



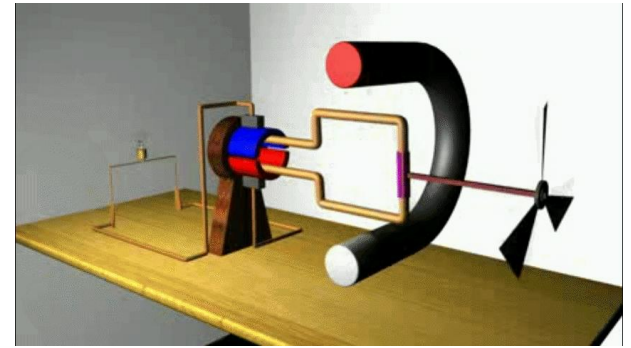
# **Miért van a konnektorban áram?**

**Horváth Ákos**  
**MTA Energiatudományi Kutatóközpont**



# Kezdetek

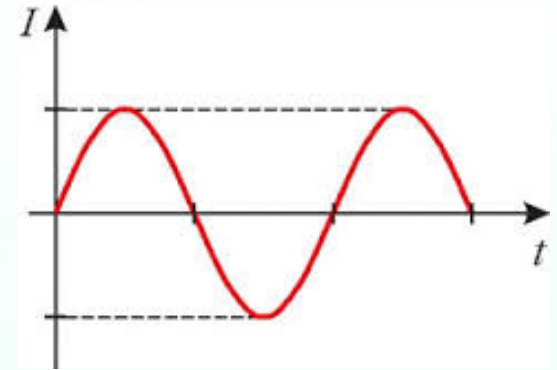
- M. Faraday indukció törvénye (1831)
- Indukció elvén működnek az egyenáramú és váltakozó áramú generátorok és a transzformátor is.
- *Melyik a jobb?* Az egyen- és a váltakozó áram versenye (Edison és Westinghouse versengése) 1880-1890 között áramháborúhoz („War of Current”) vezetett.



$$I(t) = I * \sin(\omega t + \varphi), \omega = f * 2\pi$$

Váltakozó áramú hálózat előnye:

- A termelő és a fogyasztó feszültségének nem kell azonosnak lennie (transzformátor alkalmazása)
- Azonos költséggel messzebbre tudjuk szállítani a villamosenergiát



Feladat: a villamos energiát a termelőtől el kell juttatni a fogyasztóig.

- A szállításnak van vesztesége is, többek között az átvitelhez használt kábel ellenállása ( $R$ ) miatt.
  - $W = U * I * t, P = \frac{W}{t} = I^2 R$
  - A veszteség annál kisebb, minél kisebb az áramerősség  $\Rightarrow$  nagy feszültség kell
- A szállításhoz nagy feszültségre van szükségünk, a felhasználás helyén viszont egyéb szempontokat is mérlegelni kell (életvédelem)
- A feszültség változtatásához transzformátorokat alkalmazunk
- Érdekesség: a transzformátorok alkalmazását nagyban elősegítette Zipernowsky, Bláthy, Déri (Ganz Művek, 1886) ötlete, a zárt vasmag alkalmazása.



# A nagyfeszültségű vezetékeken messzire szállítjuk...



...és amikor megérkezik a fogyasztóhoz, kisebb feszültségre transzformáljuk.



# Termelők és fogyasztók

Az erőműben forgógépekkel állítunk elő váltakozó áramot, majd az átviteli és elosztó hálózaton keresztül juttatjuk el a felhasználóhoz.

A megtermelt villamos energiát el kell fogyasztani.



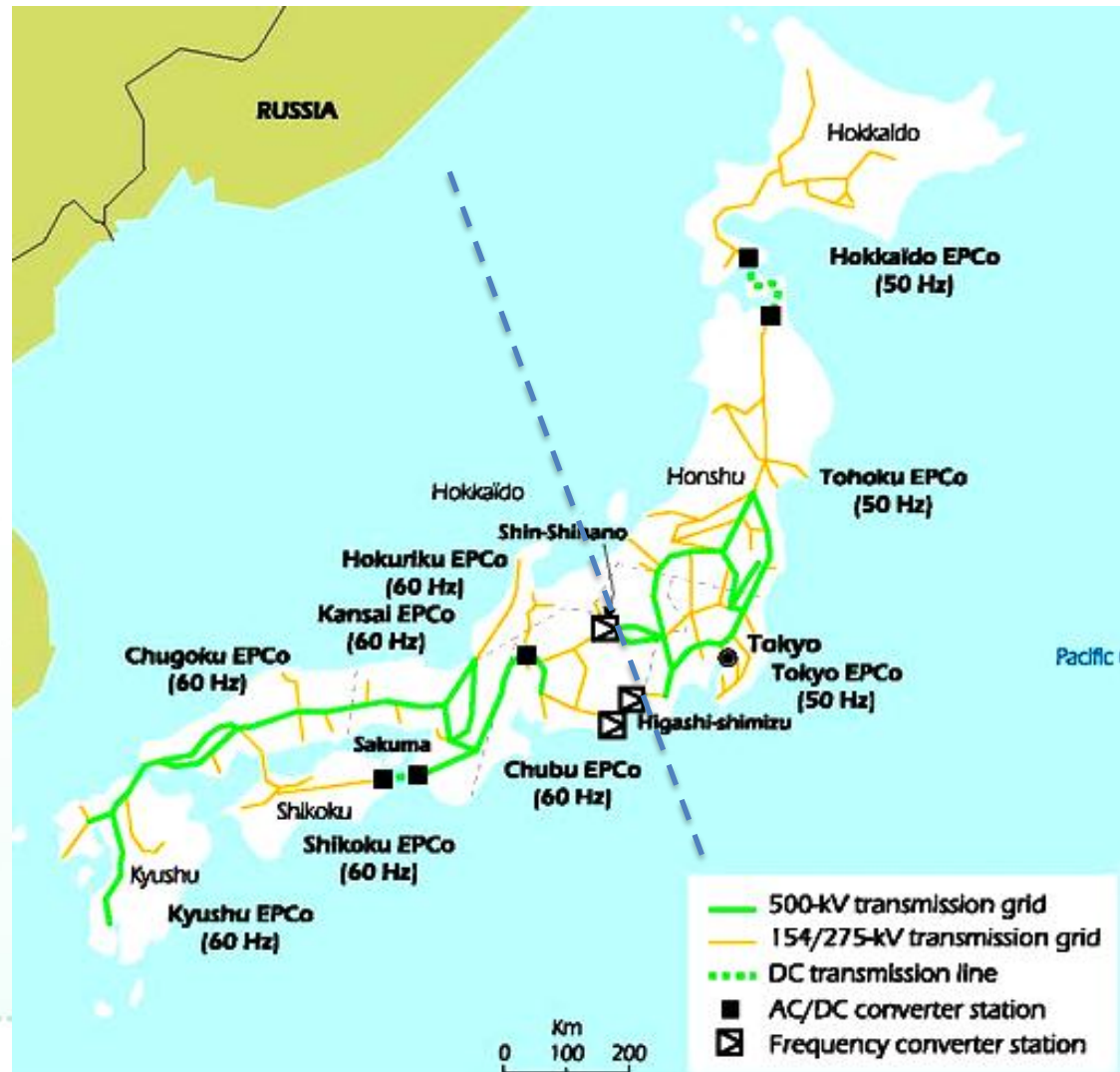
# Termelők és fogyasztók a hálózatban

- A vezetékekkel kialakított hálózatban lehet több termelő egység (generátor) és a fogyasztók száma is bővíthető leágazások kiépítésével.
- Ha több termelőnk van, szinkronban kell lenniük és a villamos teljesítményük összeadódik:
  - $P = P_1 + P_2 + P_3 \dots$
  - A rendszer fontos minőségi jellemzője a **frekvencia**, amely a hálózat minden pontján azonos (!)
- A nagy hálózatnak (sok fogyasztó, nagy termelési összteljesítmény) a gazdaságosság mellett előnye a **stabilitás** is.



# A hálózati frekvencia

- A hálózati frekvencia nálunk 50Hz, de pl. az USA-ban 60Hz
- Érdekesség: Japánban egymás mellett létezik 50Hz és 60Hz hálózat is. A két tartomány között ún. frekvenciaváltókkal lehet átvinni villamosenergiát.



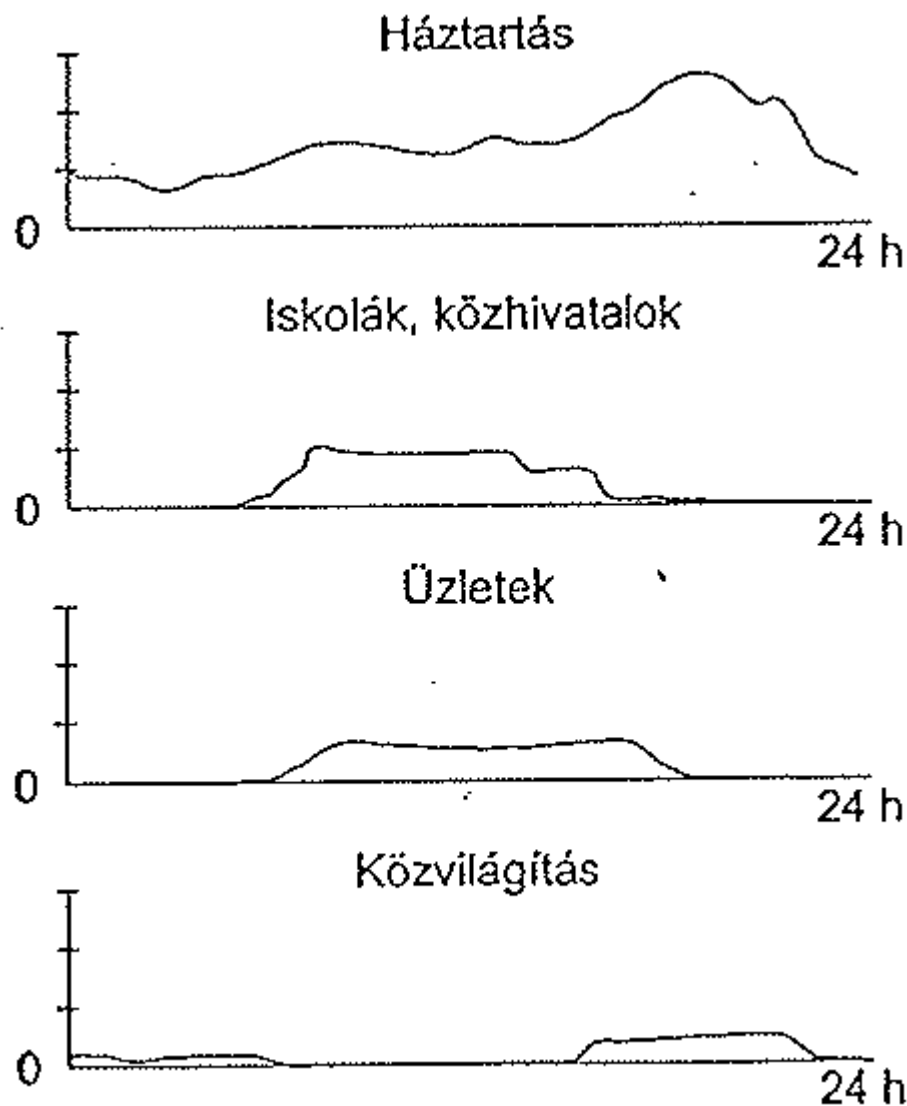
# A hálózat stabilitása

A villamosenergia szolgáltatás legfontosabb minőségi paramétere a *frekvencia*.

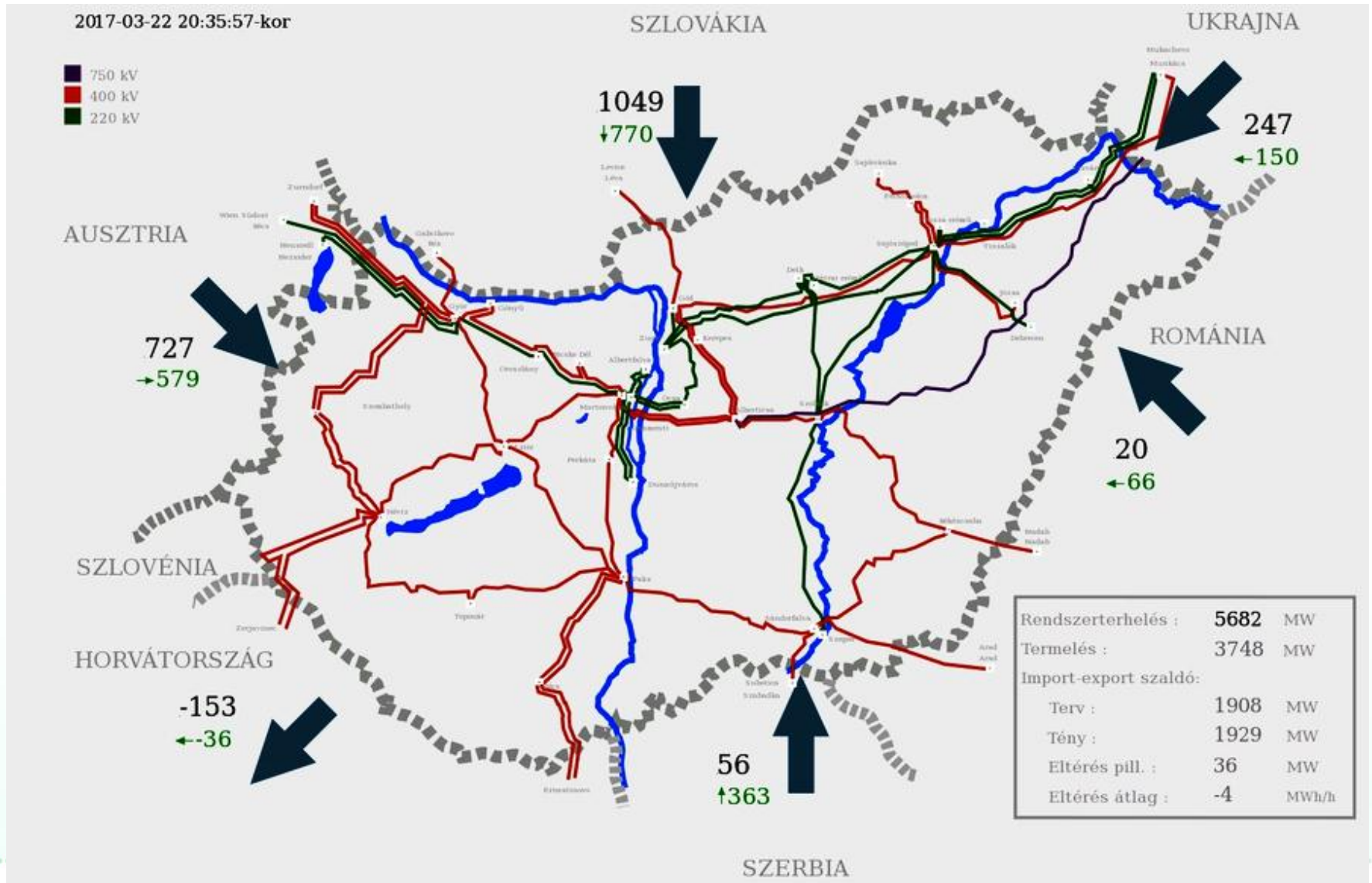
Ha a fogyasztási igény nagyobb, mint a termelés, akkor a frekvencia csökken, ha kevés fogyasztó van, akkor ellenkezőleg.

*Nagyobb hálózatok kevésbé érzékenyek a kisfogyasztók által generált változásokra.*

Az időben változó igényekből áll össze a „menetrend”.



# A magyar átviteli hálózat



## Irányítóhelyiség a MAVIR-ban

A termelés és fogyasztás összhangja folyamatos felügyeletet igényel.

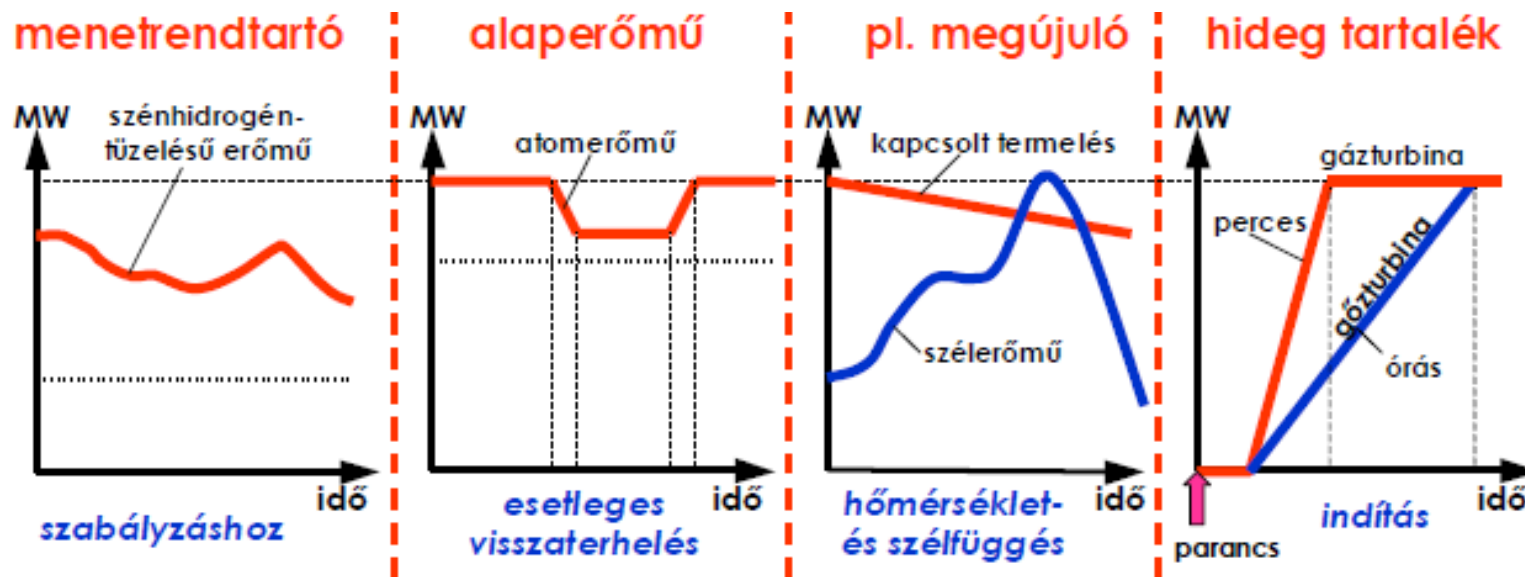


# Szabályozás

Hálózati zavar esetén (kiesik egy erőmű, változik a fogyasztás) az automaták megpróbálják beállítani az egyensúlyt.

A primer és a szekunder szabályozás részben fizikai elveken, részben automatákon múlik, amelyeknek 30s illetve 300s alatt vissza kell állítani az egyensúlyt.

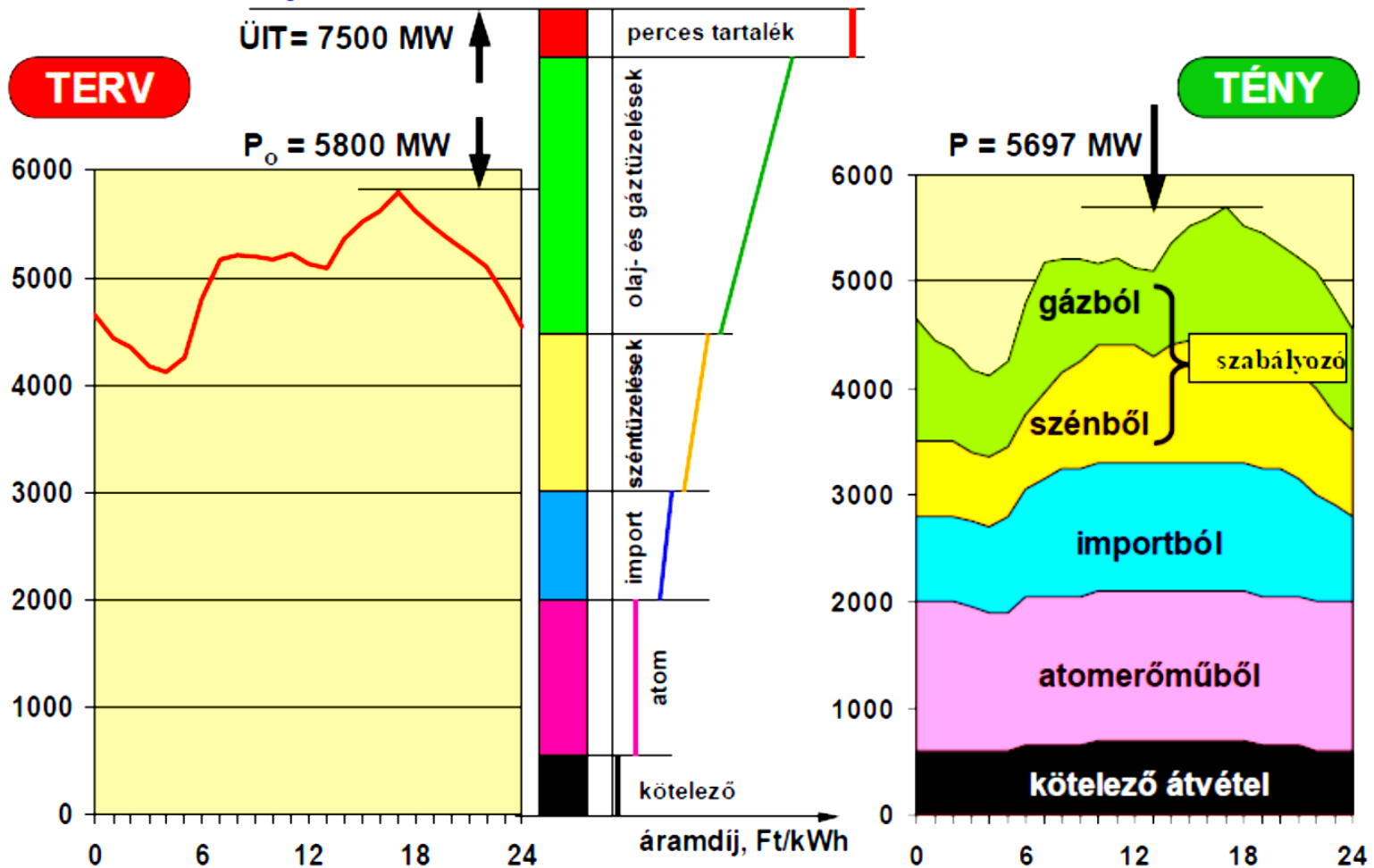
Ha nem sikerül a két szabályozónak helyreállítani az eltérést, akkor kézzel vagy automatával indítanak egy generátort (erőművet): terciér szabályzó



MAVIR Zrt.: A VILLAMOSENERGIA-RENDSZER SZABÁLYOZÁSA tanulmány, 2005

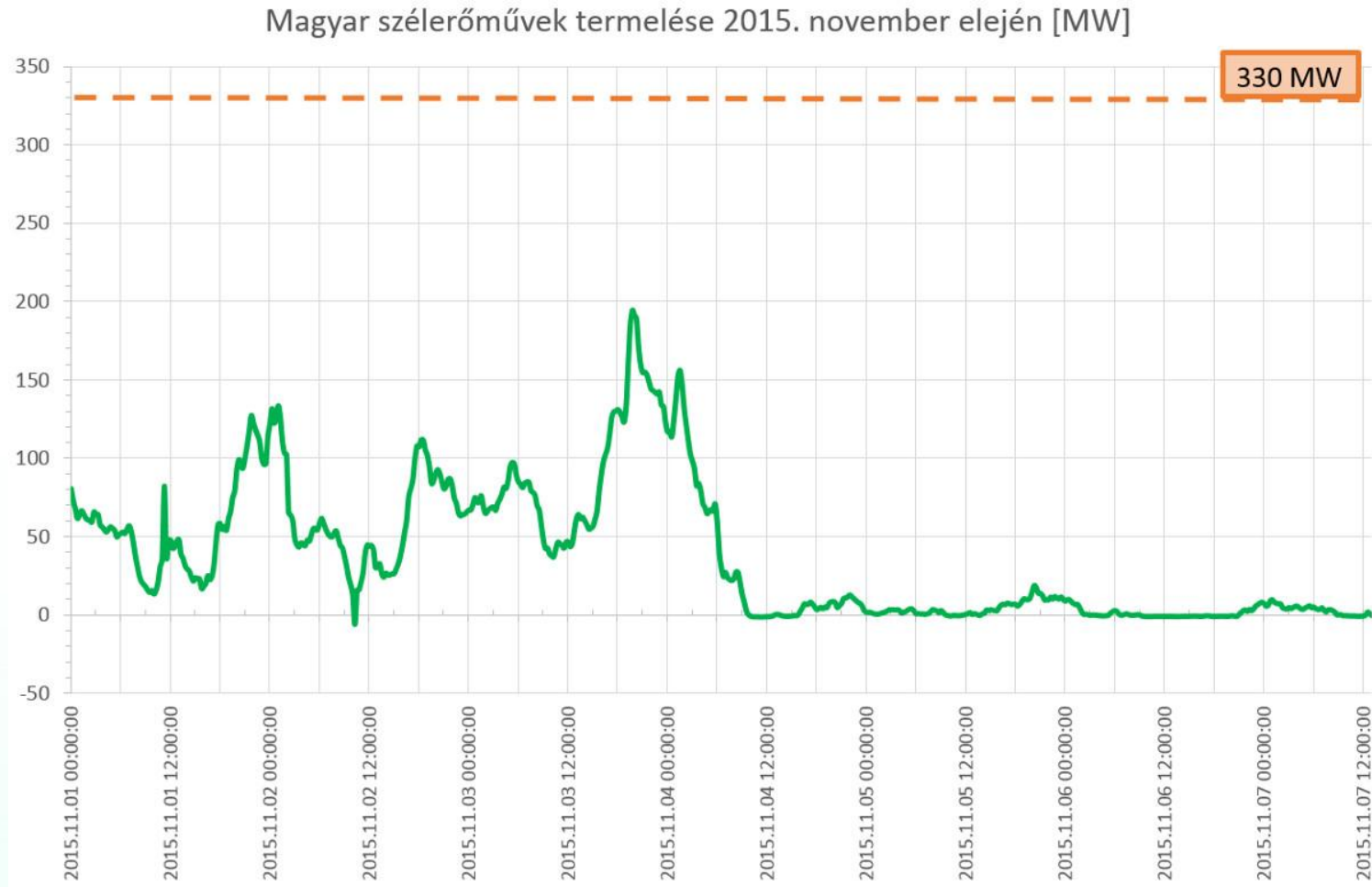
# Példa menetrendkészítésre

## Optimális teherkiosztás a menetrendhez



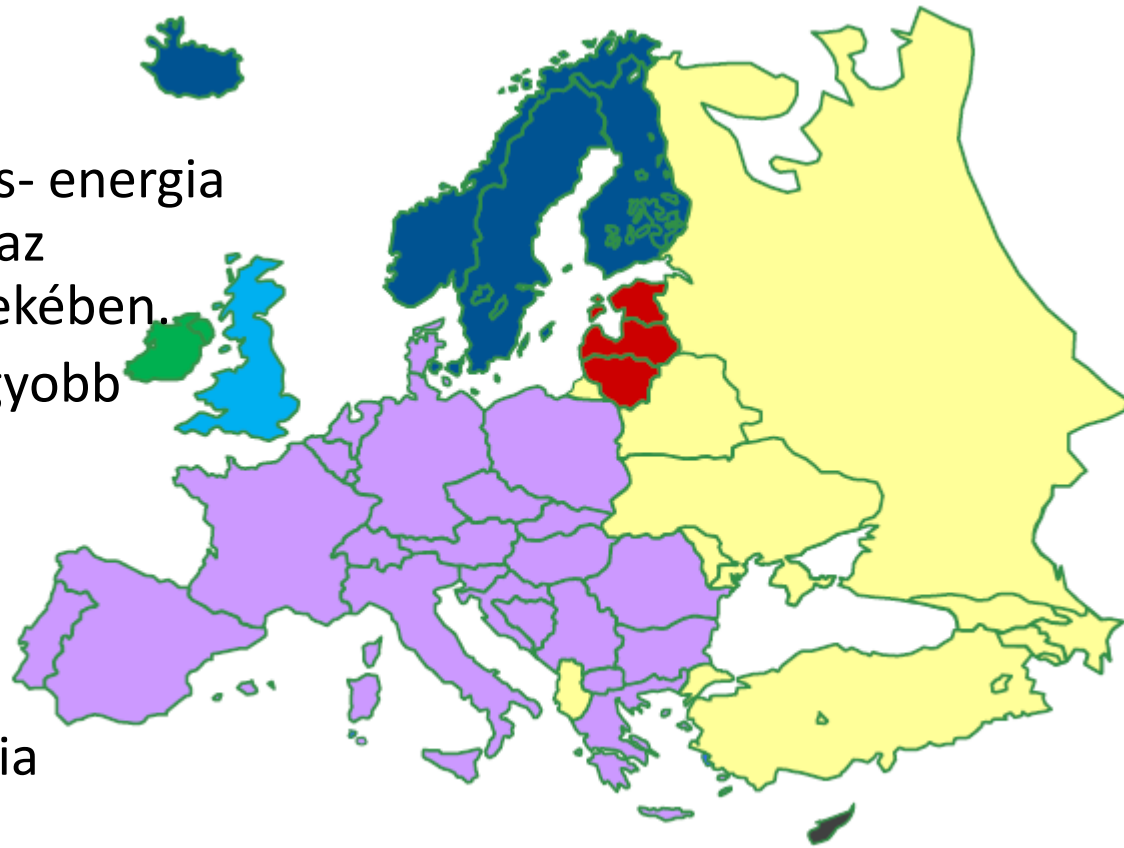
Forrás: MAVIR Zrt.: A VILLAMOSENERGIA-RENDSZER SZABÁLYOZÁSA tanulmány, 2005

A nap- és szélenergia teljes éves termelése sokkal kisebb, mint a beépített kapacitás!  
Szélenergia esetén kb. 20% a kihasználtság.



# Európai együttműködés: ENTSO-E

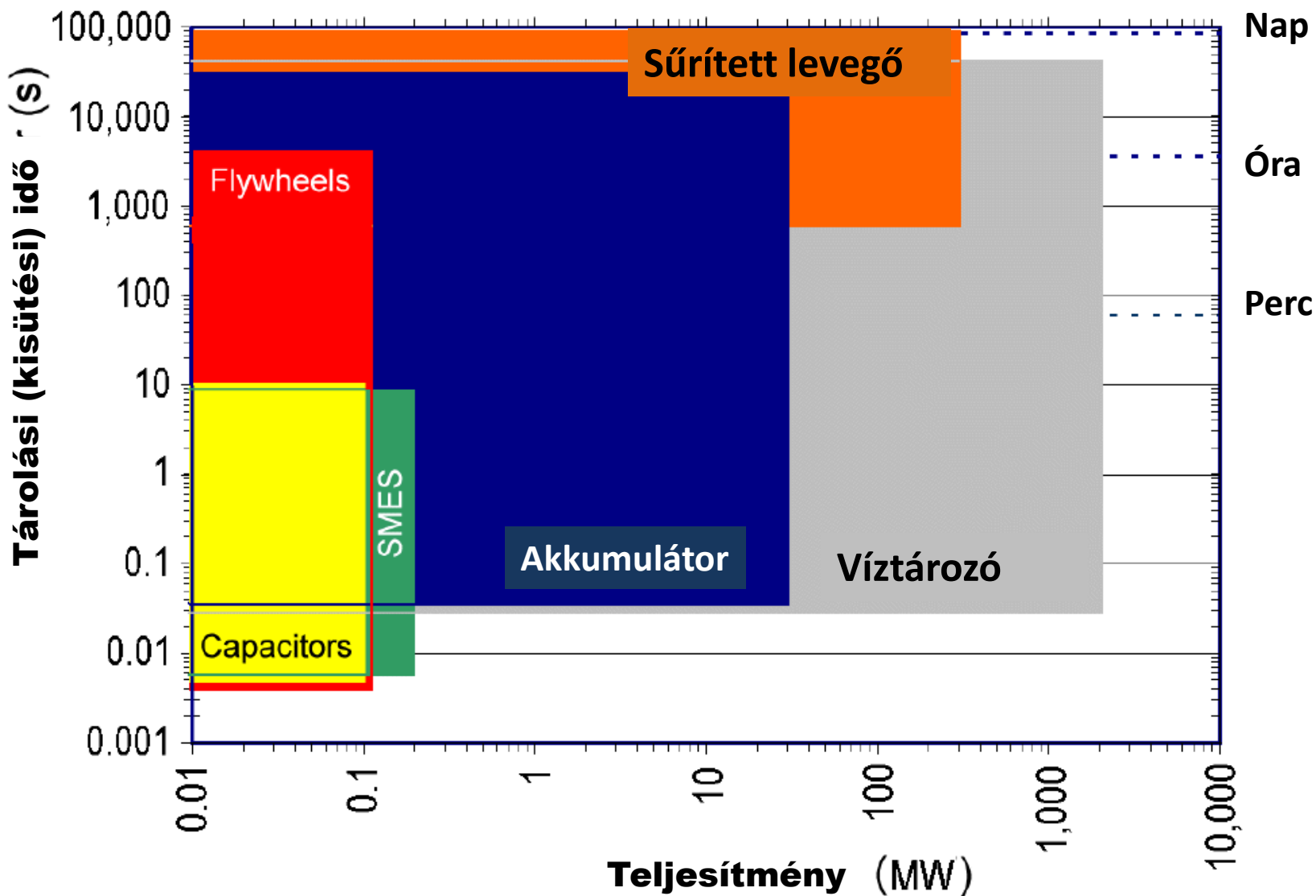
- 2009-ben jött létre a villamos-energia piac jobb összehangolása és az ellátásbiztonság javítása érdekében.
- A nagy hálózat részeként nagyobb biztonságban vagyunk
- 34 ország
- 532 millió fogyasztó
- 3 174 TWh/év villamosenergia fogyasztás (2014)
- 313 000 km vezeték hálózat
- 1024 GW termelési kapacitás



[www.entsoe.eu](http://www.entsoe.eu)



# Energiatároló technológiák teljesítménye



# Energiatárolók

A megújuló források alkalmazása tárolókat is feltételez, amelyek kiegyenlíthetik a gyors változásokat (szélcsend, felhő megy át az égen)

Rövid idejű tárolásra, a hálózat stabilitásának javítására az akkumulátorok és a lendkerekes tárolók is alkalmasak lehetnek a ma elérhető technológiákkal.

Hosszú idejű tárolásra a rendelkezésre álló technológiák közül a sűrített levegővel hajtott turbinák és a víztározók állnak rendelkezésre.

Legnagyobb akkumulátor: Kalifornia, 400 MWh kapacitás (gyártó AES ) Li-ion,

Legnagyobb víztározó: 30GWh, USA, Virginia

(Forrás: Global Energy Storage Database, Department of Energy, USA)

A magyar éves villamosenergia termelés kb 30-35000 GWh.



## A megnövekedett német áramexport háttere

Németország át akarja állítani a villamosenergia termelését megújuló források alkalmazására (nap- és szélenergia). „Energiewende”  
2017-ben összesen kb. 88 GW összkapacitású nap- és szélenergia működik Németországban.

- Magyarország összes teljesítményigénye kb.5 GW

A hálózat stabilitása érdekében továbbra is kell működtetniük az alaperőműveket, amelyek rugalmatlanok, és nem tudják követni a nap és szél ingadozását.

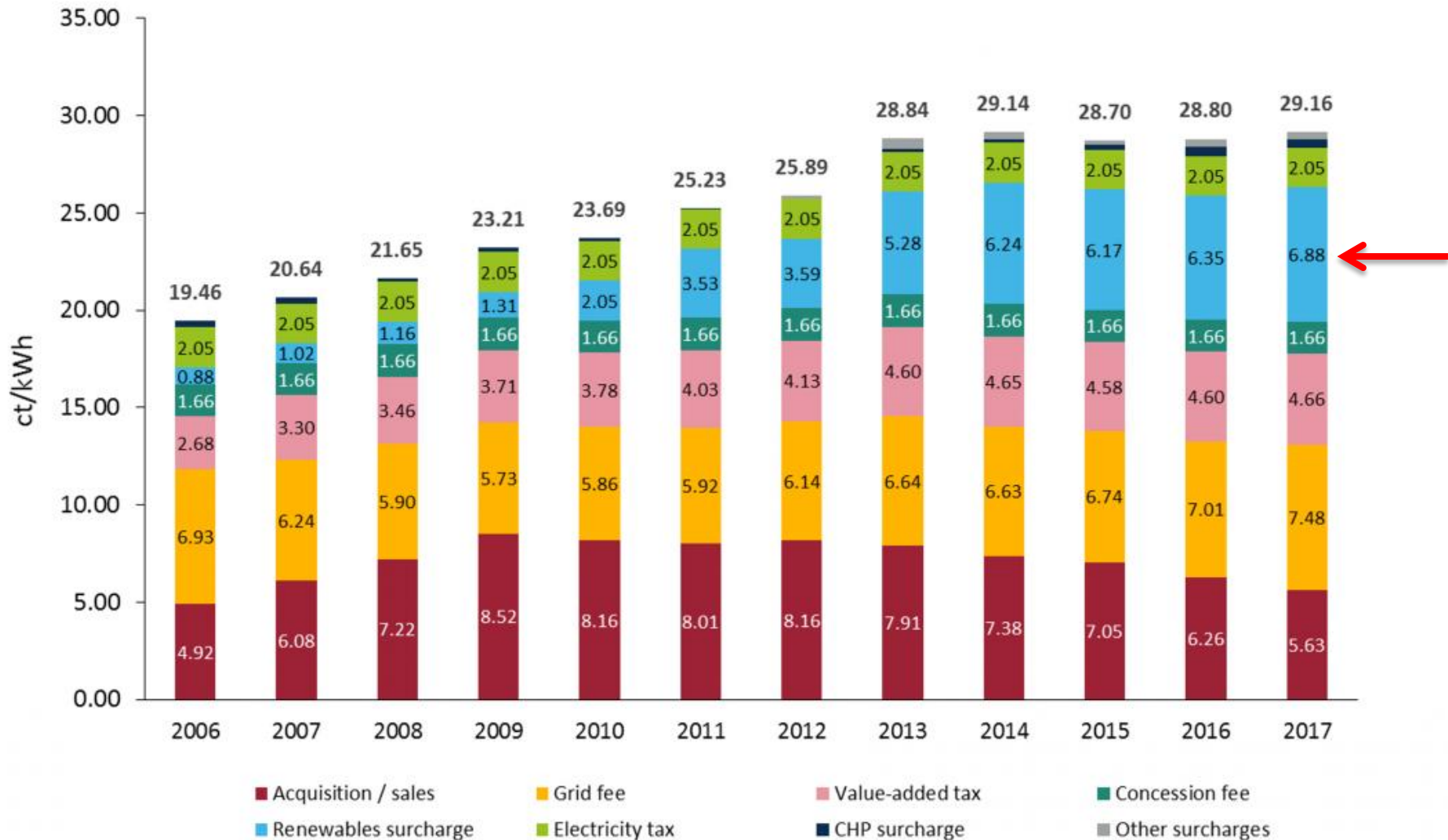
rugalmatlan erőművek + nap- és szélenergia = kiszámíthatatlan felesleg

A kiszámíthatatlanul keletkező felesleget csak alacsony áron lehet értékesíteni és mellette veszélyezteti a hálózat stabilitását is .  
(áramszünetek valószínűsége megnő).

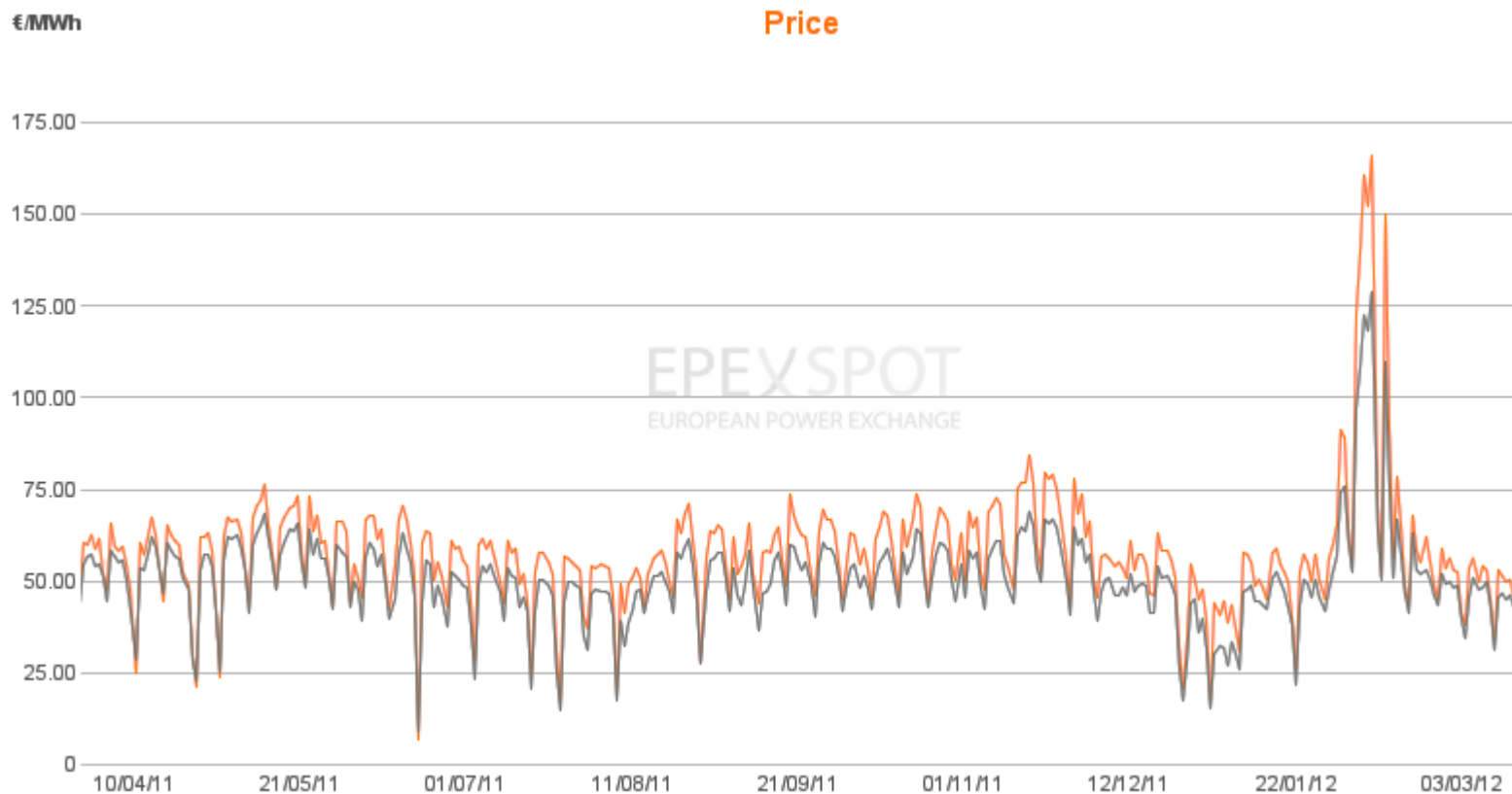
A német árampiacon az áram ára felére csökkent, miközben a kisfogyasztók számára drágább az áram.

# Composition of average power price in ct/kWh for a household using 3,500 kWh per year, 2006 - 2017.

Data: BDEW February 2017.

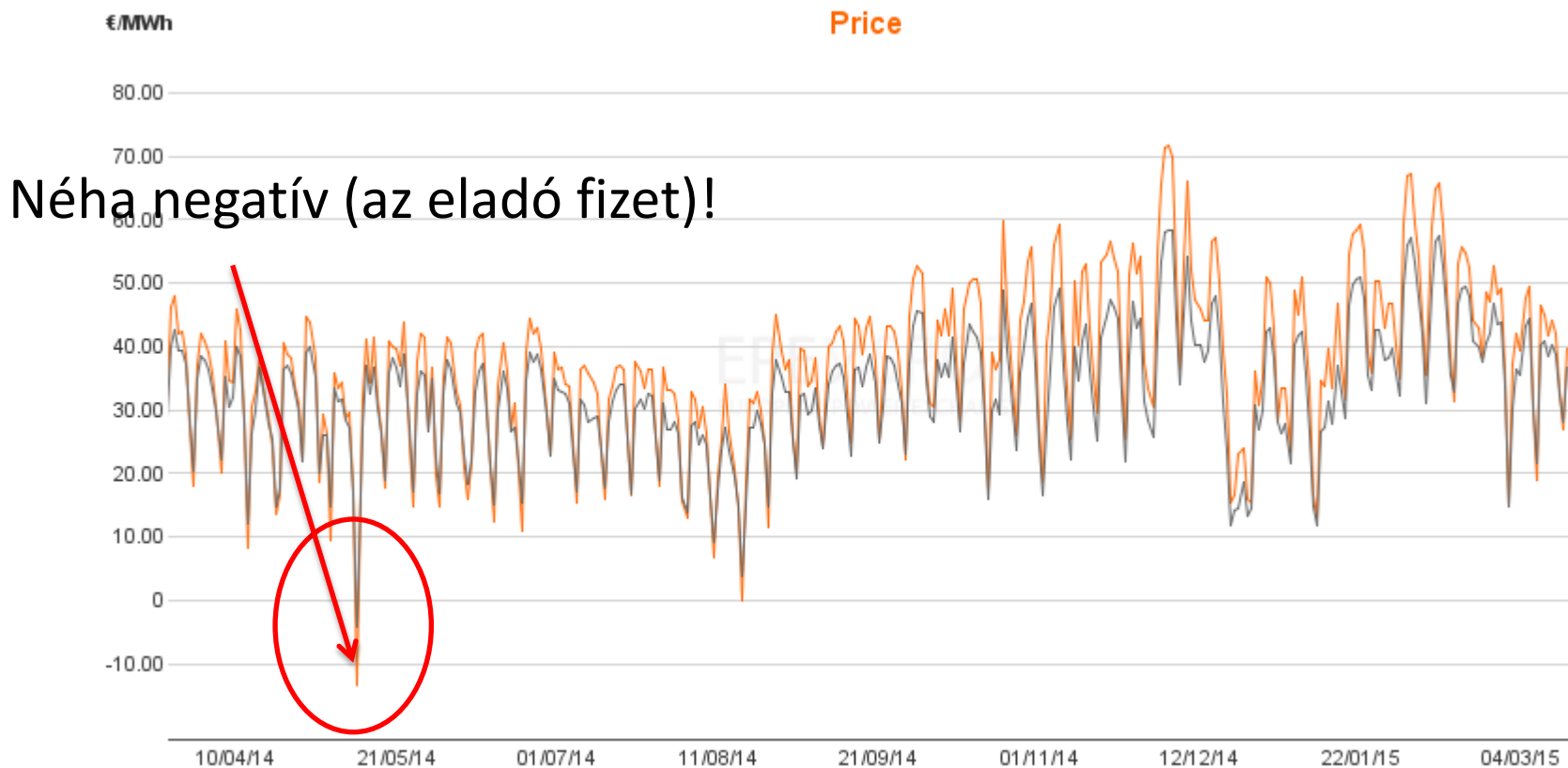


# Az elektromos áram nagykereskedelmi ára, Németországban



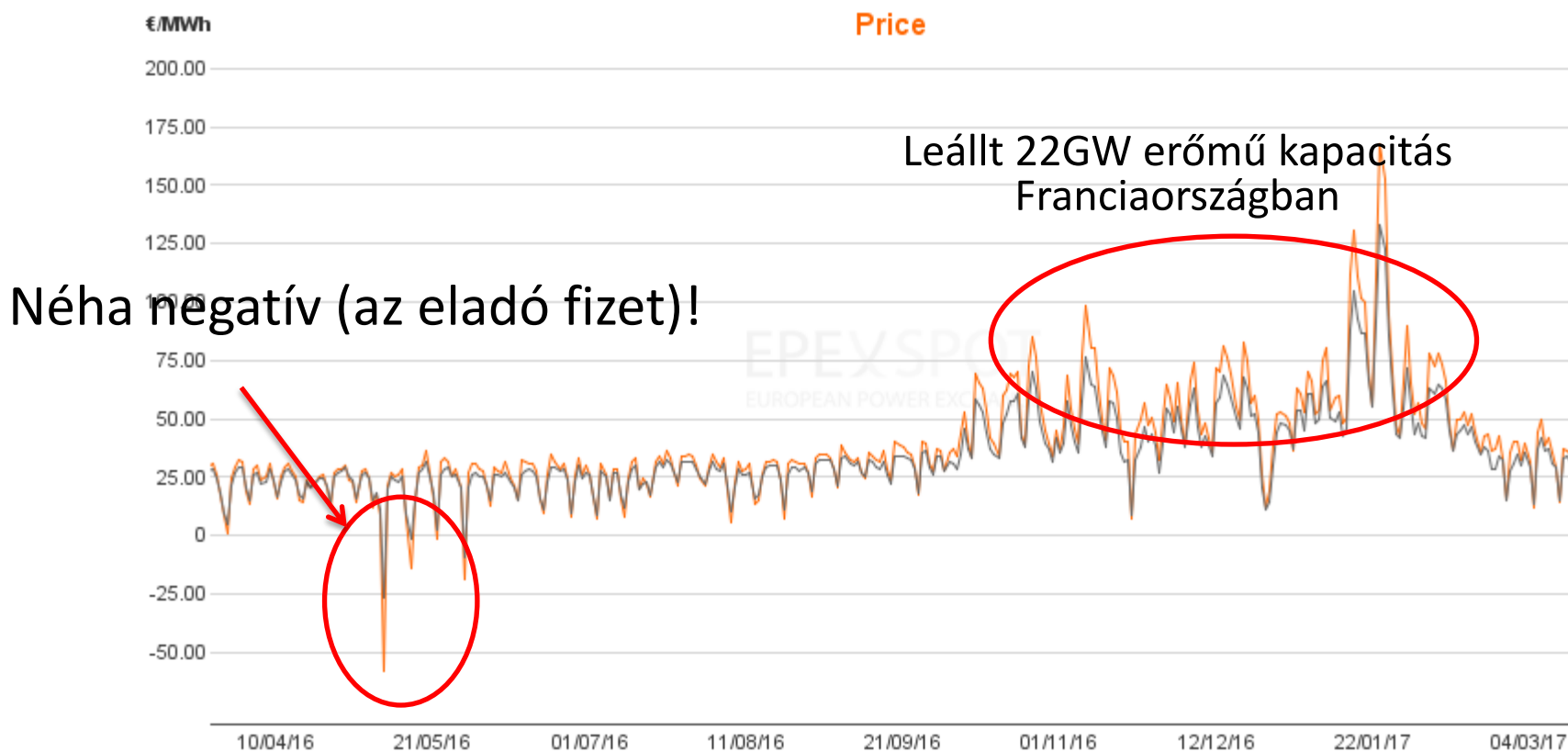
European Electricity Index EPEX spot ár,  
2011. március – 2012. március

# Az elektromos áram nagykereskedelmi ára, Németországban



European Electricity Index EPEX spot ár,  
2014. március – 2015. március

# Az elektromos áram nagykereskedelmi ára, Németországban

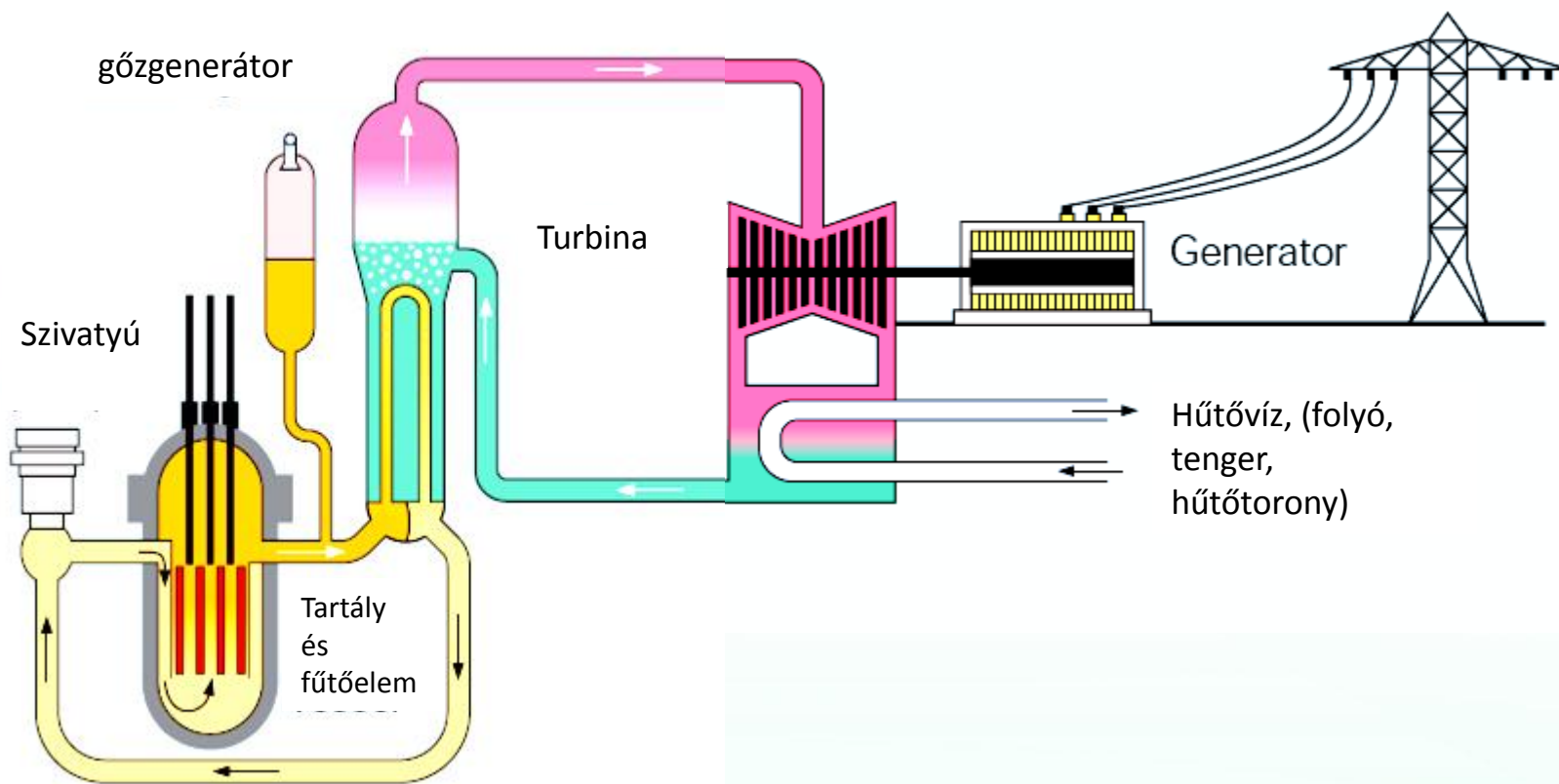


European Electricity Index EPEX spot ár,  
2016. március – 2017. március



# Az atomerőmű és a fosszilis erőmű működési elve

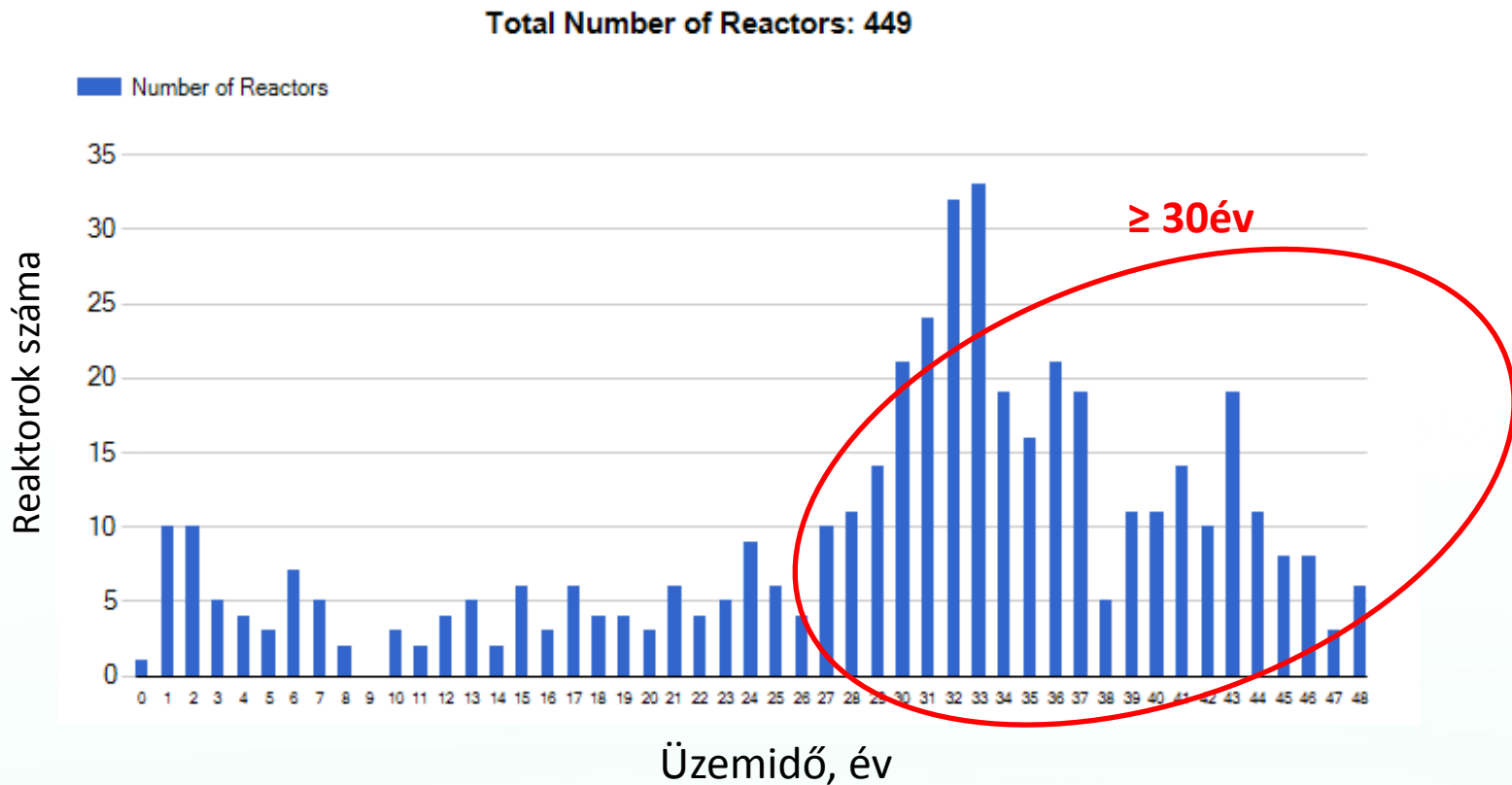
Nukleáris erőmű, amelyben (gőz, víz, szén) a hőenergiaátvitelük a hőenergiát



„Az atomreaktor a legbonyolultabb módja a vízforralásnak” (Einstein)

- A fosszilis és az atomerőmű abban különbözik, hogyan állítjuk elő a gőzt, amivel a turbinákat, generátort hajtjuk.

# A világ atomerőműveinek koreloszlása



- A ma üzemelő atomreaktorok jelentős részét a '80-as években építették (vagy korábban). Jelentős részüknek az üzemidejét meg lehet hosszabbítani 60 évig biztosan.

# Összefoglalás

- Az villamos energiát olyan hálózaton keresztül juttatjuk el a fogyasztókhöz, amelyben a termelőket (nagy forgó gépek, generátorok) szinkronizálni kell egymással és a fogyasztókkal is.
- A megtermelt energiát azonnal el kell fogyasztani, tárolásra csak korlátozottan van lehetőség.
- Megfelelő méretű tárolók hiányában a nap- és szélerőművek nehezen illeszthetők be a jelenlegi hálózatba.
- Időközben megjelentek a fogyasztókat vezérlő intelligens rendszerek, amellyel enyhíthetők a szabályozási gondok.
- A hálózat stabilitását továbbra is a fosszilis és atomerőművek tudják fenntartani, bár az erőműpark jelentősen öregedik. A jelenlegi alacsony árak miatt nem gazdaságos új erőművet építeni, mindenki csak importálni akar. Amíg tud.