



Budapesti Szkeptikus Konferencia

BME Fizikai Intézet

Budapest, 2010. február 27

Az energia háló fogságában

VARJÚ GYÖRGY

Professor Emeritus

Villamos Energetika Tanszék

Villamos Művek és Környezet Csoport

E-mail: varju.gyorgy@vet.bme.hu

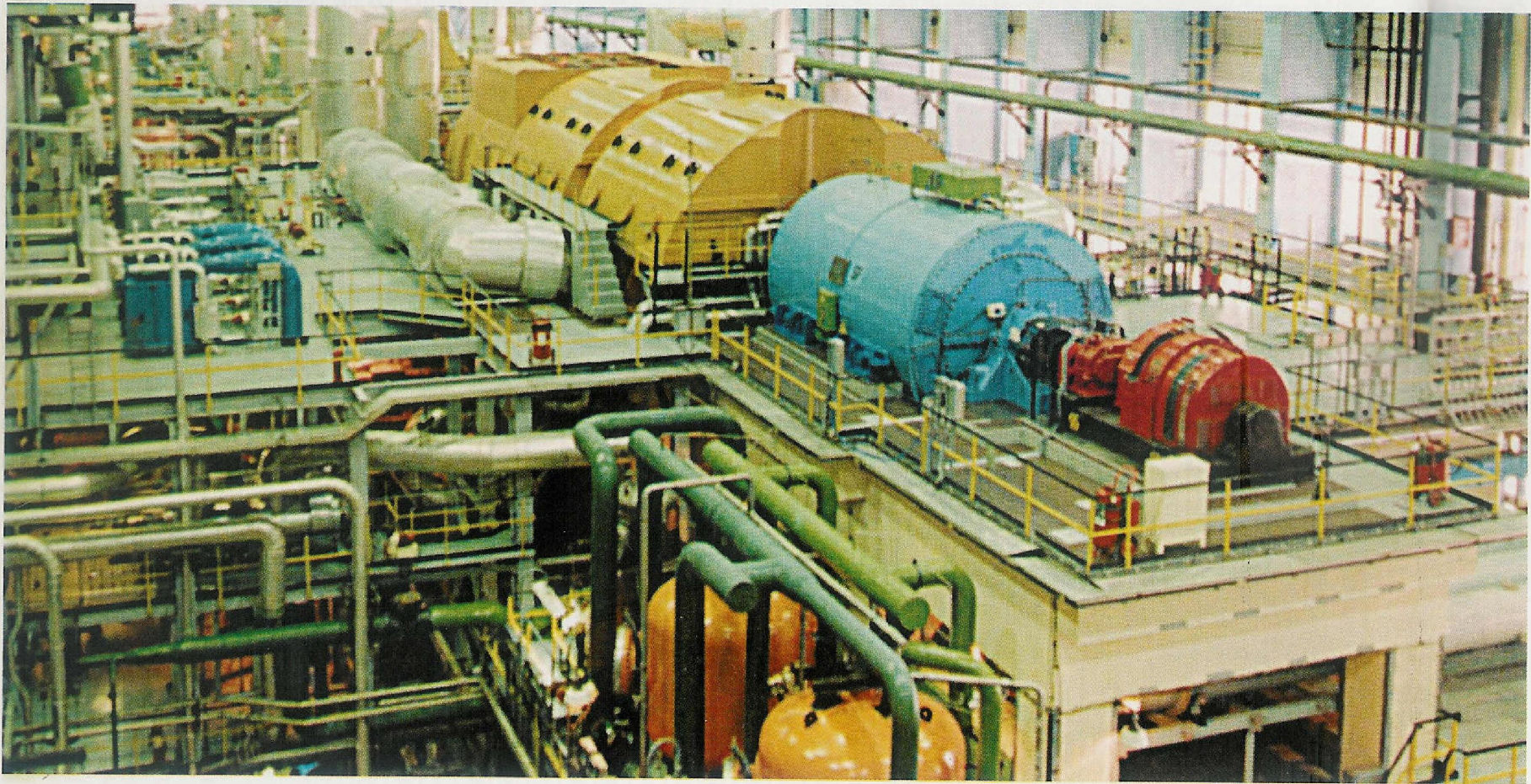
Témakörök (1)

- a) Primer hajtógépek nagy egységteljesítménye - koncentrált energiatermelés kapcsolat
- b) Magyar VER jellemzői
- c) Követelmények a villamos energia rendszerre és szolgáltatásra

Témakörök (2)

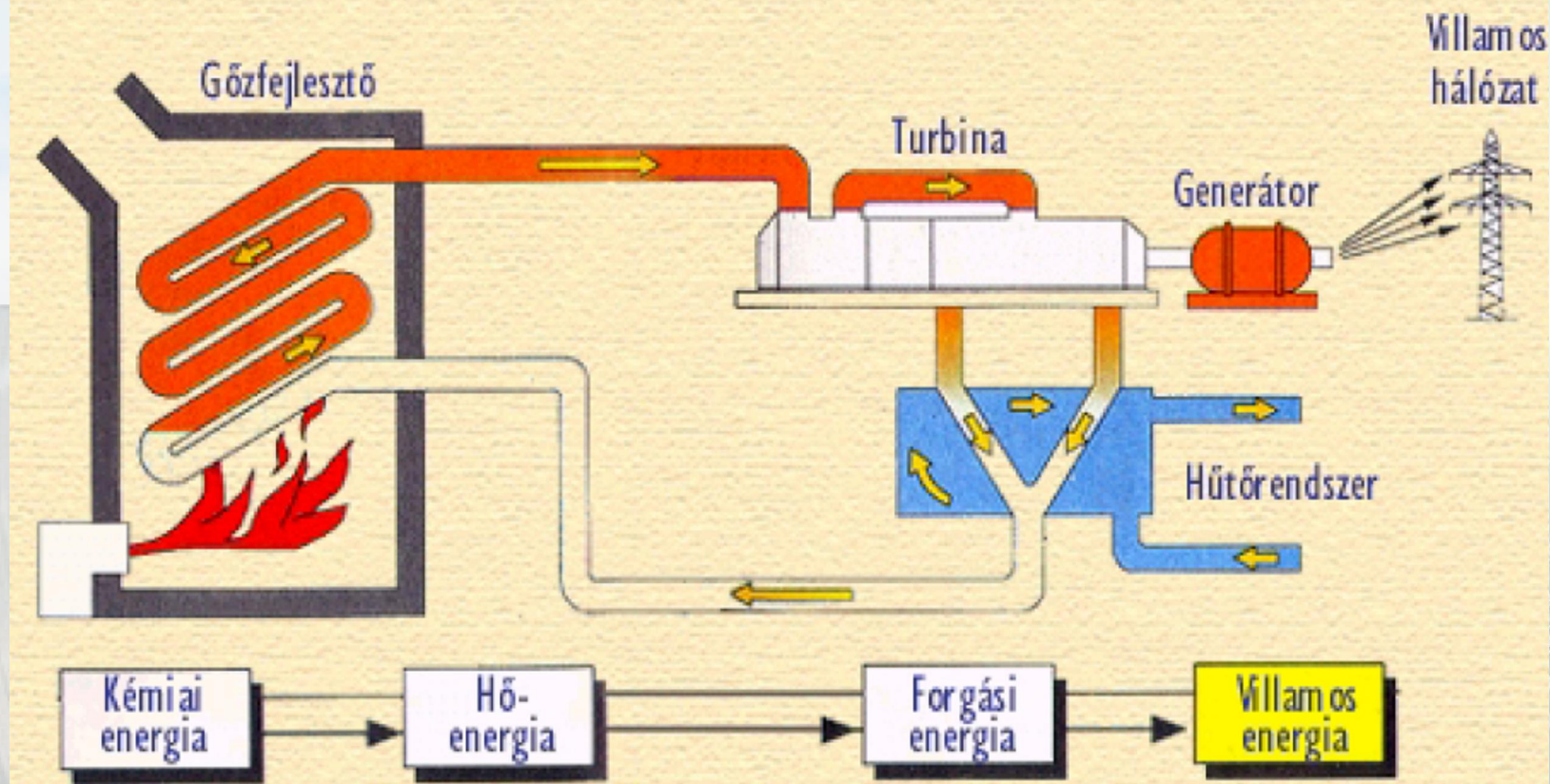
- Nagy rendszerüzemzavarok és kihatásai
- SQRA felfogás és jelentősége
- Mérnökség, etika és villamosság
- Smart Grid

Paksi Atomerőmű turbina-generator egység



A PAKSI ATOMERŐMŰ 250 MW-RA BŐVÍTETT TURBÓGÉPCSOPORTJA

Fosszilis erőmű működése



1 Block: 300 – 1500 MWe (170 bar, 560°C)
Hatásfok: 40-45 % (vill.)

Primer hajtógépek

Megújulók:

- vízenergia
- szélenergia

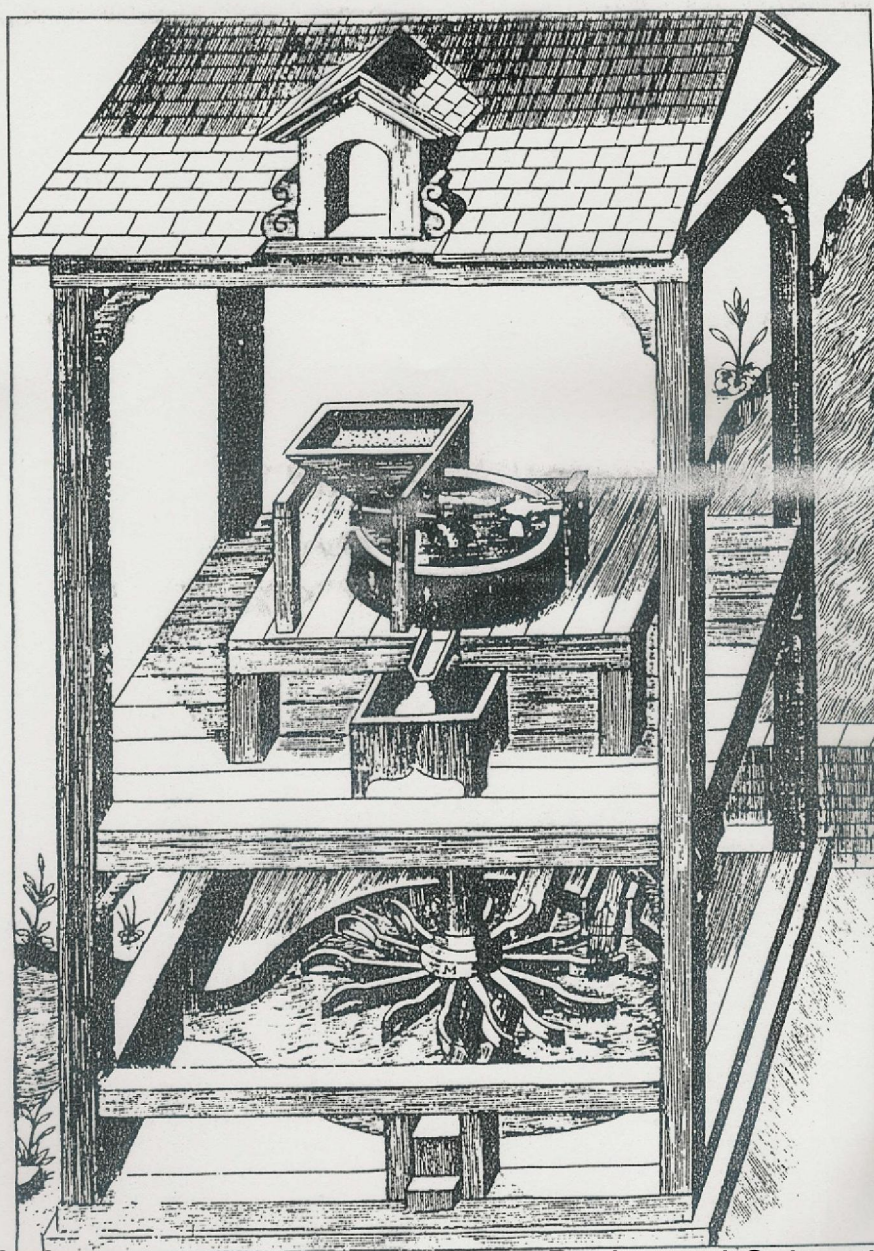


Vízenergia

2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

Vízszintes vízkerék



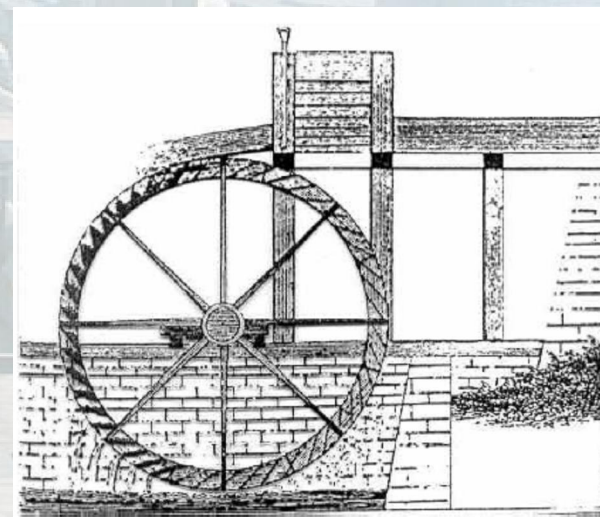
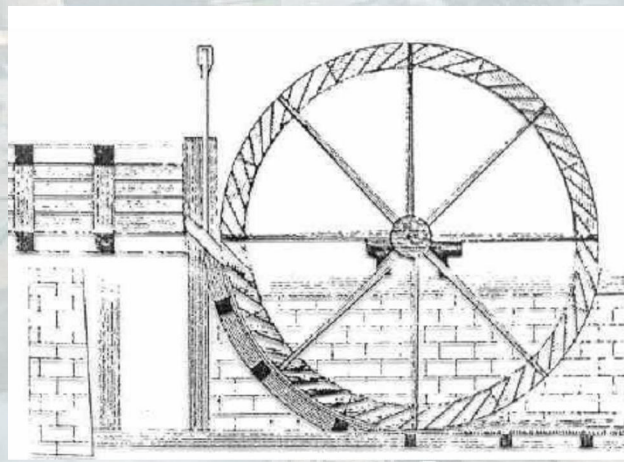
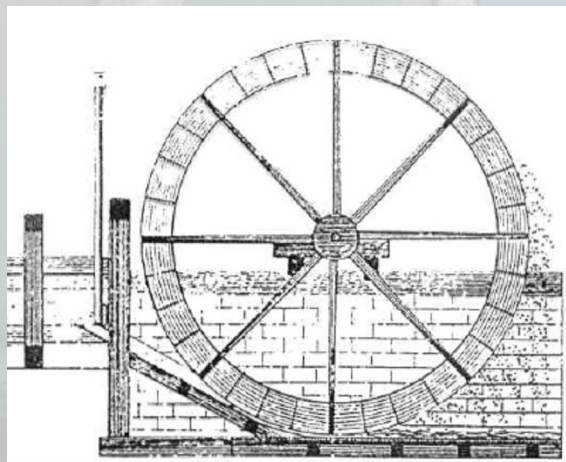
Első vízmalom
Görögországban
Krisztus előtt I. század

Vízkerekek

Vízkerék típusok 3.7 kW

$$P(kW) \approx 8 \cdot Q(m^3 / s) \cdot H(m)$$

$$g \cdot \eta \approx 9.81 \cdot 0.82 \approx 8$$



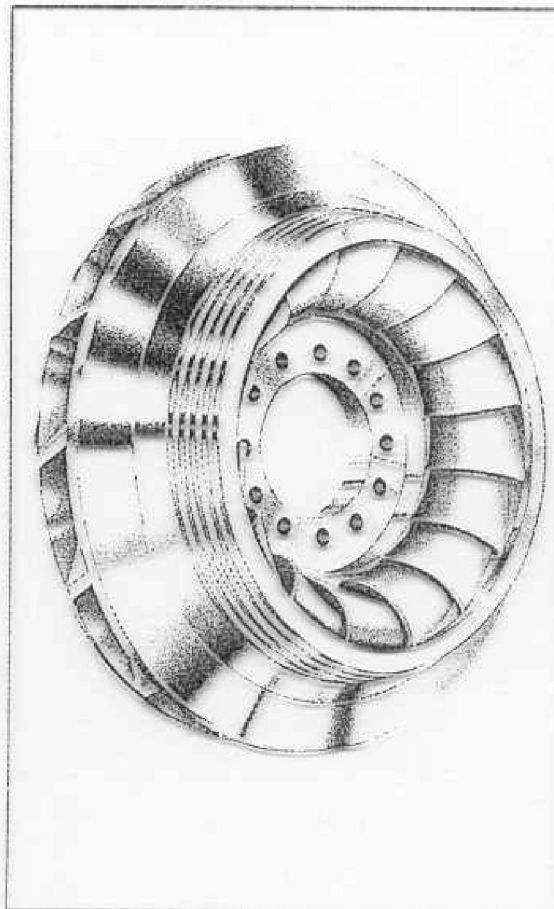
Vízturbina járókerék típusok

1880-as évek-től



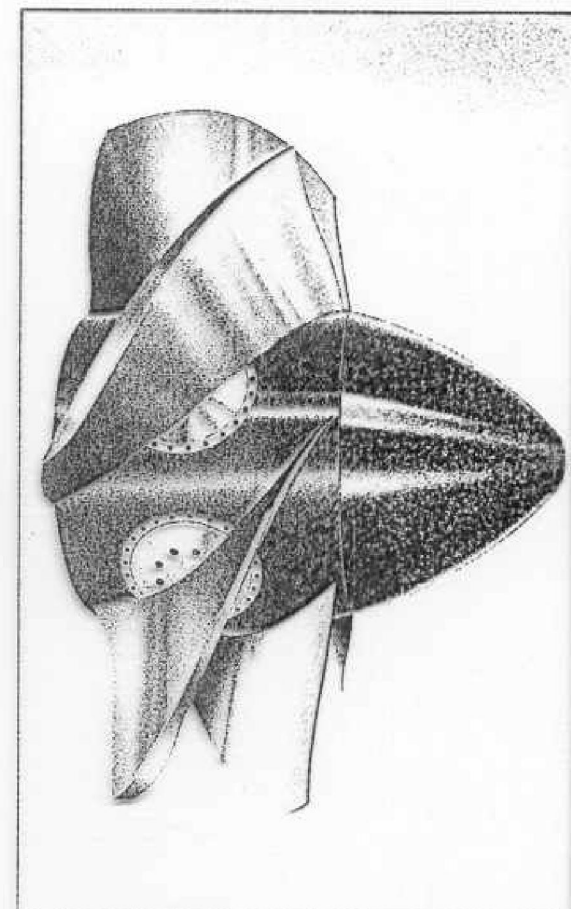
Die Peltonturbine 1800 m-ig

1849



Die Francisturbine 700 m-ig

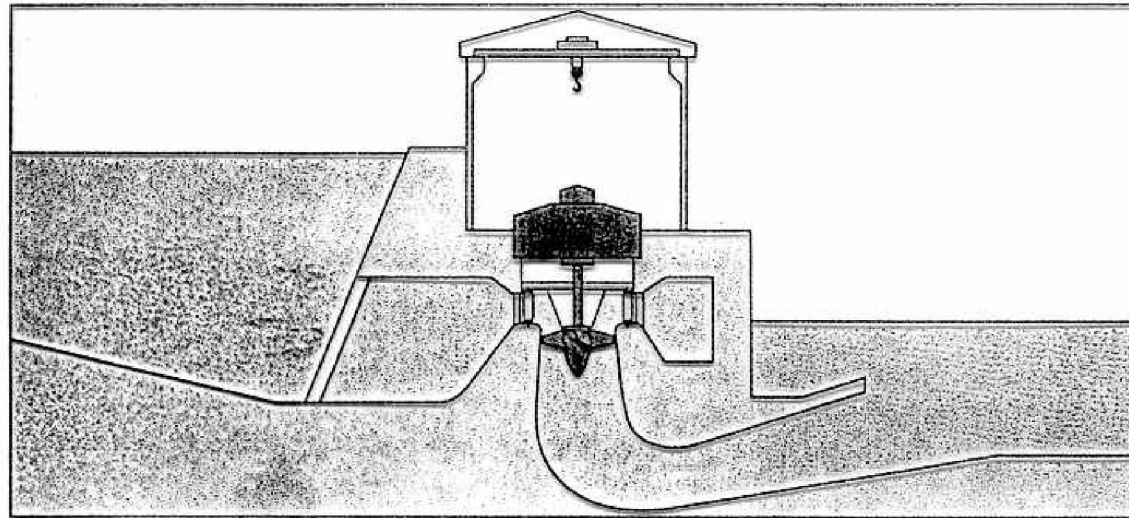
1880-as évek-től



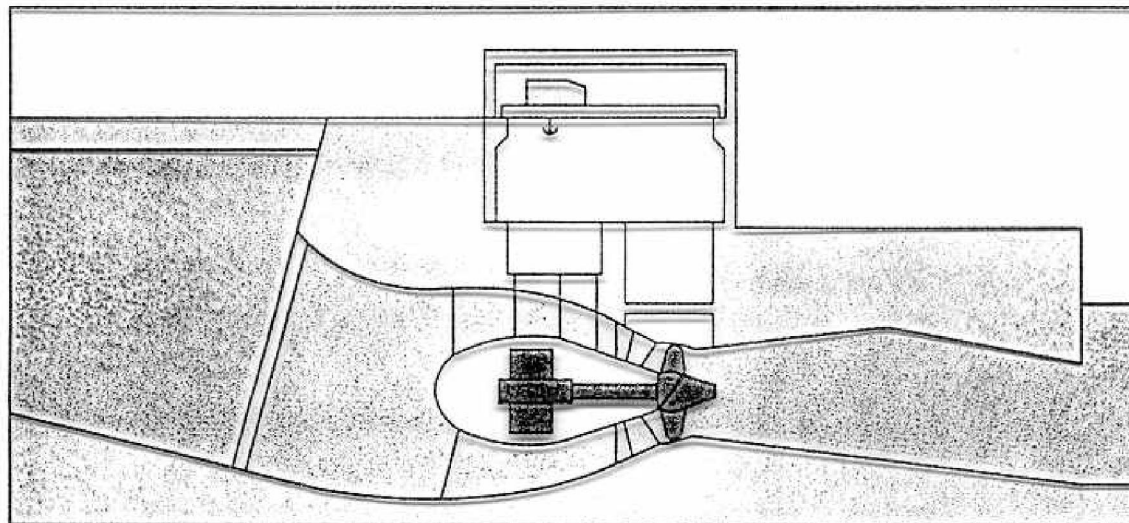
Die Kaplanturbine 30 m-ig

Kaplan turbina

függőleges és vízszintes beépítése

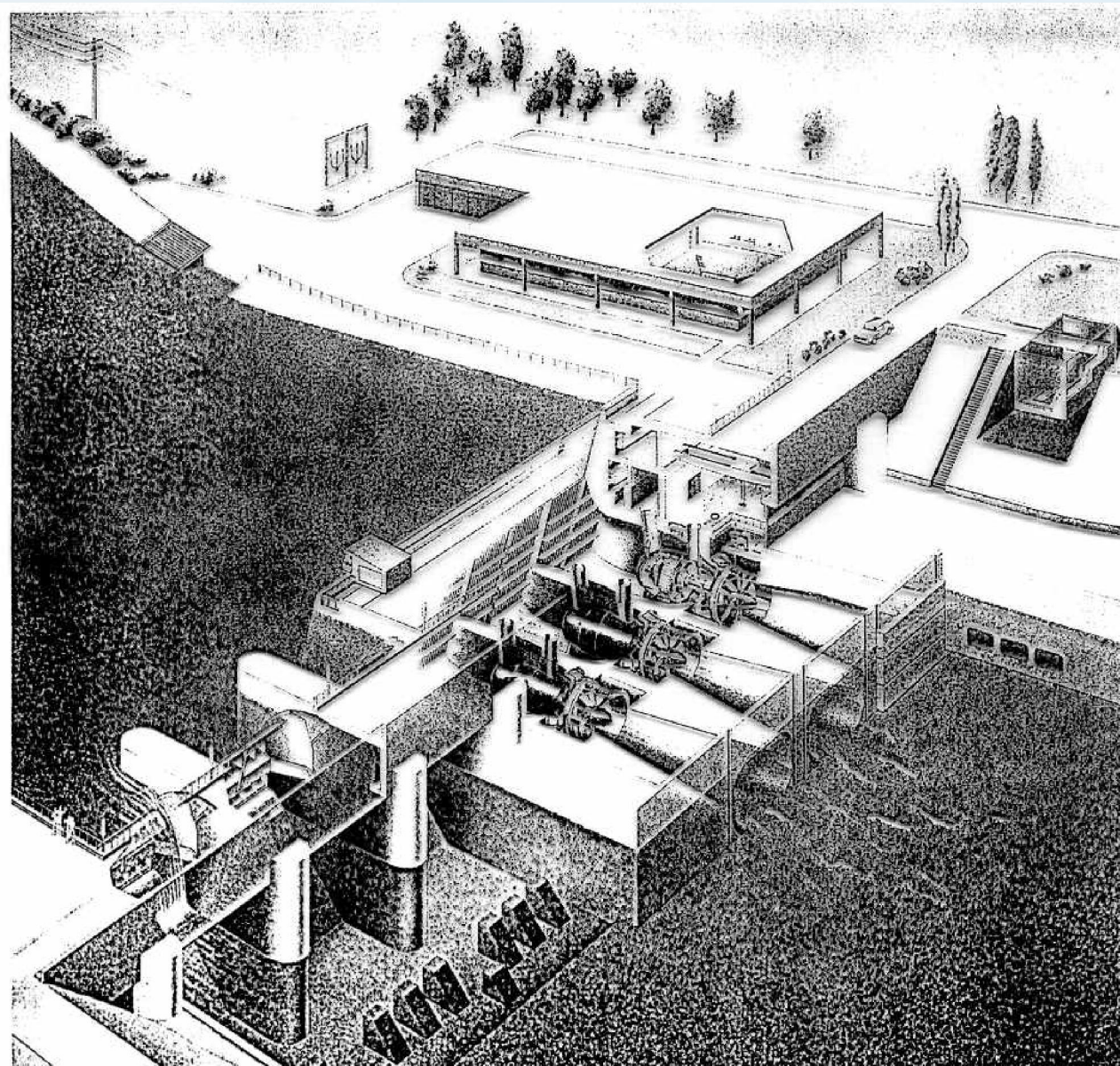


Laufkraftwerk mit vertikaler Achsanordnung

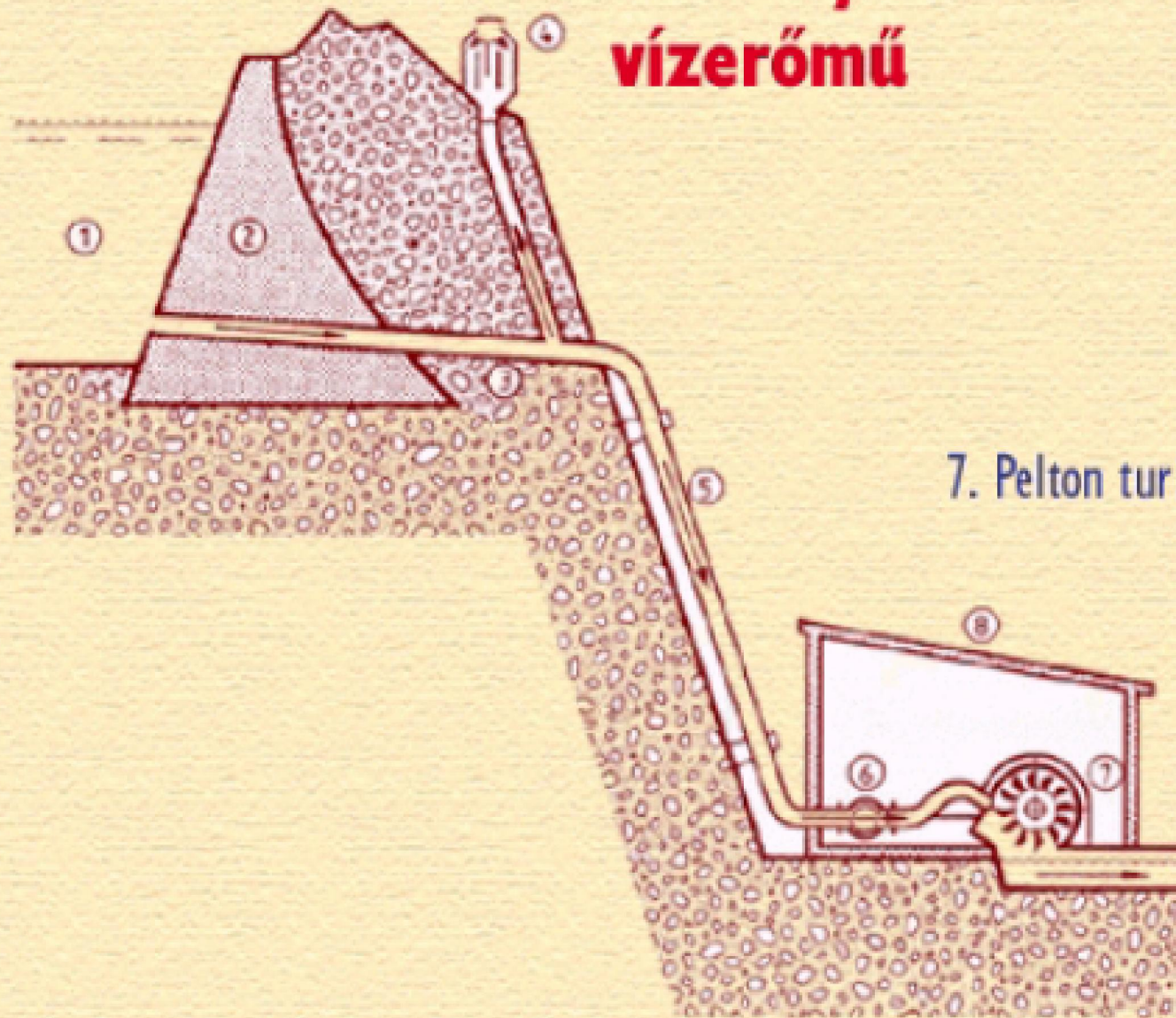


Laufkraftwerk mit horizontaler Achsanordnung

Vízerőmű Kaplan turbinával

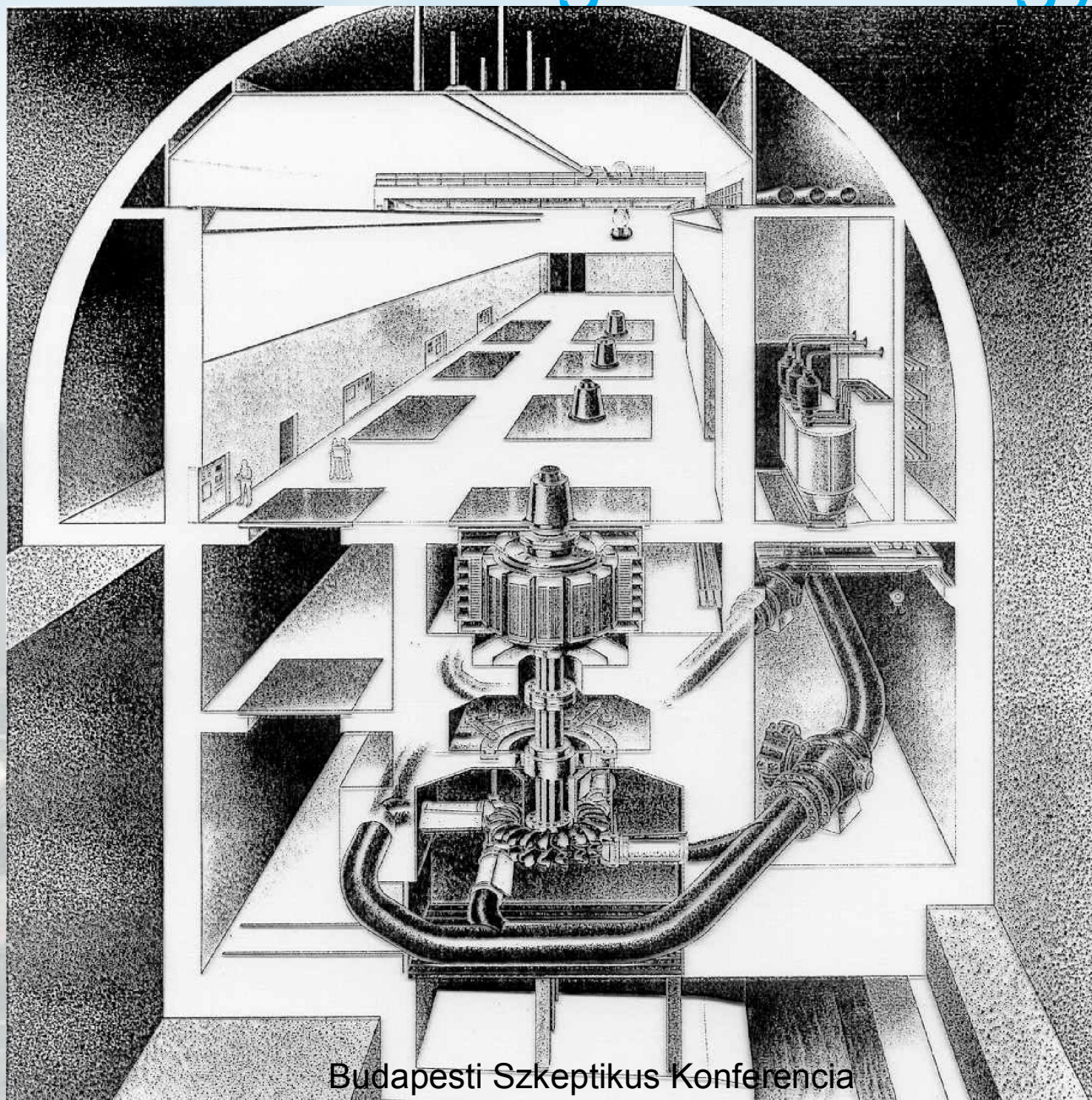


Szivattyús-tározós vízerőmű

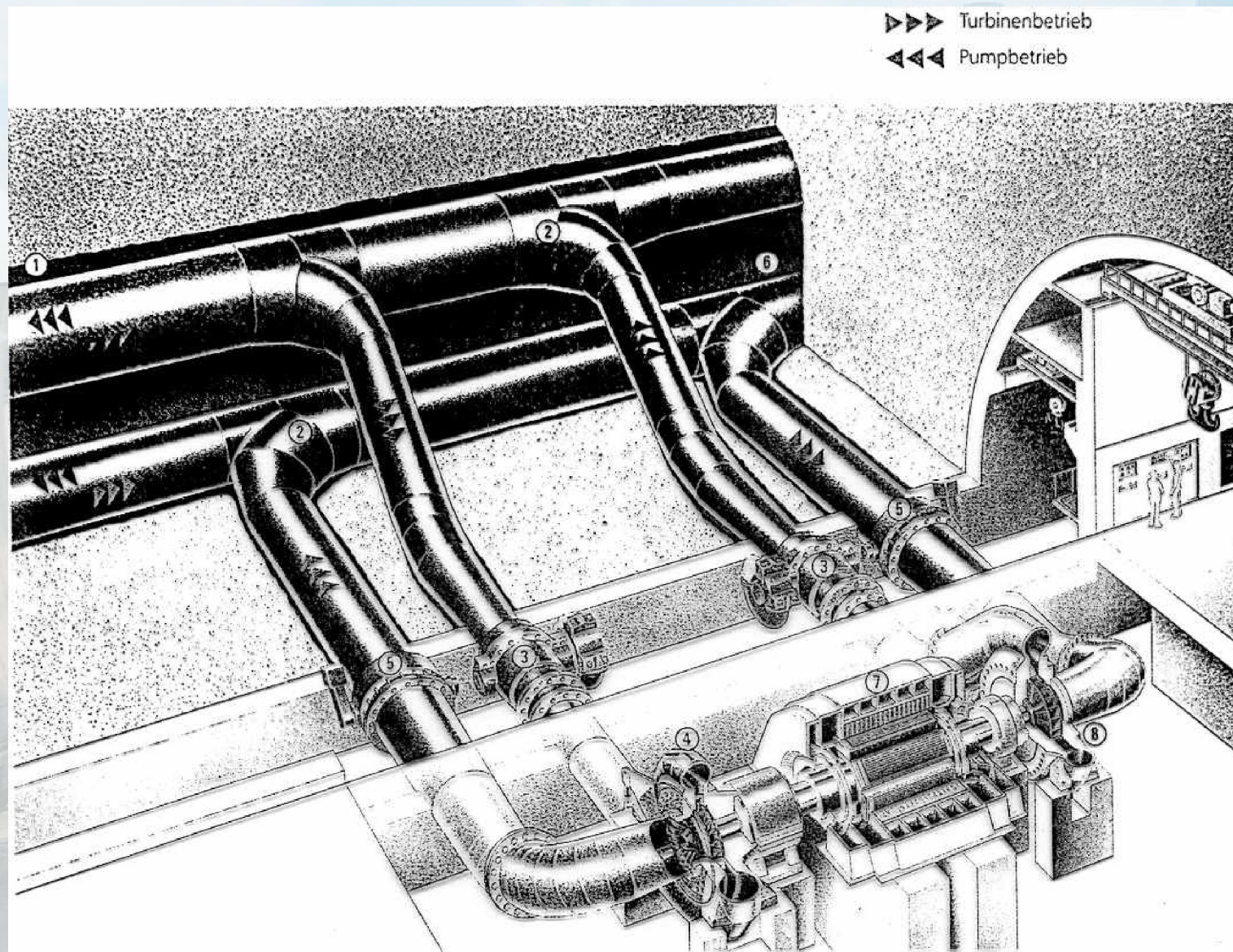


- 1. Felső víztároló
- 2. Gát
- 3. Kavicságy
- 4. Vízár
- 5. Vízvezeték
- 6. Elzárócsap
- 7. Pelton turbina generátorral
- 8. Gépház

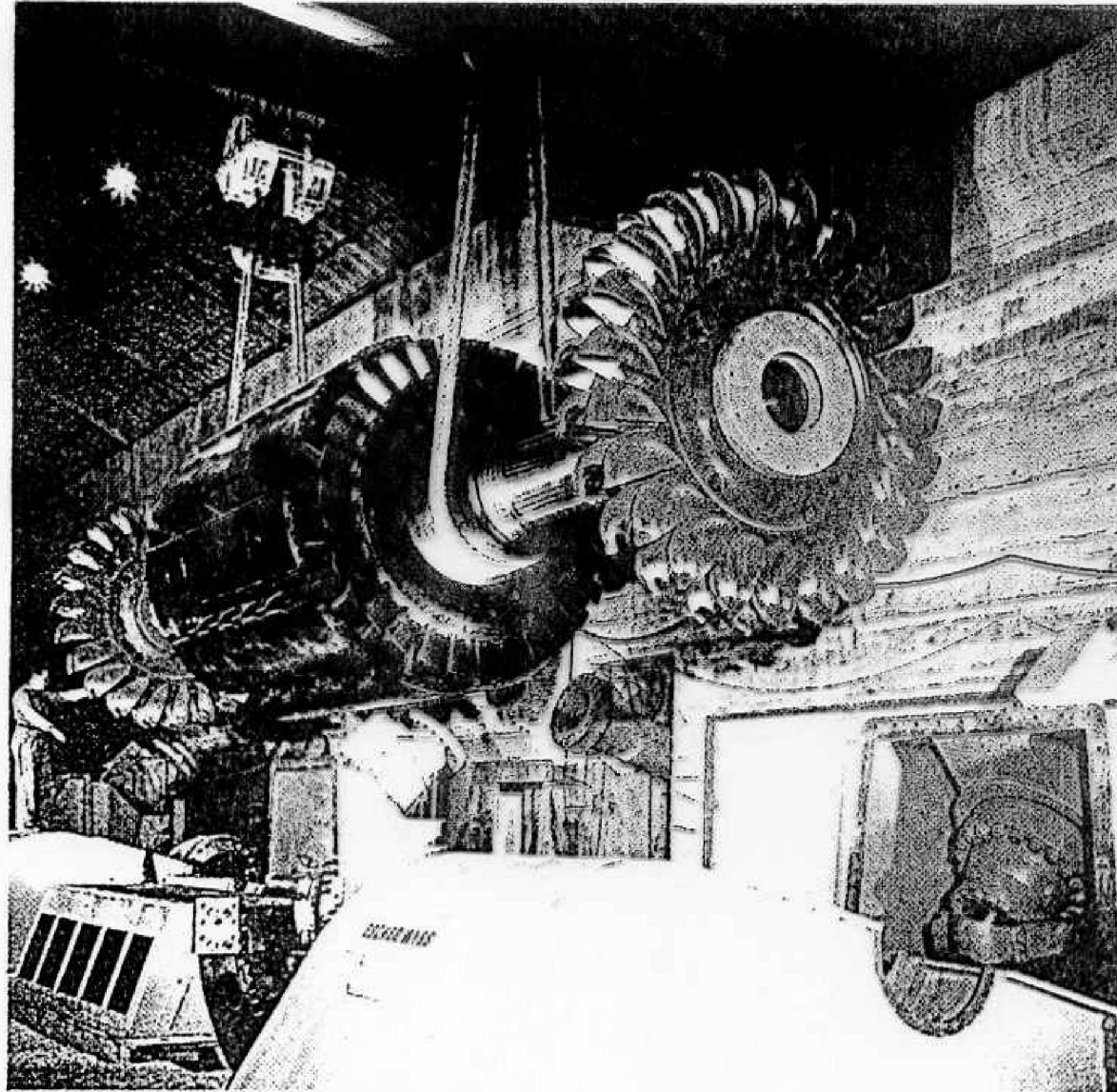
Pelton turbina és generátor egység



Szivattyús-tározós erőmű



Szivattyús erőmű rotora

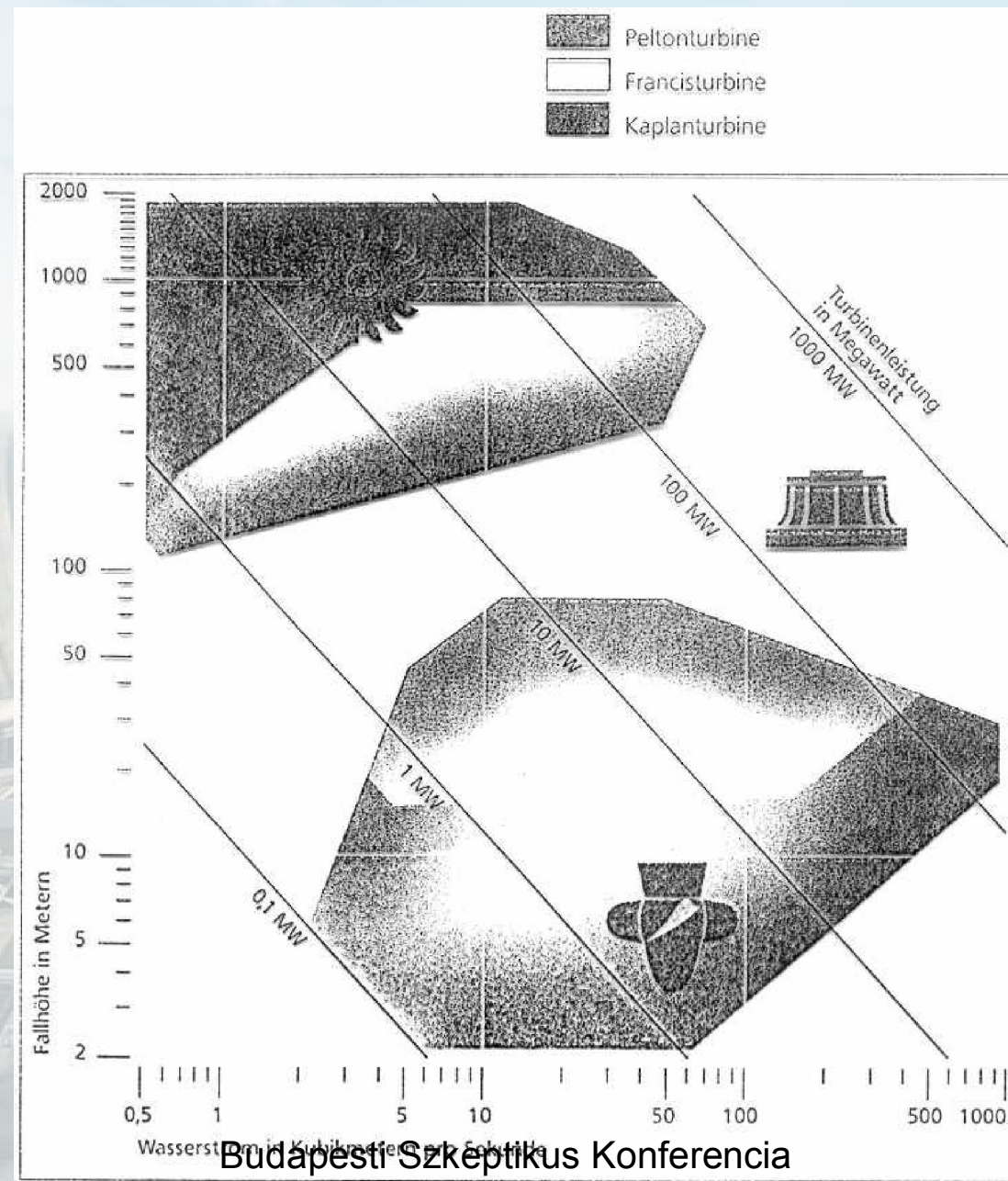


Turbine eines Speicherkraftwerkes

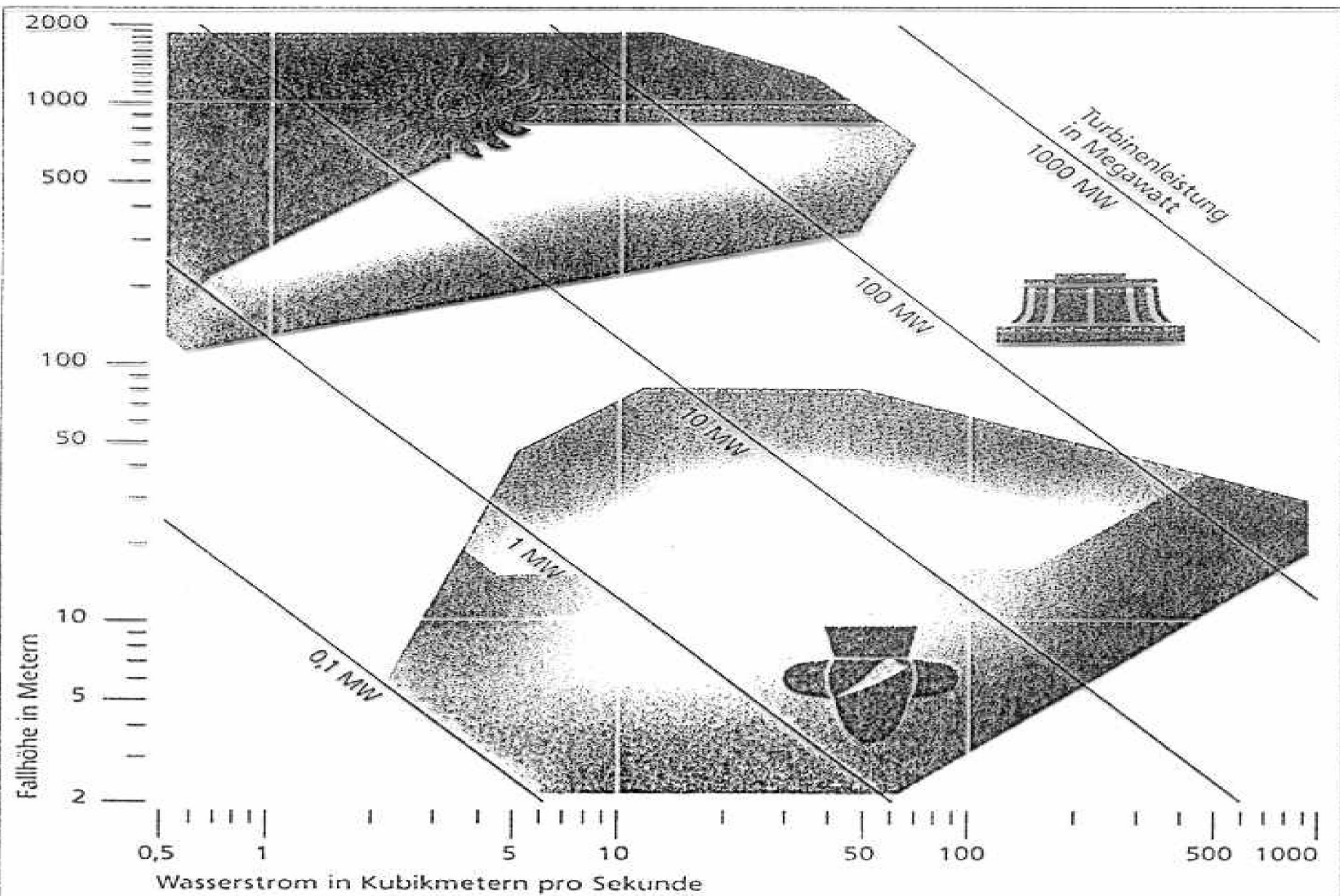
2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

Különböző típusú turbinák egységteljesítménye esésmagasság és víznyelés függvényében



-  Peltonturbine
-  Francisturbine
-  Kaplanturbine



Itaipu vízerőmű, Iguacu vízgátban



2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

Itaipu erőmű fő jellemzői

7.700m hosszú 196m magas,
vízhozam > 13.000 m³/sec

Épült: 1966 – 1984 (később + 2 egység)

Villamos teljesítmény jellemzők:

➤ Beépített teljesítmény: 20 db. egyenként 700 MW-os egység
 $20 \times 700 = 14.000 \text{ MW} = \mathbf{14 \text{ GW}}$ (2x-es magyar teljesítmény)

➤ Termelt energia (2008-as maximum):

94,68 milliárd kWh; $94,68 \cdot 10^9 \cdot 10^3 = 94,68 \cdot 10^{12} = \mathbf{94,68 \text{ TWh}}$ / év
(Magyarországi villamos energia fogyasztás 3-szorosa)

Kielégítette: Paraguay energiaigényének 90 %-át
Brazília energiaigényének 19 %-át



a Szajano-Susenszki Vízerőmű baleset okainak elemzéséhez

Legnagyobb oroszországi vízerőmű (Jeniszejen)

Sayano-Shushenskaya – 2009 August 17-i baleset



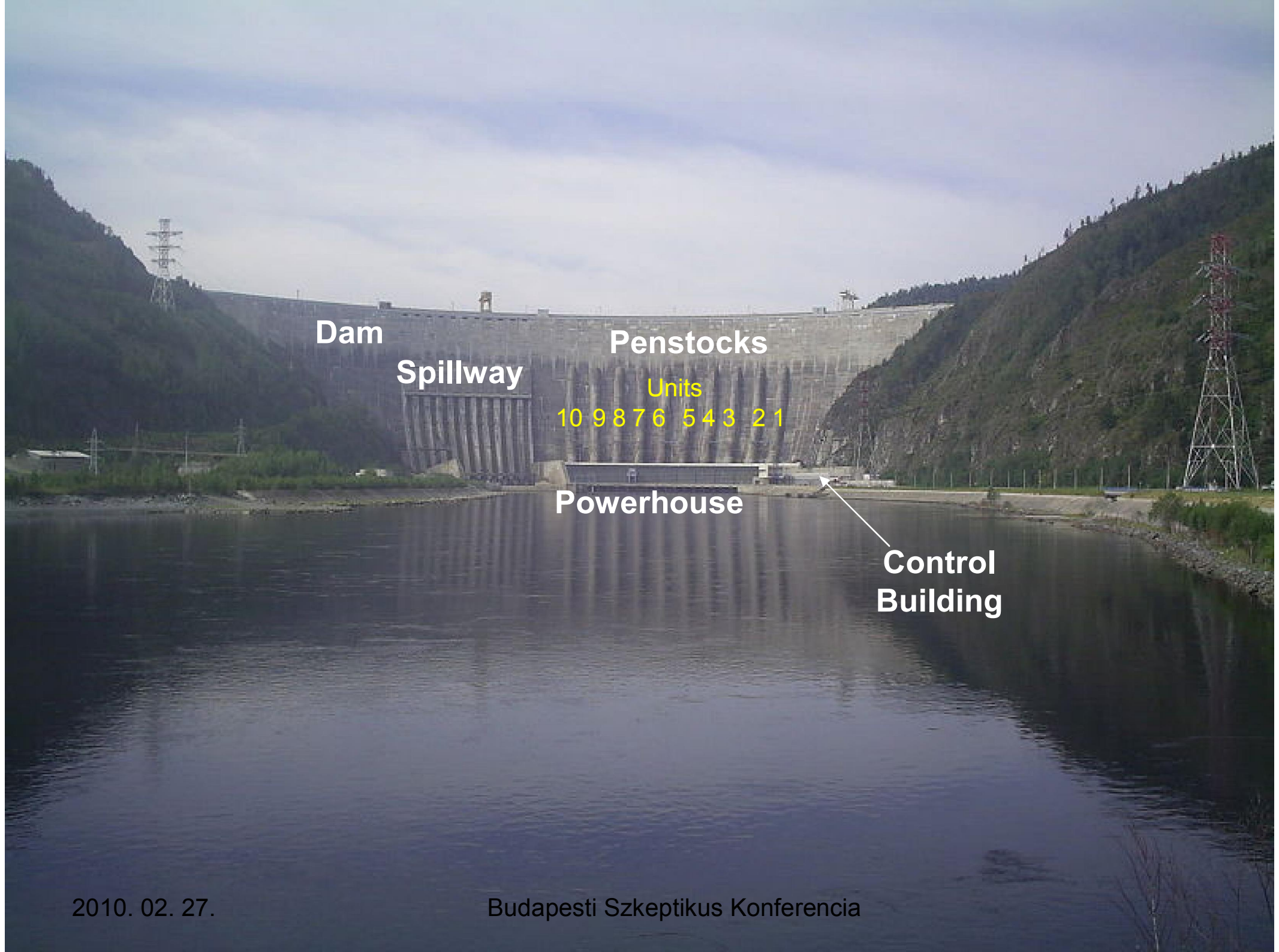
2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

1- Main Characteristics

- Number of Units: 10
- Turbine Type: Francis (16 blades)
- Rated Power: 650 MW each
- Rated Discharge per Unit: 358,5 m³/s
- Nominal Speed: 142,86 rpm
- Net Head: 194 m
- Operation Date: 1978
- Runner Weight: 156 ton
- Runner Diameter: 6,77 m





Dam

Spillway

Penstocks

Units

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Powerhouse

**Control
Building**



Spillway

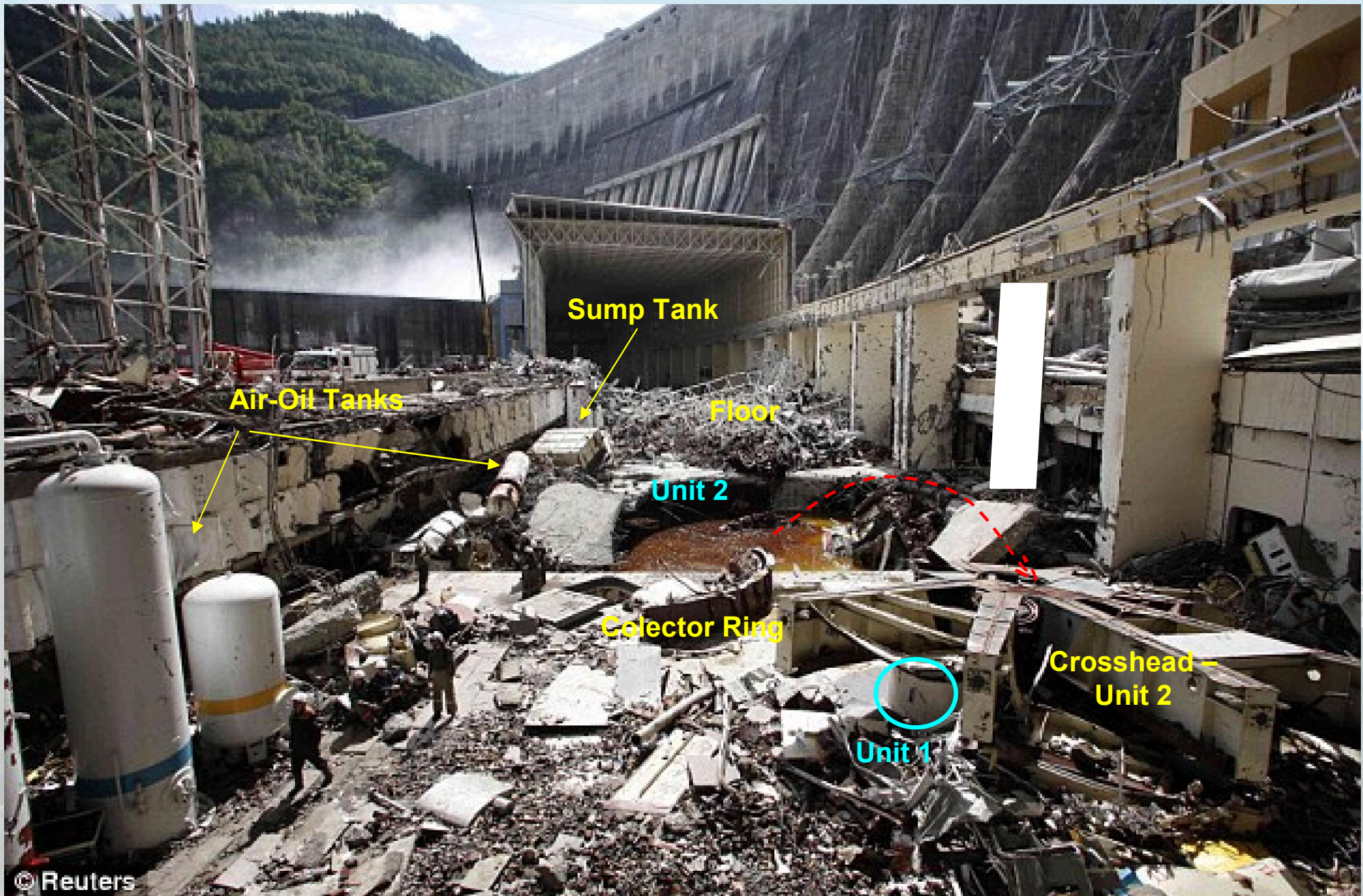
Penstocks

Transformers

Lines

Powerhouse

After the Accident



© Reuters

2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

Consequences

- 76 people dead.

Question: By this number, maybe there was approx. 100 people in the Powerhouse. Normally, even during maintenance works, there aren't so many people. Why was there so many people?



Tiszalöki vízerőmű

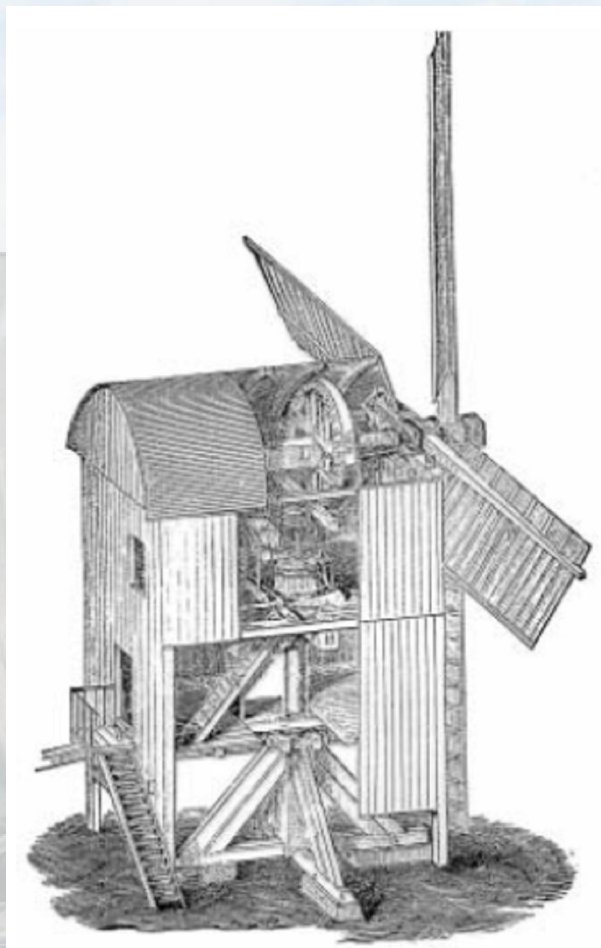


A TISZALÖKI VÍZERŐMŰ

Szélerergia

- szélkerekek
- Szélturbinák/generátorok

Szélkerekek



9-10.sz. Europa

1860 -1900 között
77 gyártó több millió/év



7.5 kW

18-19. sz.. Amerika

Hagyományos szélturbina

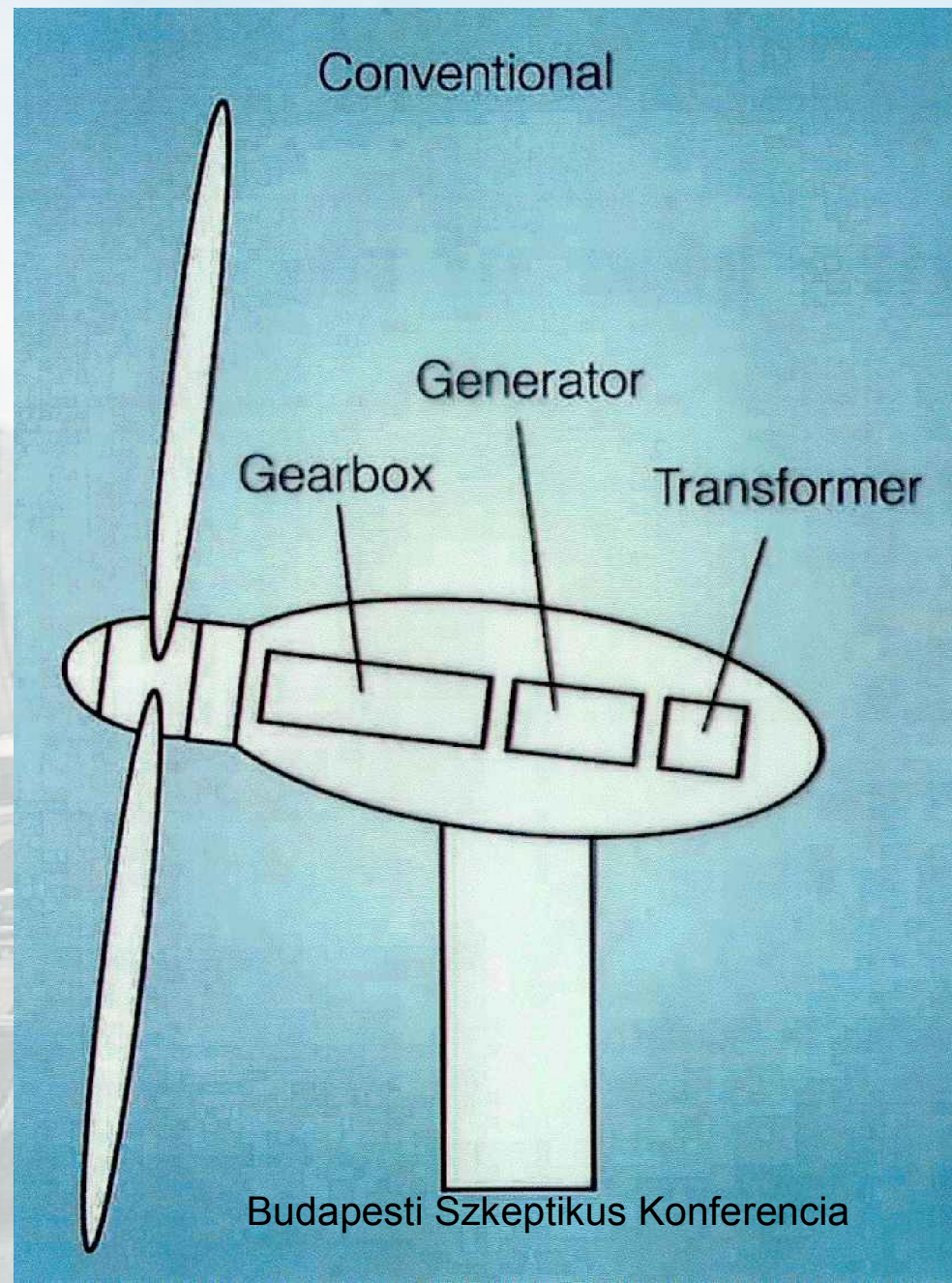


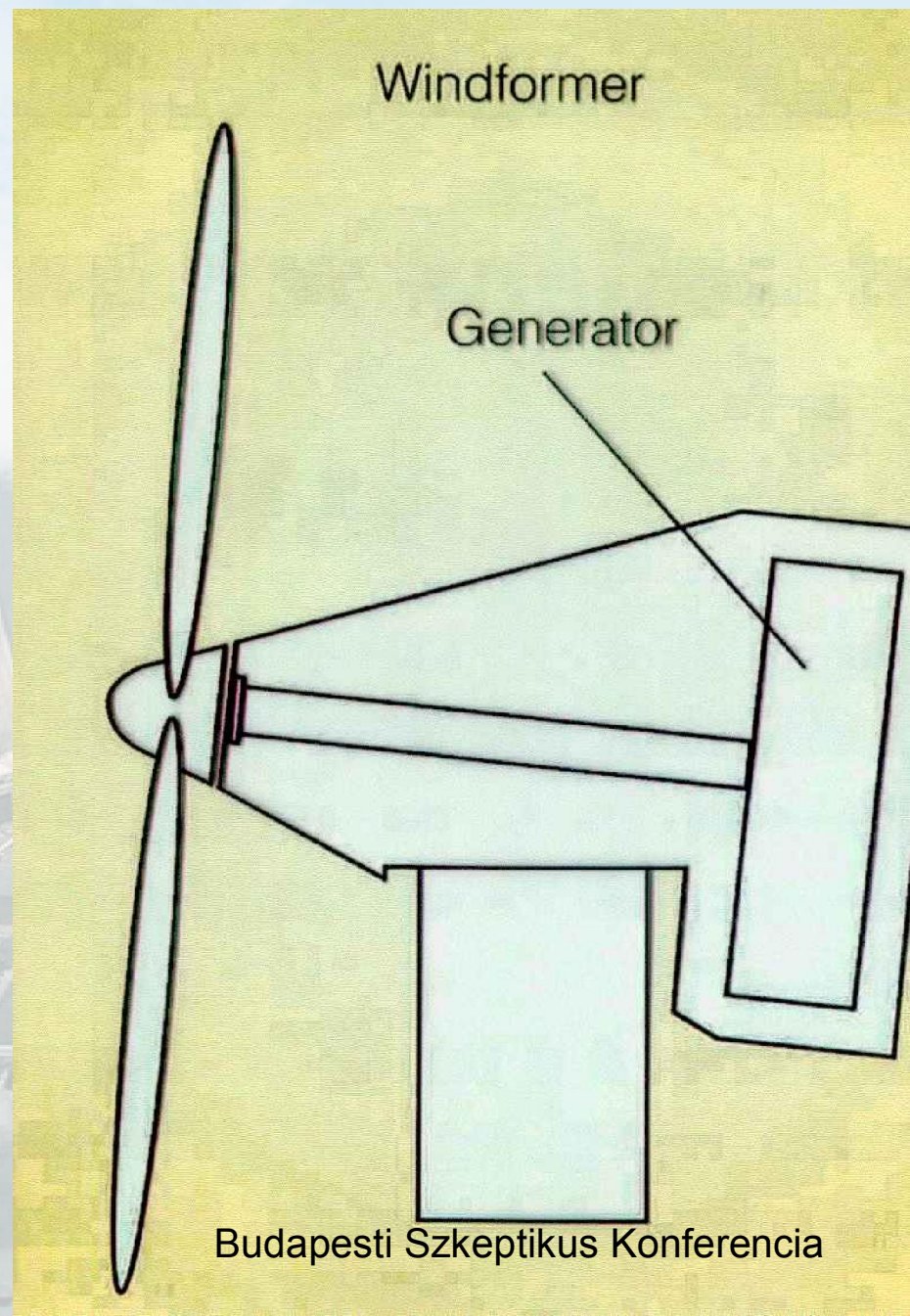
ABB Windformer tengerbe telepítve



2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

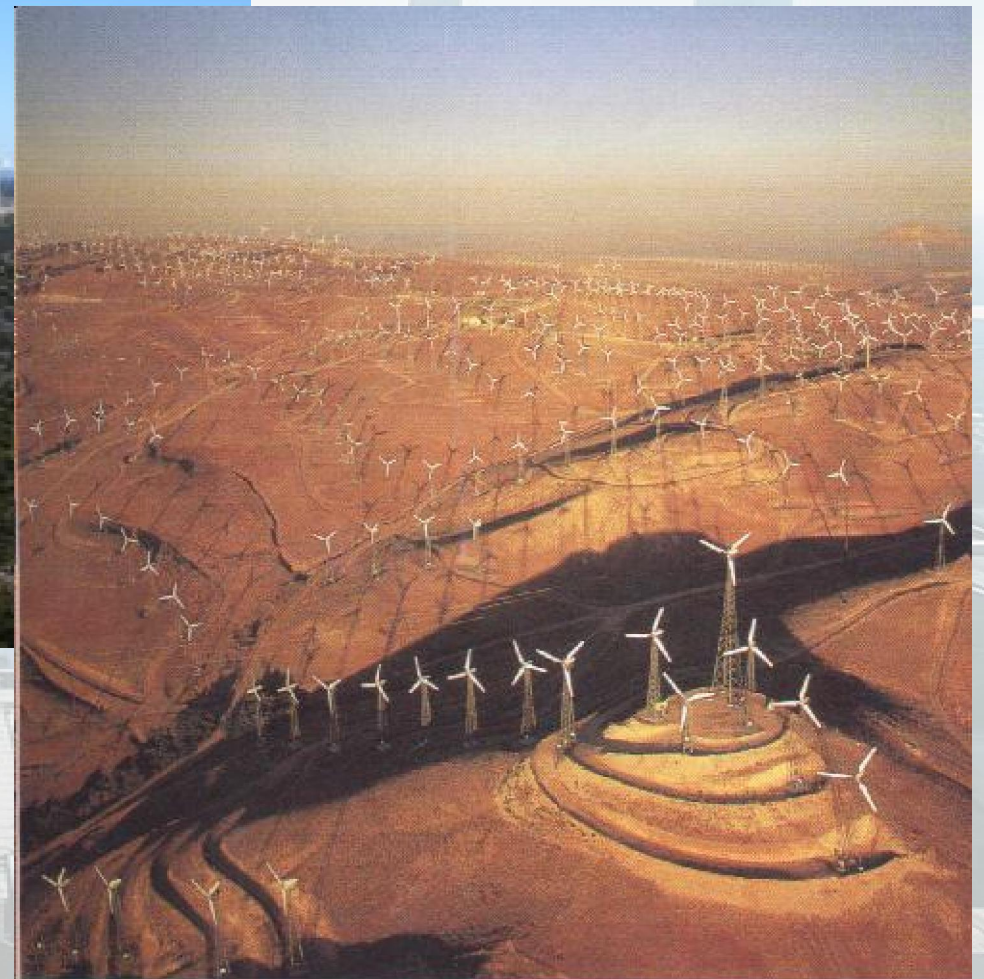
ABB “Windformer”



Szélgenerátor farm



Horse Hollow Wind Energy Centre, TX: 735 MW



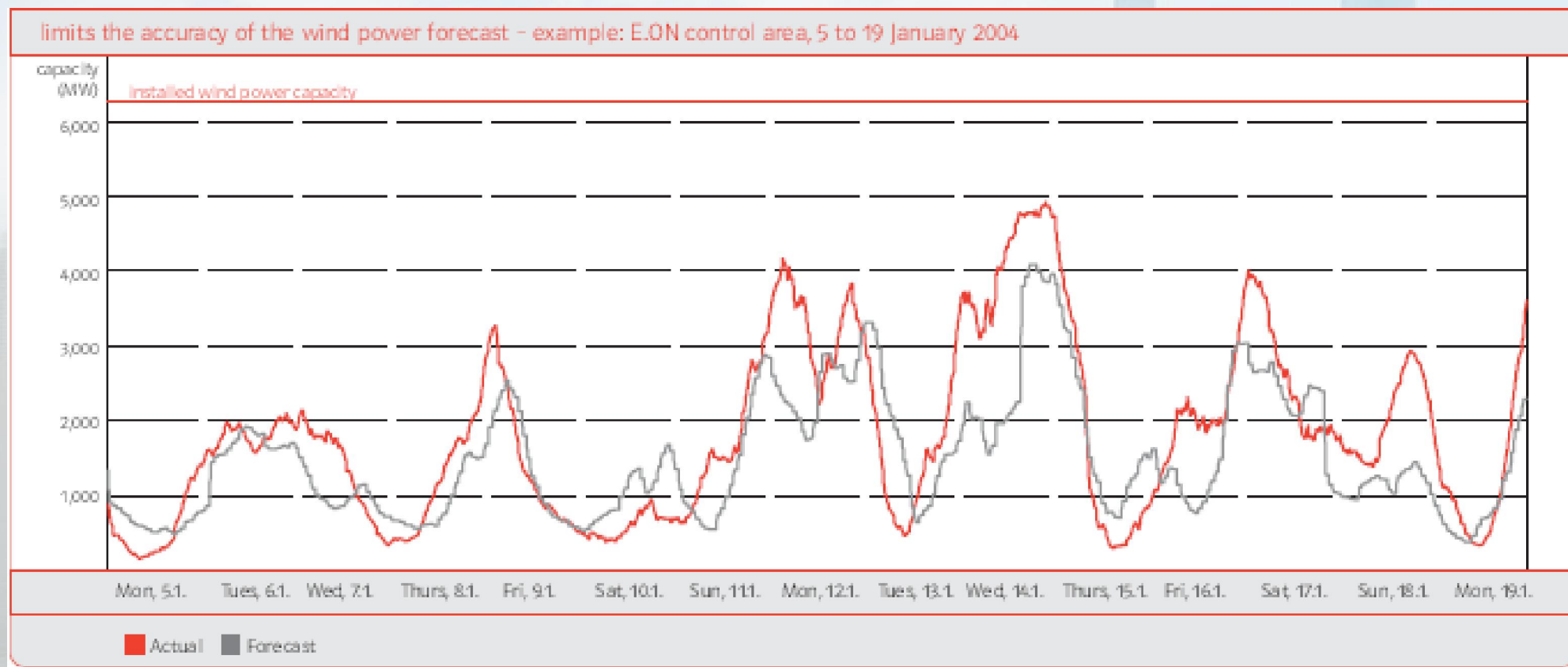
Kalifornia:

2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

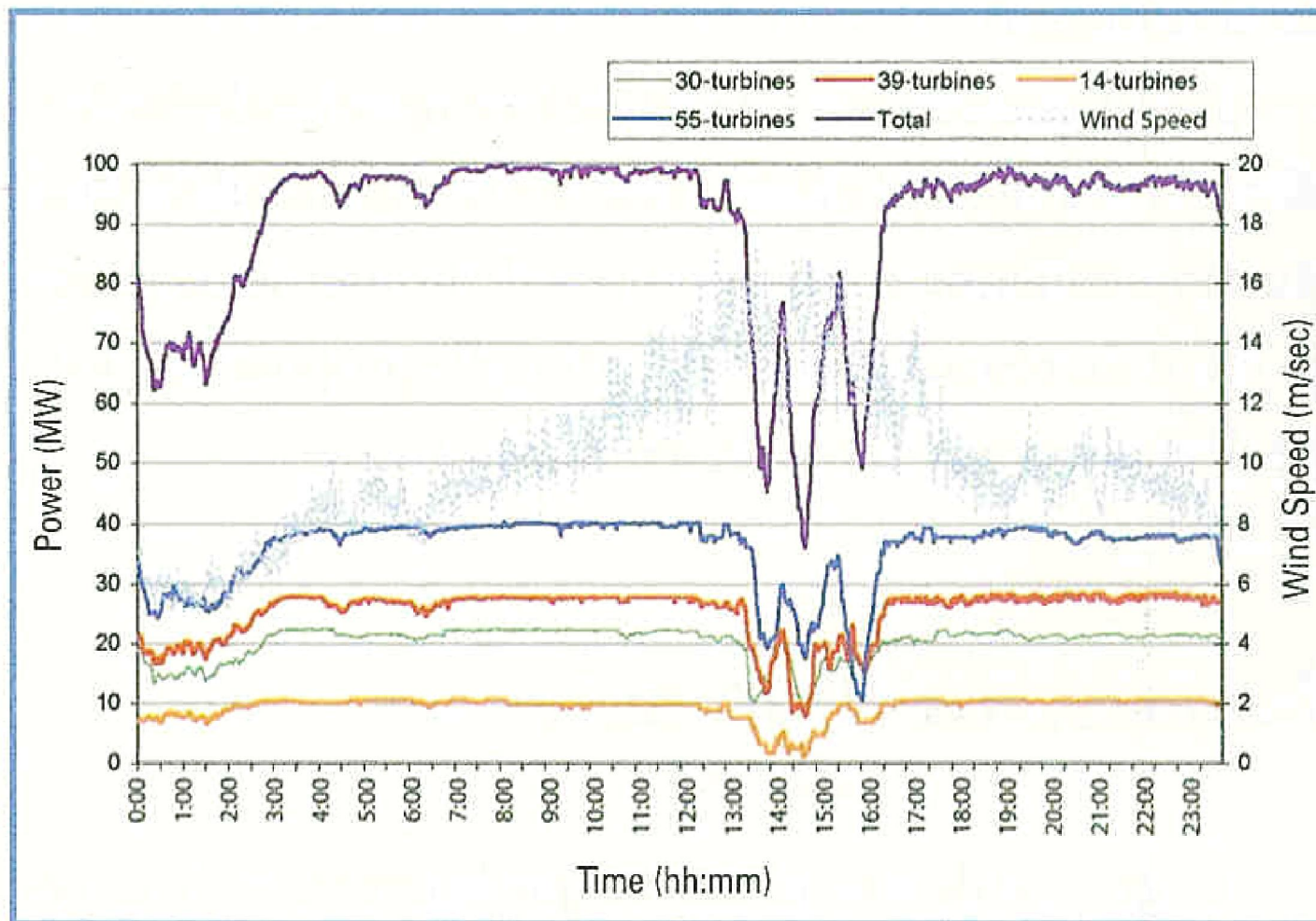
A szélenergia bizonytalansága

A szélteljesítmény előjelzése korlátozott pontosságának szemléltetése



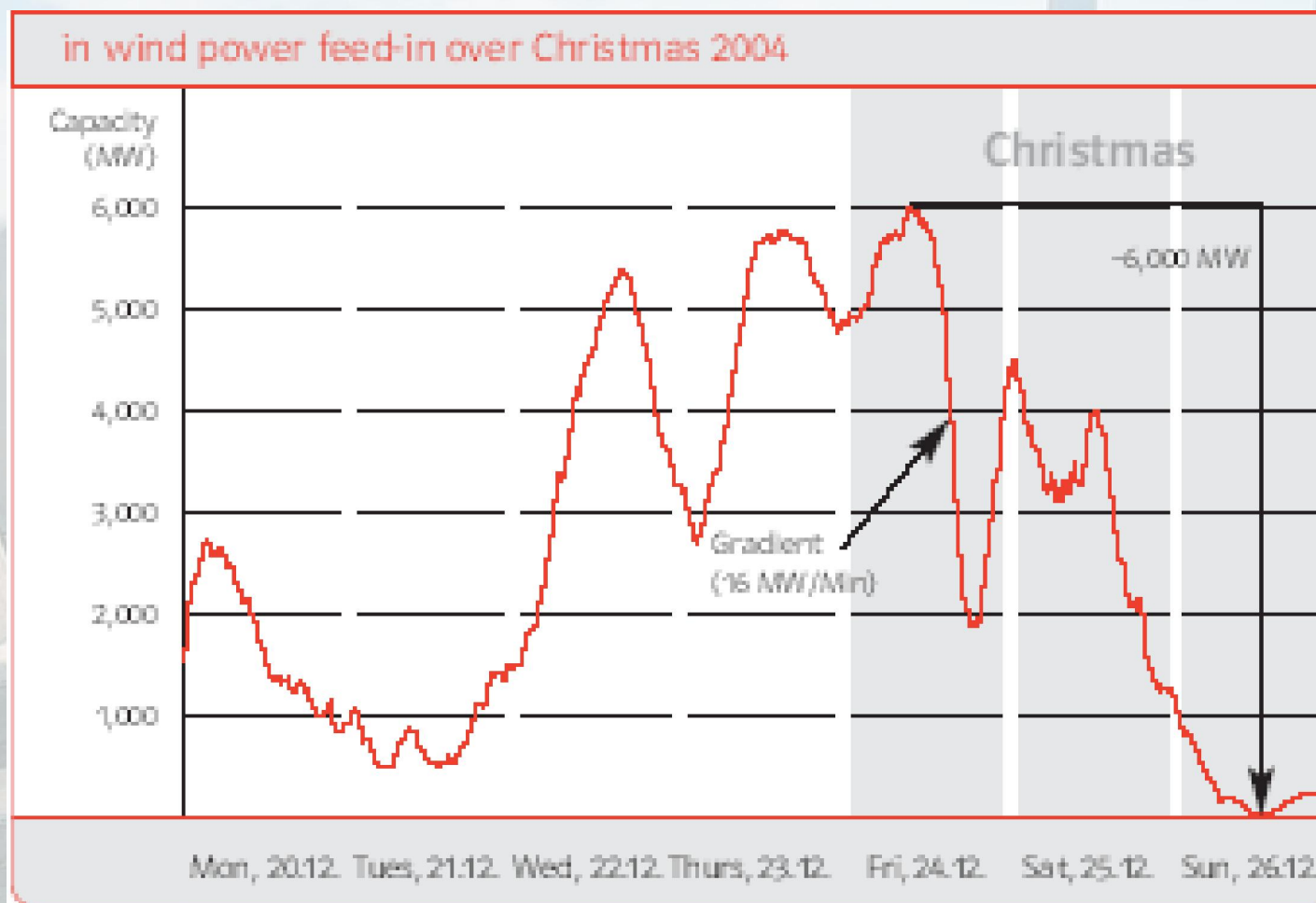
A szélérőmű teljesítmény változékonysága

Több szélparkban fellépő kimenő teljesítmény letörés
(NREL jelentés)



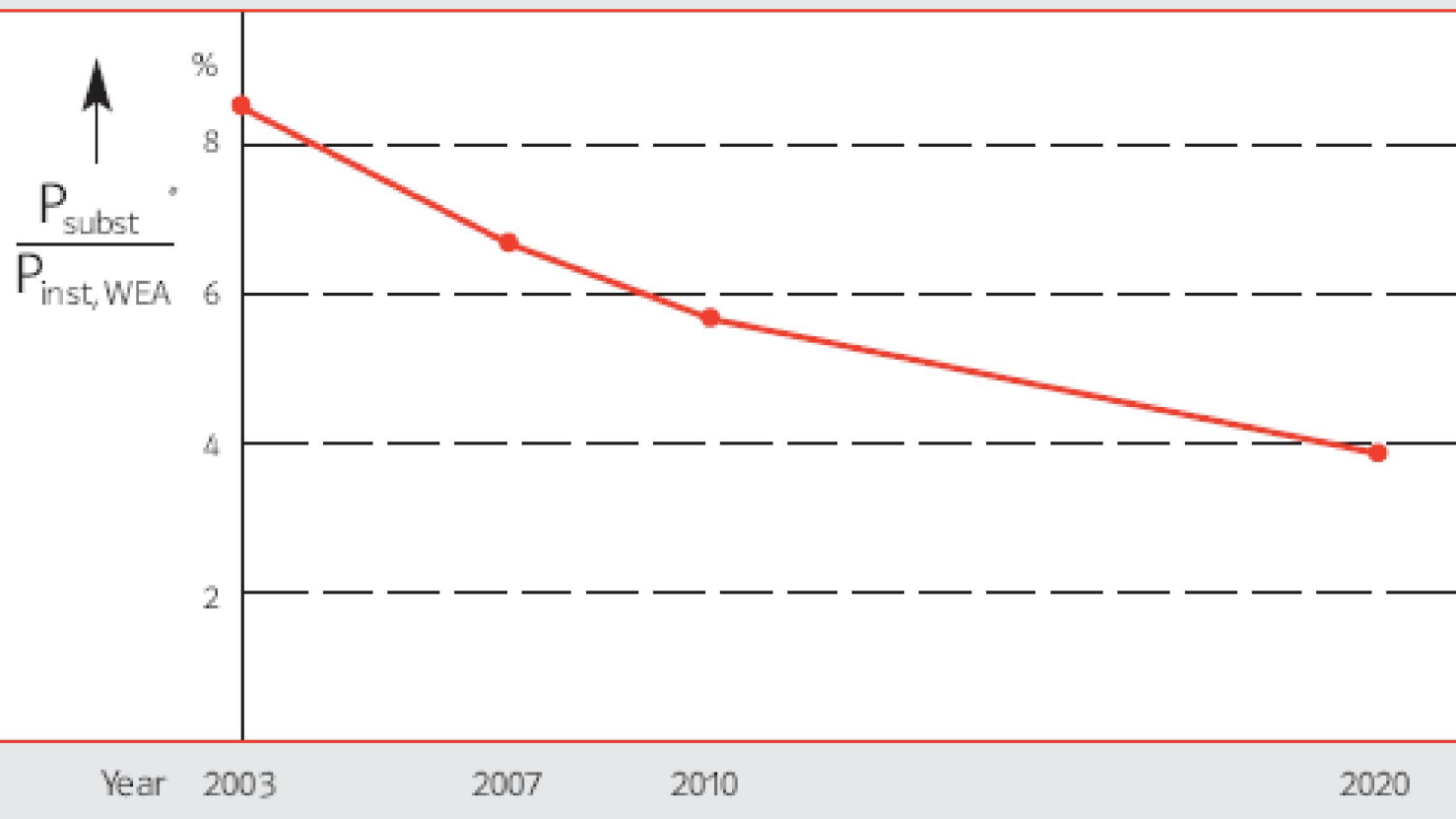
A szélerőmű teljesítmény változékonysága

Rövididejű teljesítmény letörés az E.ON hálózatban 2004
karácsony környékén



A szélerőművekkel kiváltható (helyettesítő) energia csökkenő jellege

The more wind power capacity is in the grid, the lower the percentage of traditional generation it can replace.



Source: Institut für Elektrische Anlagen und Energiewirtschaft, RWTH Aachen

* P_{subst} : power station capacity that can be substituted by wind power

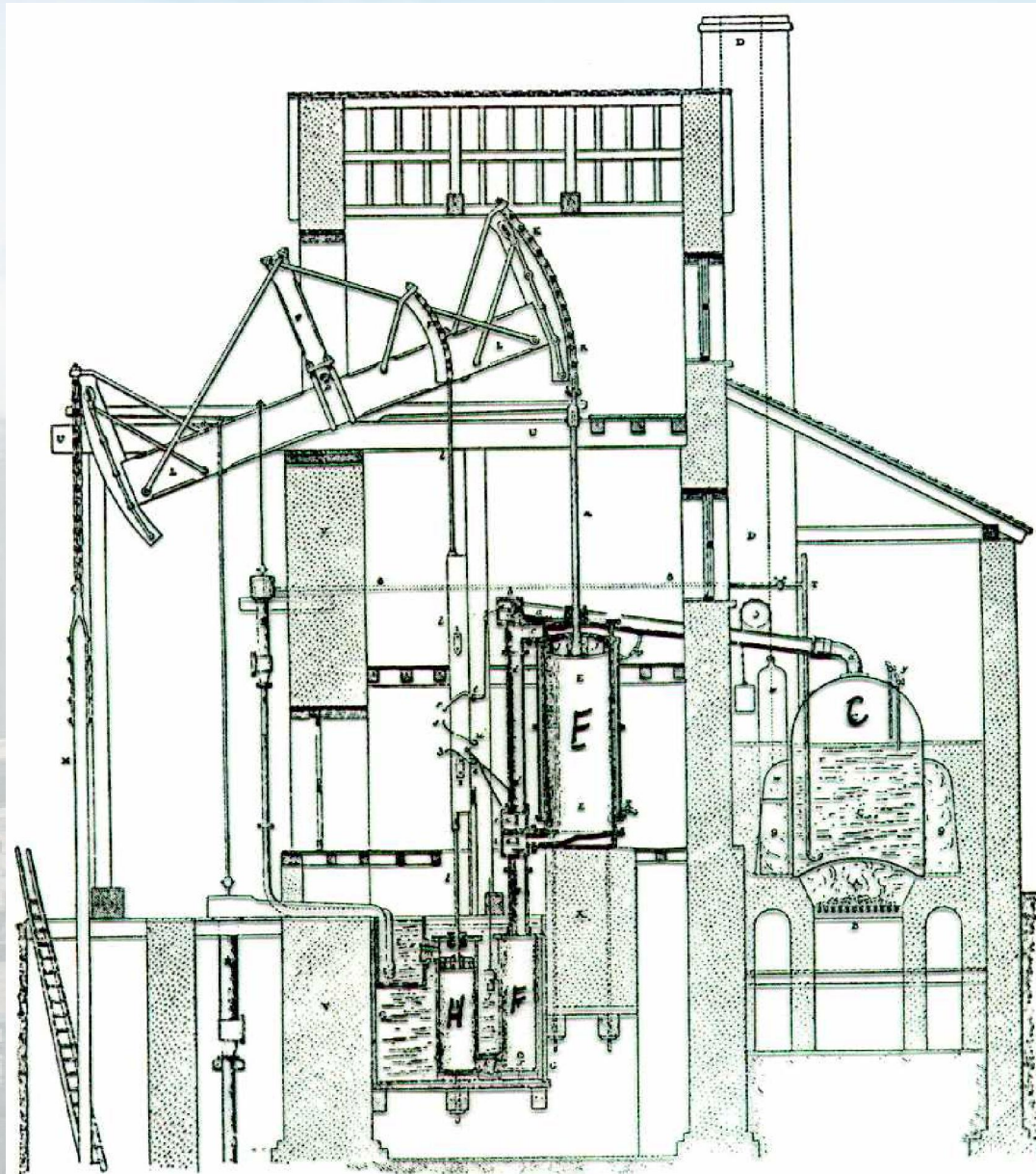
$P_{\text{inst, WEA}}$: installed wind power capacity

Fosszilis energiával működő hajtógépek:

- dugattyús gőzgép
- gőzturbina

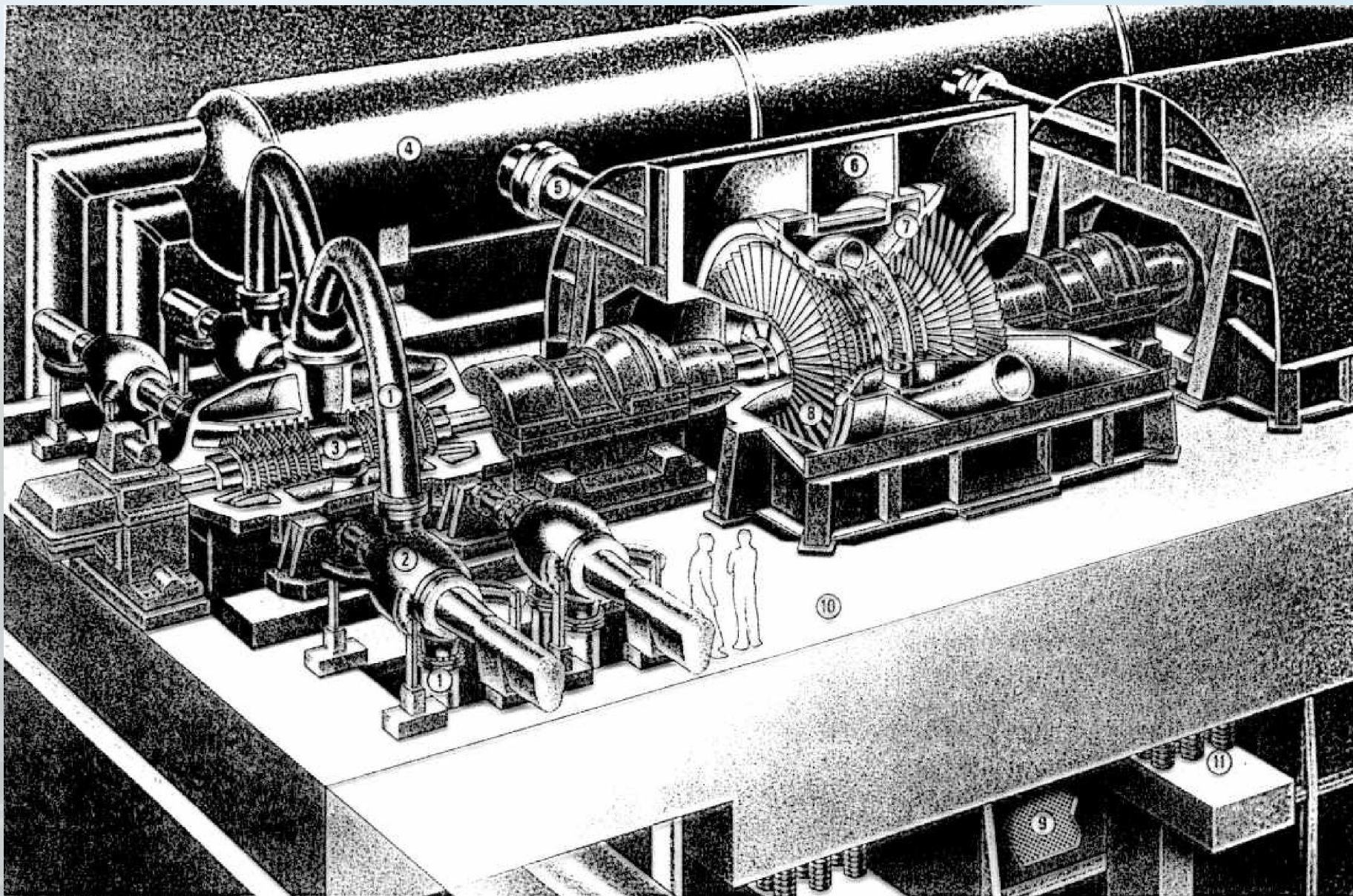
Watt dugattyús gőzgépe (1788)

(Fejlődés: hatásfok 2,5%-ról 25%-ra; teljesítmény 100 kW-ról 3 MW-ra)



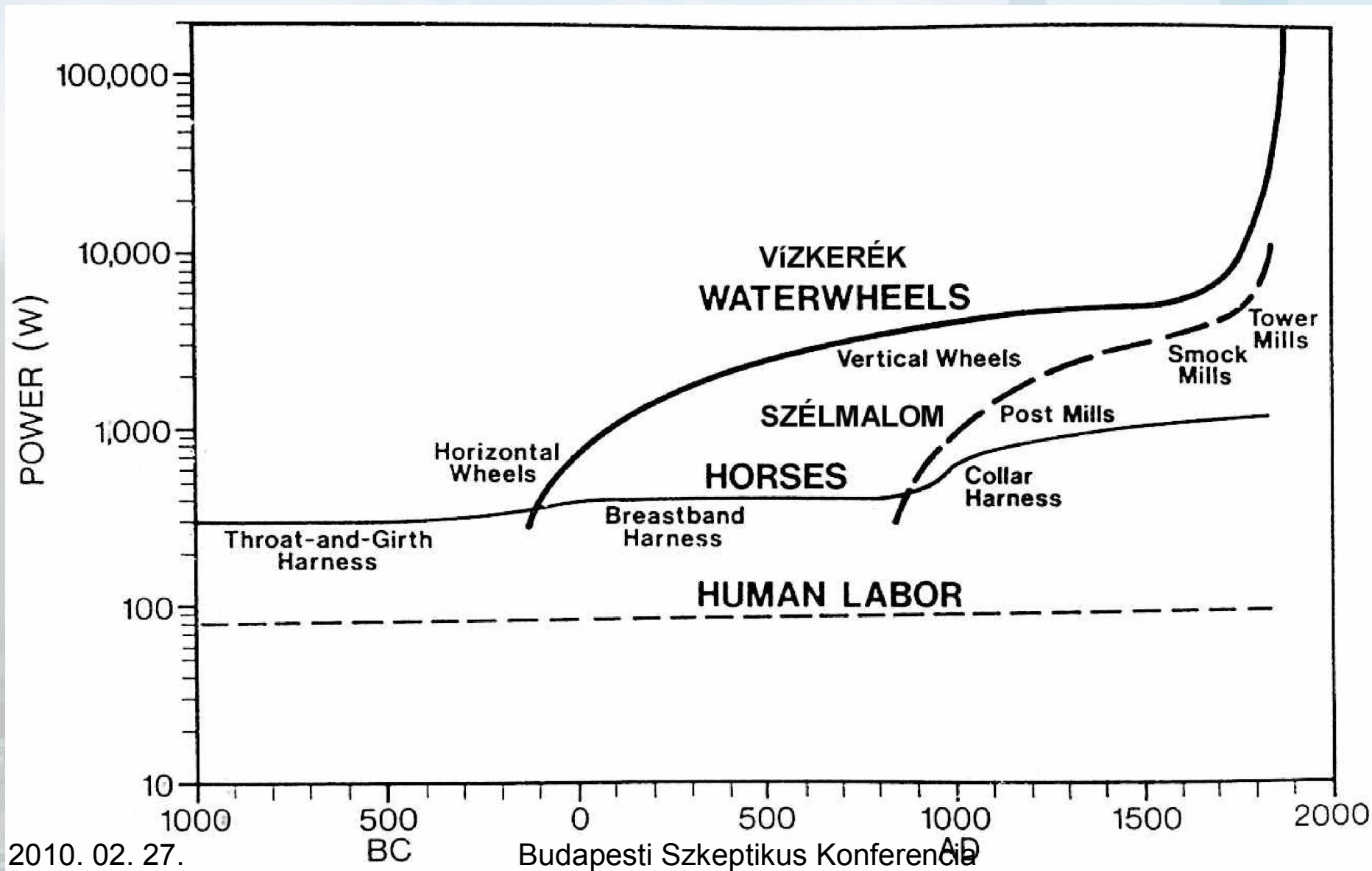
Gőzturbina

Teljesítmény: 1888-ban 75 kW, 1970-re 1.5 GW; hatásfok 40-43 %

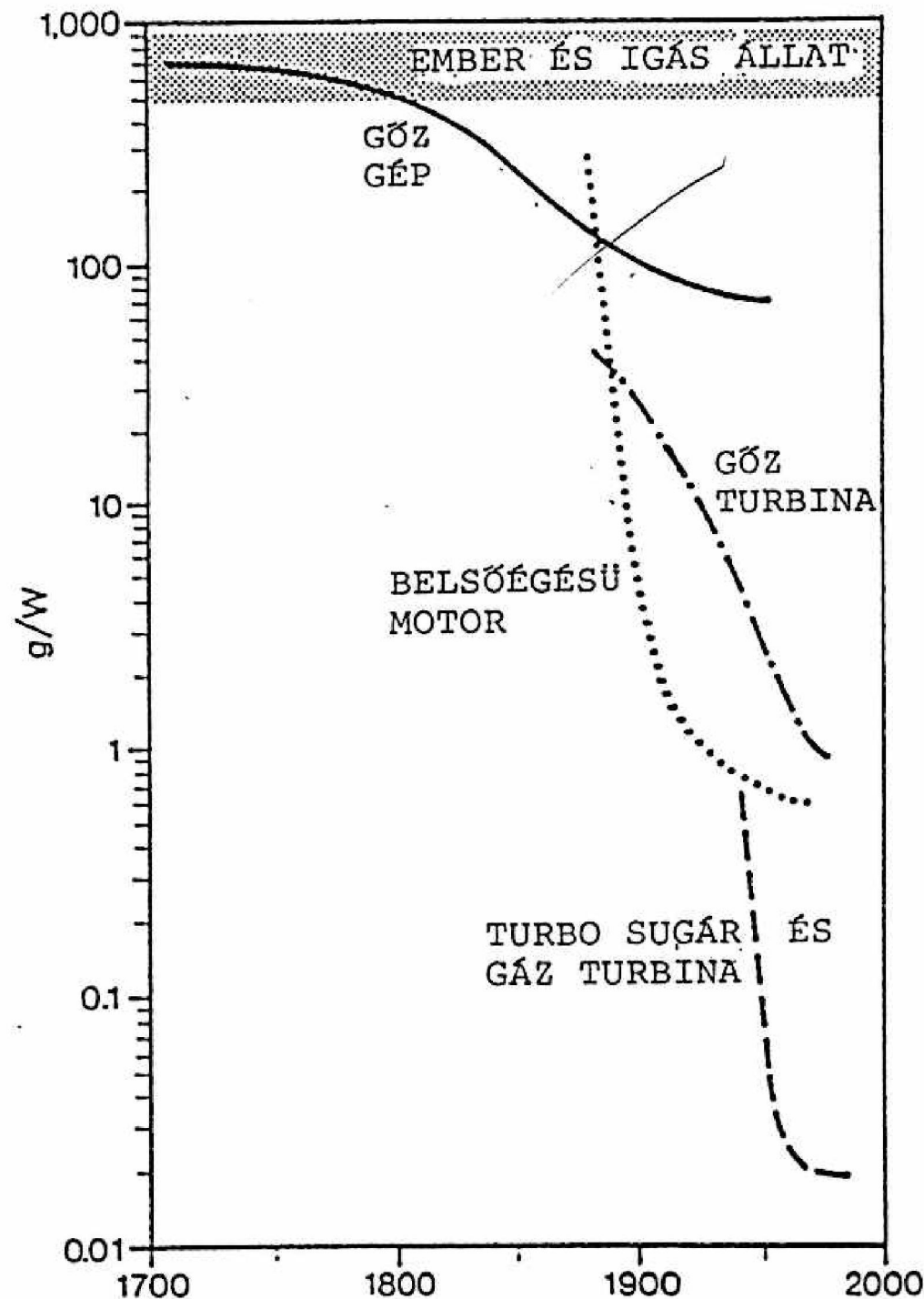


Az egységteljesítmény időbeli növekedése

Megújuló energiájú hajtógépekre



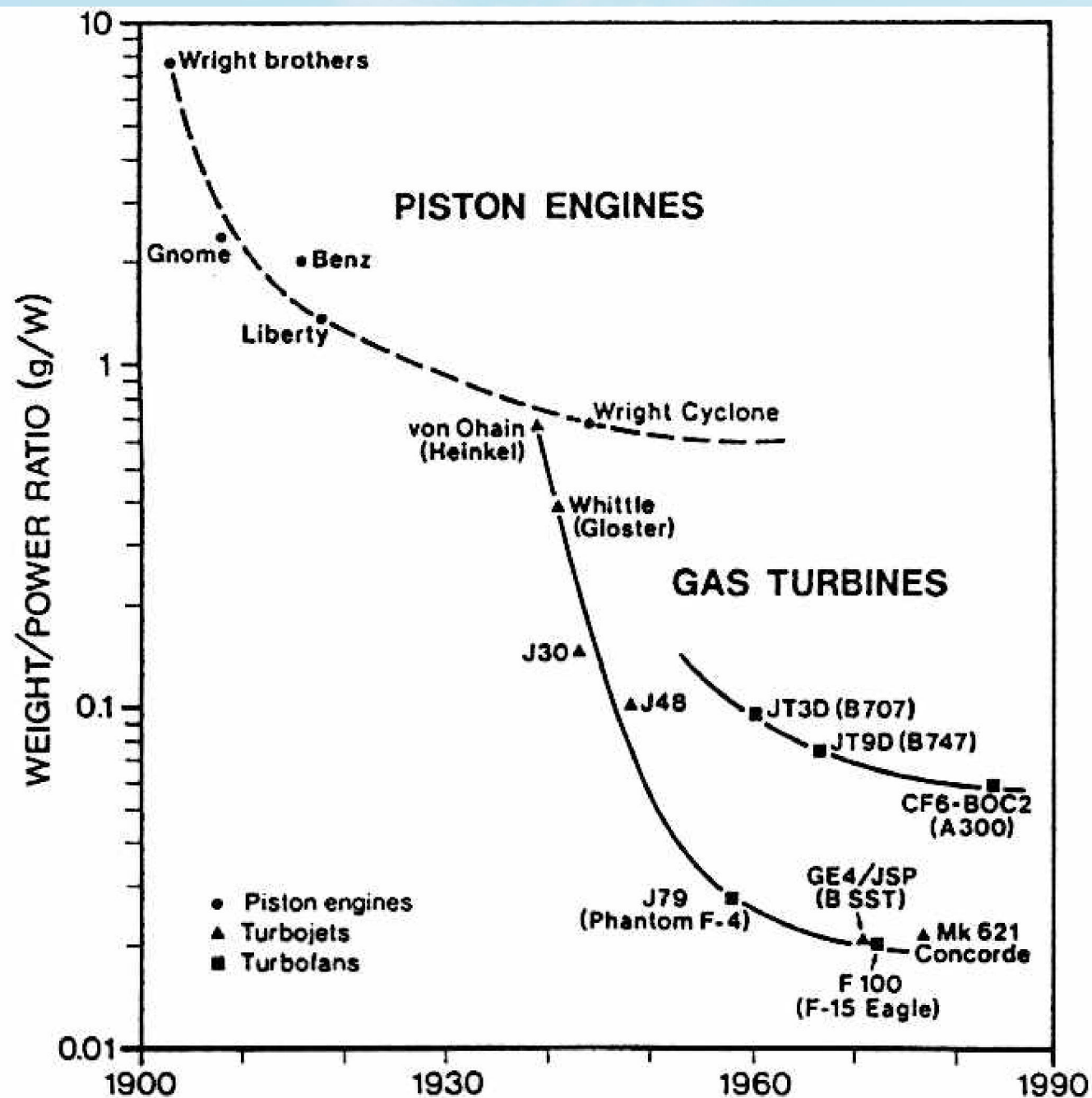
Primer hajtóeszközök fajlagos súlyának időbeli (1700 – 2000) alakulása g/W



Sugárhajtómű rekord:

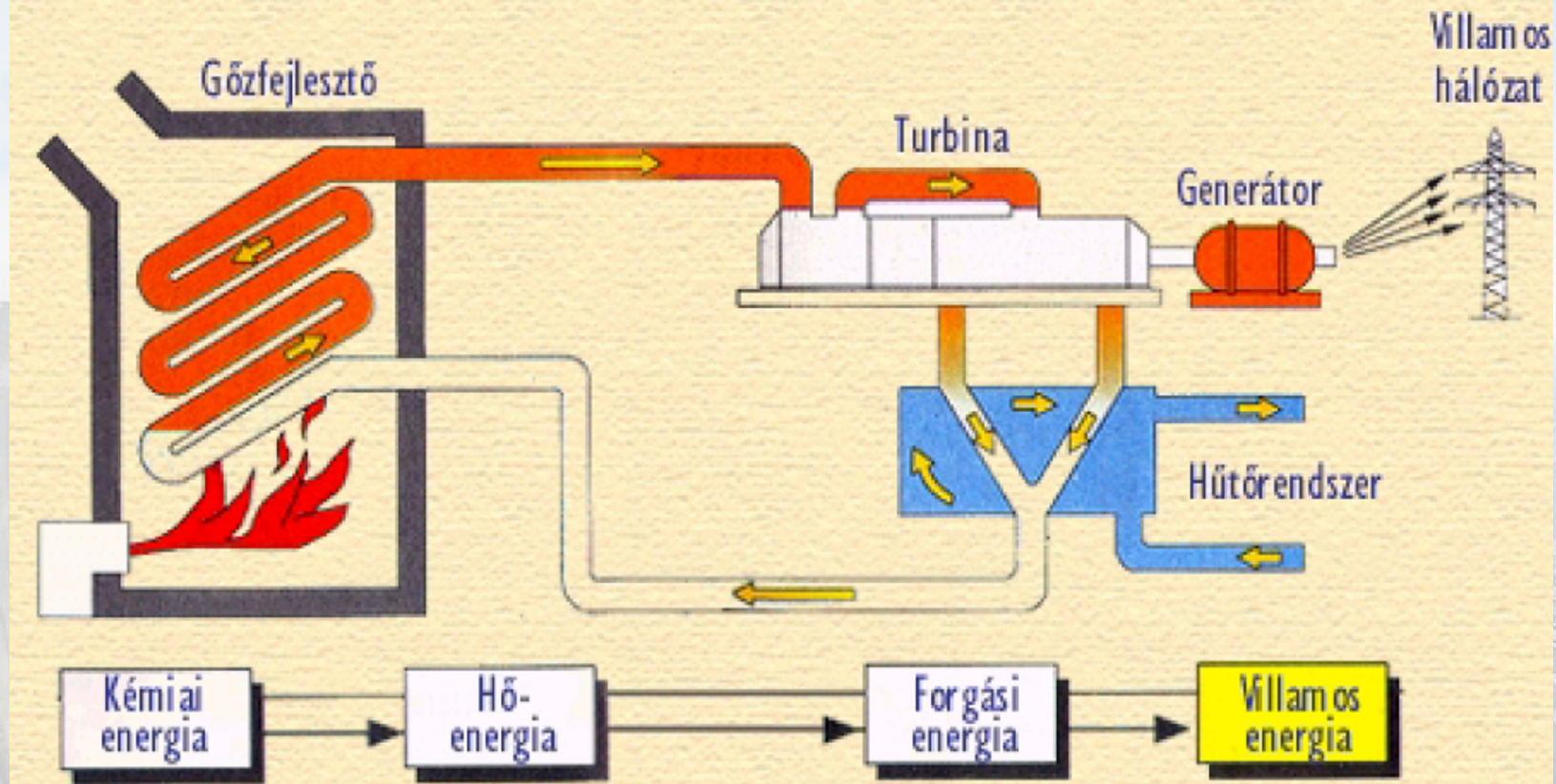
Szturnusz C5 (Apolló 11-hez):

- Csúcs teljesítmény: 2,6 GW
- Max. tolóerő: 36 MN (3600 t)
- Max súly 43 t
- Tolóerő/súly = 150
- Fajlagos súly: 0,001 g/W



Primer hajtógépek
fajlagos súlyának
időbeli (1900 – 1990)
alakulása
g/ W

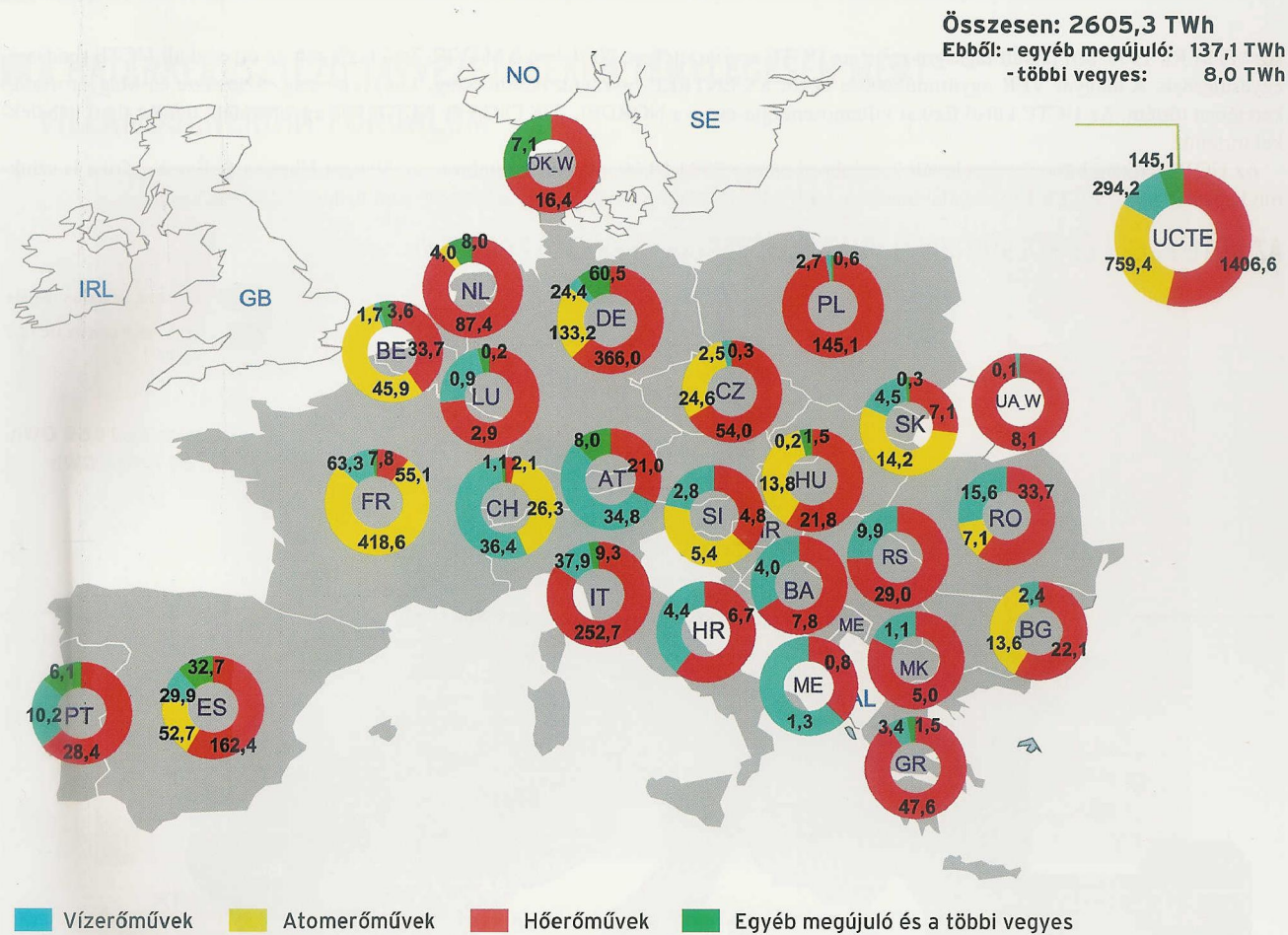
Fosszilis erőmű működése



1 Block: 300 – 1500 MWe (170 bar, 560°C)
Hatásfok: 40-45 % (vill.)

UCTE VERE netto energiatermelése, TWh

UCTE VERE NETTÓ TERMELÉSE 2007*, TWh



* Az UCTE-től kapott adatok alapján

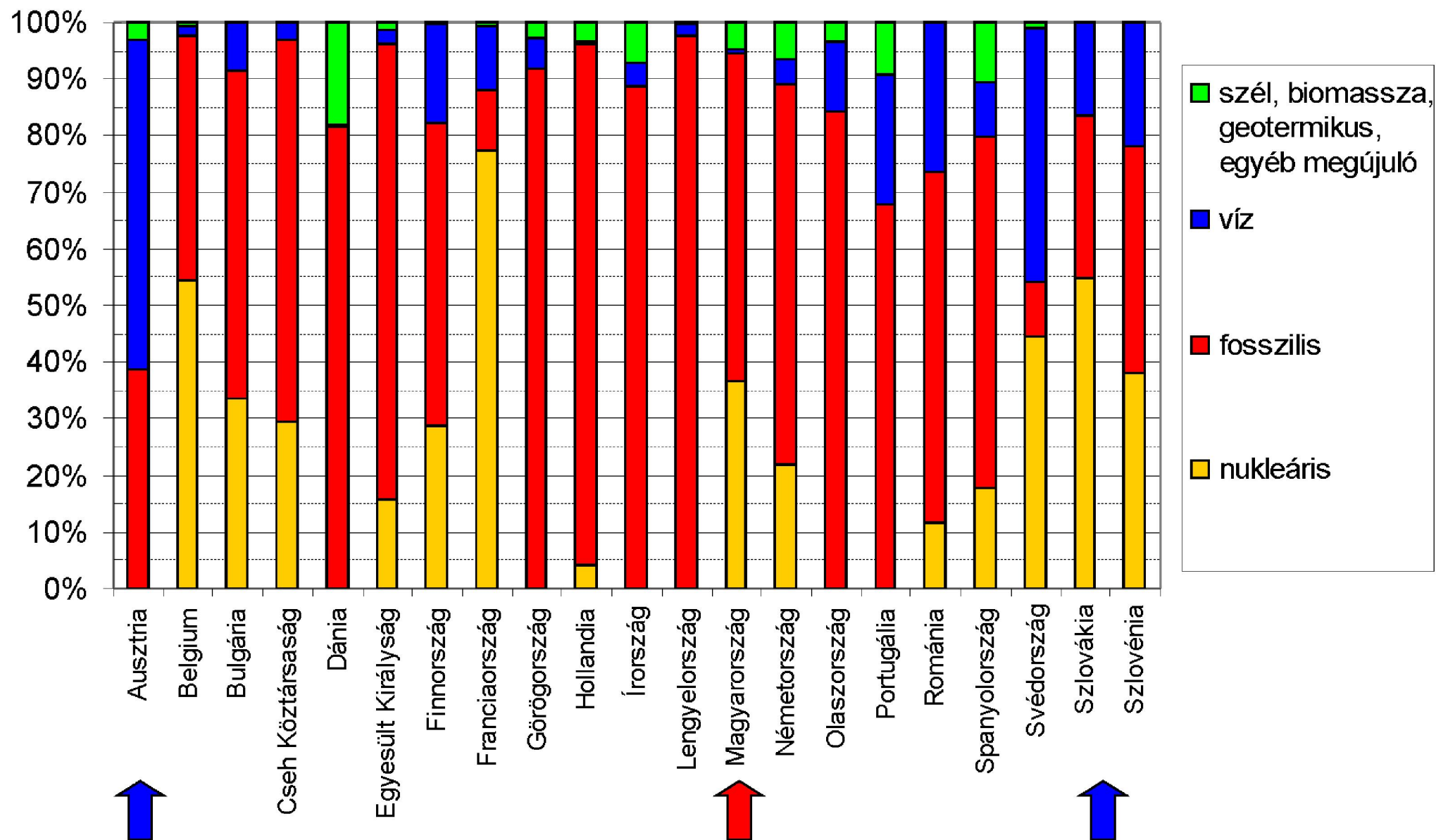
2007. évi

UCTE által
adott adatok

Magyar VER részaránya:

1,38 %

A villamosenergia-termelés megoszlása a felhasznált energiahordozók szerint egyes európai országokban, 2007



2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

Szabályozó teljesítmény igény a magyar VER-ben

Teljesítmény – frekvencia karakterisztika:

- fogyasztói teljesítmény frekvencia függése
- turbina szabályzó frekvencia függése

Szabályozó típusok és teljesítmények:

- primer szabályozás
- szekunder
- tercier

Fagerendás energiaátvitel

Vízkerék forgattyús hajtóművel



Fagerendás energiaátvitel

Fa **távvezeték**,
tartóoszloppal



Malomhoz menő **távvezeték** 90°-os
iránytöréssel



Fagerendás energiaátvitel

A meghajtott bányavíz szivattyú, mint **fogyasztó**
(forgómozgássá visszaalakító forgattyús hajtóművel)



Fagerendás energiaátvitel

A rendszer alkalmazásának történelmi leírása

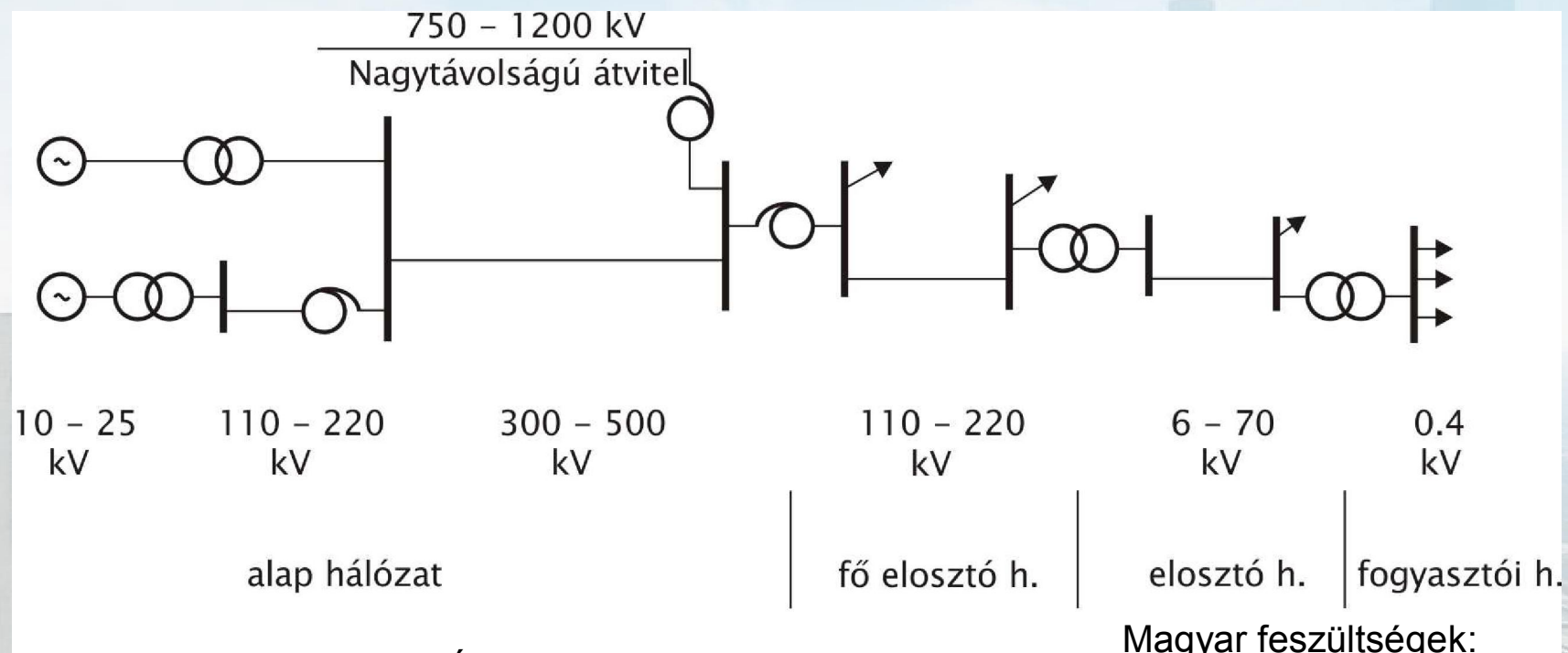
A fagerendás energiaátvitel német találmány a késői **1500-as évekből**, viszont **az első kép** egy francia kéziratban látható **1584-ből**.

Svédországba ez a megoldás 1600 körül jött be és már 1607-ben épült egy **2500 m hosszú** energiaátvitel Säterdalen és Bispbergs bánya között. A szokásos vízkerekek **10-15 LE (netto)** teljesítményűek voltak.

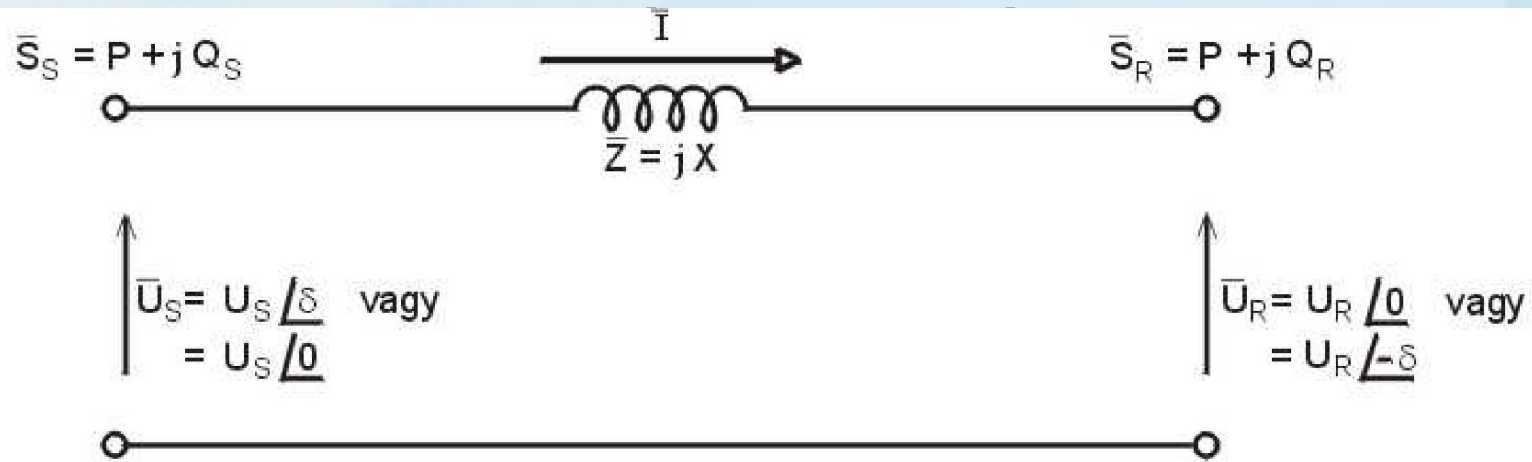
Az energiaátvitel **vesztesége kb 17%** volt km-enként.

Ludvika környékén 1614-ben Stripa-ban volt egy ilyen energiaátvitel és Falunban több is 1620 környékén. Az utolsó ilyen energiaátvitel Krampagruva-ban (Krampa-bánya) volt **üzemben 1920-ig**, akkor a villamos távvezeték kiszorította.

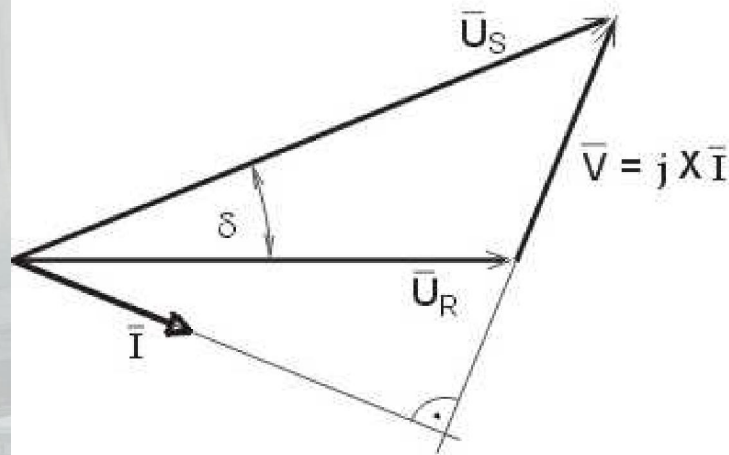
Hálózati feszültség szintek és szerepkörök



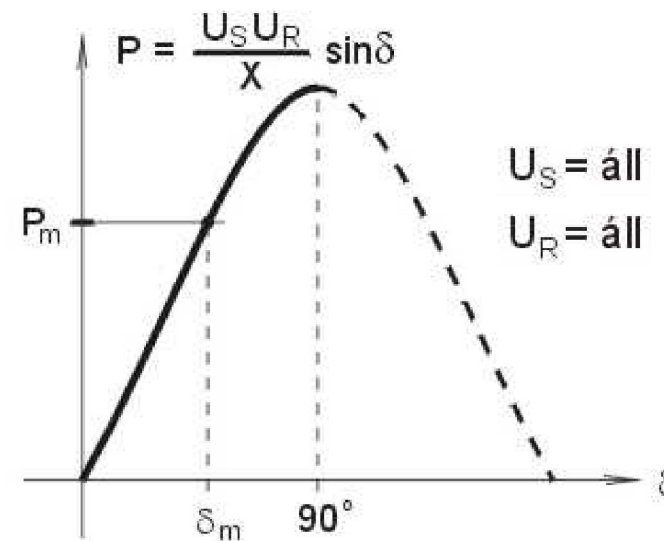
Hálózati hurok ág teljesítmény



a, vizsgált jellemzők

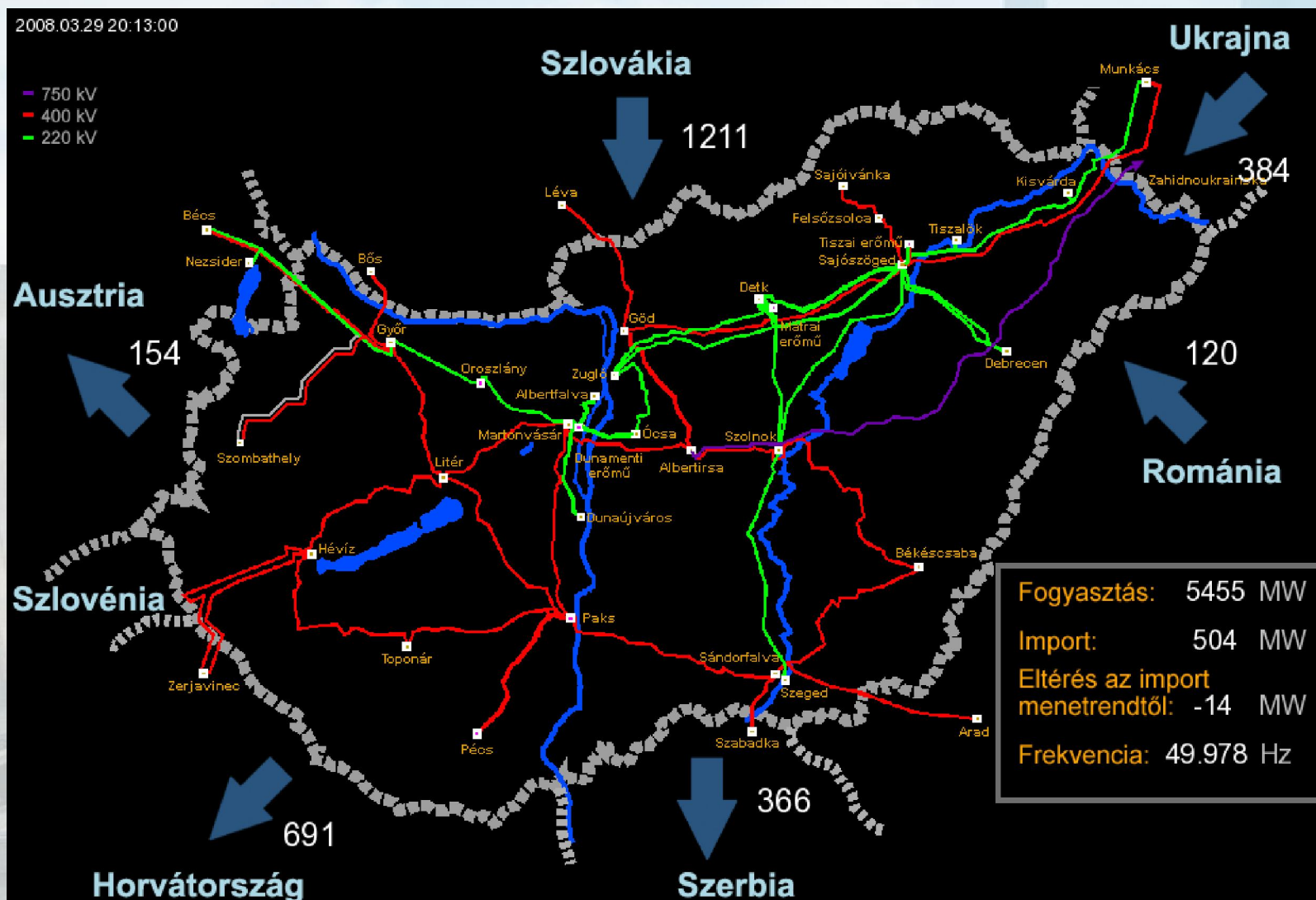


b, fázor ábra



c, $P(\delta)$ kapcsolat

Magyar VER szállító hálózata

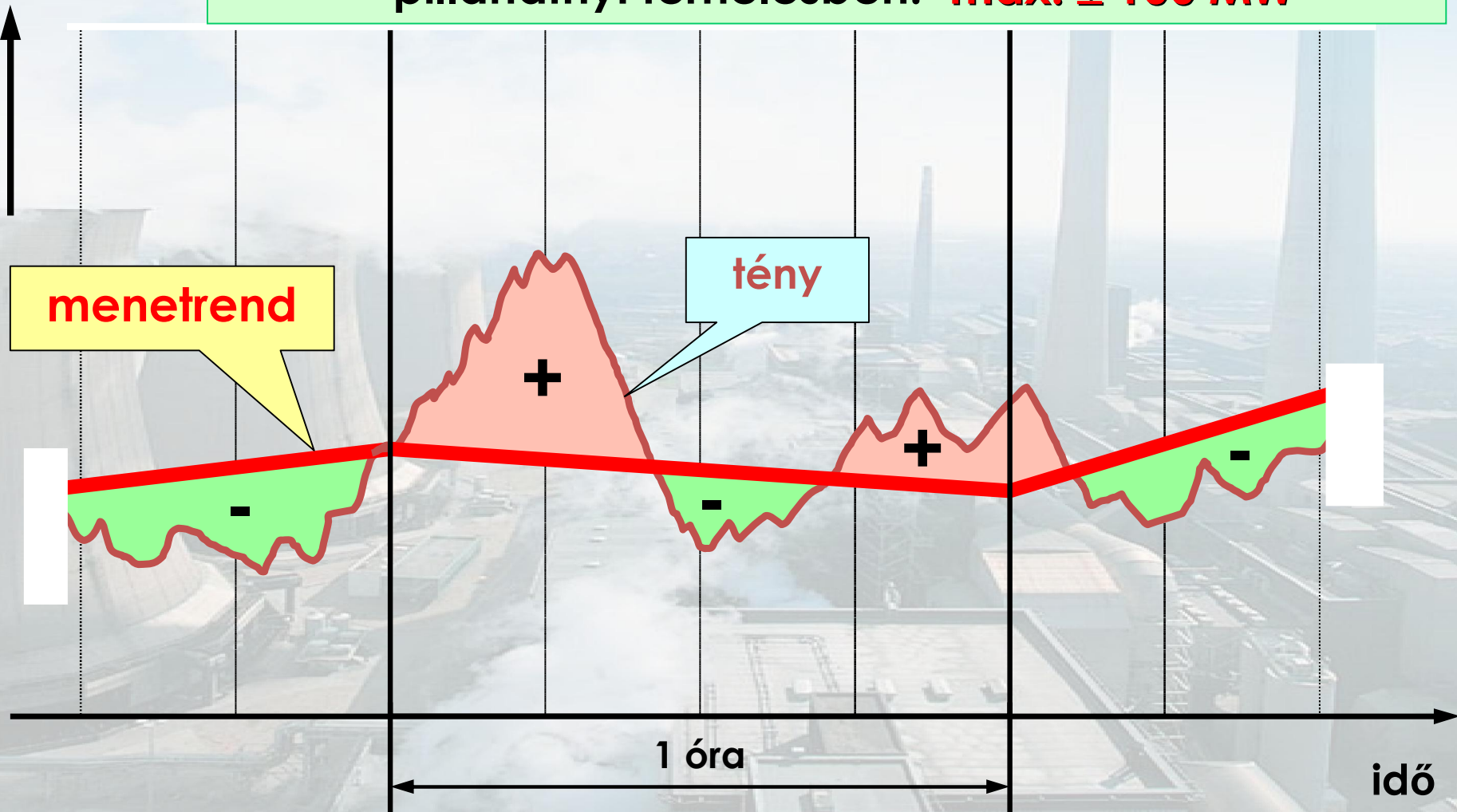


Zónaelterési határ

Megengedhető eltérés a CENTREL-ben a MAVIR-nál:

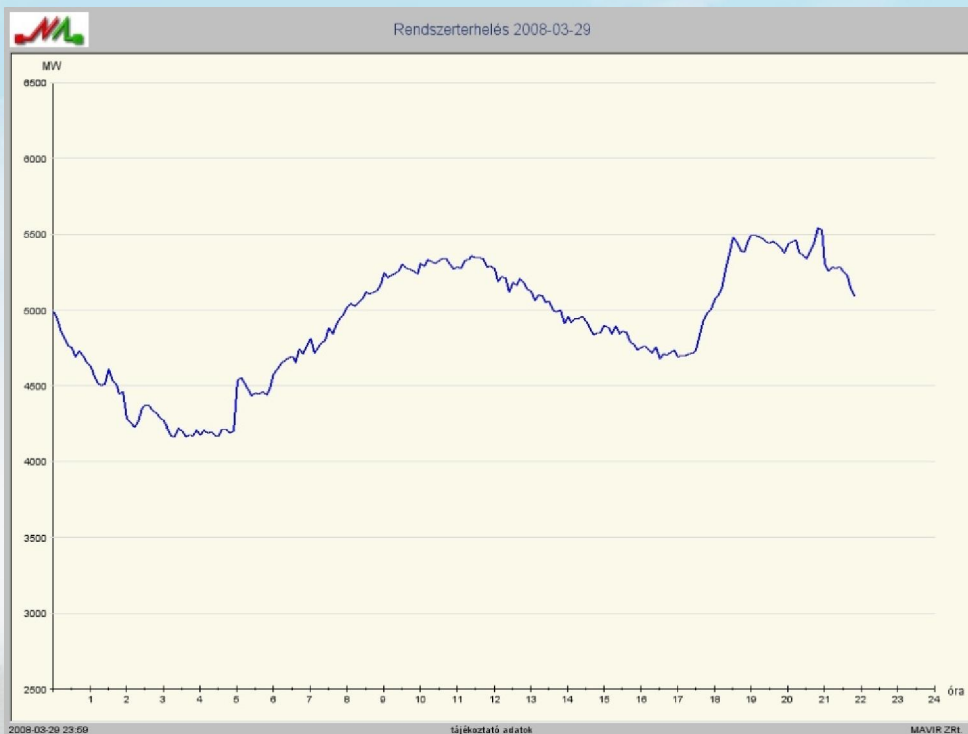
- órás energiában (+ és -): **max. 20 MWh/h**
- pillanatnyi terhelésben: **max. ± 100 MW**

MW



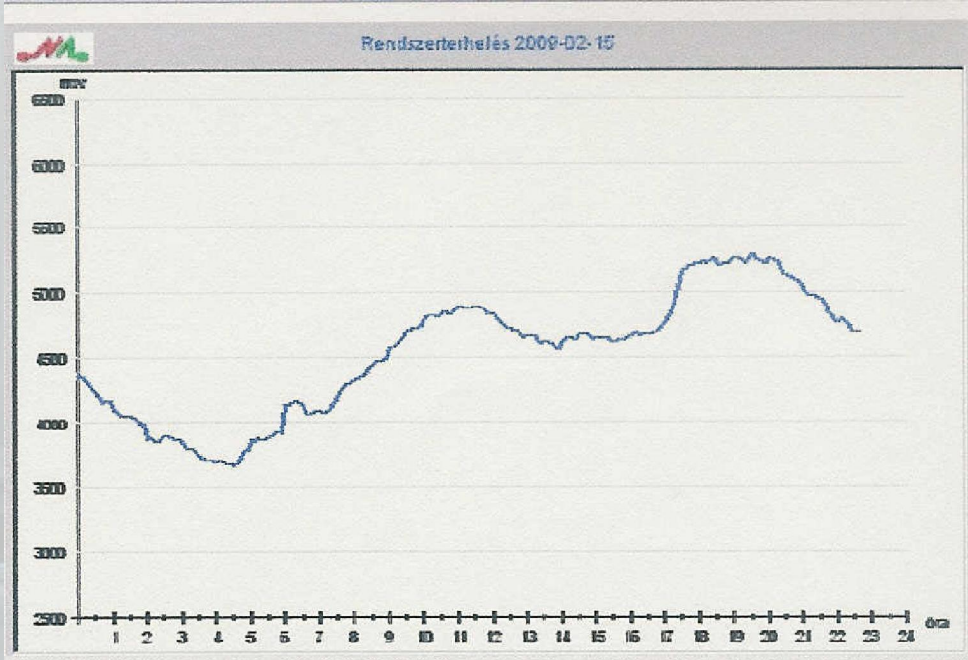
1 óra

idő



A fogyasztói teljesítmény igény időbeli változása

Vasárnap

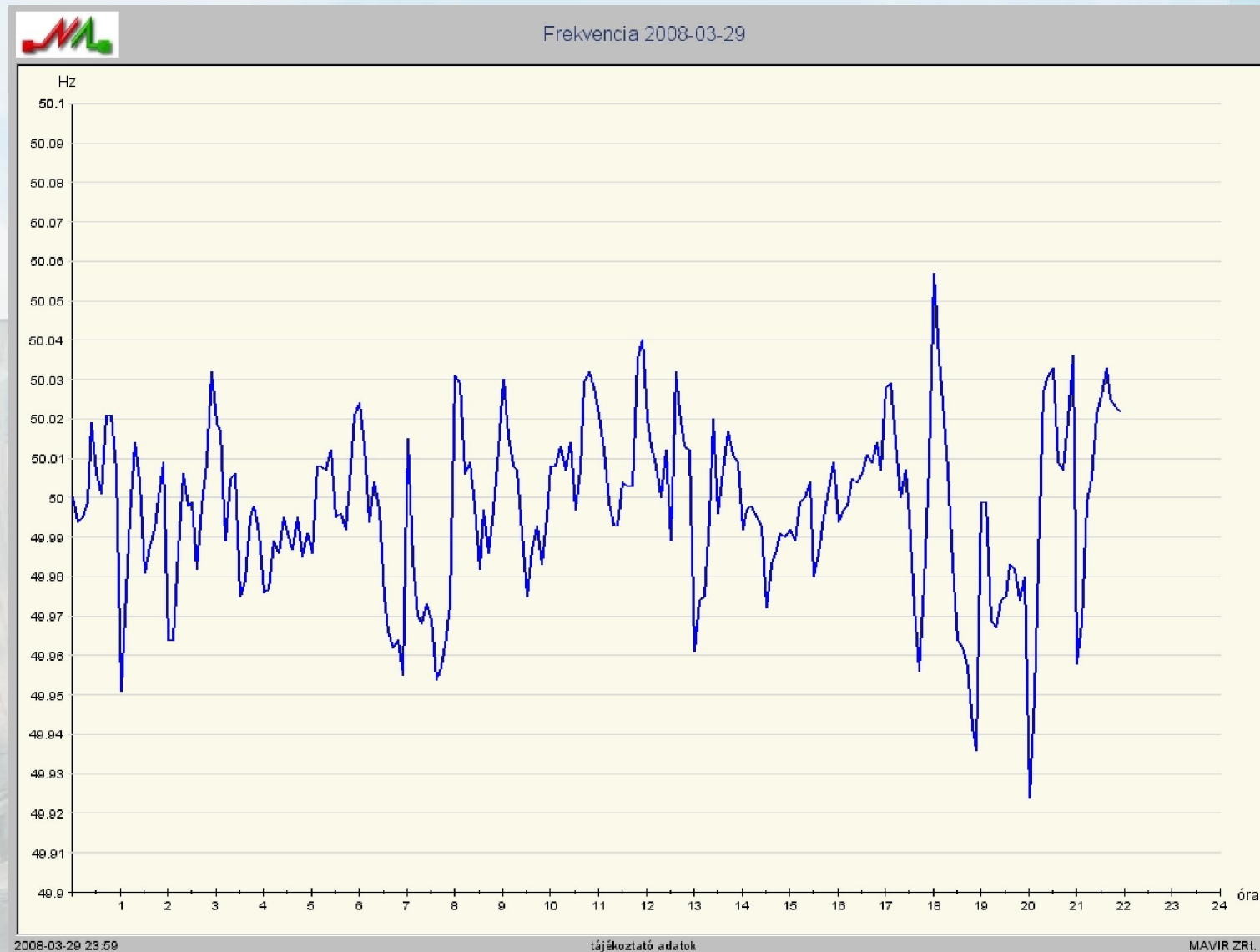


Hétköznap, (szerda)

2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

Frekvencia időbeli változása

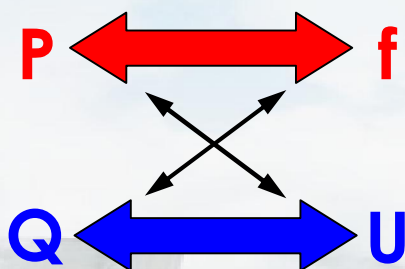


Érzékenységi tényezők értelmezése

A fogyasztók által felvett **wattos** és **meddő** teljesítmény-igények függése a **frekvenciától** és a **feszültségtől**:

Kiindulási értékek: P_o, f_o, Q_o, U_o ;

Változási értékek: $\Delta P, \Delta f, \Delta Q, \Delta U$;



$$P = P_o + P_o \left(k_{pu} \frac{\Delta U}{U_o} + k_{pf} \frac{\Delta f}{f_o} \right)$$

$$Q = Q_o + Q_o \left(k_{qu} \frac{\Delta U}{U_o} + k_{qf} \frac{\Delta f}{f_o} \right)$$

ahol:

$$k_{pu} = \frac{\frac{\Delta P}{P_o}}{\frac{\Delta U}{U_o}}; \quad k_{pf} = \frac{\frac{\Delta P}{P_o}}{\frac{\Delta f}{f_o}}; \quad k_{qu} = \frac{\frac{\Delta Q}{Q_o}}{\frac{\Delta U}{U_o}}; \quad k_{qf} = \frac{\frac{\Delta Q}{Q_o}}{\frac{\Delta f}{f_o}};$$

Jellemző értékek az általános fogyasztói területekre:

	ΔU	Δf
P-re	$k_{pu} \approx 1$	$k_{pf} \approx 1$
Q-ra	$k_{qu} \approx 3-8$	$k_{qf} < 0$

Érzékenységi tényező – frekvencia tényező

Fogyasztói teljesítmény változás pl. $\Delta P(f)$ megadása:

- k_{pf} érzékenységi tényezővel:

$$\Delta P(f) = P_0 k_{pf} \frac{\Delta f}{f_0} = \frac{P_0}{f_0} k_{pf} \Delta f \quad [\text{MW}]$$

- K_F frekvencia tényezővel:

$$\Delta P(f) = K_F \Delta f = \frac{P_0}{f_0} k_{pf} \Delta f \quad [\text{MW}]$$

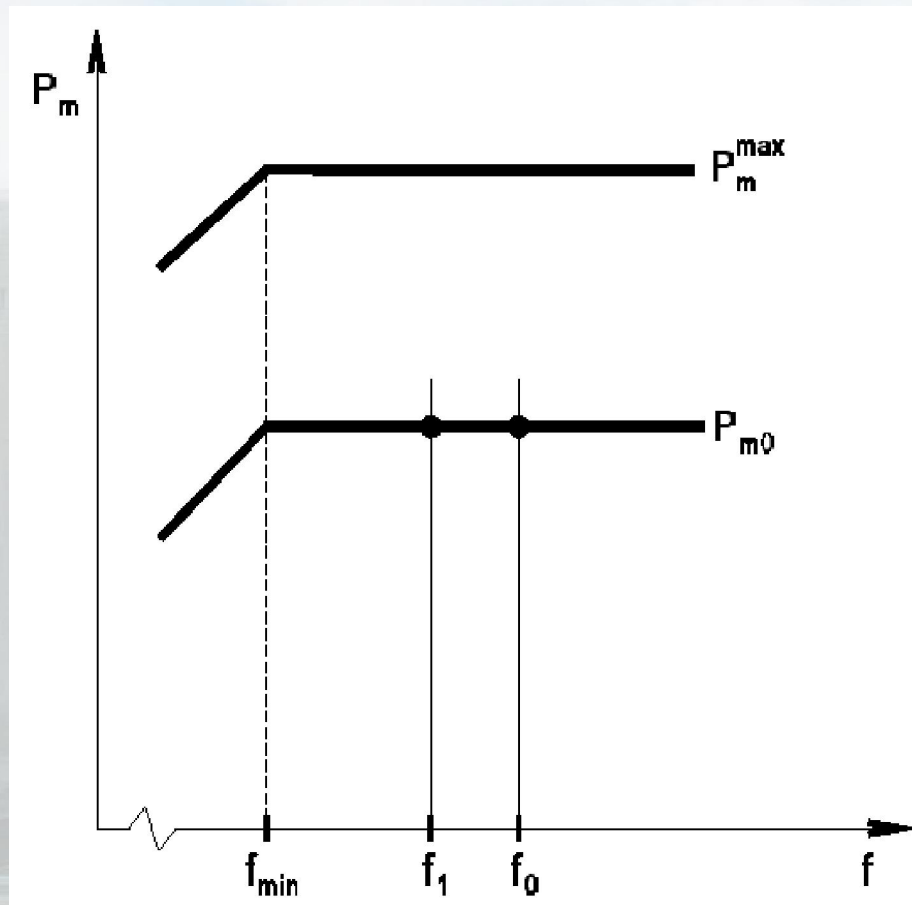
Megjegyzés:

$$K_F = \frac{P_0}{f_0} k_{pf} \quad [\text{MW} / \text{Hz}]$$

Turbina primer szabályzó típusok

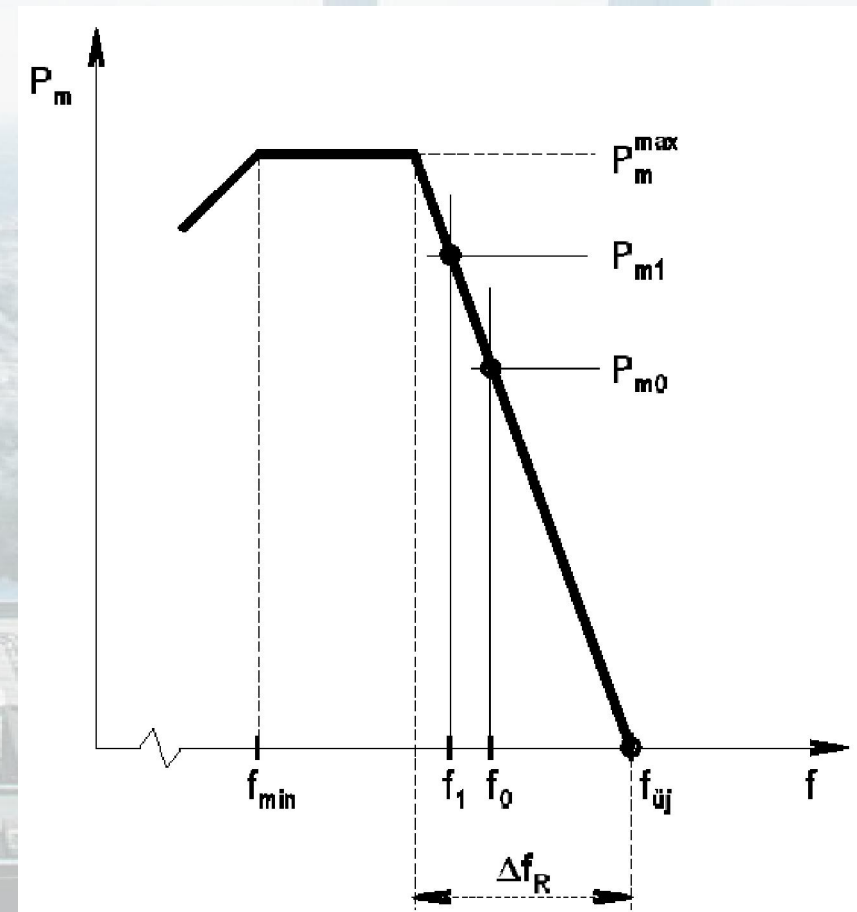
a/1 Statizmus nélküli

$$P_{m0} = \text{konst}$$



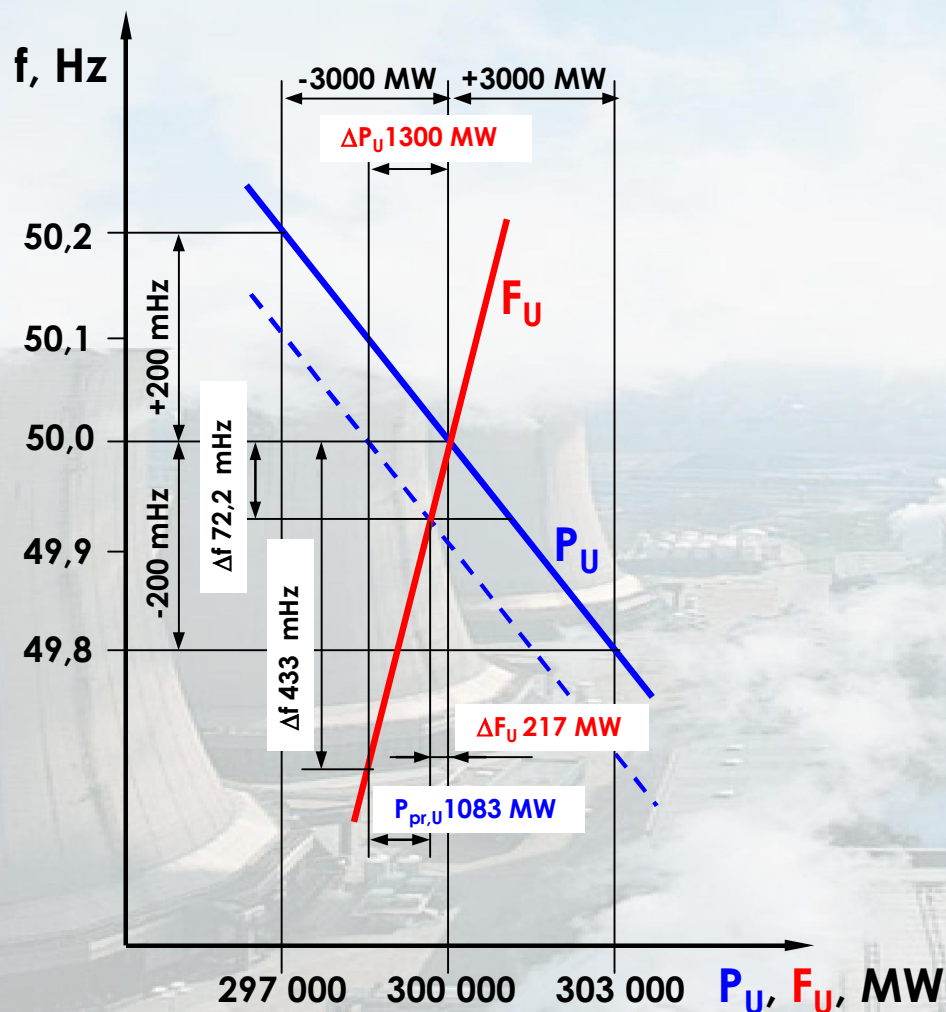
a/2 Statizmussal rendelkező

$$f_m \cong \text{konst}$$

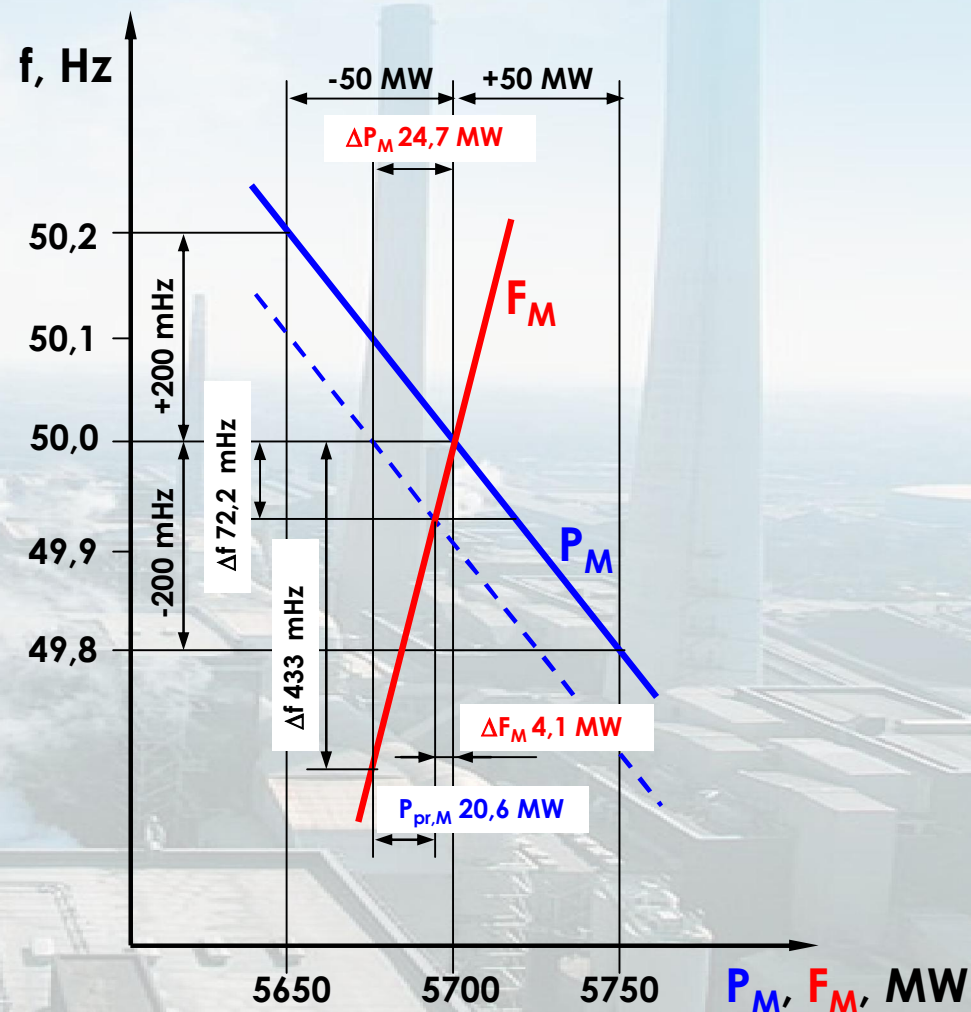


A két szabályozás - két körzetben

Az UCTE-ben (U-index)



Magyarországon (M-index)

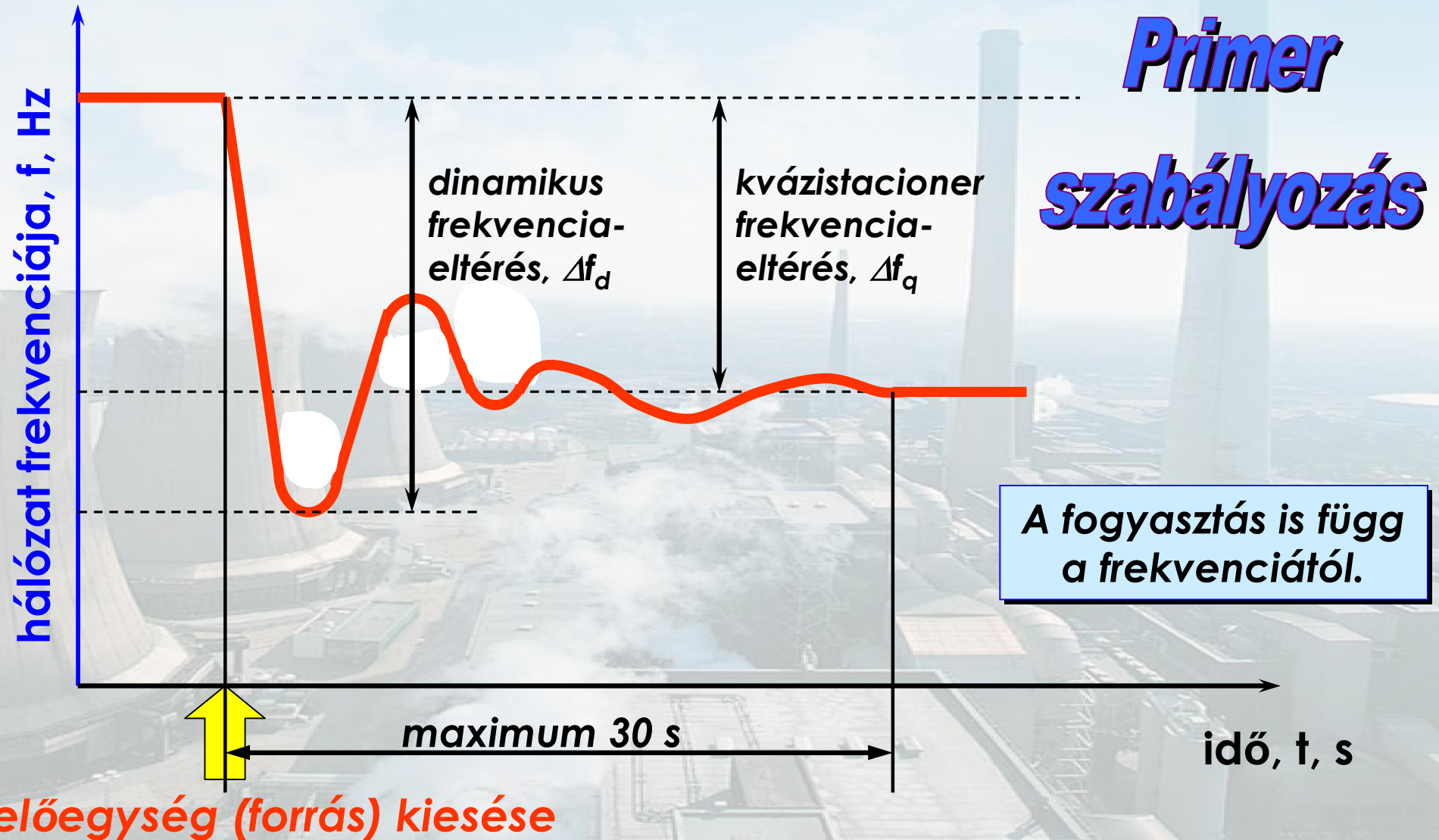


Hirtelen bekövetkező teljesítmény változás rendszeren belüli eloszlásának folyamata

Lépés	Folyamat meghatározója	Meghatározó jellemző(k)	Időtartomány
1.	Villamos eloszlás a hálózaton: $P = \frac{ U_1 U_2 }{Z_{12}} \sin \delta_{12}$	➤ Z_{12} transzfer impedanciával fordított arányban ➤ $\sin \delta$ terhelési szöggel egyenes arányban	< 1 ms
2.	$\Delta P_i = -\frac{dW_i}{dt} = -T_i \frac{d\omega_i}{dt}$	A gépek T_i perdületével (kinetikus energiájával) arányosan	< 10 s
3.	$\Delta P_{g,i} = -K_{g,i} \Delta f_{g,i}$	A primer szabályzó meredekségével arányosan	< 30 s
4.	Primer karakterisztika módosítás: $\Delta f = -\frac{\Delta P'_{F0}}{K_G + K_F}$	A szekunder tartalék aktivizálása kézi vagy automatikus beavatkozással.	30s<t<300s (<5 perc)
5	Szekunder szabályozás rendelkezésre állásának biztosítása	Perces (üzemzavari) tartalék aktivizálása kézi vagy automatikus beavatkozással.	< 15 perc

Frekvenciaszabályozás

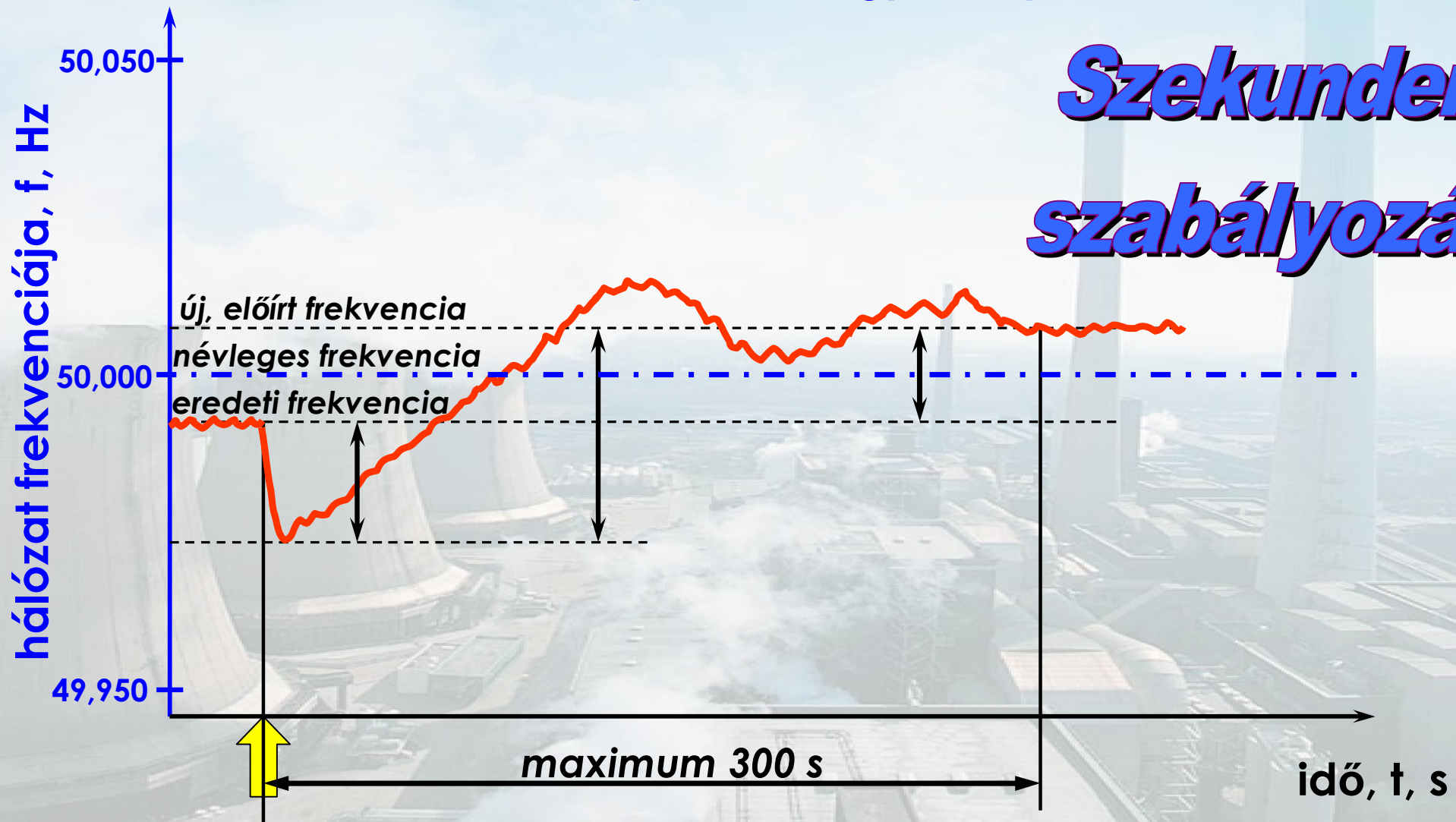
Primer szabályozással új egyensúly új frekvencián



Frekvencia- és teljesítményszabályozás

Szekunder szabályozással egyensúly az előírt frekvencián

**Szekunder
szabályozás**

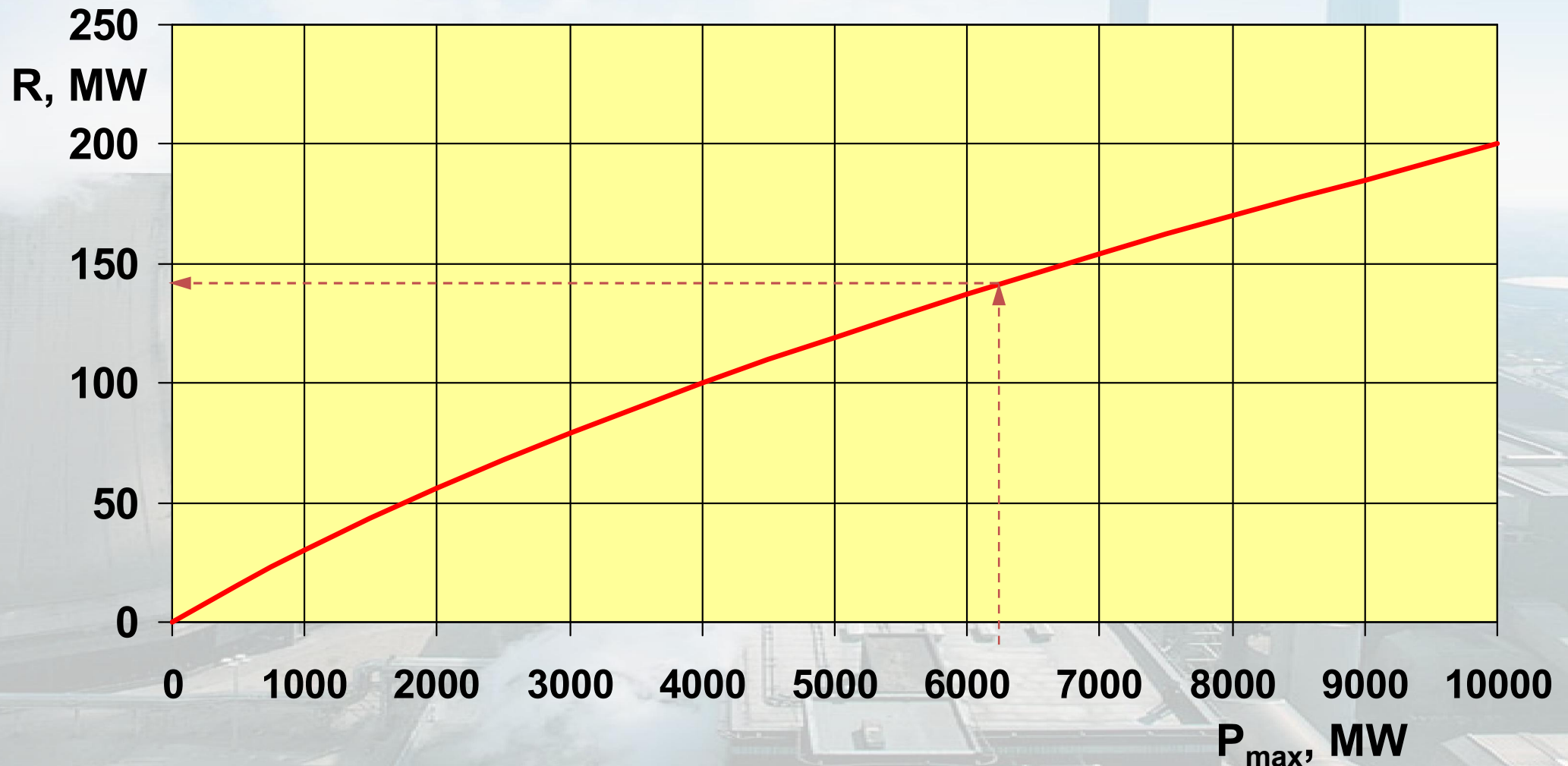


termelőegység (forrás) kiesése

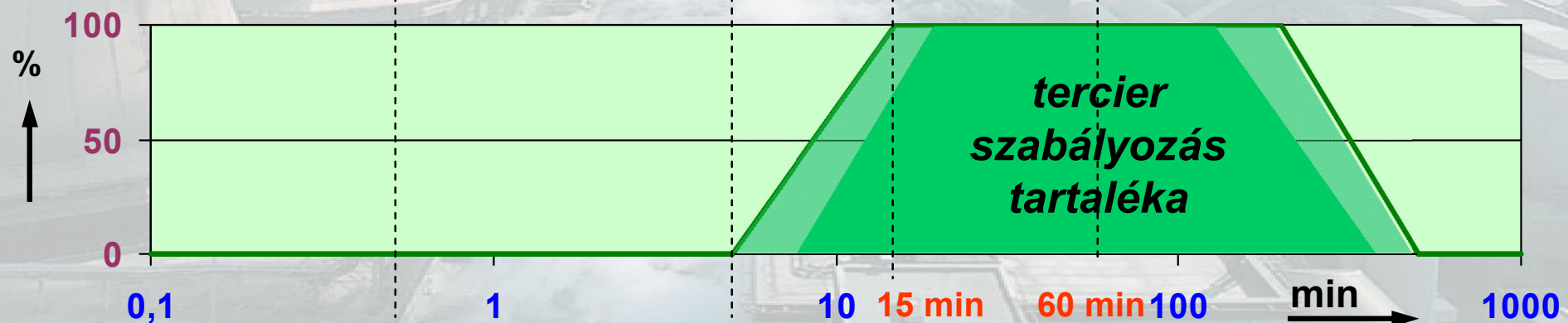
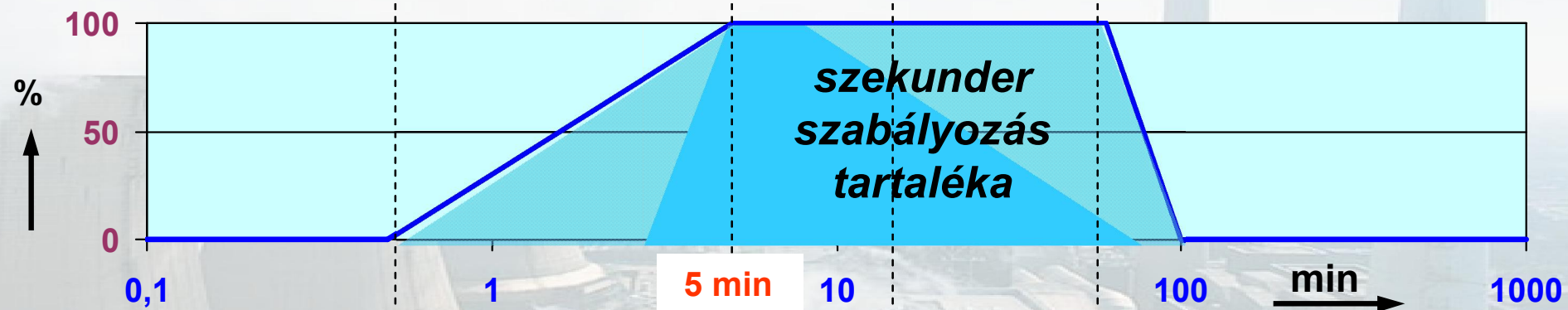
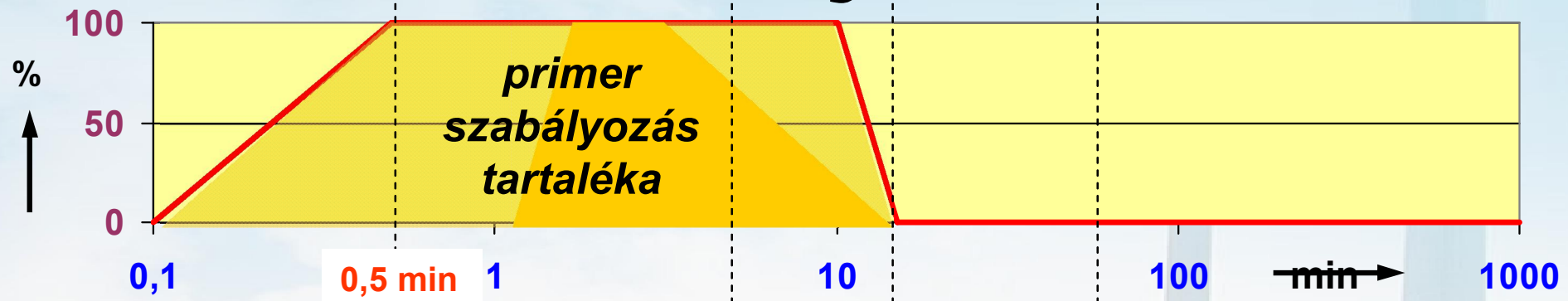
Az ajánlott szekunder tartalék

$$\text{UCTE} \Rightarrow R = (a \cdot P_{\max} + b^2)^{1/2} - b, \quad \text{MW}$$

ahol: $a = 10 \text{ MW}$ és $b = 150 \text{ MW}$



Rendszerirányítási tartalékok



Nemzetközi (UCTE) előírások a MAVIR-ra

A magyar VER szabályozás követelményei:

a) **Energiára:**

Nemzetközi export-import szaldó eltérése a menetrendtől
60 perc: max **20 MWh/h** (fel vagy le irányban azonosan)

b) **Teljesítményre:**

pillanatnyi szaldó eltérés:

max **100 MW**,

súlyos üzemzavar esetén: 100 MW felett max 15 percig

c) **Maradó teljesítményre**

amely nem része a kiegyenlítő szabályozási tartalékoknak:

UCTE előírás: 5 – 10 % -a beépített teljesítményeknek (BT-nek, 8600 MW)

MAVIR: 5,7 % **490 MW**

Nemzetközi (UCTE, TSO) előírások a MAVIR-ra

A **primer szabályozás** követelményei:

- Megengedett érzéketlenségi **holtsáv**: ± 10 mHz
- Primer szabályzót **aktíváló frekvencia eltérés**: ± 200 mHz
- A teljes primer teljesítmény szogáltatásának időtartama legalább 15 perc.

Primer tartalék fel és le irányban: 40 – 40 MW

Nemzetközi (UCTE, TSO) előírások a MAVIR-ra

A **szekunder szabályozás** követelményei:

A. Fogyasztói igény véletlenszerű változásának kiegyenlítésére:

$$R = (aP_{\max} + b^2)^{1/2} - b = (10 \cdot 6500 + 150^2)^{1/2} - 150 = 146 \text{ MW}$$

B. A VER sajátosságaiból adódó többlet: $S = 120 \text{ MW}$

C. A perces tartalék hiánya miatti többlet: $Z = 80 \text{ MW}$

Összes szekunder tartalék igény:

$$R + S + Z = \mathbf{346 \text{ MW}}$$

Nemzetközi (UCTE, TSO) előírások a MAVIR-ra

Üzemzavari tartalék követelményei:

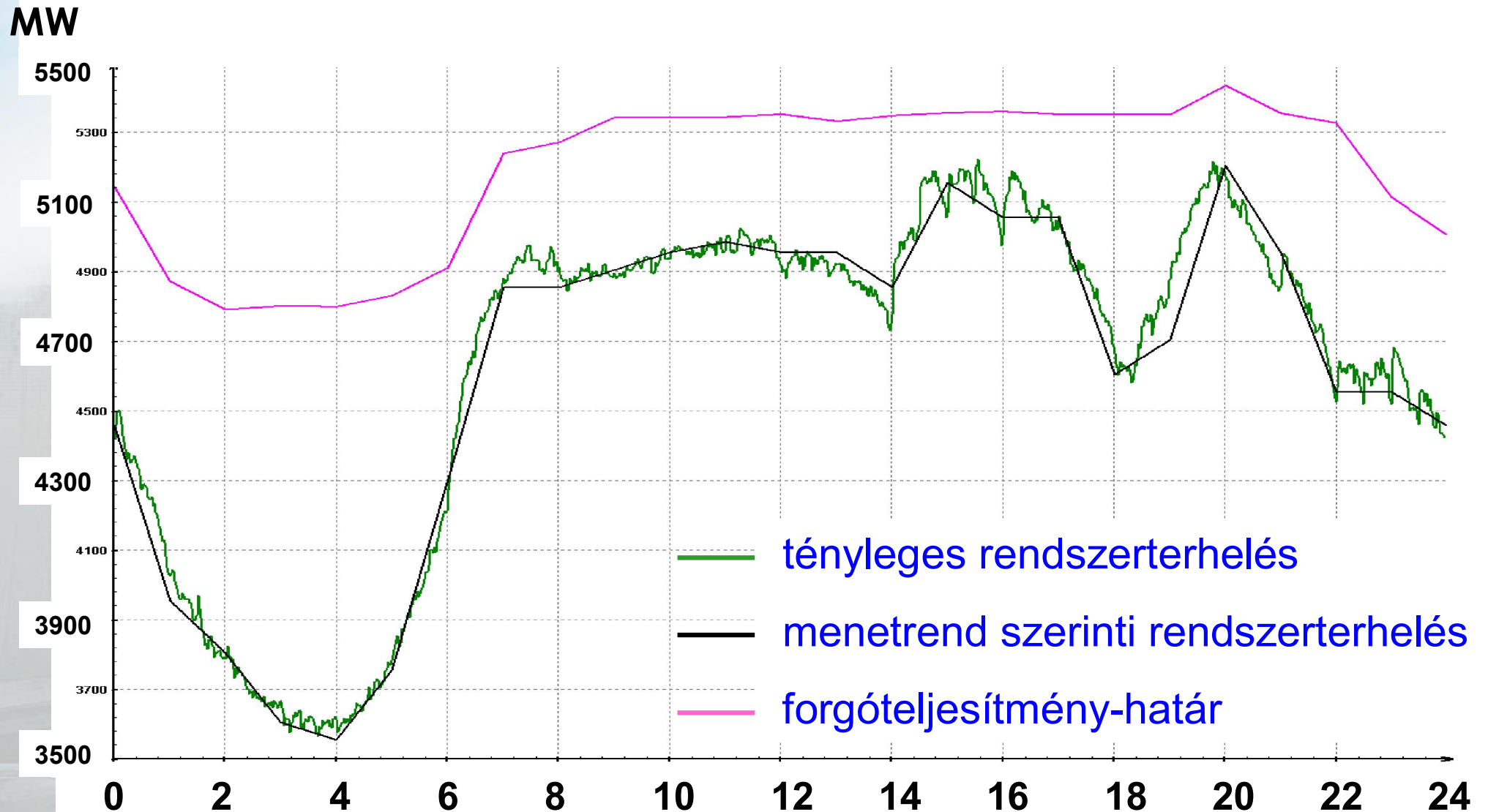
- Üzemzavari fel: 386 MW
- Perces forgó tartalék (fel és le irányban): 11 MW
- Órás tartalék fel irányban(1 paksi reaktor telj.): 471 MW

Összegezve:

- Fel irányban: primer+szekunder+üzemzavari+perces+órás:
 $40+346+386+11+471 = \mathbf{1253 \text{ MW}}$
- Le irányban: primer+szekunder+perces:
 $40+346+11 = 397 \text{ MW} \approx \mathbf{400 \text{ MW}}$

A menetrendkövetés

példa: 2003. szeptember 10., szerda



Témakörök (2)

- Nagy rendszerüzemzavarok és kihatásai
- SQRA felfogás és jelentősége
- Mérnökség, etika és villamosság
- Smart Grid

2003. őszi nagy rendszerkiesések

1. 2003. aug. 14 USA + Kanada
2. 2003. szeptember 23. Dél-Svéd és Kelet-Dán kálózat
1,5 millió fogyasztó esett ki
3. 2003. szeptember 28. Teljes Olasz rendszer leült
Kialakulása 03 óra 01-25 perc között

További „kisebb” rendszer üzemzavarok

- 2003. augusztus 27 Szlovén (Magyar, Osztrák)
- London

USA+Kanada 2003. aug. 14

16:06-16:13 között bekövetkezik mintegy **60000 MW** erőművi kapacitás kaszkád kiesése és egyes, önmagukban kiegyensúlyozott kisebb szigetek alakulnak ki.

A generátor-kiesések okai:

- a feszültség- és meddőteljesítmény-lengések miatt a gerjesztőkörök túlterhelődnek,
- a frekvenciacsökkenés (egészen 57,5 Hz-ig) következtében a hő- és atomerőművek segédüzeme leáll,
- a távvezetékek kikapcsolódása teherledobást jelent, amire a generátorok kikapcsolódnak.

USA+Kanada rendszerüzemzavar érintettjei

- USA: 8 állam (Connecticut, Massachusetts, Michigan, New Jersey, New York, Ohio, Pennsylvania, Vermont)
- Kanada: 1 tartomány (Ontario)
- Összesen 50 millió lakos
- Kiesett erőművi kapacitás:
263 erőmű 531 gépegysége, összesen 61 800 MW
- Nem szolgáltatott villamos energia: kb. 350 TWh
(Magyarország évi fogyasztásának 10-szerese)
- Becsült nemzetgazdasági kár: kb. 4 milliárd USD

USA+Kanada rendszerüzemzavar A helyreállítás időadatai

- 16 óra múlva (másnap reggel 8:00-kor) már 48800 MW fogyasztót elláttak,

de

- a Consolidated Edison-nál 29 óra múlva,
- a First Energy (Ohio) fogyasztóinak többsége részére 36 óra múlva,
- a Long Island Power Authority-nál 3 nap múlva,
- Ontario tartományban 8 nap múlva

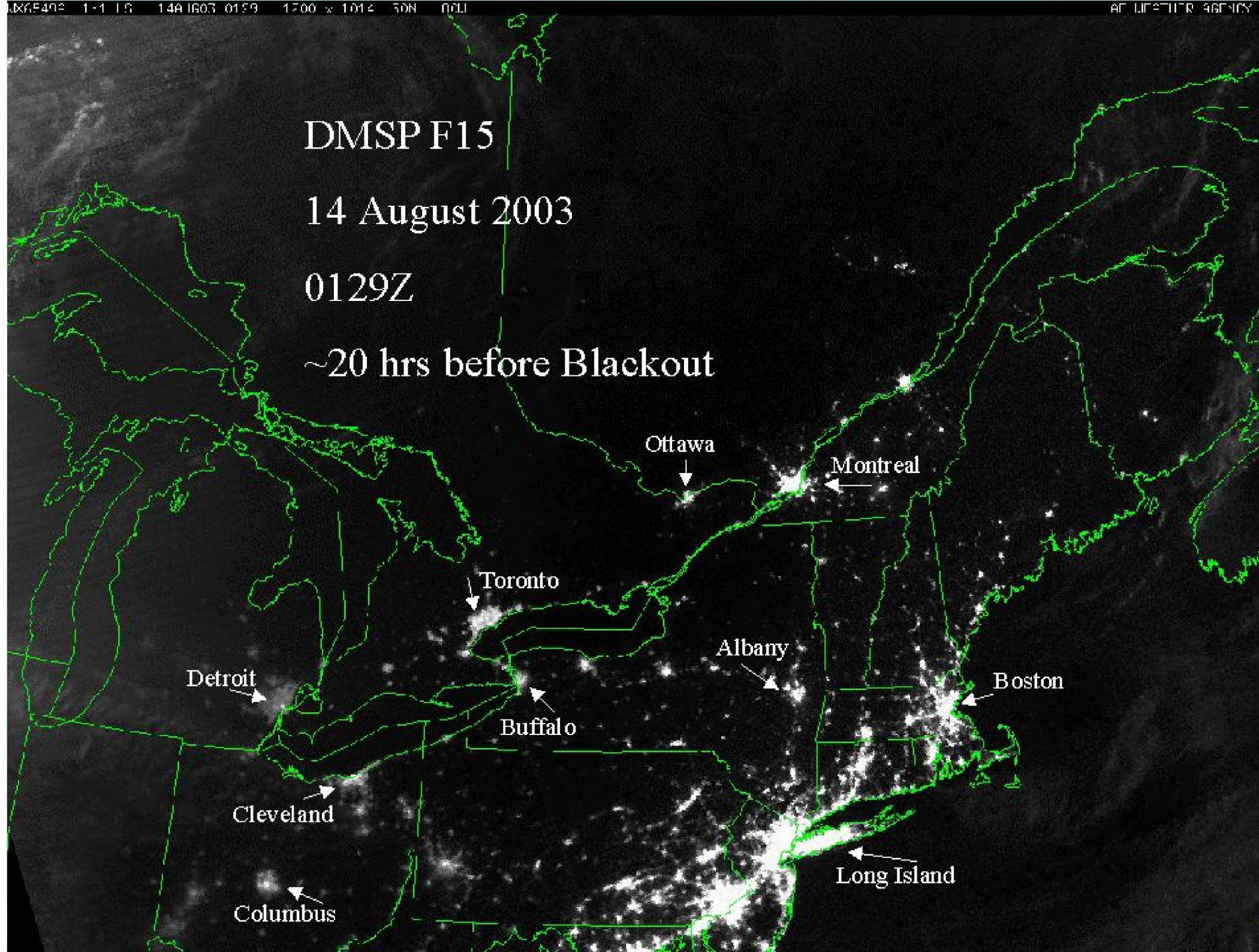
állt helyre teljesen az áramszolgáltatás.

DMSP F15

14 August 2003

0129Z

~20 hrs before Blackout

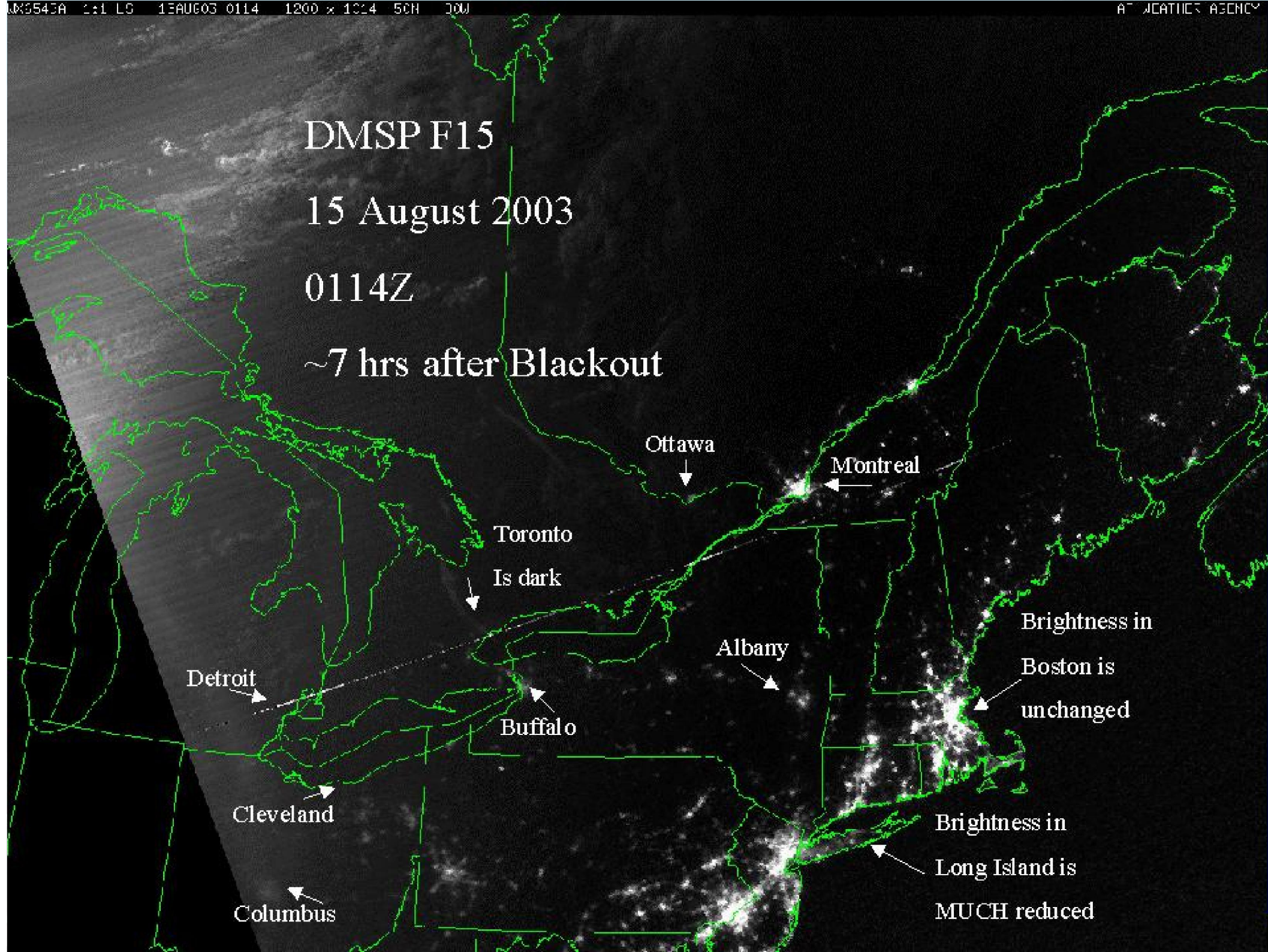


DMSP F15

15 August 2003

0114Z

~7 hrs after Blackout



Olasz rendszer-összeomlás



Időpont:

**2003 szeptember 28,
(vasárnap)**

**Kiesett
teljesítmény:
10.000 MW**

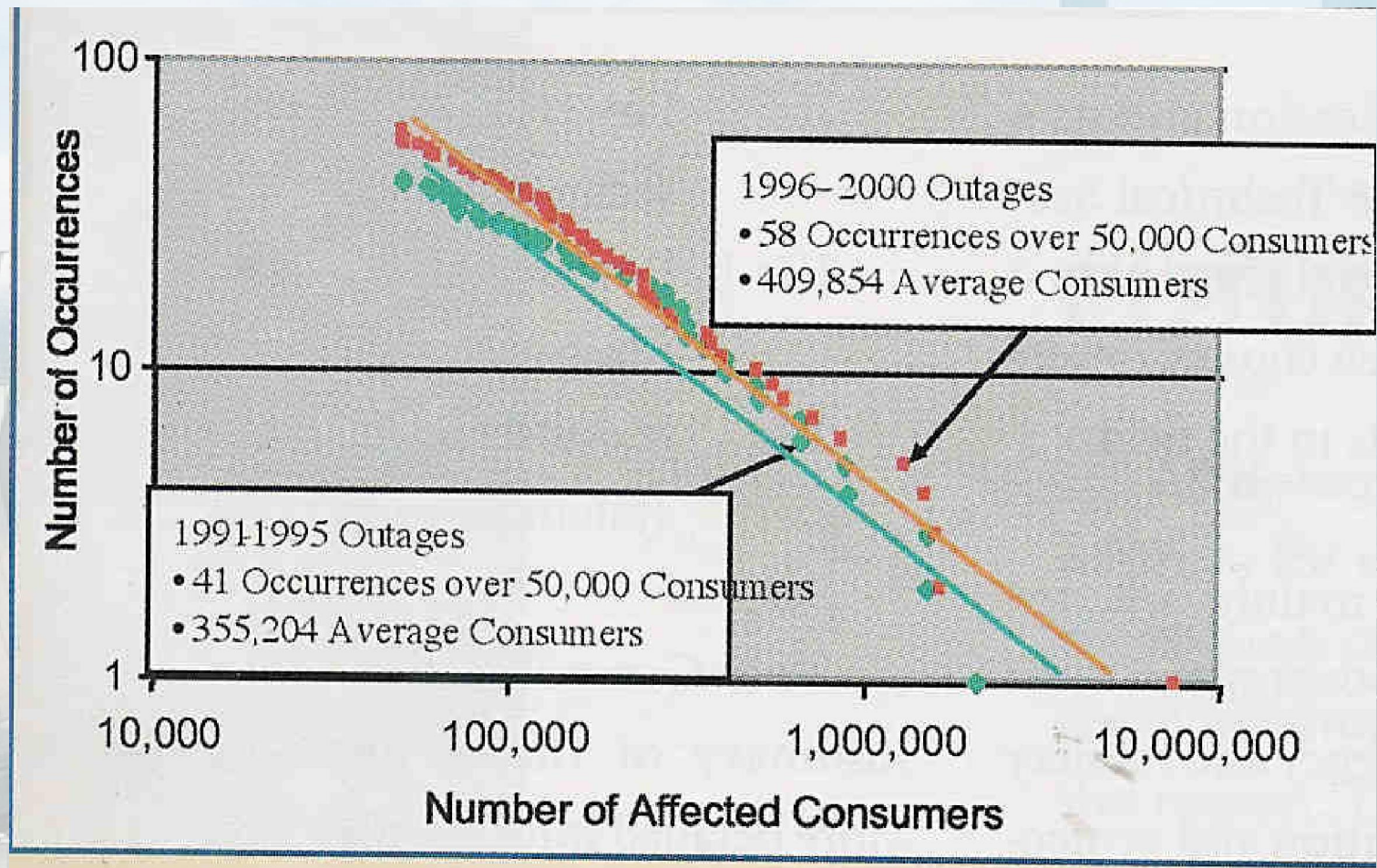
**Érintett
fogyasztók:
Teljes Olaszország**



USA-ban 1991-2000 időszakban bekövetkezett kiesések következményeinek elemzése

USA-ban 1991-2000 időszakban bekövetkezett kiesések következményei

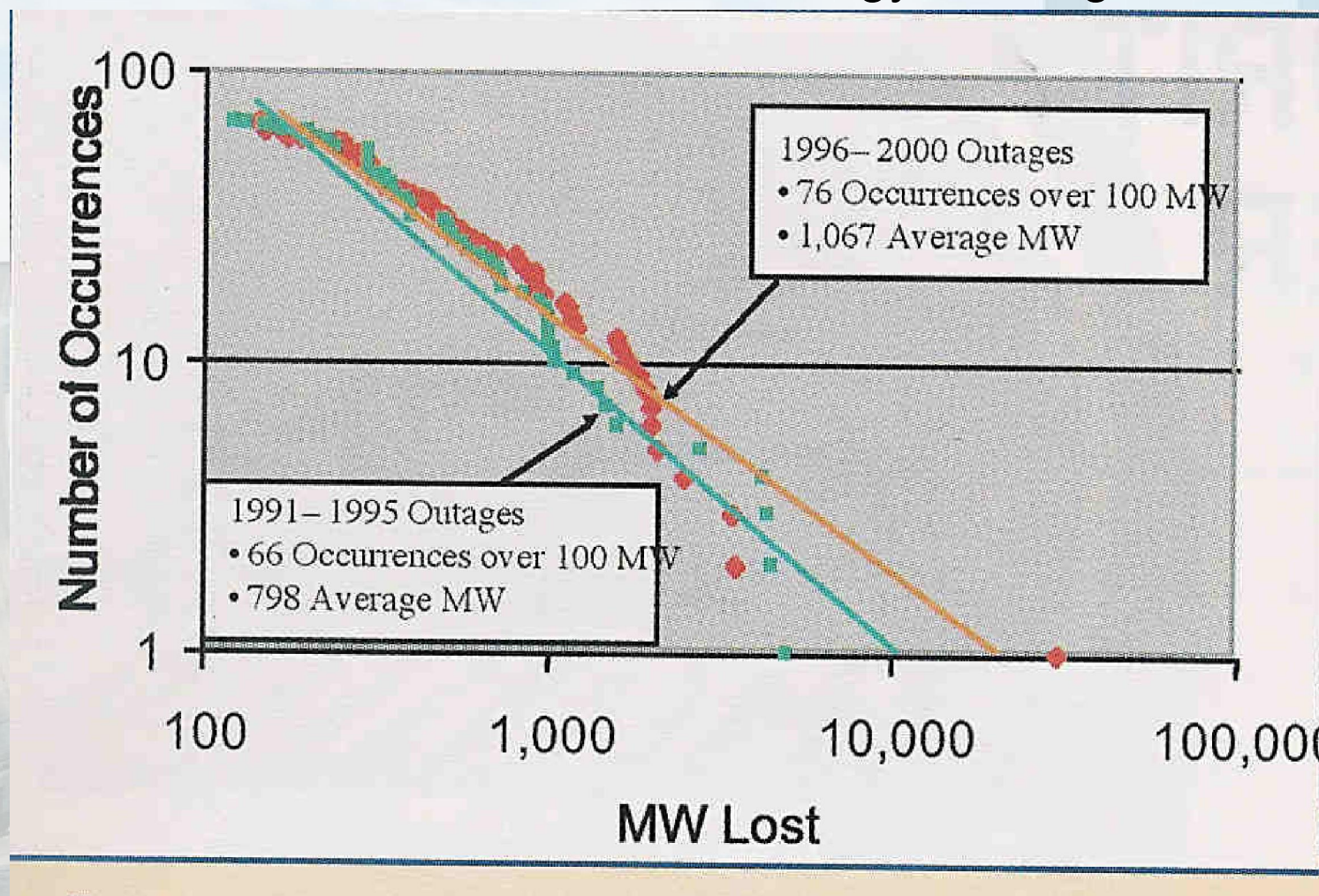
Kiesett fogyasztók száma és az előfordulás gyakorisága



A 2003-as „mega” összeomláskor: 50 millió fogyasztó kiesése

USA-ban 1991-2000 időszakban bekövetkezett kiesések következményei

Kiesett MW és az előfordulás gyakorisága



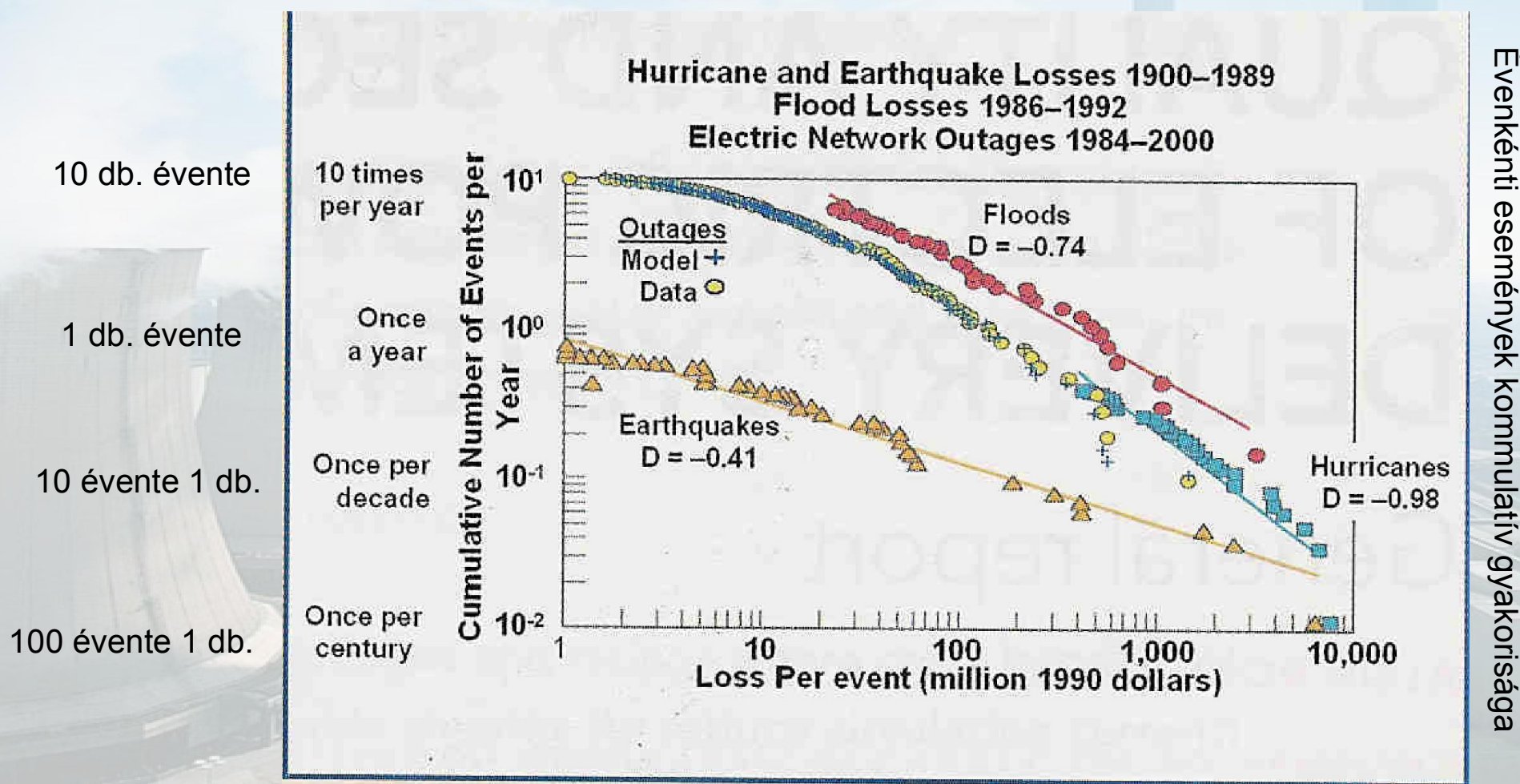
A 2003-as „mega” összeomláskor: 61.800 MW (magyar 10-szerese)

2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

Nagyobb katasztrófák gyakorisága és kára

Árvíz, hurrikán, földrengés és villamos energia kiesés
következtében fellépő károk összehasonlítása



Eseményenkénti veszteség millió dollárban (1990-es árfolyamon)

A 2003-as „mega” összeomláskor: kár kb. 4 milliárd \$

CIGRE – IEEE – PES Szimpozium

October, 2003



Villamos átviteli rendszer
misősege és biztonsága

Villamosenergia minőség

Power Quality, PQ

➤ Voltage continuity

- “reliability of supply”
long interruption

➤ Voltage quality

- Voltage variation
(slow and rapid)
- Voltage dips and short
interruptions
- Harmonics
- Transients
- Voltage unbalance
- Frequency

➤ Feszültség folytonosság:

- A szolgáltatás megbízhatósága a
hosszúidejű kimaradás alapján

➤ Feszültség minőség:

- Feszültség változás
(lassú és gyors)
- Feszültség letörés és rövid kimaradás
- Harmonikusok
- Tranziensek
- Feszültség aszimmetria
- Frekvencia



➤ **S**ecurity
of power delivery and market
system

➤ **Q**uality
of power supplied

➤ **R**eliability
of power supplied

➤ **A**vailability
of affordable energy services
Accessibility of electricity

➤ **Biztonság:**
annak a kockázatnak a foka, hogy a VER képes
túlélni egy lesekedő zavart a szolgáltatás
megszakadása nélkül (meghatározott
feltételrendszerek esetén)

➤ **Minőség:**
a szolgáltatott villamos energiáé

➤ **Megbízhatóság:**
hosszú idejű megnyugtató működés
valószínűsége (meghatározott időtartamra
vonatkozó rendszerviselkedés)

➤ **Rendelkezésre állás:**
Hozzáférés

Piaci meggondolások

A piacnak a nagy rendszerüzemzavarok bekövetkezésében játszott szerepéről tartott élénk **vita megállapítása:**

There was a lively discussion on the impact of markets on many of the problems discussed in the symposium. We should not blame the market for system problems, but rather we should find solutions to the problems and make the market pay for them.

A rendszerproblémák miatt nem kell szemrehányást tehetünk a piacnak,
de

sokkal inkább meg kell találnunk a megoldást a problémákra és el kell érni, hogy **a piac fizessen értük.**

Piaci meggondolások

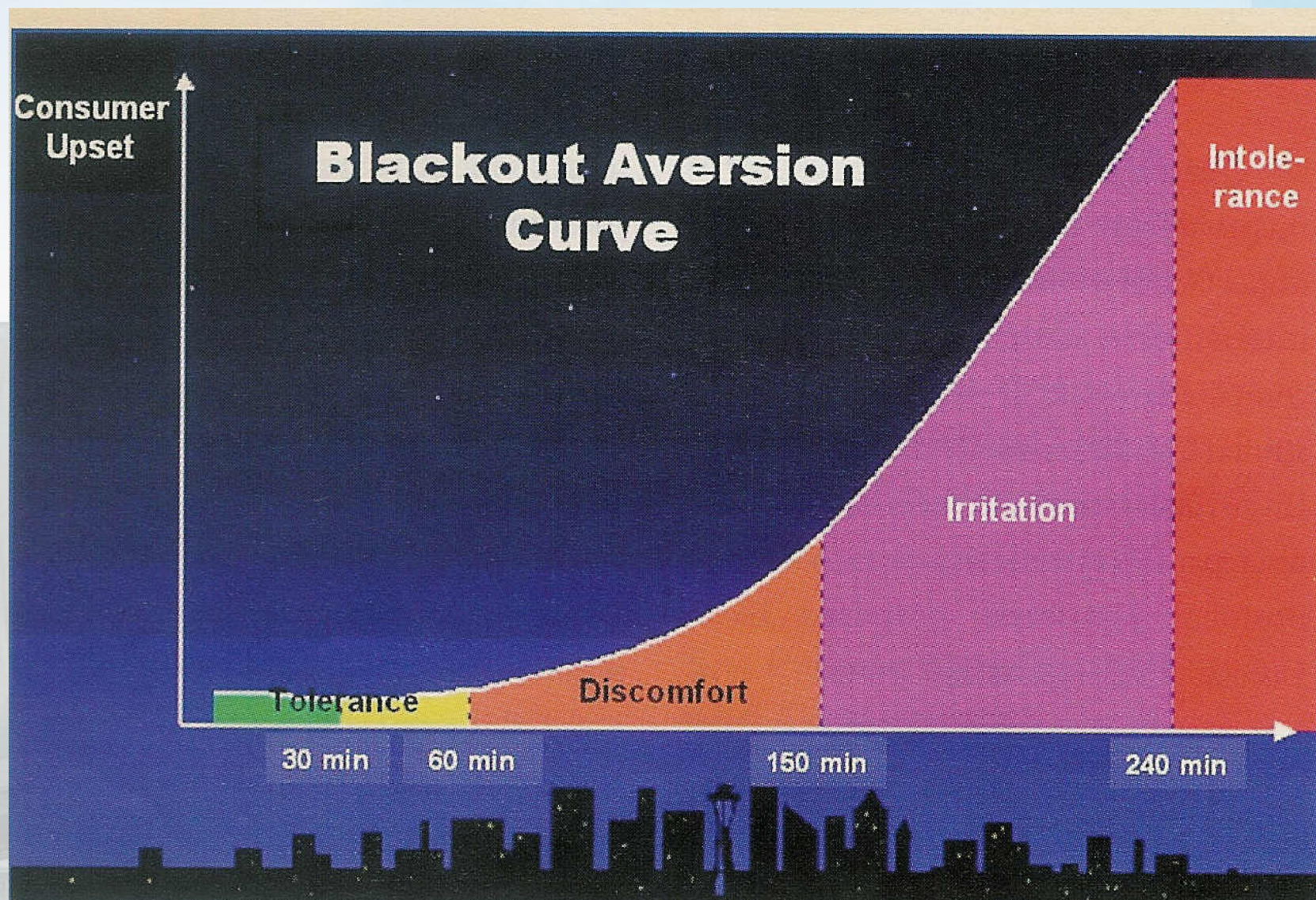
A hálózat használatáról
megegyezés kell a
következőkben:

There must be a consensus on use of grid :

- ✓ balance between markets and reliability - but tipped toward reliability
- ✓ no reliability, no markets.

- egyensúly a piac és a megbízhatóság között, de a hangsúly a megbízhatóságon van
- ha nincs megbízhatóság akkor nincs piac

Fogyasztói averzió a villamosenergia-kimaradással kapcsolatban



tolerálható

kényelmetlen

irritáló

Nem fogadható el

Engineering, Mérnökség

Ethics Etika &

Electricity

Villany

By Jack Casazza

IEEE Spectrum

2003. június 22.



Mérnökség, etika és villany

A piacnyitással kapcsolatos néhány kemény megállapítás:

- Fő cél a profit maximalizálása volt figyelmen kívül hagyva a villanyáram összköltségének növekedését.
- A mérnökök támogatták ezt szakértelmükkel, szoftverek készítésével stb., eltekintve attól, hogy ez hová vezet.
- Némely tevékenység illegális volt, mások legálisak de minden bizonnyal etikátlanok voltak.

**Mi mérnökök mellé álltunk vagy
– ami még rosszabb – aktívan
részt vettünk mint üzletemberek,
szabályzók, és politikusok
súlyos veszély okoztunk a
szolgáltató hálózatoknak USA-
ban, Európában és máshol.**

**We engineers stood by — or,
worse, actively participated — as
business people, regulators, and
politicians did serious harm to
utility grids in the United States,
Europe, and elsewhere**

Etikai felelősség

A mérnököknek osztozniuk kell a villamos energiaszolgáltató ipart ért milliárd dolláros nagyságrendű veszteségek okozásának felelőségében

Engineers must share the blame for the billion-dollar debacles in the utility industry

Deregulation I.

Until the deregulation in most parts of the world, it was typically the same organization that

generated,

transmitted,

distributed, and

sold electricity.

But

over the past decade or so, **deregulation**, especially in parts of the United States, has separated generation, transmission, and distribution in an effort to increase competition among generators and, **in theory anyway, lower costs**.

Dereguláció I.

A dereguláció előtt az a tipikus, hogy az energiát ugyanaz a szervezet

termeli,
szállítja (továbbítja),
osztja el,
és adja el.

De

Az elmúlt évtizedekben, a **dereguláció**, különösen USA-ban, elválasztotta a termelést, a szállítást és az elosztást annak érdekében, hogy növelje a versenyt és ezzel – **elvileg csökkentse az árat.**

Dereguláció II.

A gyakorlatban a dereguláció azt feleltette, hogy a hagyományos szolgáltatók koncentrálták az energia termelését, szállítását és elosztását olyan nagy független társaságok létrehozásával, mint az Enron és Dynegy, amelyek a villamos energiát termelték és egyben árulták. Spot piacokat hoztak létre, lehetővé téve, hogy az energia társaságok és a nagy ipari felhasználók

licitáljanak az áramra, mint a gabonára vagy gumira.

Mostanra világossá vált, hogy a termelők és a piac szereplői rutinszerűen hoznak olyan döntéseket, amelyek számukra előnyösek, de

veszélyt jelentenek a teljes hálózat üzemére.

Intelligens hálózat

Smart Grid



USA elképzelések és lehetőségek



Elképzelések az USA Smart Grid & Smart Metering alkalmazásáról az intelligens energia használatára

IEEE konferencia:

A Smart Grid for Intelligent Energy Use

Film bemutató elérhető:

YouTube - A Smart Grid for Intelligent Energy Use

USA Smart Grid kulcsfogalmai:

- **Cél: fenttartható fejlődés környezetkimélő módon**
- **Jelenlegi környezetszennyező (40% szén) > globális felmelegedés**
- **2030-ra 40% növekedés várható a villamosenergia felhasználásban**
- **Jelenlegi technológia 50 éves**
- **Megoldás felé vezető technológia **Smart Metering****
 - Kétirányú kommunikációval
 - Szolgáltató: fogyasztót kikapcsolhatja, visszakapcsolhatja korlátozhatja
 - Fogyasztó követheti, hogy: mennyit, mikor, mennyért fogyaszt
- **Fogyasztó visszatáplálhat, megújuló energiát termelhet**
- **Törvényi szabályozás (2007), állam-szolgáltató-fogyasztó együttműködése közös érdekeltség alapján > megvalósítás 2040-re**
- **Fenntarthatóság szép, de drága cél. Nincs alternatívája**
- **Meg tudjuk-e engedni ???**

Nem hangzik el a „market”, piac!

Európai Technológia

Smart Grids



European Smart Grids

European Technology Platform

Vision and Strategy for Europe's Electricity
Networks of the Future

EUR 22040, 2006

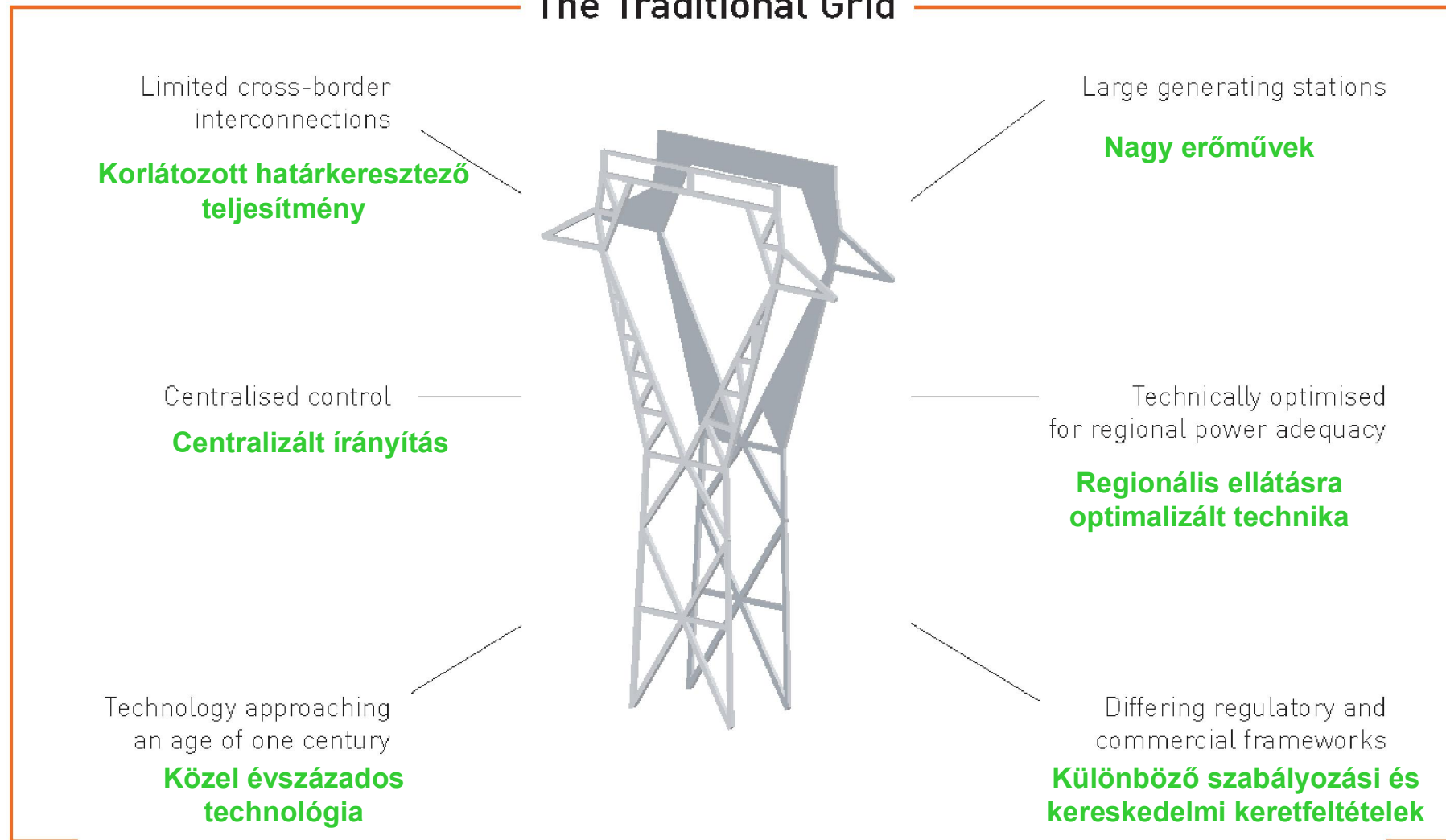
Strategic Research Agenda for Europe's
Electricity Networks of the Future

EUUR 22580, 2007

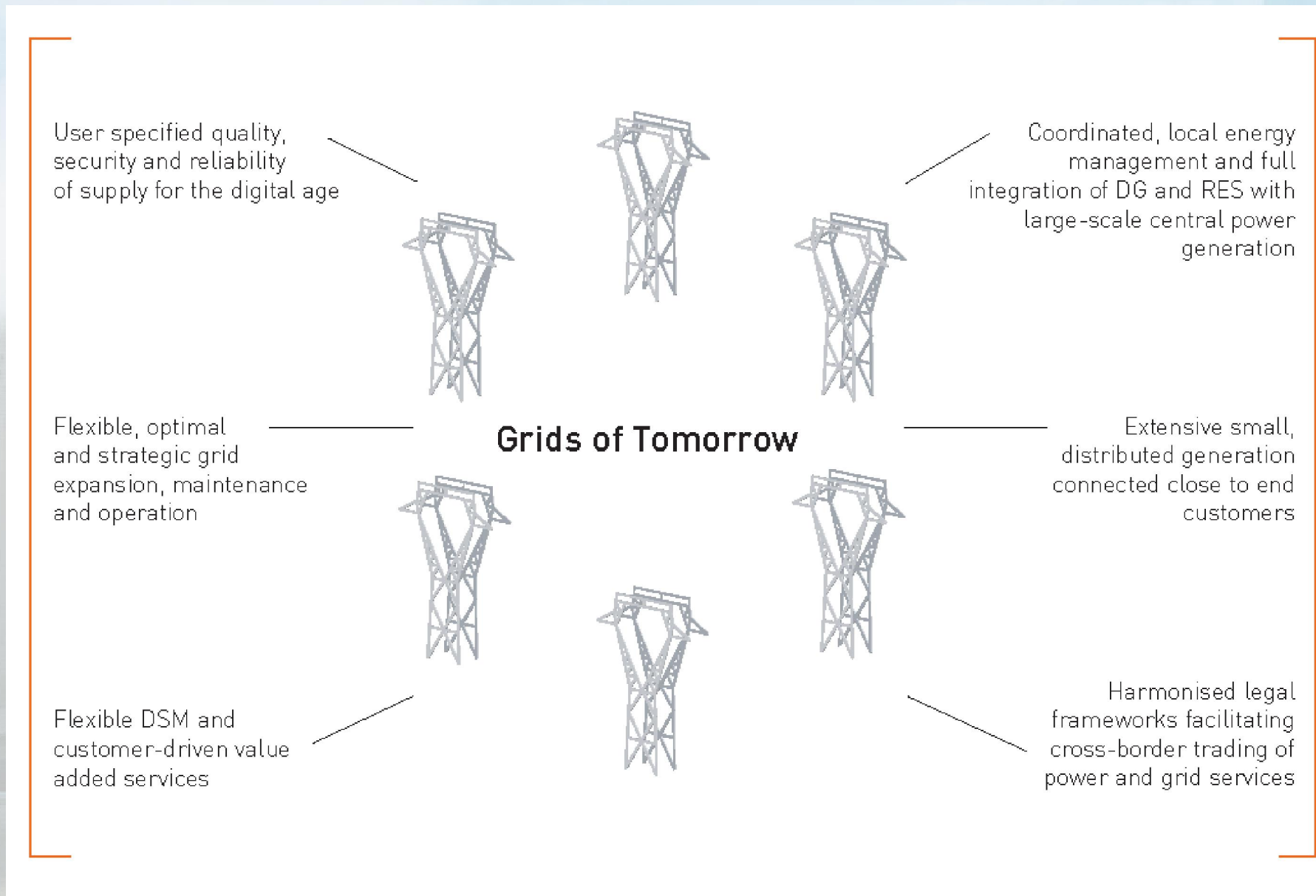
Internet: <http://europa.eu.int/comm/research/energy>

Hagyományos villamos hálózat

The Traditional Grid



A holnap villamos hálózatai



Intelligens hálózat víziója

SmartGrids: The Vision

Europe's electricity networks in 2020 and beyond will be:

- **Flexible:** Fulfilling customers' needs whilst responding to the changes and challenges ahead;
- **Accessible:** Granting connection access to all network users, particularly for RES and high efficiency local generation with zero or low carbon emissions;
- **Reliable:** Assuring and improving security and quality of supply, consistent with the demands of the digital age;
- **Economic:** Providing best value through innovation, efficient energy management and 'level playing field' competition and regulation.

A holnap intelligens hálózata

Európa villamos hálózata 2020-ra elképzelt víziója

- **Megbízhatóság:** a digitális kor követelményeinek megfelelő felhasználó által meghatározott minőség, biztonság és megbízhatóság.
- **Rugalmasság:** optimális a hálózat kibővítésére, karbantartására és üzemeltetésére.
- **Flexibilitás:** az igény szerinti menedzsment (DSM), felhasználó által megszabott értéknövelő szolgáltatások szempontjaira.
- **Koordináció képesség:** a helyi energia menedzsmenthez és a DG és RES teljes integrálásához a nagy centrális erőművi termelés rendszerébe.
- A **végfelhasználók közelében** csatlakozó **kis DG** kiterjedt befogadása.
- **Harmonizált törvényi keretek:** a határkeresztező teljesítmények, az energia kereskedelem és a hálózati szolgáltatások elősegítésére.

DSM = Demand Side Management, Igény szerinti menedzselés

DG = Distributed Generation, Elosztott energiatermelés

RES = Renewable Energy Source, Megújuló energia forrás

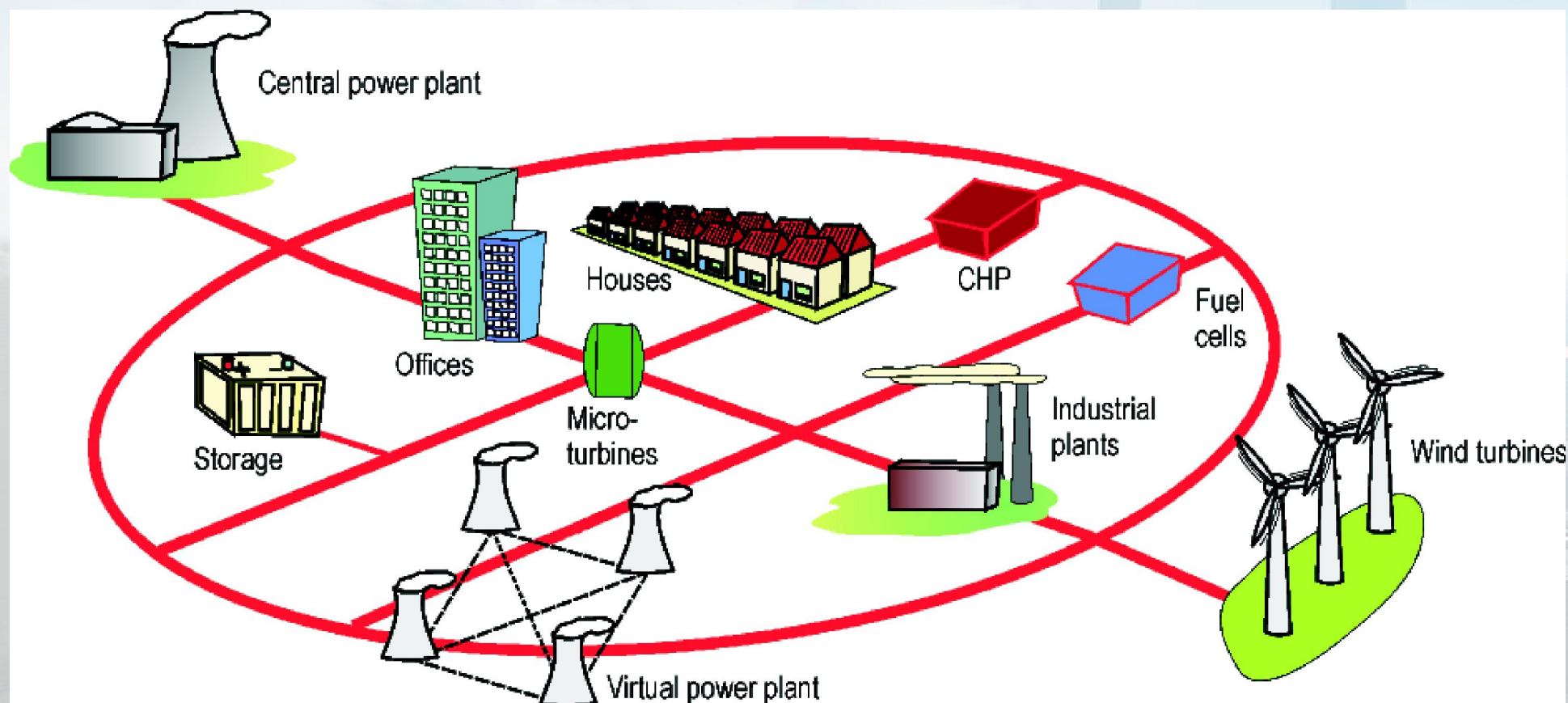
A jövő hálózatának víziója



2010. 02. 27.

Budapesti Szkeptikus Konferencia

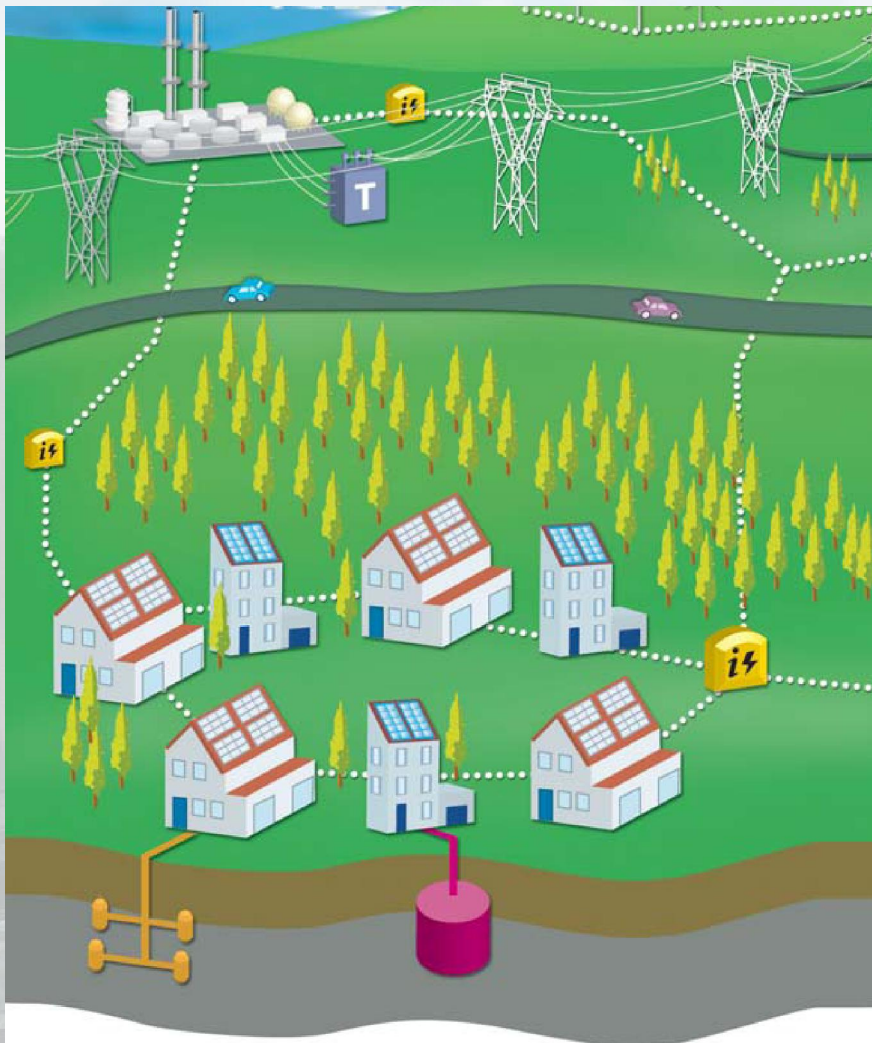
Smart Grid – Intelligens villamosenergia-rendszer elképzelt struktúrája



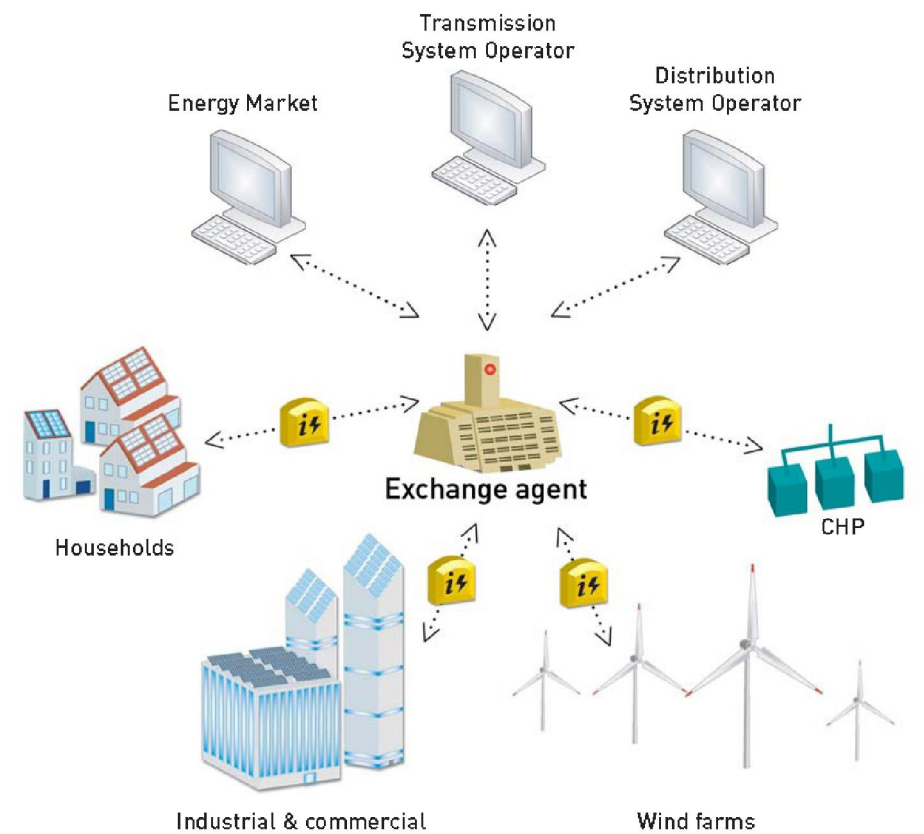
Központi és elosztott (DG) termelés együtt

A jövő hálózatának víziója

Virtuális szolgáltató (erőmű)



Virtuális villamos piac



Internet stílusú inspiráció

A jövő villamos hálózatának egyik lehetséges modellje **analóg lehet az internettel** abban az értelemben, hogy a döntéshozatal elosztott és kétirányú. Ezt a felfogást alkalmazva a **hálózat irányítás** olyan irányba haladhat, amely a csomópontok között **elosztott** az egész rendszerre kiterjedően. **Nem csak** egy adott fogyasztót ellátó **termelő változhat** az idő során, hanem a hálózati használat is változhat mivel a **hálózat önmaga határozza meg a konfigurációját**.

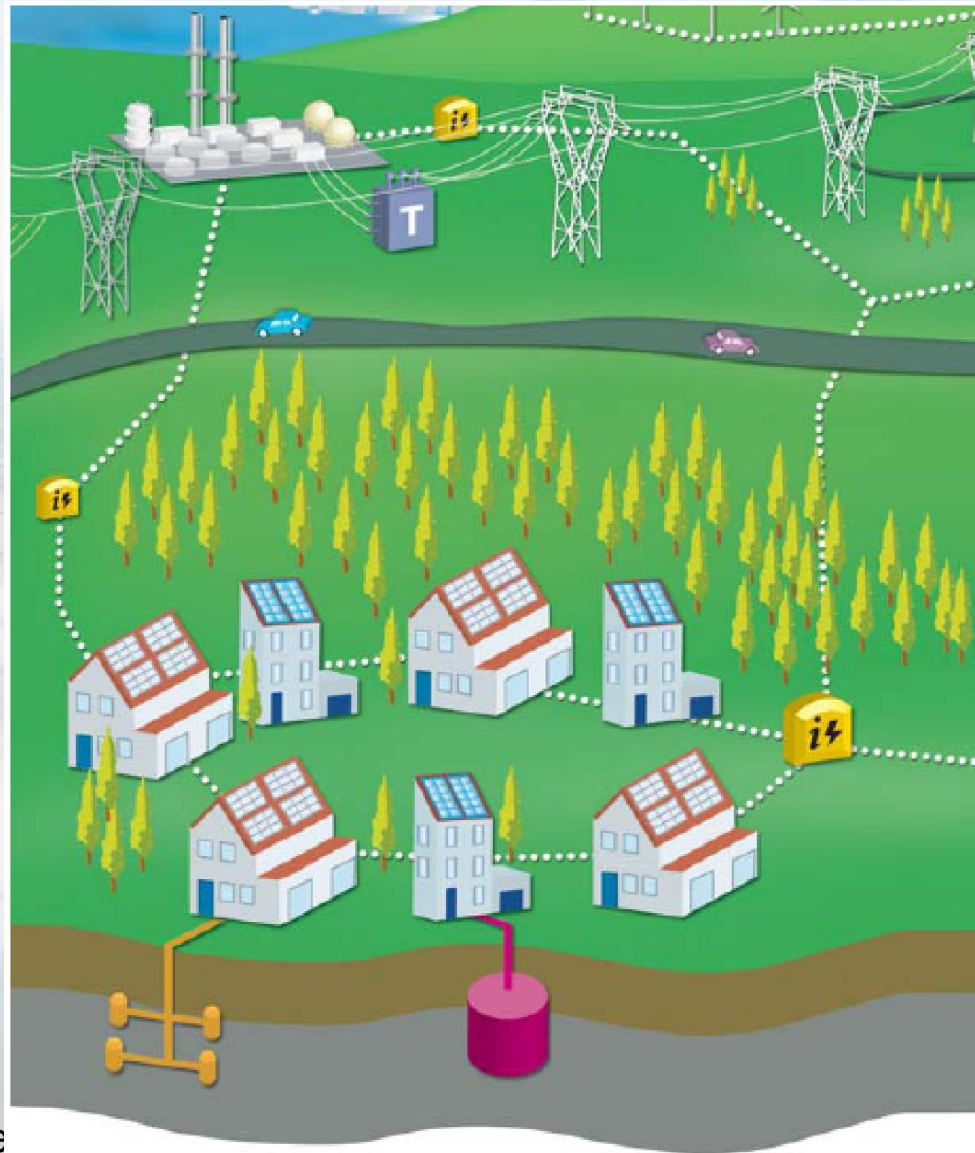
Ilyen típusú hálózat megkönnyíti a befogadását a **DG, RES, DSM és a rugalmas energia tárolást,, valamint** lehetőséget biztosít az új típusú készülékek és szolgáltatások befogadására, amelyhez szükségesek a protokollok és szabványok bevezetéséhez.

Virtualis szolgáltatók (virtuális energia piac)

Az internet típusú model struktúrája és annak információs és kereskedelmi képessége elfogadott mint maga a hardver. Az energia értékesítés és szállítás kijelölt csomópontok között történik.

A **forrás** lehet akár hagyományos generátor, RES vagy tároló , amelyet a szolgáltató határoz meg.

A rendszer **modern információ-technológiával**, fejlett ipari elektronikával és hatásos tárolással van ellátva.



Reagálás az igényekre I.

- Fogasztó centrikus megközelítés: növekvő érdekeltség a villamos piac lehetőségeiben, értéknövelő szolgáltatások, flexibilis energia iránti igény, kisebb ár, mikrogenerátoros termelés lehetősége;
- Villamoshálózatok megújítása és innováció: hatásos vagyonszármazékos menedzsment, jobb szolgáltatás minőség az automatizálás fokának növelésével; rendszerméretű távszabályozás használata, beruházások az elavulás megelőzésére;
- Ellátás biztonság: a hagyományos energiaforrásokhoz korlátozott primer energia, flexibilis tárolás; nagyobb megbízhatósági és minőségi követelmények a hálózati és termelési kapacitások növelése;
- Liberalizált piac: a liberalizálás követelményeinek és lehetőségeinek megválaszolása új termékek és szolgáltatások kifejlesztésével és megengedésével; nagy igényrugalmasság és szabályzott árrugalmasság valamint előrelátható tarifák; likvid piac;

Reagálás az igényekre II.

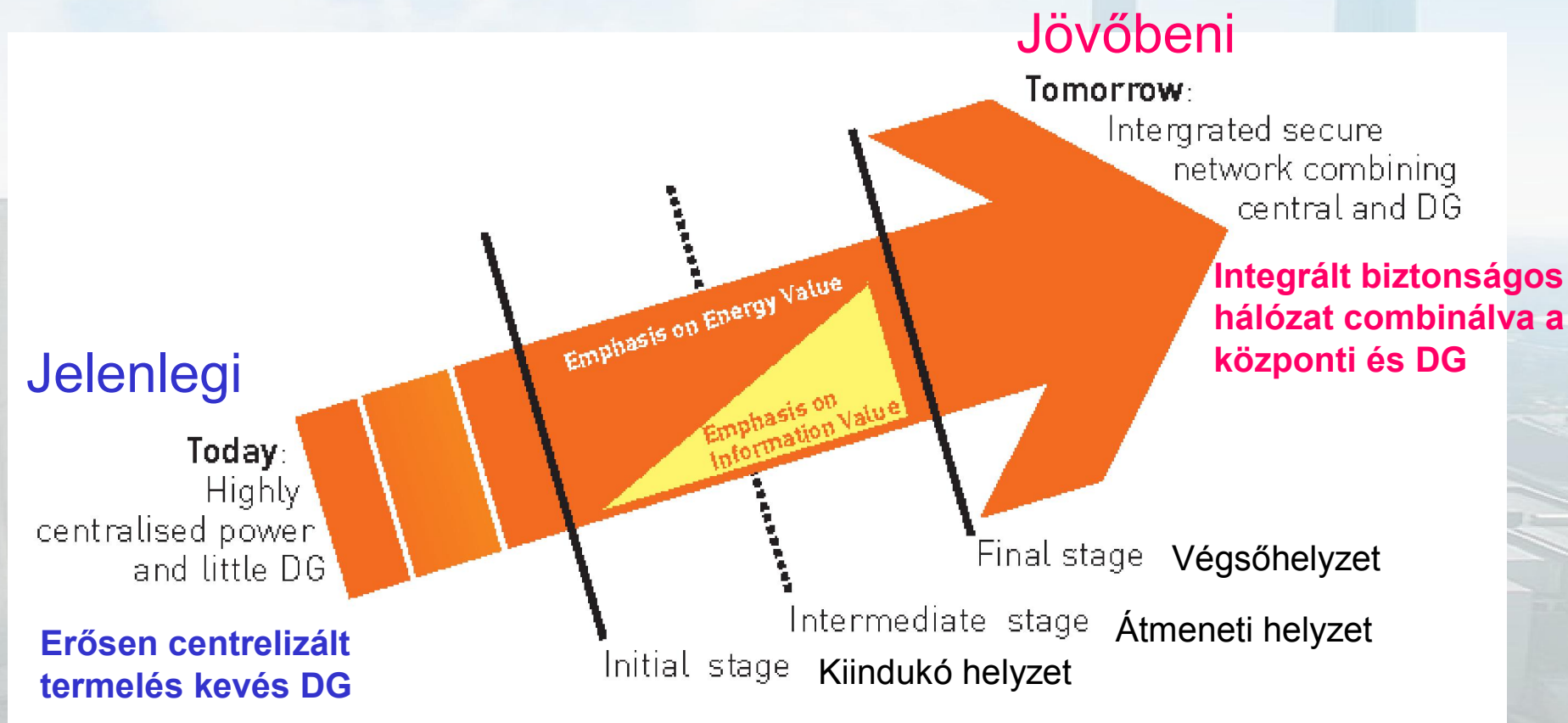
- Az európai villamos hálózatok együttműködése, (interoperabilitás): a belső piac bevezetésének támogatása; a határkeresztező és tranzit hálózatok torlódásának hatásos menedzselése; a megújuló energiaforrások nagy távolságú átvitelének és integrálásának megjavítása; az európai energiabiztonság megerősítése a transzfer képességek növelésével;
- **Elosztott termelés (DG) és megújuló energia források (RES):** helyi energia menedzsment, veszteség és kibocsátás csökkentés; a villamos hálózaton belüli integráció;
- **Concentrált termelés:** a működő erőművek megújítása; hatásfok javítás biztosítása; a rendszerszintű szolgáltatások flexibilitásának növelése; a RES és DG integrálása

Reagálás az igényekre III.

- **Környezeti szempont:** Kyoto Protokol céljai elérése; ennek kihatása az energia tranzitre Európában; veszteségek csökkentése; szociális felelősség növelés és fenntarthatóság; a vizuális hatások csökkentése és terület használat kérdései; új infrastruktúra engedélyezési idejének csökkentése;
- **Igényoldali menedzselés (DSM):** stratégiák kifejlesztése a helyi igények befolyásolására és terhelés szabályozásra az elektronikus mérés és **automatikus mérő menedzselő rendszerrel**;
- **Politikai és szabályozási szempontok:** politikák és keretek folyamatos fejlesztése és harmonizálása az Európai Unió viszonylatában;
- **Szociális és demográfiai szempontok:** az idősödő társadalom növekvő kényelmi és életminőség igényeinek figyelembevétele.

Ármeneti folyamat

Az aktív menedzsment kialakítása



Szükséges beruházás összege

Global investments required in the energy sector for 2003-2030 are an estimated \$16 trillion, according to the IEA. In Europe alone, some €500 billion worth of investment will be needed to upgrade the electricity transmission and distribution infrastructure.

Szükséges beruházás összege IEA¹⁾ szerint a villamos átviteli és elosztó infrastruktúrára 2003 és 2030 között

Világméretben: 16.000 milliárd USD

Európában: 500 milliárd € (125.000 milliárd Ft)

Magyarországra jutó (UCTE arányos 2 %) rész:

2.500 milliárd Ft/27év

93 milliárd Ft/év

Megjegyzés: 1) Nemzetközi Energia Ügynökség

EU célkitűzések 2020-ra

Három „e”:

- **Economic = Gazdaságos (fogyasztó)**
- **Efficient = Hatásos (erőmű)**
- **Environment = Környezetkímélő**

Hámszor 20 %:

- **20% energia megtakarítás**
- **20% kibocsátás csökkentés**
- **20% megújuló a termelésben**

The background image shows a large industrial facility, likely a power plant. On the left, there are several large, white, hyperboloid cooling towers. To the right, there are tall, dark smokestacks. The sky is blue with some white clouds. The overall scene is hazy, suggesting a distant or elevated viewpoint.

Napkollektor alkalmazási példa

Csúcsteljesítmény: 40 MW

Energia fórum 2008 április

**10,000 SOLAR
GIGAWATTS**

This would require that by 2050 about 50,000 TWh of power would be generated annually from sustainable sources.

to be Concentrating Solar Thermal Power (CSP) technology, combined with high temperature heat storage for night operation and dispatchable capacity, and with HVDC long distance transmission for world-wide distribution.

40 MW teljesítményű kollektor

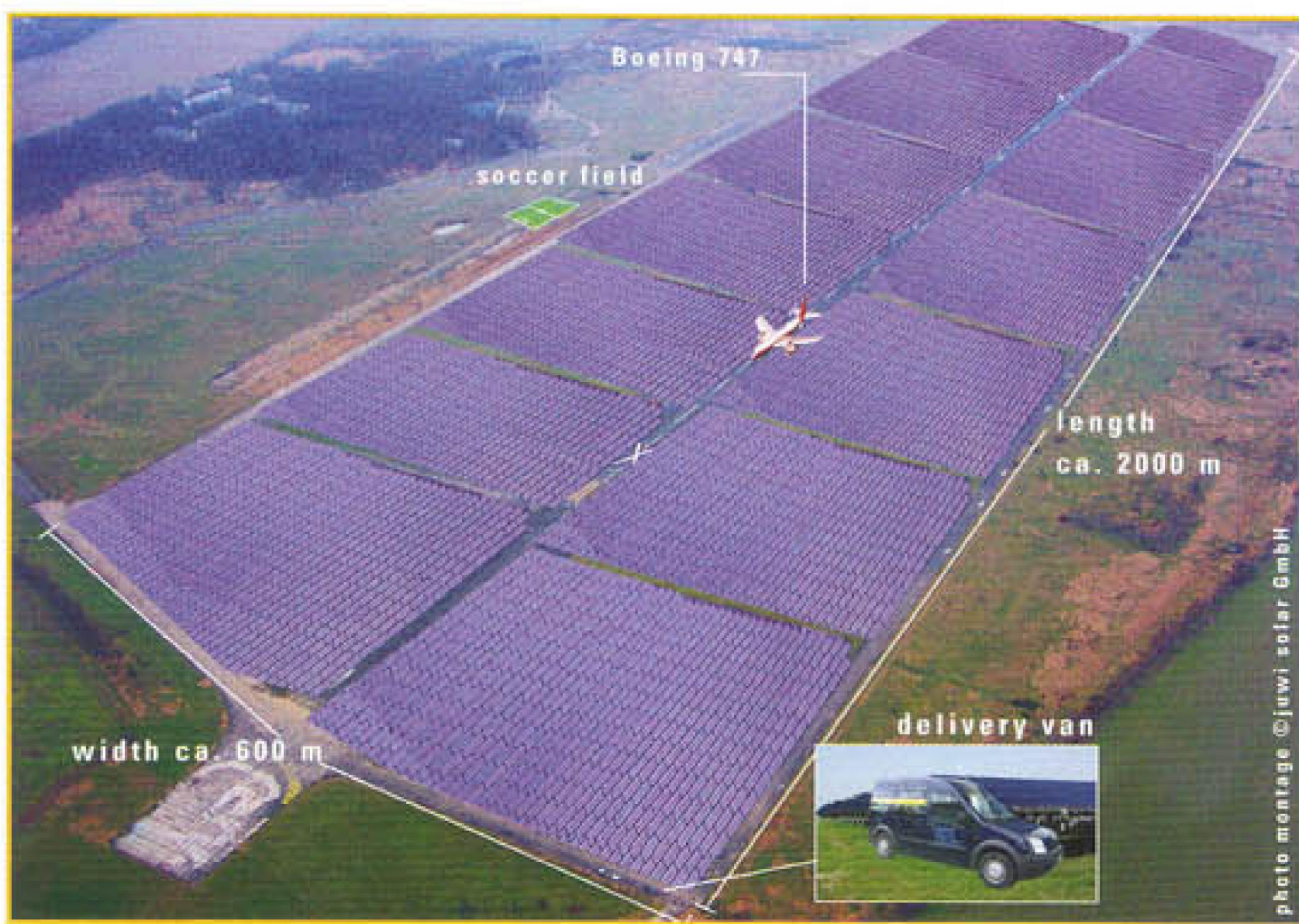


Illustration of the Waldpolenz power plant

Key Facts

Location	Former military airfield in Saxony 04821 Brandis/ 04828 Bennewitz (district of Muldental), Germany
Area of solar park	110 hectares (corresponds to 200 soccer fields)
Installed power (total)	Approx. 40,000 kilowatts_{peak}
Modules area (total)	Approx. 400,000 m ²
Number of modules/Module manufacturer/ Module type	Approx. 550,000 modules/First Solar FS-265, etc. (thin-film technology produced in Frankfurt(Oder), Germany)
Number & type of inverters	35 x SMA SC 1000 MW
Support structure	Leichtmetallbau Schletter GmbH (83527 Haag/Bavaria, Germany)
Projected energy yield (total)	Approx. 40 million kilowatt-hours a year
Pollutants prevented	Ca. 25,000 ton of carbon dioxide (CO ₂) and other greenhouse gases
Investment	Approx. 130 million euros
Owner	Private investors
Financing	Capital provided by Landesbank Sachsen
Modus of operation	Feed-in to ENVIA AG network
Feed-in tariff	33,18 to 37,96 euros cents per kWh (depending on feed-in date)
Start of construction/operation	March 2007/August 2007- 2009



Köszönöm a figyelmet!

E-mail: varju.gyorgy@vet.bme.hu