

***62. Országos Fizikatanári Ankét és
Eszközbemutató, Debrecen, 2019***

***Korunk sorskérdése az
energiaellátás a fizikus szemével***

Kiss Ádám

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Atomfizikai Tanszék

Debrecen, 2019. március 14.

Az előadás vázlat:

- 1. A folyamatos és megbízható energia-ellátás fontossága*
- 2. A jelenlegi, főleg ásványiakat alkalmazó ellátási rendszer tarthatatlan*
- 3. A jövő energetikájának pillérei: az energiatakarékosság, a megújulók és az atomenergia*
- 4. A tanárok feladata: széleskörű felvilágosítás és az energiatudatos nevelés*

1. A társadalmak energiaellátásának szükségessége:

- minden használati tárgy előállításához energia kell,
- az emberek igényeinek kielégítése,
- a társadalom megszervezése, működtetése

Energia nélkül semmi nem működik!

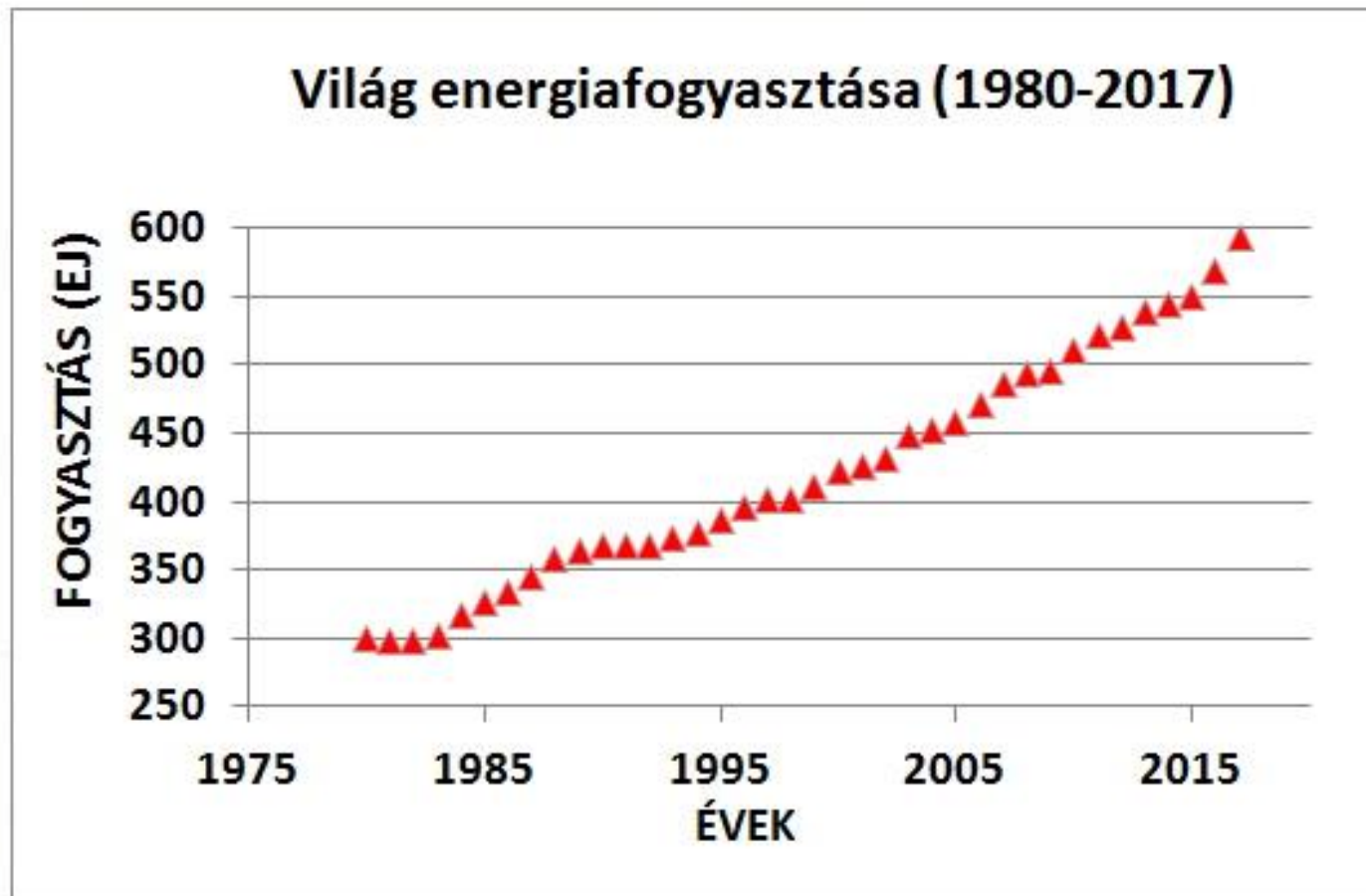
Az energiaigények szerkezete különböző közösségekre más és más

Elvárt igényekre példák:

- **Elegendő élelem a lakosságnak,**
- **Víz a lakosságnak, az iparnak**
- **Energia fűtésre és világításra**
- **Energia és nyersanyag az iparnak**
- **A hulladék megfelelő elhelyezése**
- **Közlekedés, szállítás**
- **Megfelelő lakások, otthonok**
- *és még rengeteg más igény*

Ki tudjuk-e elégíteni a jövőben is?

~ 1970 óta mindenki tudja, hogy F nem emelkedhetne!



Az emberi közösségek energiaigénye (négy) évtized óta folyamatosan nő, értéke 2016-ben 575 EJ volt.

2016-ben a növekedés: ~ 1,0 %, Kínáé: 1,5%

**Energiaellátás → a társadalmak
működésének egyik fő feltétele**

*A világ össz-energiafogyasztása
óriási:*

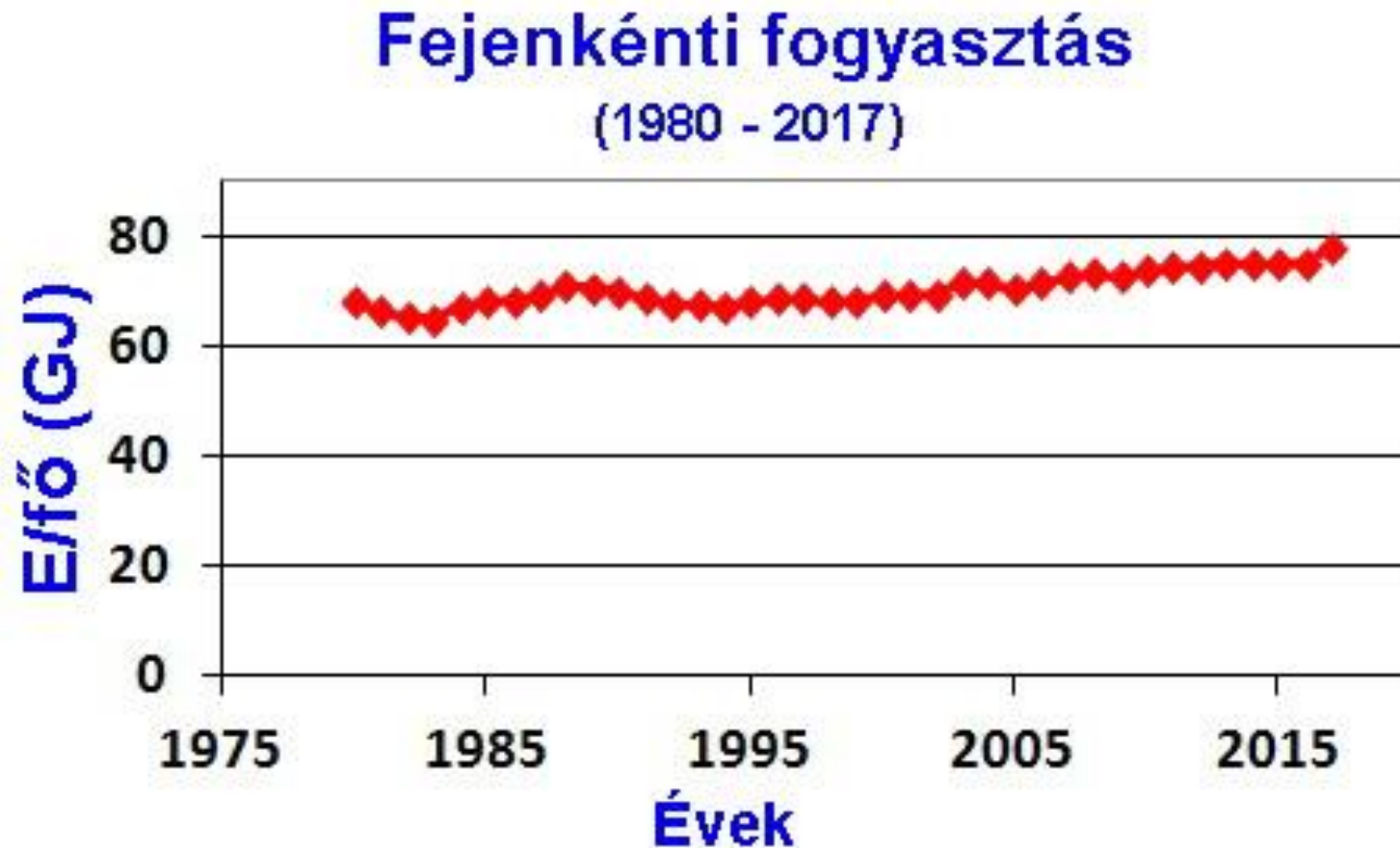
~ 575 EJ/év (2016)

**1 MJ ára ~ 2 c → ~10⁴ mrd \$/év
→ >10⁹ \$/óra**

Az egyik legnagyobb egycélú üzlet!

Meghatározó a világgazdaságban!

Miért nő az energiafelhasználás?



E/fő ~ lassan nő < 3%/évtized → 77,5 GJ/fő (2016)

Az energia felhasználás ~ a népeiséggel nő!

A tanulóknak meg kell érteni, hogy ez a fejenként felhasznált energia mekkora?

Elő tudnánk-e állítani a szükséges energiát szorgalmas munkával?

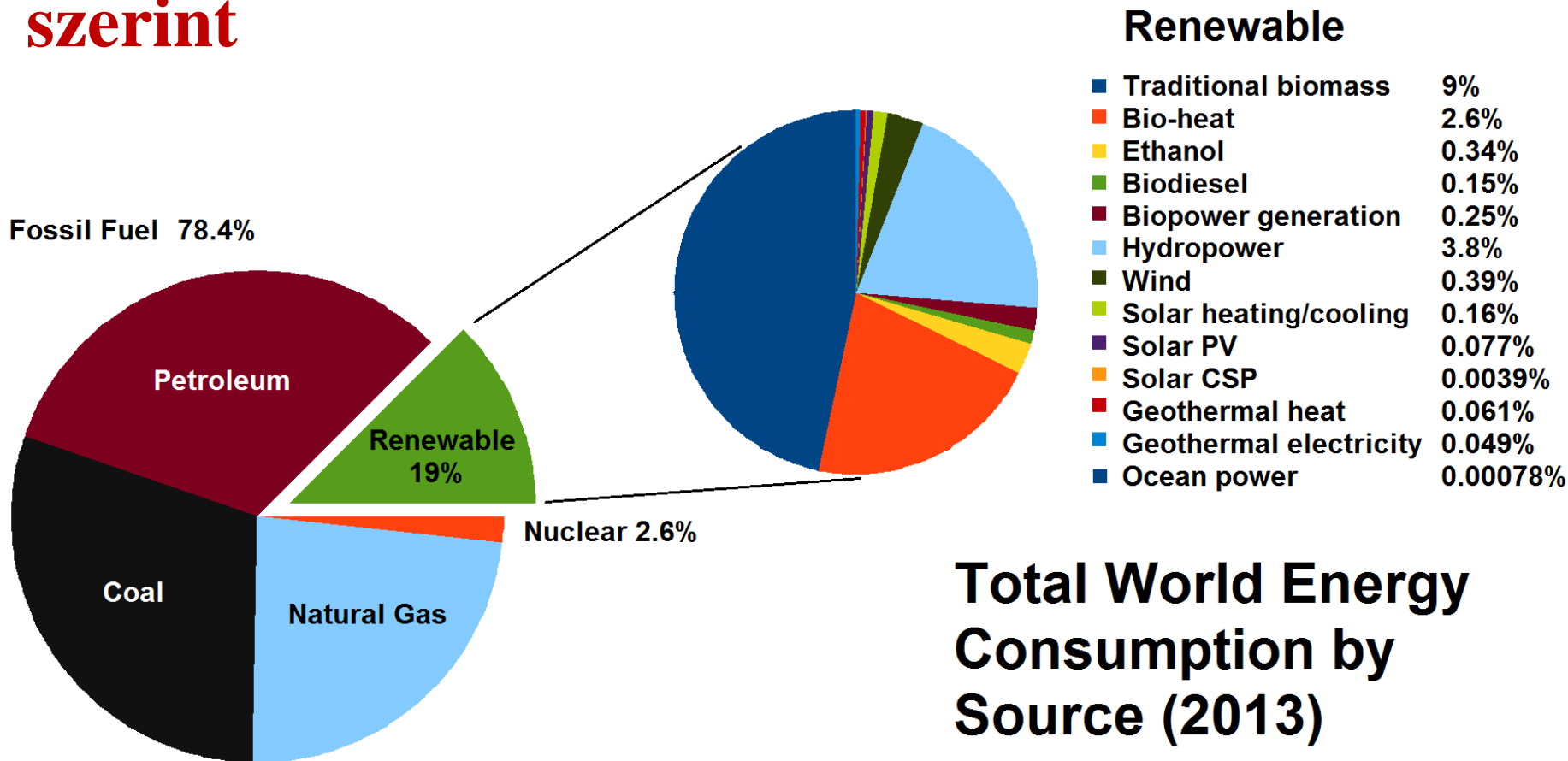
~ 40 éve ~ 70-80 GJ/fő → 200-220 MJ/nap

Fiatal, erős ember munkája ~ 2 MJ/nap

Következtetés: nincs esély arra, hogy napjaink közösségei a szükséges energiát saját, emberi munkával helyettesítsék!

Energia kell, ez létkérdés → miből állítjuk elő a szükséges mennyiséget?

A földi társadalmak energiaellátása források szerint



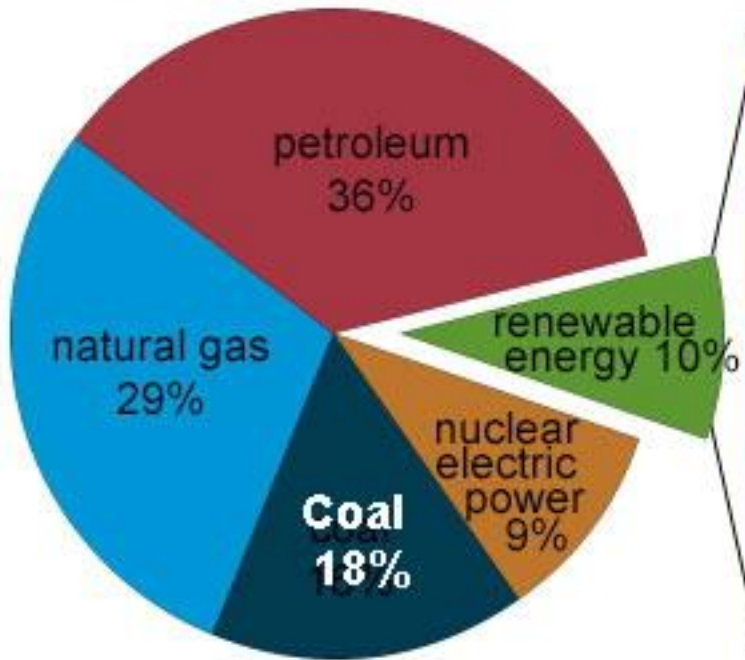
Ásványi források: 78,4%,
megújulók: 19%; ebből biotömeg: 12,3%

Fontos példa: Egyesült Államok energiafogyasztása (2015)

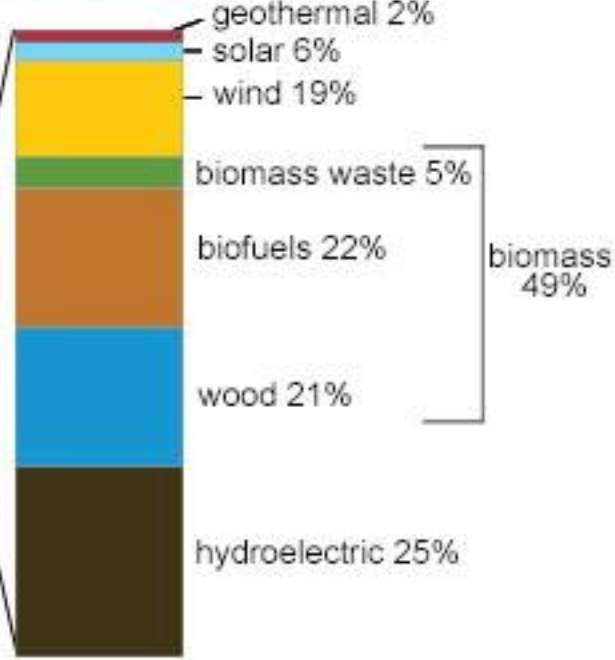
U.S. energy consumption by energy source, 2015

Fossiles: 83%

Total = **103,03 EJ**



Total = **10,3 EJ**



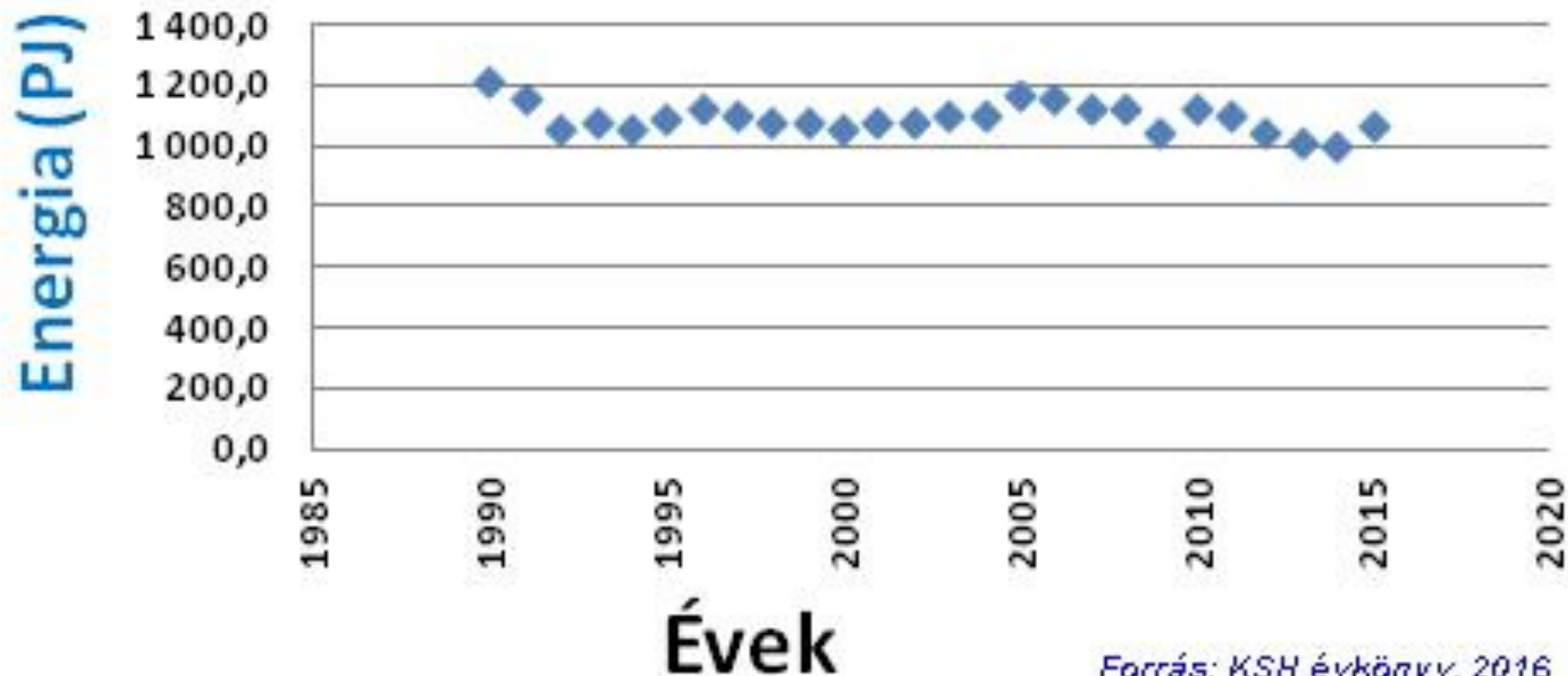
Note: Sum of components may not equal 100% because of independent rounding.

Source: U.S. Energy Information Administration, *Monthly Energy Review*, Table 1.3 and 10.1 (April 2016), preliminary data



→ A felhasználásban domináltak az ásványi források, 83%

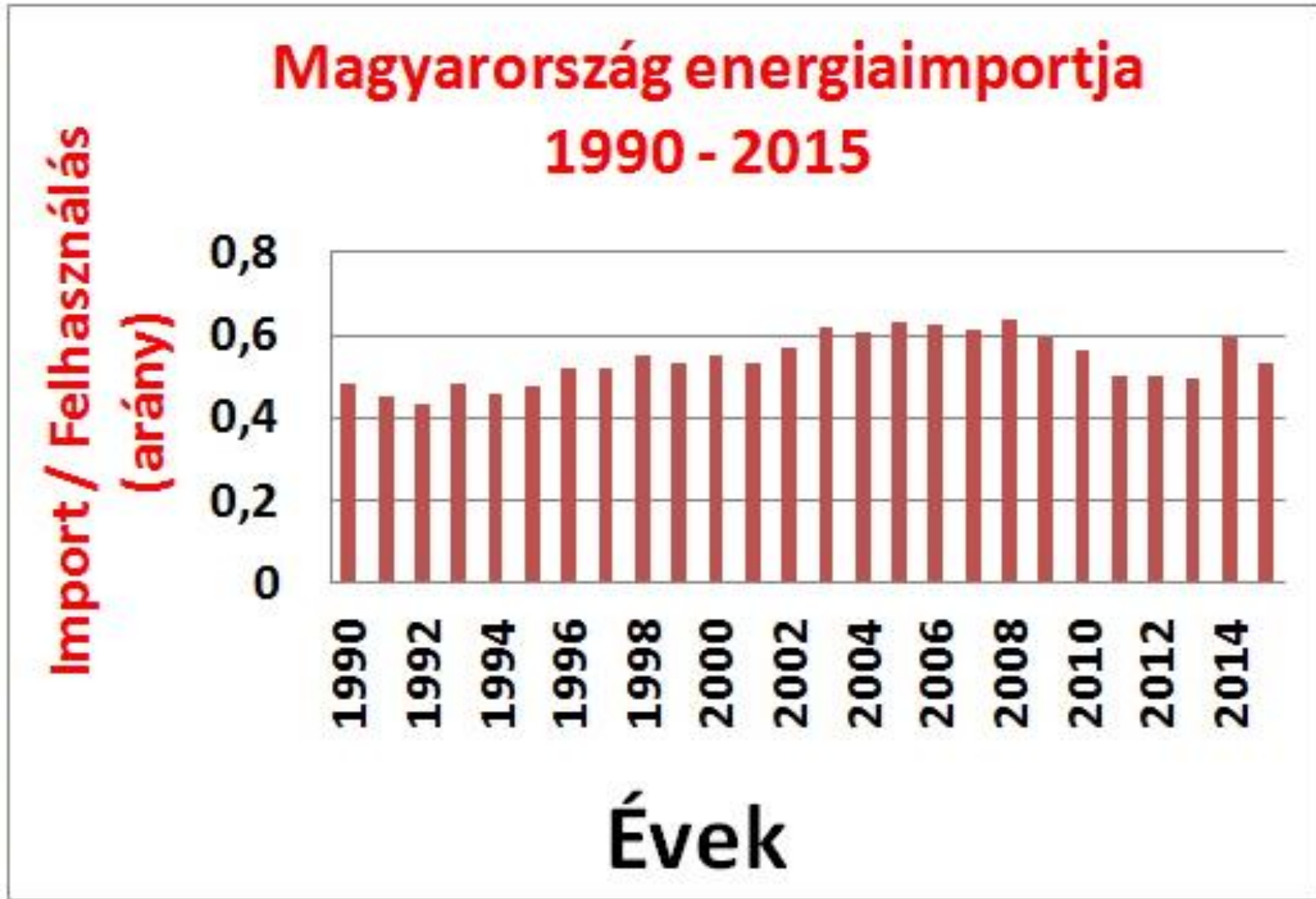
Magyarország primer energiefelhasználása



Forrás: KSH évkönyv, 2016

Egy főre számított éves energiefelhasználás: 107 GJ/fő (2015)
Egységnyi GDP-re 77%-al több, mint az EU-27 átlaga

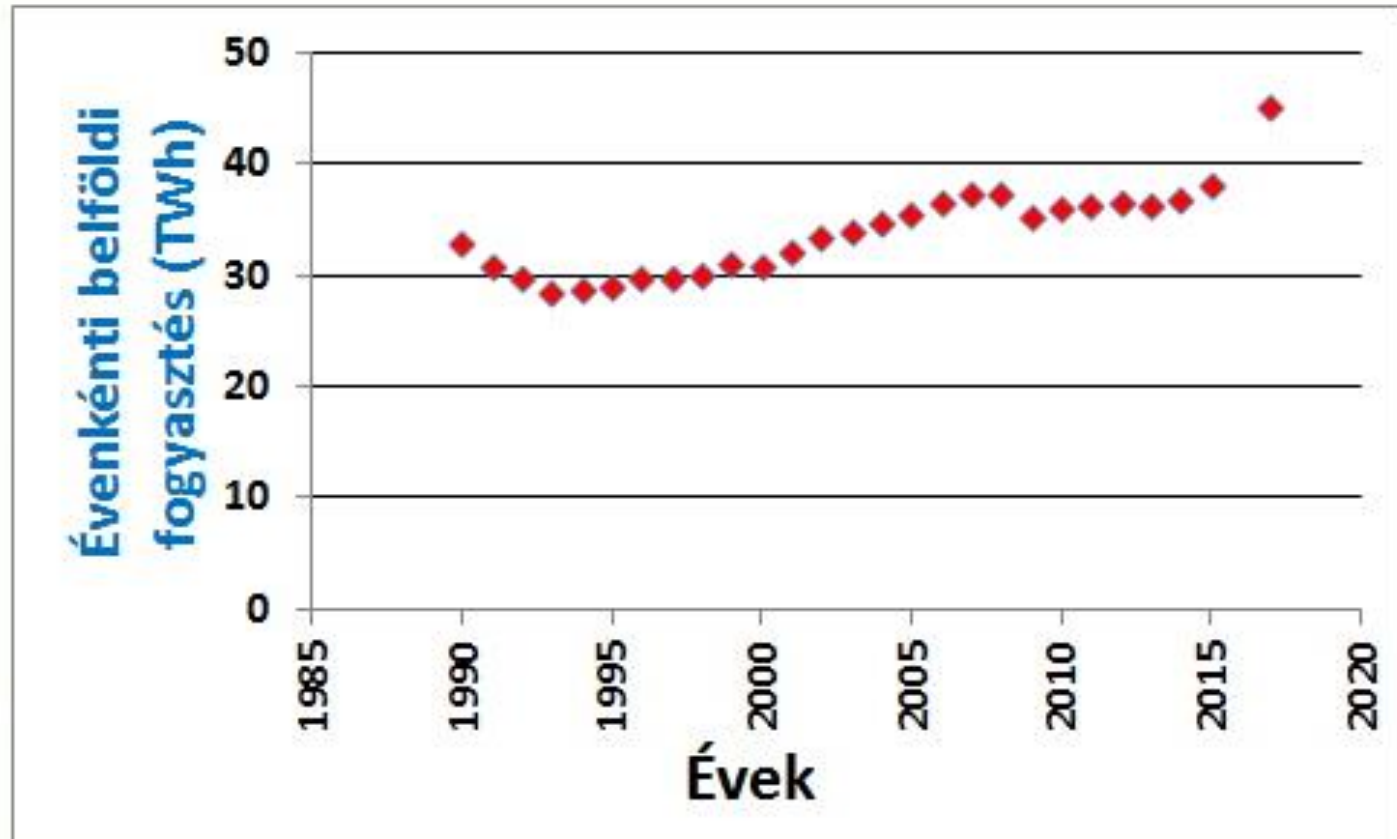
M.o. energiaellátása: erősen importfüggő; import 50 és 60% között



EU-28 (átl.): 53,5%; Szlov.: 60,9%, Au: 65,9%, de Rom.: 17% imp.

Elektromos energiafogyasztás → modern kor meghatározója

Magyarország elektromos energiafogyasztása



2017-ben M.o. fogyasztása 45,05 TWh volt

Átlagos el. teljesítményigény: ~ 5,1 GW, ingadozás: 3,3-6,9 GW

Hazai termelés: ~ 71%, import: ~ 28,6% (~13 TWh); veszt.: ~6TWh

A magyar energiafelhasználás a közeli jövőben az ellentétes hatások miatt nem változik jelentősen:

- a felzárkózás az EU-hoz politikai cél (növekedés irányú)
- gazdasági szerkezetváltás és energiahatékonyság növelése (közeledés az EU gyakorlatához - csökkentés irányú)
- környezetvédelmi követelmények (növelés irányú)

Példa: M.o. energiafelhasználása 2017-ben 1015 PJ

Megújulók: 9,5 % (tényadat)

2020-ra 14,65%-ra kell növelni az arányukat

Megújulók: 9,5 %, ebből Biomassza: 89%, Víz: 1,1%, Nap: 0,6%, Szél: 2,8%, Geoterm. ener: 5,4%

A magyar energiaellátás szerkezetátalakítása (*kevesebb import, több megújuló*) elkerülhetetlen!

Azonban a magyar elektromos energiaigény a jövőben biztosan növekszik!

Okok: - gazdasági szerkezetátalakítás, GDP növekedése,
- a gazdaság modernizációja, energiahatékonyság növelése,
- felzárkózás az EU technológiai színvonalához.

A jelenlegi ellátás szerkezete nem tartható fenn!

Példa: 2017-ben a magyar belső elektromos fogyasztás: 45,05 TWh, termelés 32,2 TWh

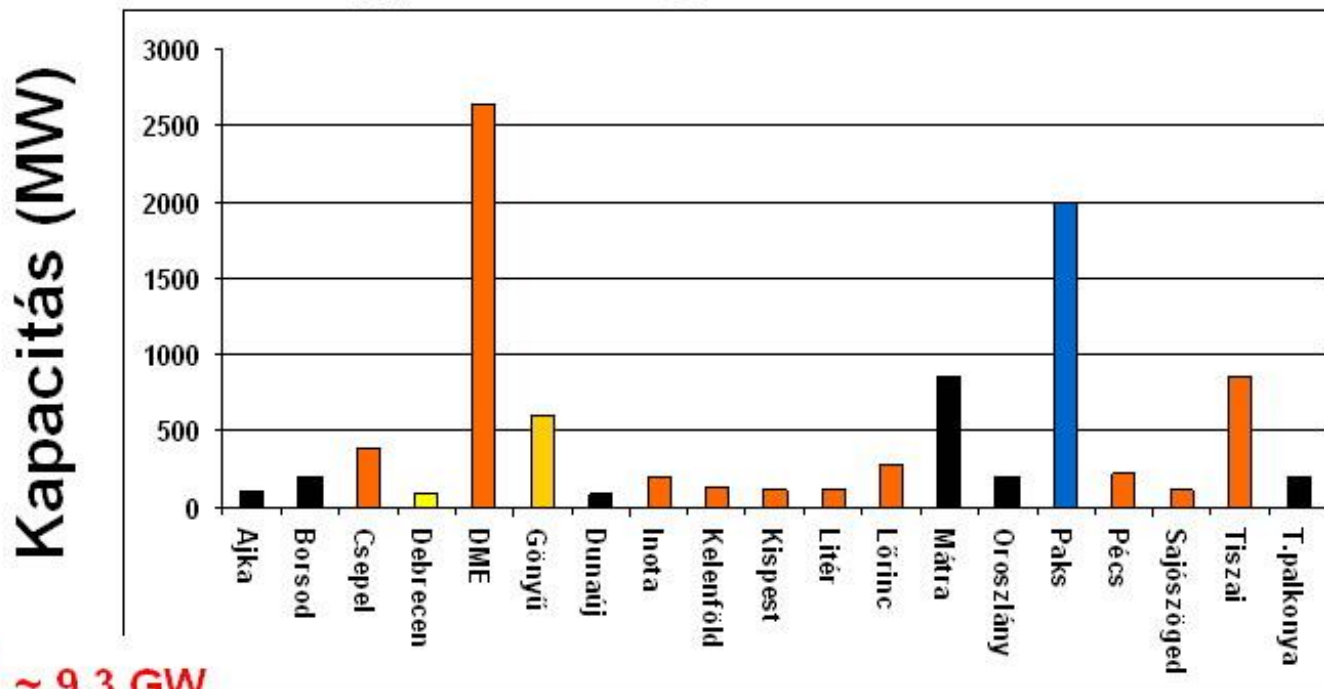
Megoszlás: fosszilis: ~ 31%; nucl.: ~ 50%; megújuló: 9,5% + import: a felhasználás ~ 28,9%-a (13TWh)

Óriási az elektromos áramimport! Ennek forrása főleg a cseh és lengyel szenes erőművek lehetnek.

2020-tól leállítják a német atomerőműveket → nehéz lesz az importáramhoz hozzájutni

További fontos körülmény: a hazai erőmű-kapacitások folyamatos csökkenése jogi nehézségek és elavulás miatt.

Magyarország erőművei, 2011



$\Sigma \sim 9,3 \text{ GW}$

Négy nagy kapacitás: DME, Paks, Mátrai, Tiszai erőművek

Az átlagos igény (~5,1 GW), ennek 55%-a

2019-ben 8,6 GW kapacitás, 2030-ra 5,6 GW (kellene: 11,5GW)!

M.o.-on a következő 20 évben min. ~6 MWe új kapacitás kell!

Globálisan: energiafelhasználás növekszik!

- **Népesség: most 7,5, 2050 körül ~ 9,5 milliárd; eddigi tapasztalat: népességgel arányosan nő az energiafelhasználás**
- **Gyors gazdasági növekedés Ázsiában, különösen Indiában és Kínában**
- **Újabb (migrációs) övezeteket kell bekapcsolni az energiaellátásba (pl. Afrika részei, Latin-Amerika régiói, stb.)**
- **Szükségyszerűség: a megújuló energiaforrásokat hamarosan alkalmazni kell!**

2. A magas ásványi arány hosszú távon nem tartható fenn!

Két fő ok:

- a) Környezeti ártalmak okozása: klímaváltozás, környezetszennyezés (CO₂, SO₂, toxikus nehéz fémek kijutása, stb.)**
- b) A fosszilizsek alkalmazásával kapcsolatos forrás-megfontolási szempontok, geopolitikai feszültségek, kitermelési- és szállítási nehézségek, stb.**

Párizsi Klímacsúcs (2015)

2015. december 12: első egyetemes klíma-megállapodás

Minimális követelmény: $\Delta T < 2^{\circ}\text{C}$ 2100-ig

Tényleges cél: $< 1,5^{\circ}\text{C}$ -ra kell törekedni

**2030-ig évente 750 millió tonna CO₂-vel (évente 7%-al)
kevesebb kibocsátás**

2017: US kilépett!

3. A jövő energiarendszerének új pillérei:

- **Energiatakarékosság**
- **Megújuló energiák**
- **Nukleáris energia: hasadás és fúzió**

*Kérdések sora, ma csak sejthetjük,
hogy milyenek lesznek az arányok.*

•Energiatakarékosság:

$$\text{energia-igény} = \text{energia-igény/fő} * \frac{E}{\text{alkalmazás}} * \text{fő}$$

▲

▲

▲

társadalom
szociális
állapota

gazdaság
technikai
fejlettsége

em-
berek
száma

Legfontosabb: a társadalmi igény

Mi befolyásolhatja? A nevelés!

Ezen múlik a környezet állapota!

A gazdasági-technikai fejlettség - a fizika tanárok szép területe, mert:

fizikai ismeretekkel szinte mindenütt lehetséges takarékoság!

- **Példák: térfűtés, járművek, gépek, világítás, hatásfokok, stb.**
- **Általában beruházás-igényes, többször a társadalmi fogadókészség sincs meg**

Eredmény: a felhasználás lényegesen nem fog csökkenni!

Ahol lehet támogassuk; fontos a motiváció!

- **A nem-fosszilis energiaforrások környezeti hatásainak általános jellemzése**

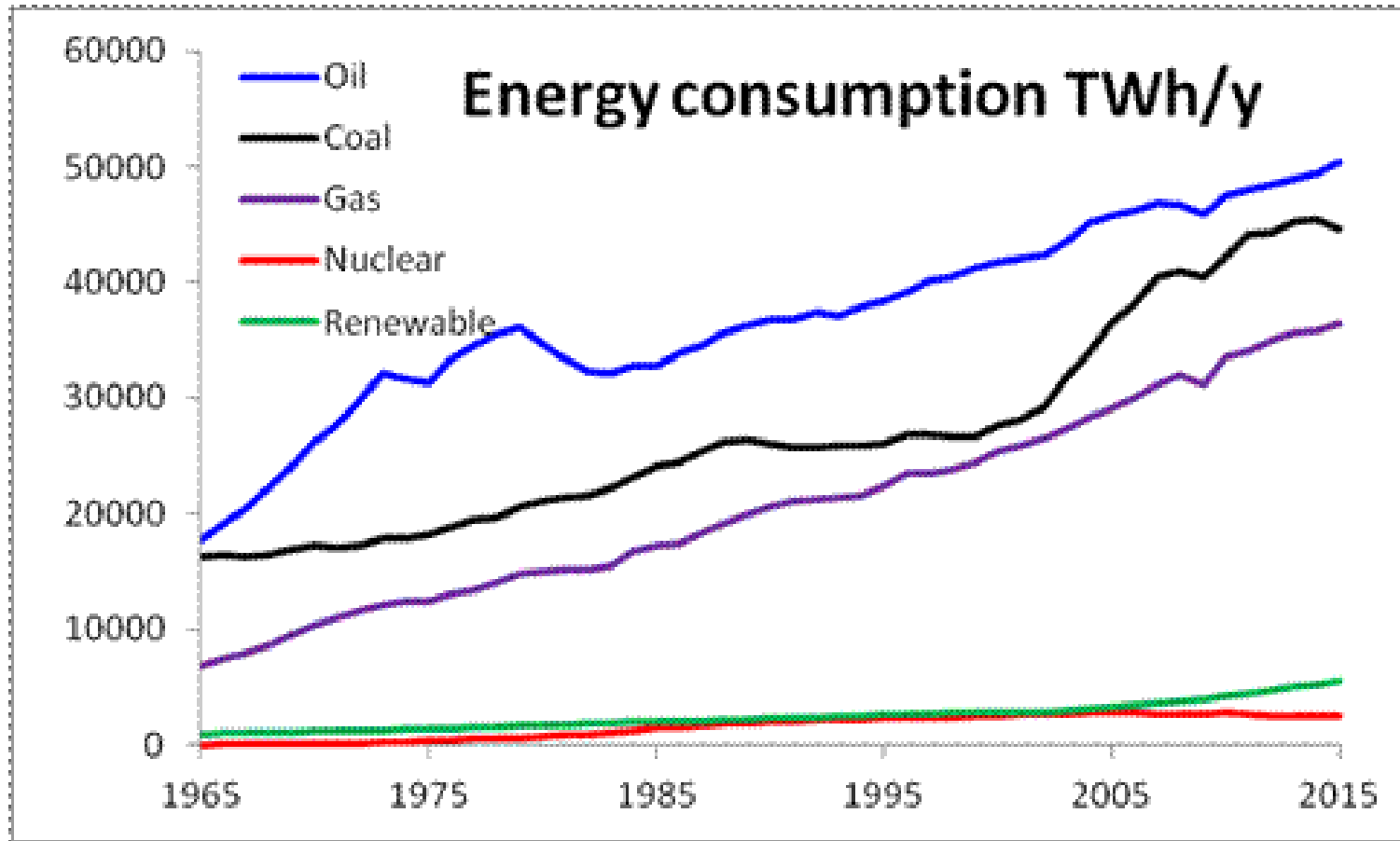
- **vízenergia**
- **szélenergia**
- **energia a Napból**
- **biotömeg**
- ***(hullámenergia)***
- **geotermikus energia**
- **hasadásos nuclearis energia**

Ezek mindegyike képes emberi felhasználásra alkalmas nagy mennyiségű energiát előállítani

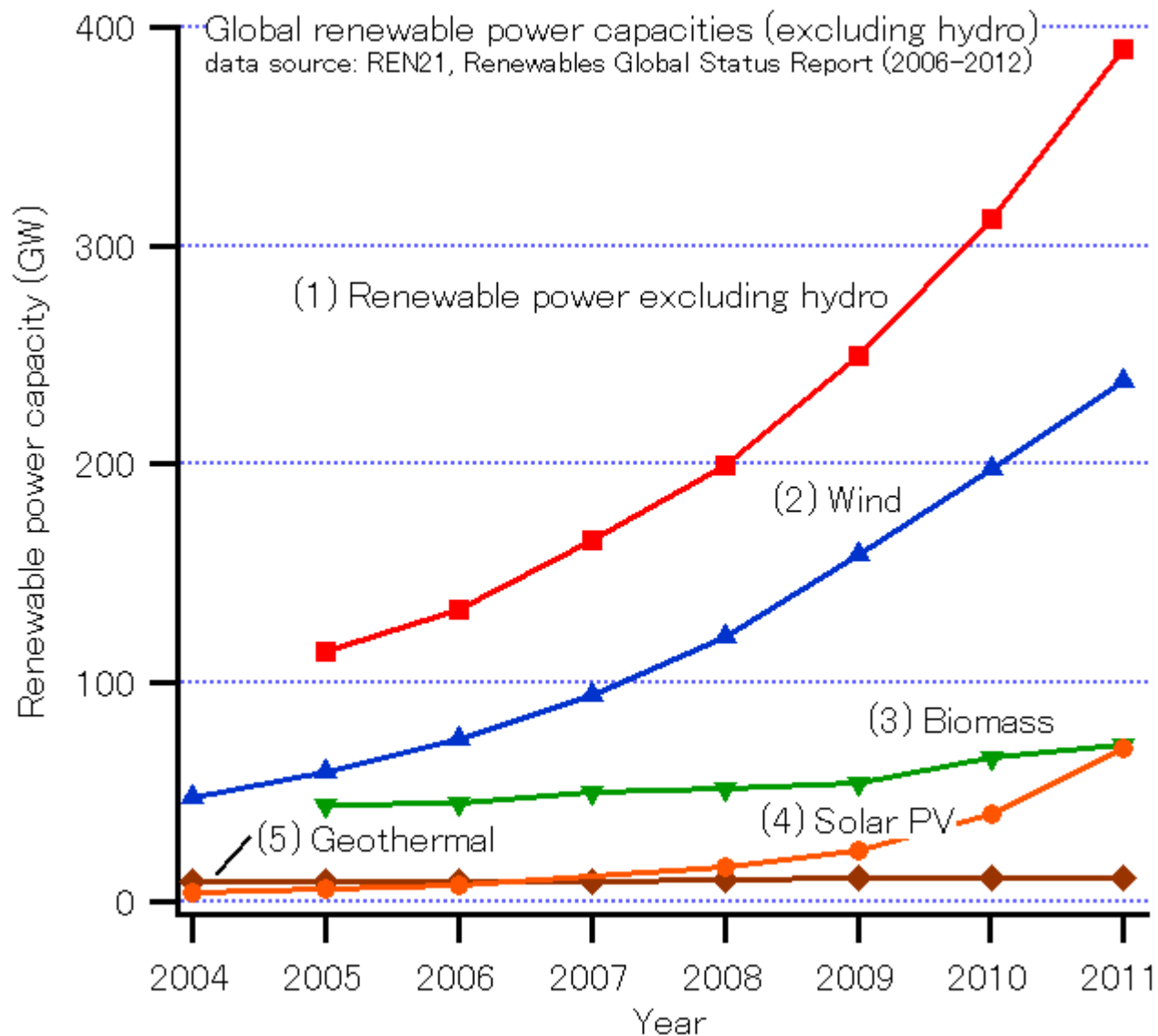
Közös tulajdonság: a megújuló „energiasűrűsége” kicsi

Az energiatermelési módok előnyeit és hátrányait világosan meg kell mutatni

Az energiahordozók megoszlásának időbeli változása: az ásványi energiahordozók a meghatározók:



A megújulók részaránya úgy 15 éve növekszik erősebben



**A szél és a nap (PV) el. kapacitások növekedése gyors!
2015-ben: szél (+17,4%), Nap (+32,6%) (Ch, US, J)**

A nem-fosszilis forrásokra vonatkozó általános tulajdonságok:

- *Jelentős mennyiségű energia termelésének mindig és elkerülhetetlenül jelentős környezeti hatásai vannak*
- *A megújulók alkalmazásával termelt energia minden egyes esetben nagyon különböző technológiai háttérrel rendelkezik*
- *Nukleáris energia: különálló technológia*

A környezeti hatások nem hasonlóak és okaik teljesen különböznek egymástól!

Megújuló energiaforrások:

- óriási iparág lett,
- évente ~200 mrd US\$ befektetés,
- ma ~7,5 millió foglalkoztatott.

Az egyes megújulók más-más technológiát alkalmaznak, nincs „megújuló energetikus”

**Szakemberigény az egyes megújulókra
külön-külön**

Az igény a kapacitás-bővítésre óriási: **M.o.-
on 2040-ig ~ 6 GW_e bővítés kellene**

Demokratikusan: hogyan kell dönteni?

4. Az energiaprobléma széleskörű tudatosítása és az energiatudatos nevelés lehetőségei

A (fizika) tanárokat fel kell készíteni új energiaformák tanítására:

A) Az energiaellátás fontosságának megértetése

B) Az energiatermelési mód kiválasztása jelentőségének megmagyarázása

C) A közösségek energiaszükséglete kialakítása morális háttérének hangsúlyozása

D) Az energiaellátási módok tájhasználatának és környezeti hatásaik részleteinek feltárása

E) Az emberek meggyőzése arról, hogy energiatudatosan kell élniük!

A szakemberek által ellátandó feladatok:

- a) Erőmű iránti igény felismerése**
- b) A lehetőségek felmérése, gazdasági terv elfogadása**
- c) Az erőmű megtervezése**
- d) Kivitelezés**
- e) Működtetés, karbantartás**
- f) Fejlesztés**

Ezek általában mérnöki, vagy főiskolai végzettséget igénylő feladatok.

Közelálló mérnöki végzettségek: gépészmérnök, villamos mérnök, építőmérnök, biomérnök, tanári téren környezettan tanári végzettség

Járulékos gond: bármelyik megújuló energiaforrás alkalmazása el nem hanyagolható környezeti hatásokkal jár
→ ezeket a tervezésnél figyelembe kell venni!

Ezek közül a legfontosabbak:

- nagy területek részleges, vagy teljes lefedésének következményei
- a tájra való komplex hatás
- A megújulókból való energiatermelés társadalmi hatásai

Energiatudatosság új megfogalmazása:

- **A fogyasztást kell ésszerűen visszafogni!**
- **Fizikai ismeretek birtokában az gazdaságosabb alkalmazások,**
- **A fiataloknak meg kell mutatni, milyen vonzó, óriási intellektuális kihívás a megújuló jelentős alkalmazása,**
- **Az atomenergia fontos és szép életpálya,**
- **Az állandó érdeklődés és tájékozódás segít e sorskérdés demokratikus eszközökkel lehetséges kezeléséhez.**

Még néhány következtetés:

- **a megújulóknak és az atomenergiának domináns szerepük lesz a közeli jövőben,**
- **a szakemberképzés nem tekinthető megoldottnak a térségünkben,**
- **új, megfelelően átgondolt akkreditált szakok indítása szükséges és jelentős létszámokkal kell elindítani,**
- **A megújuló energiaforrások környezeti szempontból ellentmondásosak és ezt meg kell mutatni a közösségnek.**



Köszönöm a figyelmet!