hálózat újratervezése

- A RECORD a hangsúlyt a rövid távú, leegyszerűsített megoldásokról egy hosszú távú, holisztikus megközelítésre helyezi át, amely képes kezelni a modern villamosenergia-hálózatok sokrétű kihívásait.
- A kutatás a kaszkádok, a hálózati rugalmasság, az AI-alapú döntéshozatal, az új szabályozási paraméterek, az energiapiaci optimalizációs, NP-nehéz, skálázható modellek és más területek aktuális kérdéseit vizsgálja.



RECORD – infrastruktúra tervezés

- A kaszkádok sebessége hogyan tudja előre jelezni a hálózati hatások időbeliségét, és a valós idejű topológia-rekonfigurálás hogyan tudja ezeket limitálni?
- Hogyan korlátozzák a nyomvonal-engedélyek a hálózati topológia rugalmasságát?
- Hogyan csökkenti a decentralizált termelés az átviteli hálózat bővítésének szükségességét?
- Hogyan lehet a nem klasszikus megoldásokat integrálni az infrastruktúra tervezésébe dinamikus valószínűségi és fizikai modellek segítségével?

RECORD – VER üzemeltetése és irányítása

- Hogyan javítja az AI-alapú döntéshozatal az átviteli és elosztóhálózati együttműködést, különösen a különböző feszültség szintek koordinált feszültség szabályozásban?
- Hogyan válik döntő fontosságúvá a fogyasztói inercia vizsgálata az erőművek kinetikus energiájának csökkenésével?
- Milyen új mérőszámok és dinamikus szabályozási paraméterek szükségesek a rendszer hatékony üzemeltetéséhez és szabályozáshoz?

RECORD – villamosenergia-piacok

- Hogyan akadályozzák a performancia problémák és milyen megoldások vannak a komplexebb és így reálisabb energiapiaci termékek bevezetésre?
- Hogyan lehet ezeket az NP-nehéz problémákat relaxálni olyan új korlátoknál, mint a hálózati veszteségek és az emissziós adók?
- Mely skálázható optimalizálási modellek megfelelőek kritikus időkorlátoknak?
- Hogyan használhatóak piaci heurisztikák a megoldás gyorsítására?

Köszönöm a figyelmet!

hartmann.balint@vik.bme.hu