

Atomenergia: *tények és tévhit*

Budapesti Szkeptikus Konferencia
BME, 2005. március 5.

Dr. Aszódi Attila
igazgató,
BME Nukleáris Technikai Intézet

Tárgyalt kérdések

1. Az atomenergia szerepe az energetikában
2. Gazdaságossága, externális költségek
3. Sugárzás és élő környezet
4. Hulladékok, kibocsátások
5. Kockázatok
6. Drága szomszédaink

1. Az atomenergia szerepe az energetikában

Zöld megközelítés:

- „Mindössze 6% az összenergia-felhasználáson belül, szinte elhanyagolható”

Tények:

- A fejlett világ villamosenergia-ellátásában meghatározó (EU 35%, USA 20%)

Az atomenergia jelenlegi szerepe

- Az atomenergetika részesedése a villamosenergia-termelésben

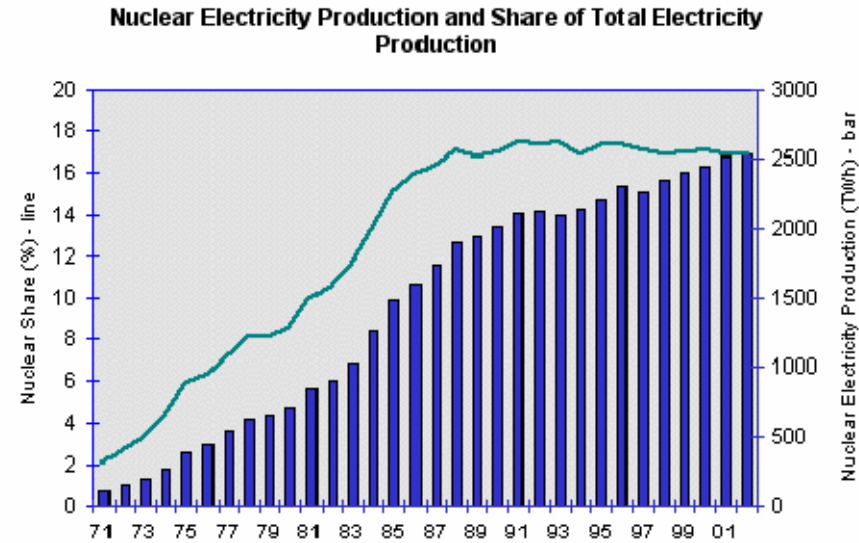
világ 16%

USA 20%

EU 35%

Magyarország 36%

- A világon 441 atomerőművi blokk üzemel (31 országban) és 36 áll építés alatt.



2. Gazdaságosság, externális költségek

Zöld megközelítés:

- „Az atomenergia drága”
- „Azért olcsó az atomenergia, mert nem fizetik meg a hulladék-elhelyezés és a leszerelés költségeit”

Tények:

- Minden fejlett ipari országban pénzügyi alapot képeznek a hulladék-elhelyezés és a jövőbeli leszerelés finanszírozására, amelynek költségei benne vannak az atomerőművi villamos energia árában

2. Gazdaságosság

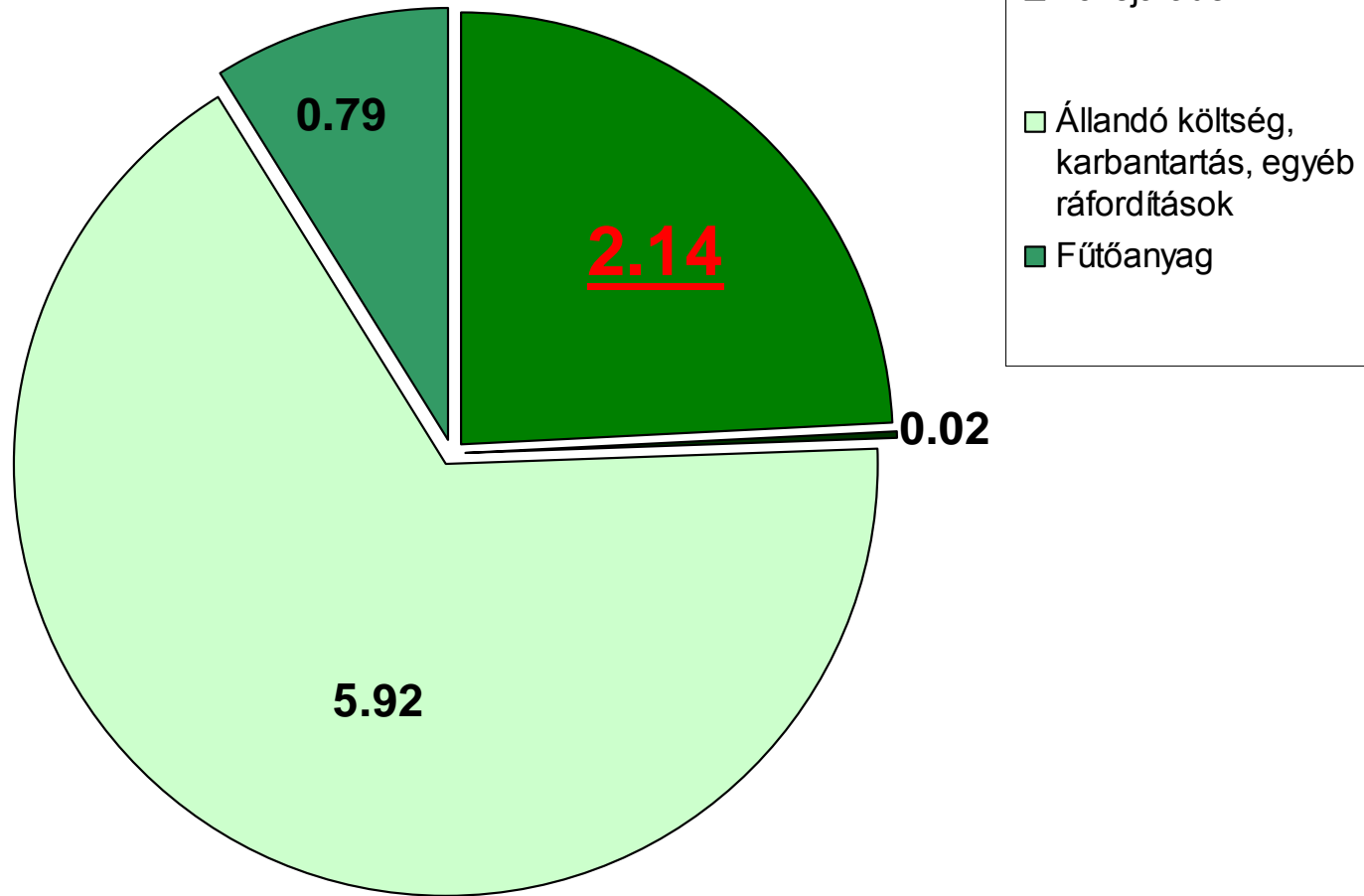
- Tények a villamosenergia-ellátás költségeiről:
 - A nukleáris energiatermelés **gazdaságos**, versenyképes.
 - Az **üzemanyag készletek stabil áron**, politikailag stabil országokból.
 - **Hosszú távú árstabilitás**: az áramárban csak 10-15% az üzemanyag-költség.

	áramár eurocent/kWh	üzemanyag költséghányad
atom (1)	2,47	10%
szén (3)	3,28	48%
gáz (2)	3,06	76%
fa (4)	3,96	44%
szél (5)	5	0%

2. Externális költségek

A paksi áram árösszetétele 2004-ben (Ft/kWh)

Összesen 8,87 Ft/kWh



3. Sugárzás és élő környezet

Zöld megközelítés:

- „A sugárzás roppant veszélyes az élővilágra”

Tények:

- Az élet keletkezése óta sugárözönben élünk. Az atomenergia által okozott többletterhelés elhanyagolható a természetes és az orvosi terhelés mellett



Sugárözönben élünk

- Természetes dózisterhelés (magyar átlag)
 - a) Kozmikus háttérsugárzás
 - b) Saját szervezetünkben levő radioaktív izotópok sugárzása
 - c) Földből eredő sugárzás

a) Kozmikus sugárzás a tengerszinten	0,35 mSv/év
<i>Kozmikus sugárzás a tengerszint felett 100 m-enként</i>	<i>+0,02 mSv/év</i>
b) ^{40}K testben és környezetben	0,33 mSv/év
^{14}C testben és táplálékban	0,05 mSv/év
^{87}Rb testben és táplálékban	0,06 mSv/év
c) U-család tagjai a környezetben	0,10 mSv/év
Th-család tagjai a környezetben	0,16 mSv/év
Rn belélegezve	1,00 - 2,00 mSv/év
Magyarországon összesen	2,10 - 3,10 mSv/év

Sugárözönben élünk

- Természetes dózisterhelés (magyar átlag)

- a) Kozmikus háttérsugárzás
- b) Saját szervezetünkben levő radioaktív izotópok sugárzása
- c) Földből eredő sugárzás

Urán az ivóvízben (kb. 1 µg/liter = $2,5 \cdot 10^{15}$ darab atom)	0,06 mSv/év
Radon hatása házainkban	
<i>faház</i>	0,2 mSv/év
<i>gipsz építőanyag (1,5 g U/t)</i>	0,3 mSv/év
<i>U-dús könnyűbeton építőanyag (9 g U/t)</i>	0,7 mSv/év
<i>tégla építőanyag (3,5 g U/t)</i>	1,8 mSv/év
Radon hatása hazánkban átlagosan	1,0 – 2,0 mSv/év
c) U-család tagjai a környezetben	0,10 mSv/év
Th-család tagjai a környezetben	0,16 mSv/év
Rn belélegezve	1,00 - 2,00 mSv/év
Magyarországon összesen	2,10 - 3,10 mSv/év

Sugárözönben élünk

- Mesterséges hatások
(orvosi alkalmazások, lakókörnyezet, ipar, mezőgazdaság)

30 óra repülőút, 10 km magasan	0,1	mSv
Világító számlapú karóra	0,02	mSv/év
TV nézés, 1 óra/nap	fekete-fehér	0,01 mSv/év
	színes	0,02 mSv/év
Atombomba kísérletek maradványa (⁹⁰ Sr)	0,005	mSv/év
<i>Orvosi röntgen és sugárkezelés, átlag</i>	0,5	mSv/év
Magyarországon összesen, átlagosan	0,6	mSv/év
Átlagos összes sugárterhelés Magyarországon		
Természetes (radonnal együtt)	2,5	mSv/év
Mesterséges	0,6	mSv/év
Összesen	3,1	mSv/év
Svédországban	7	mSv/év
A világ nukleáris ipara által okozott többletterhelés	0,00015	mSv/év

A radioaktív sugárzások egészségügyi hatásai

- Determinisztikus hatások jellemzői:
 - adott küszöbdózis felett mindenképp jelentkezik, az alatt egyáltalán nem
 - a hatás súlyossága nő a dózissal
 - Fontosabb küszöbdózisok:
 - 0.1 Sv (Gy): lymphocita-szám
 - 1.0 Sv (Gy): általános tünetek; hányás, hasmenés
 - 3-10 Sv (Gy): többi szerv sérülése



A radioaktív sugárzások egészségügyi hatásai

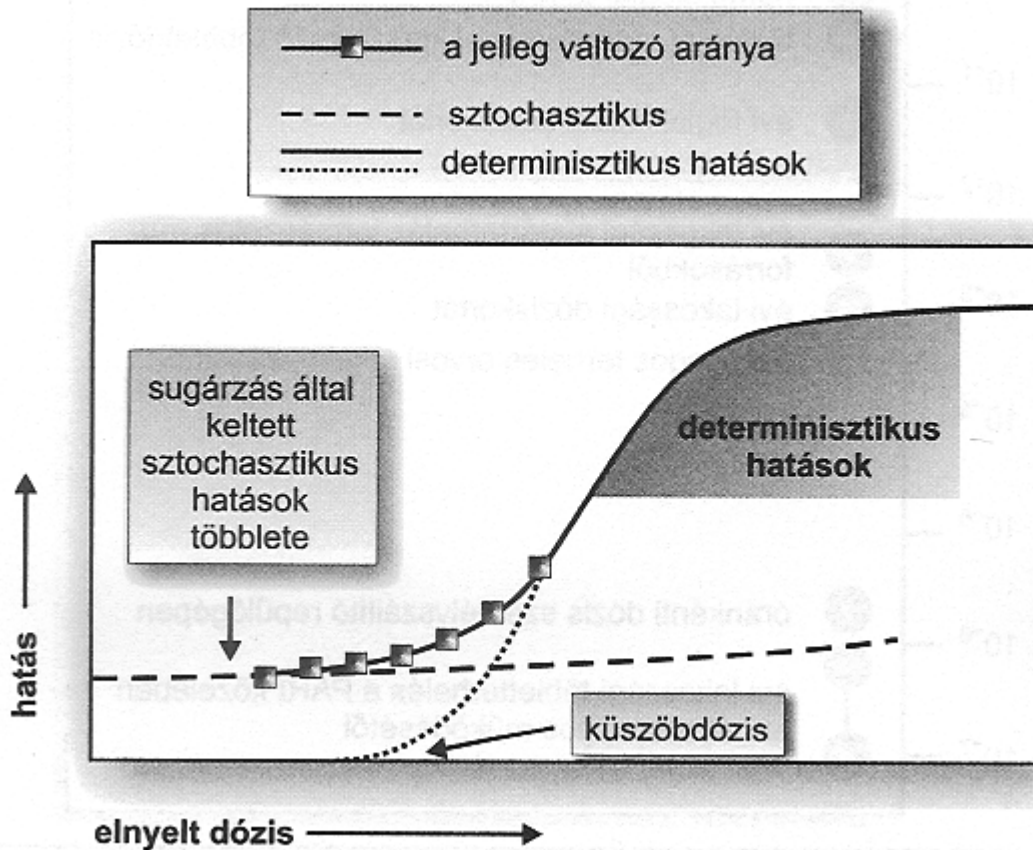
- Sztochasztikus hatások
 - valószínűségi, küszöbdózisok nélküli hatás
 - az elnyelt dózissal arányos a változás bekövetkezésének a valószínűsége, súlyossága nem.
 - A változások esetleg évtizedek múltán várhatók a sugárterheltekben, vagy ezek utódaiban.
 - Kis dózisokra nem ismerjük

Meredekség: 5% / Sv



A radioaktív sugárzások egészségügyi hatásai

- Determinisztikus és sztochasztikus hatások



Sugárzás: egy kísérlet a természetes anyagok sugárzásáról



4. Hulladékok

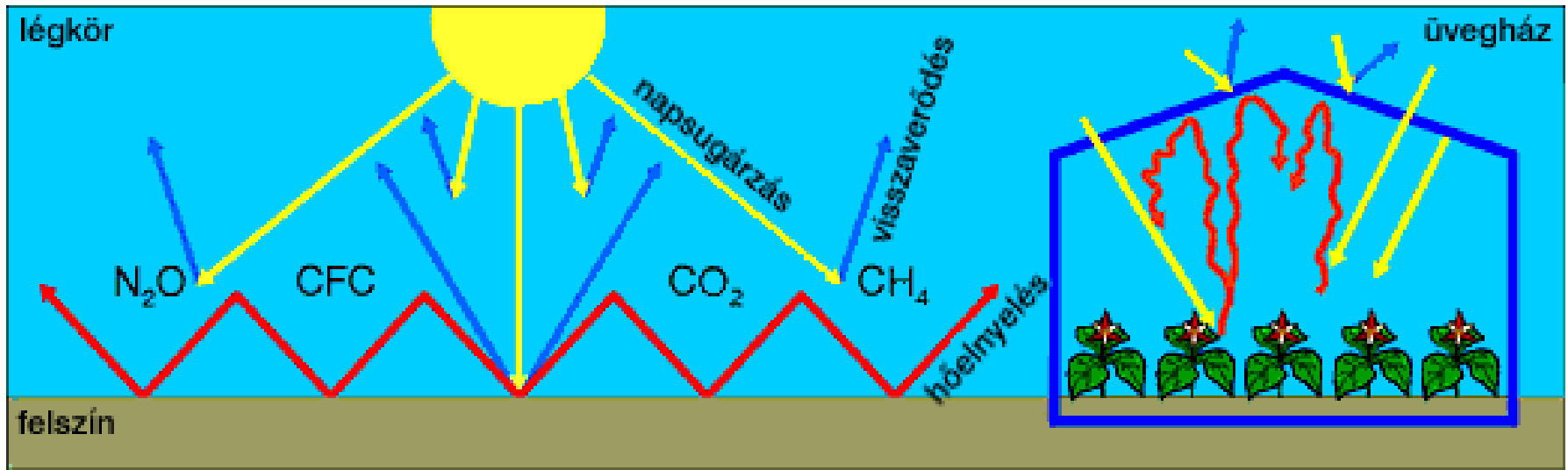
Zöld megközelítés:

- „A radioaktív hulladékok problémája sehol a világon nincs megoldva”

Tények:

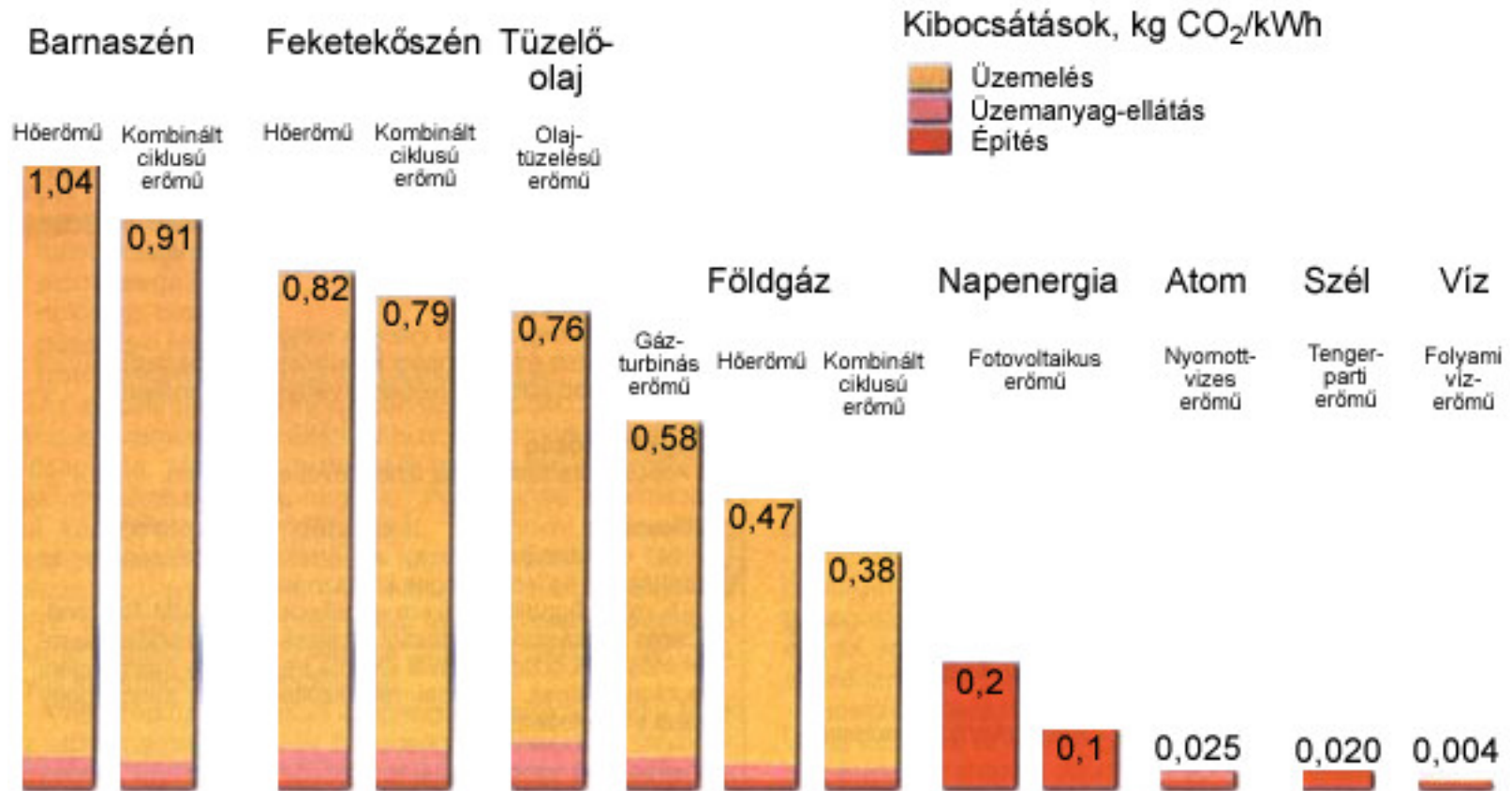
- Az atomerőművek nem bocsátanak ki üvegházhatású gázokat
- A kis- és közepes aktivitású hulladékok biztonságos végső elhelyezése sok országban jól megoldott, a technika jó és ismert.
- A kiégett atomerőművi üzemanyag sorsa (ami a törvény szerint nem hulladék) rendezendő.

Üvegházhatás



- Üvegházhatású gázok (szerepük az üvegházhatásban)
 - Szén-dioxid 50%
 - Freonok 22%
 - Metán 13%
 - Ózon 7%
 - Nitrogén-oxidok 5%
 - Vízgőz 3%

Üvegházhatás



A különböző energiatermelési módok szén-dioxid kibocsátása

Szénerőmű radioaktívanyag- kibocsátása

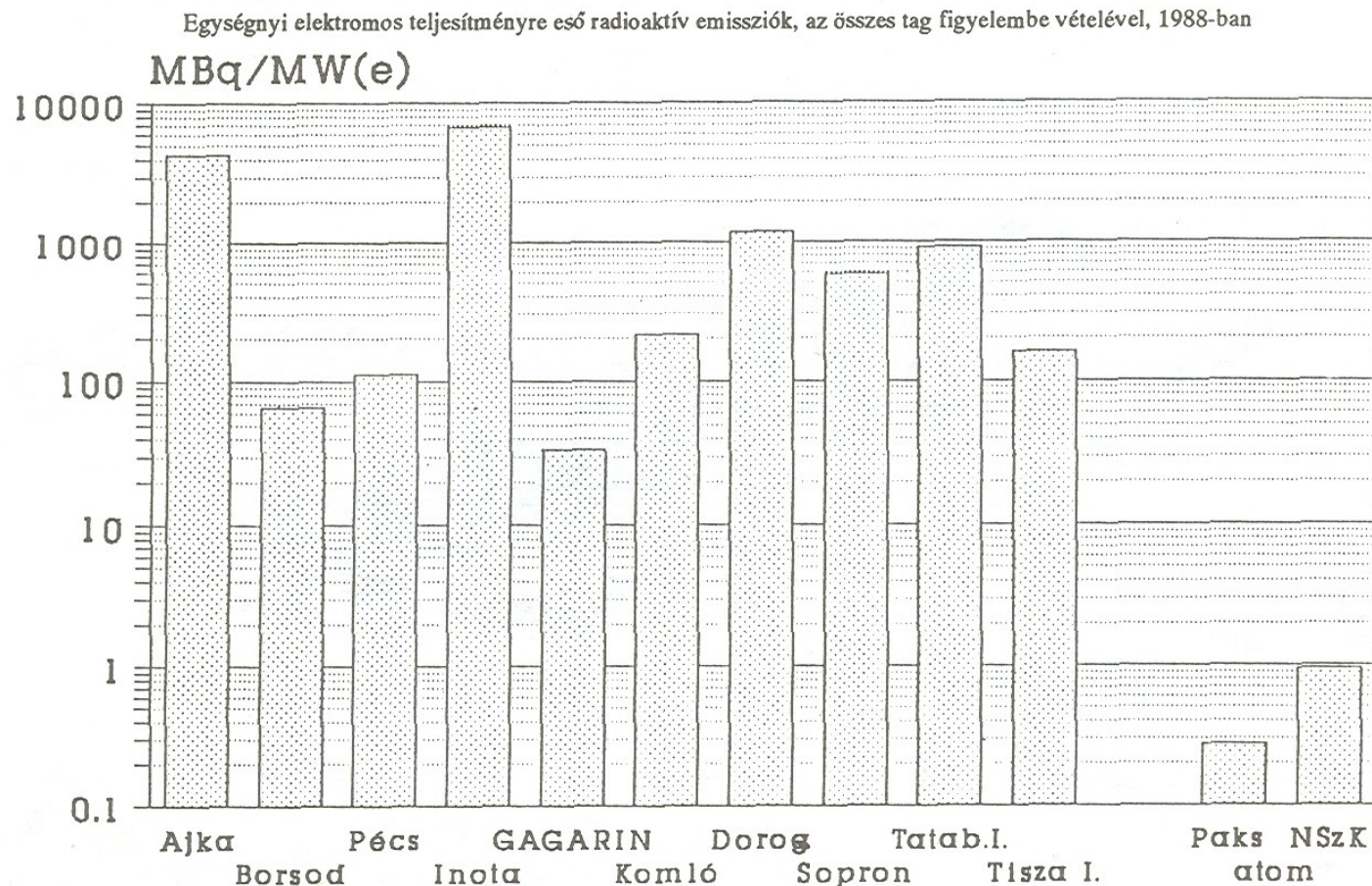
- A kőszén sok és sokféle radioaktív izotópot tartalmaz (mint minden kőzet)
 - Urán bomlási sora
 - Tórium bomlási sora
 - ^{40}K
- A szén elégetése során keletkező szilárd anyagok radioaktivitása az elégetett szén radioaktivitásától és a használt technológiától függ

Szénerőmű radioaktívanyag- kibocsátása

- A szénerőműben keletkező szilárd anyagok
 - Salak
 - A tűztér aljában összegyűlő, vagy a füstgázból még a kazántérben kihulló nagyobb szemcséjű részek
 - Vizes állapotban a zagyterre nyomják
 - Megkötése, tárolása hosszútávra nem megoldott
 - Nem csupán radioaktív anyagot tartalmaz (pl. nehézfémeket is)
 - Pernye
 - Leválasztott pernye – A füstszűrőben visszatartott szilárd anyag, por
 - Egy részét az építőipar hasznosítja
 - A többi a salakkal együtt kerül tárolásra
 - Emittált pernye – a füstgázzal távozik az erőmű kéményén
 - Kihullás
 - A füstgáz is sok egyéb, a környezetre káros anyagot tartalmaz
 - Üvegházhatású gázok
 - Szén-monoxid
 - Kén-dioxid

Szénerőmű radioaktívanyag- kibocsátása

- 1988-ben (Fizikai szemle, 1992/4)



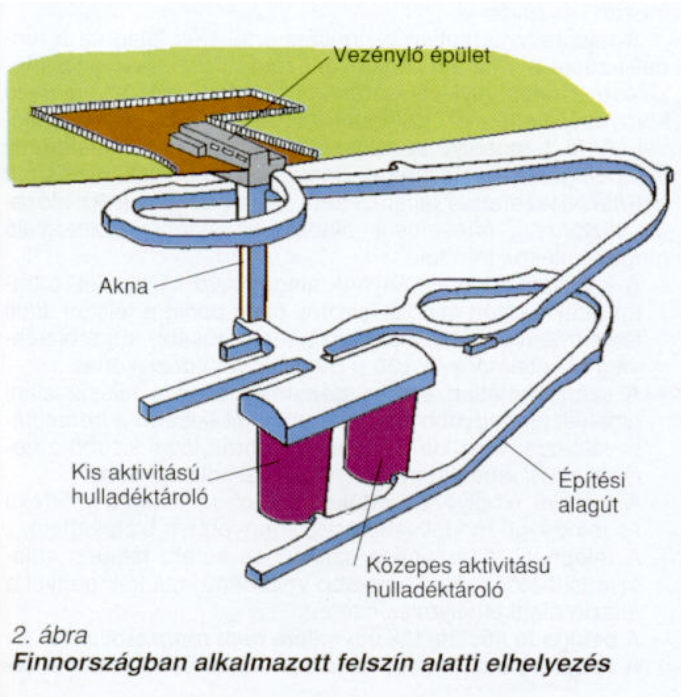
4. Hulladékok

- A Magyarországon képződő különböző hulladékek aránya



A kis és közepes aktivitású hulladékok végleges elhelyezése

Kb. 65 ilyen tároló van a világon (Franciaország, Spanyolország, USA, Japán, Csehország, Szlovákia)



5. Kockázatok

Zöld megközelítés:

- „Az atomerőművek túl veszélyesek, egy atomerőművi baleset kockázata túl nagy ahhoz, hogy azt el lehetne fogadni”

Tények:

- A kockázatok a társadalmilag általánosan elfogadott szint alatt vannak.

5. Kockázatok

„1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról^[1]

Az Országgyűlés

tekintettel arra, hogy az atomenergia békés célú alkalmazása az ipar, a mezőgazdaság, az egészségügy és a tudományos kutatások számos területén elősegíti az emberiség életfeltételeinek javítását,

figyelembe véve azonban, hogy rendeltetéstől eltérő alkalmazása károsíthatja az ember és az élővilág egészségét, illetve a természeti környezetet,

annak érdekében, hogy **az atomenergia alkalmazása által okozott kockázat ne legyen nagyobb, mint más tevékenységek társadalmilag elfogadott kockázata**, és a biztonsági követelmények betartását a nemzetközi előírásokkal is összhangban álló hazai szabályozás biztosítsa,

a lakosságnak és a környezetnek az ionizáló sugárzás káros hatásai elleni védelméről, valamint az atomenergia alkalmazásának szabályozásáról, az ezekkel összefüggő engedélyezési eljárásról, e téren a hatóságok és az atomenergiát alkalmazók alapvető feladatairól, kötelezettségeiről

a következő törvényt alkotja:”

^[1] Kihirdetve: 1996 XII. 18

Kockázatok

- Mekkora kockázatot jelent a nukleáris technikák és a nukleáris energetika alkalmazása?
- Kockázat:

$$R = K \times W$$

- K: A következmény súlyossága ($0 < K \leq 1$)
- W: Az esemény valószínűsége

Kockázatok

- Néhány kockázatbecslés

Adott esemény hatására bekövetkező elhalálozás	R
Utazás vonattal	$0,4 \cdot 10^{-9}/\text{km}$
Utazás repülővel	$0,5 \cdot 10^{-9}/\text{km}$
Utazás autóval	$15,0 \cdot 10^{-9}/\text{km}$
Kerékpározás	$85,0 \cdot 10^{-9}/\text{km}$
Motorkerékpározás	$500,0 \cdot 10^{-9}/\text{km}$
1 csomag (20) cigaretta	$15 \cdot 10^{-6}$
1 liter bor	$2 \cdot 10^{-6}$
Sziklamászás óránként	$36 \cdot 10^{-6}$

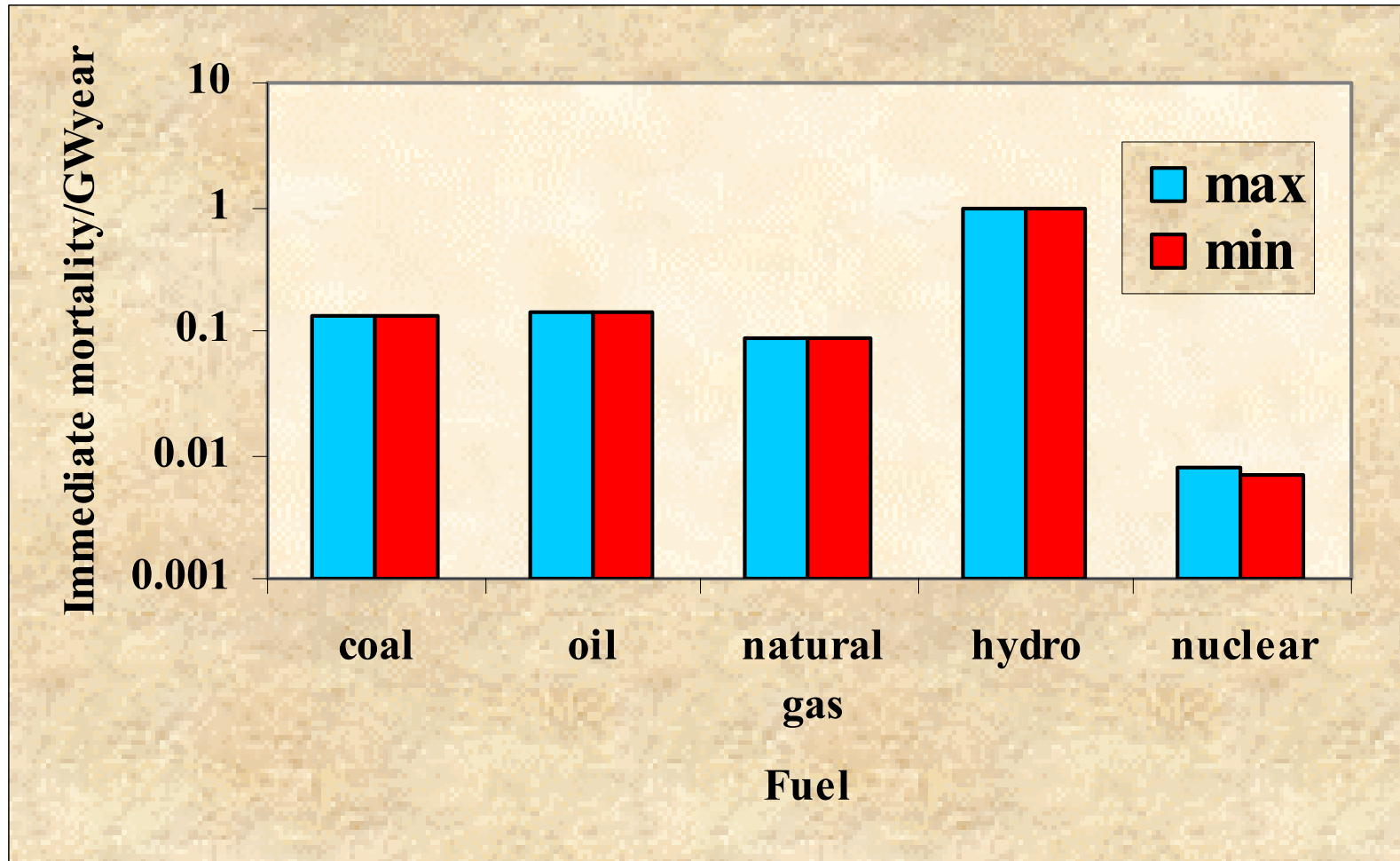
– Társadalmilag elfogadott kockázatszint nagyságrendje: $10^{-5} - 10^{-6}$

Kockázatok

- Ennek alapján

	Dózis	Kockázat	Cigaretta	Autóút
Egy éves átlagos sugárdózis Magyarországon	3,1 mSv/év	$93 \times 10^{-6}/\text{év}$	124 szál/év	62000 km/év
Tüdőröntgen	0,2 mSv	6×10^{-6}	8 szál	4000 km
Koponya CT	10 mSv	300×10^{-6}	400 szál	200 000 km
Az nukleáris létesítmények hatása	0,00015 mSv/év	$4,5 \times 10^{-9}/\text{év}$	6 szál/évezred	3 km/év
Szénbányászatban dolgozni	-	$800 \times 10^{-6}/\text{év}$	1060 szál/év	503 000 km/év
Tengeri olajkúton dolgozva	-	$1500 \times 10^{-6}/\text{év}$	2000 szál/év	1 000 000 km/év

Kockázatok



Kitelepítés és elzárkóztatás „hétköznapi” esetei

Szalmiákszeszt szállító kamion borult fel a 62. út székesfehérvári szakaszán (2004.04.08)

Következmény:

- Több ezer liter szalmiákszesz került a környezetbe.
- Az ammónium-hidroxid gőzei rövid időn belül beterítették a környéket.
- Az érintett területet (ipari park irodaházai, egy középiskola, egy varroda, egy autókereskedés, egy zöldség kereskedés) ki kellett üríteni.
- A rendőrség a rádión keresztül figyelmeztette a baleset közelében élőket, hogy ne menjenek ki az utcákra, zárják be az ablakokat, ajtókat.
- Szükségessé vált a környék szennyeződött talajának kicserélése.
- *Ammónia szivárgás Cegléden (2004.06.07.)*



Forrás: Magyar Hírlap Online

6. Drága szomszédaink

Zöld megközelítés:

- Európai zöld kormányok (pl. Ausztria): „Le az atomenergiával, a megújulók (szél, nap) intenzív állami támogatásával ki kell váltani az európai atomerőművi blokkokat”

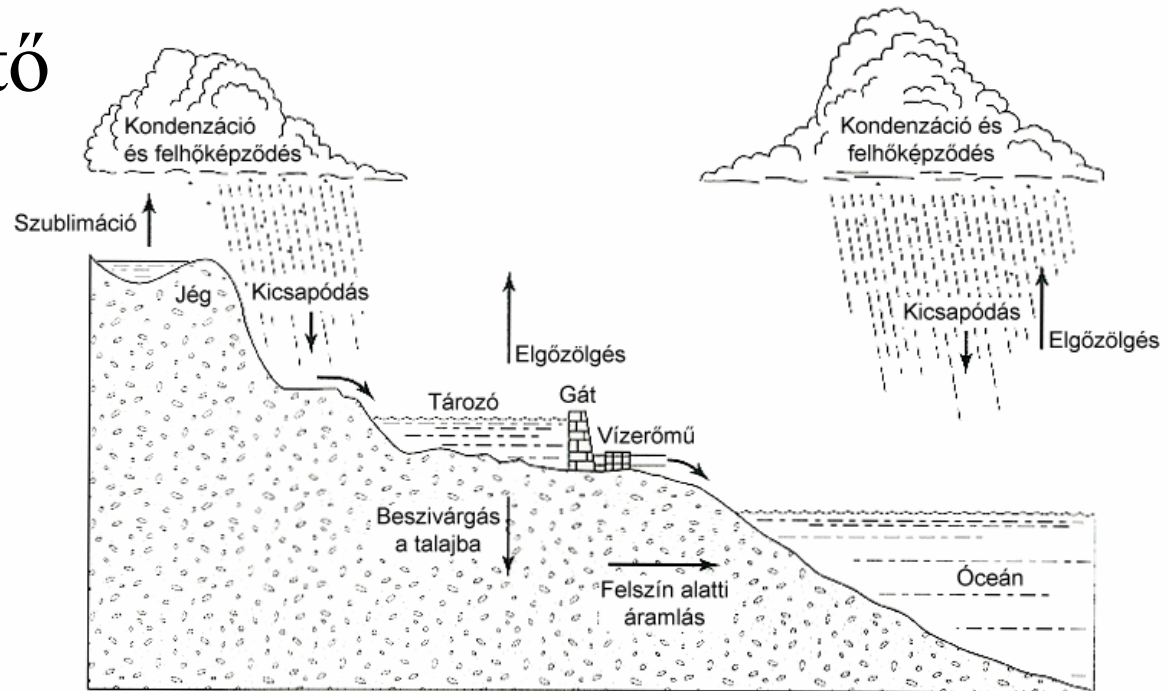
Tények:

- A vízerőművek kiváló elemei a villamosenergia-rendszernek
- Szélre, közvetlen napenergia felhasználásra alapozni az áramtermelést: műszakilag lehetetlen, gazdaságilag ésszerűtlen
- Kéretik az EU új tagállamait a nyugat-európai szélkerékgyártó cégek állami támogatási kényszerével nem tönkretenni

Vízenergia

Körforgás: a beeső napenergia elpárologtatja a felszíni vizet → felhő → kondenzáció → csapadék → felszíni vízfolyások → állóvizek

Hasznosítható:
a tengervízig vezető
út során a
potenciális
energia egy része



Vízenergia

- A világ potenciális vízenergia-készlete:
 - ~ 300 EJ
 - ebből műszakilag elméletileg hasznosítható: ~ 160 EJ
 - gazdaságosan kihasználható: ~ 40 EJ
 - Kiépített:
 - Japánban mintegy 64%
 - Nyugat-Európában 60%
 - USA 50%

Megújuló energiaforrások

- Vízenergia Magyarországon
 - Magyarország domborzati viszonyai
 - Legmagasabb pont 1015 m (Kékes)
 - Legalacsonyabb pont 75 m (Tiszasziget)
 - A terület magasság szerinti eloszlása
 - 200 m alatt: 84%
 - 200-400 m: 14%
 - 400 m fölött: 2%
 - 56 % -án az Alföld terül el
 - Nagy kiterjedésű sík terület
 - Csapadék: 345 mm évente



- Nagy folyami vízerőmű építése (Bős-Nagymaros) jelenleg politikailag lehetetlen

Megújuló energiaforrások

- Vízenergia Ausztriában
 - Ausztria domborzati viszonyai
 - Legmagasabb pont 3798 m (Grossglockner)
 - Legalacsonyabb pont 115 m (Neusiedler Sea)
 - Átlagos magasság: 910 m (↔ Magyarország: ~200 m)
 - 70 %-át az Alpok fedi
 - Gleccserek
 - Nagy esésű folyók
 - Csapadék: 790 mm évente (↔ Magyarország: ~345 mm)



Megújuló energiaforrások

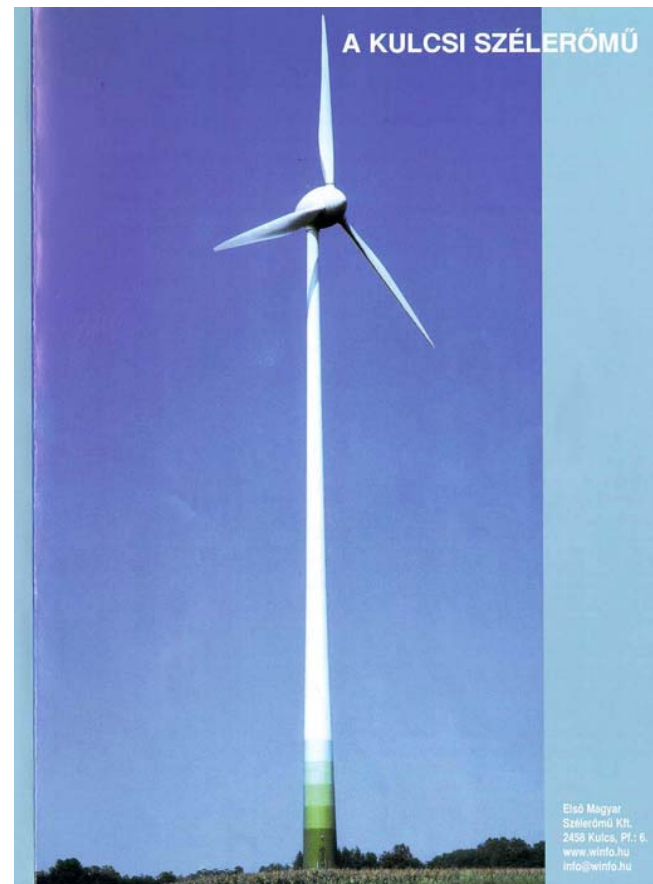
- Szélenergia

- A szélkerekek működése ki van szolgáltatva a széljárás szeszélyének, hiszen, ha nem fúj a szél, nem működik

- Kihasználtsága így csak maximum 25-30 %

- Kulcsi szélerőmű

- 65 m magas torony
- 44 m átmérőjű, háromtollú szélkerék
- 600 kW névleges teljesítmény



Megújuló energiaforrások

- **Szélenergia** – Hány szélkerék kellene a Paksi Atomerőmű kiváltásához?
 - Paksi Atomerőmű
 - 4×460 MW teljesítmény
 - 85 %-os éves teljesítmény-kihasználási tényező
 - Kulcsi szélkerék
 - 600 kW teljesítmény
 - 25-30 %-os teljesítmény-kihasználási tényező
 - A kiváltáshoz 8.700-10.500 db ilyen szélkerék kellene
 - Ehhez minden 3 km oldalú négyzet közepére kellene telepíteni egy-egy szélkereket
 - Gondoskodni kell az energia tárolásáról a szélcsendes órákra

Megújuló energiaforrások

- Lehetséges-e a teljes villamosenergia termelést nap- és szélenergiaforrásokra bízni?
 - A nap- és szélenergiát hasznosító létesítmények nem tudnak folyamatosan üzemelni
 - A kihasználtság függ a napsütéses illetve a szeles órák számától
 - Ahhoz, hogy csak ilyen módon termeljünk villamos energiát, szükség van az energia tárolására
 - Szivattyús energiatároló

Megújuló energiaforrások

- Lehetséges-e a teljes villamosenergia-termelést nap és szél erőművekre bízni?
 - Szivattyús energiatároló
 - Energia-túltermelés idején vizet szivattyúznak egy magasan fekvő víztározóba
 - Szükség esetén turbinákon keresztül leeresztik
 - 75-80 %-os energiatárolási hatásfok
 - Feketevág (Szlovákia)
 - 445 m magas
 - 3,7 millió köbméter
 - Magyarországon lehetséges helyszín: Prédikálószék
 - 500 m magasság
 - Maximális 1200 MW teljesítmény

Megújuló energiaforrások

- Lehetséges-e a teljes villamosenergia termelést nap és szél erőművekre bízni?
 - Magyarország villamosenergia-fogyasztása
 - Éves: 41,4 TWh (2003)
 - Napi: 113 GWh = 408×10^{12} J
 - Egy napi villamos energia tárolásához 8,16 millió köbméter vizet kell 500 m magasra felpumpálni (100%-os hatásfokkal számolva)
 - Ez a Tisza-tó víztömegének a fele
 - A feketevági erőmű vízkapacitásának 22-szöröse,
 - Energiatároló-kapacitásának 25-szöröse
 - 25 napi villamosenergia tárolásához az egész Balatont kellene 500 m magasra feljuttatni és ott tárolni

Köszönöm a
szkeptikus figyelmet!