



PÁZMÁNY

Pázmány Péter Katolikus Egyetem

Információs Technológiai és Bionikai Kar



Katolikus
Pedagógiai
Intézet

Középiskolai fizikatanárok szaktárgyi továbbképzése

2022. november 9.

AZ ENERGETIKA GLOBÁLIS KÉRDÉSEINEK MEGKÖZELÍTÉSE A FIZIKA OLDALÁRÓL

Budapest, 2022. November 9.

Kiss Ádám

Professor emeritus, ELTE

AZ ELŐADÁS VÁZLATA:

1. Az emberi közösségek folyamatos és megbízható energiaellátásának szükségessége.
2. A jelenlegi energiaellátási rendszer bírálata.
Mennyi energia elég, mennyit lehet megtakarítani?
3. A megújuló energiaforrások. Megjegyzések ezen energiaforrások alkalmazásának lehetőségeiről.
4. A hasadós atomenergia felhasználásának szükségességéről és kilátásairól.
5. Vízió a jövő energiaellátására.

Energetika: *a társadalom energiaellátása*

Az energetika nem fizika, de a természet-tudományok közül ahhoz áll a legközelebb!

- **Korunk egyik – sokak szerint a legfontosabb - sorskérdése,**
- **komoly környezeti kihívás,**
- **az ellátó rendszer évtized nagyságú időn belüli alapvető átalakítása elkerülhetetlen.**

1. Az emberi közösségeket folyamatosan el kell látni energiával:

- a mindennapi élethez, biológiai szükségletek kielégítéséhez energia kell,
- bármely használati tárgy előállításához energiára van szükség,
- az emberek igényeinek kielégítéséhez,
- a társadalom megszervezéséhez, működtetéséhez energia kell.

Energia nélkül SEMMI nem működik!

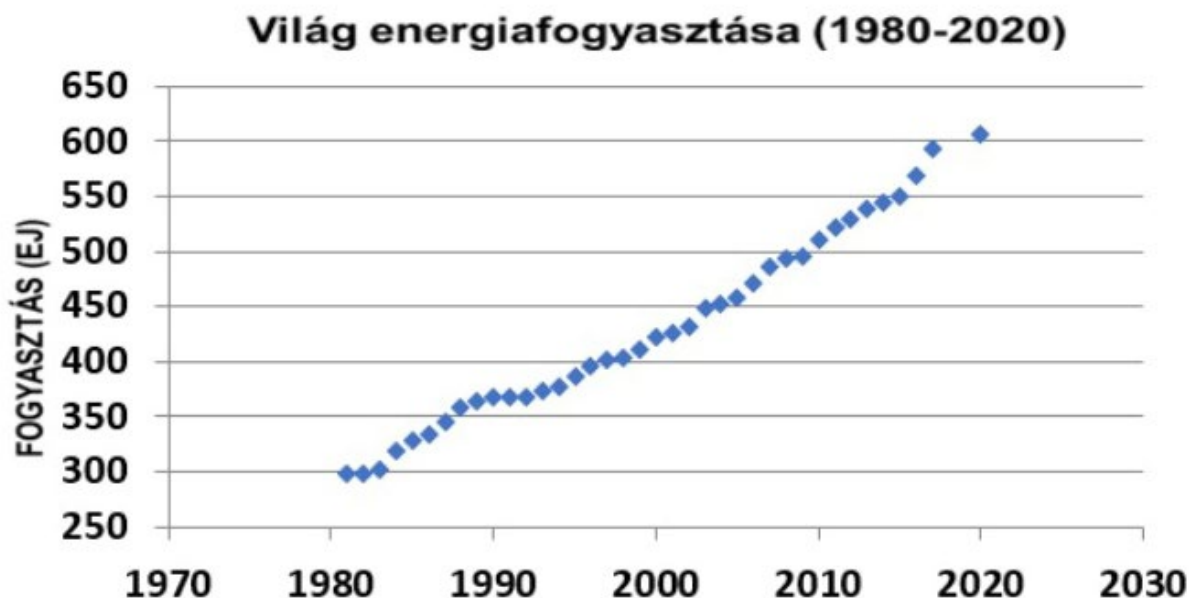
Az energiaigények szerkezete különböző közösségekre más és más.

Az általánosan elvárt igényekre példák:

- elegendő élelem a lakosságnak,
- megfelelő lakások és közösségi épületek, azok működtetése,
- energia fűtésre és világításra,
- energia az oktatásra és szociális célokra,
- energia a gazdasági élet működtetésére,
- energia és nyersanyag az iparnak,
- víz a lakosságnak, az iparnak,
- a hulladék megfelelő elhelyezése,
- közlekedés a városban és azon kívül,
- ...stb, *a felsorolás hosszan folytatható.*

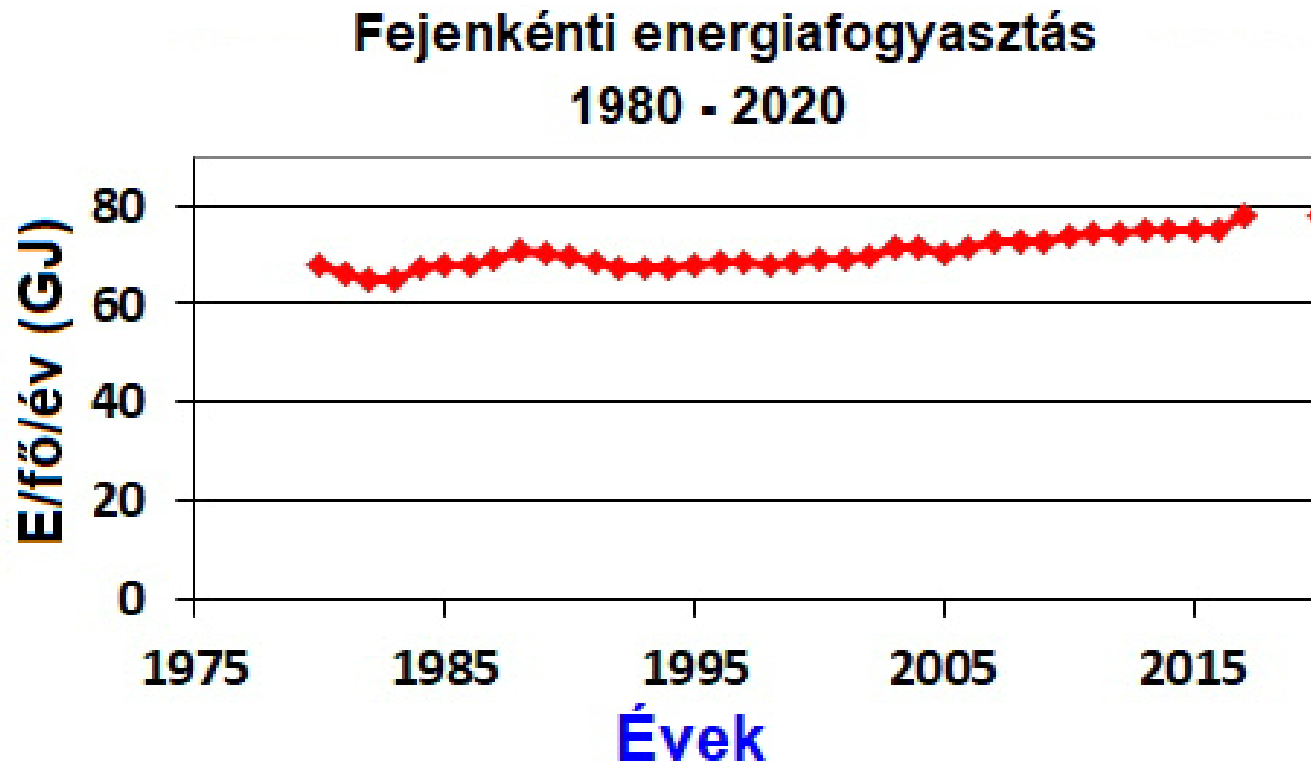
A modern társadalmak fő kérdése: ki tudjuk-e elégíteni az energiaigényeket?

Tények a jelenlegi energiaellátásról:



A társadalmak energiafogyasztása 2020-ban: ~606 EJ
(19,2 TW, 14 486 Mtoe (millió tonna olajegyenérték))

Miért nő az energiafogyasztás?

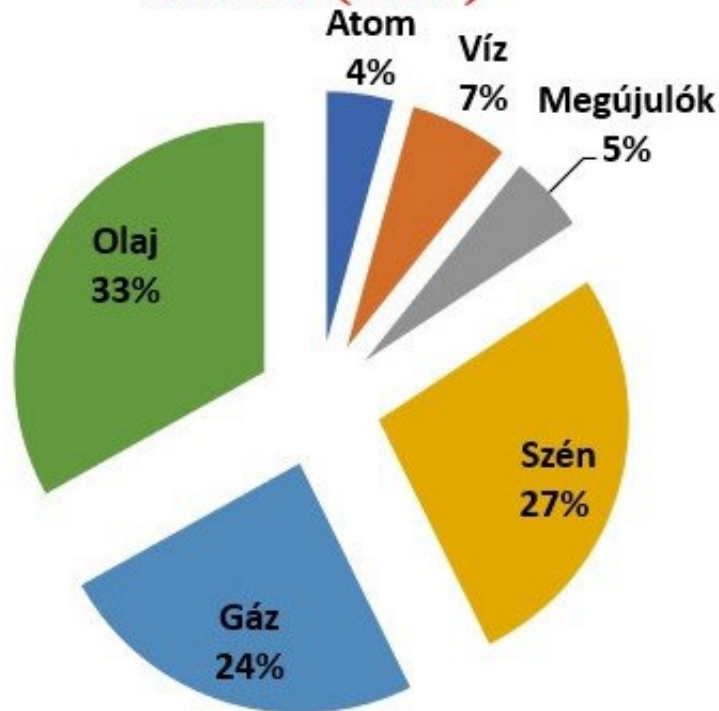


E/fő ~ 65 és ~ 80 GJ/fő között 1980 óta; a per fő fogyasztás közel állandó, (kis (~10%) növekedés),

E drámai növekedésének fő oka: létszámnövekedés.

2. A jelenlegi energiaellátási rendszer bírálata.

A világ energiafelhasználása források szerint (2019)



Fosszilis energiahordozók: 84,3%

Fosszilisból: ~ 80% *(immár 70 éve!)*

A mai ellátás gerincét a fosszilisok (olaj, szén, földgáz) adják

Nehézségek a fosszilis energiahordozókkal:

- Gazdasági és politikai függőségek,
- Környezeti szennyezések → kén- és NO_2 , nehéz fémek (As, Pb, Cd, Hg, U stb.), radioaktivitás kibocsátása, rákkeltő és genetikai sérüléseket okozó anyagok keltése,
- A fosszilisokat nehéz kibányászni, szállítani és energiát termelni belőlük,
- A szénhidrogének a vegyipar alapanyagai is, más felhasználás fontosabb (pl. műtrágyák),
- A CO_2 , (sokkal kisebb mértékben a SO_2) komoly környezeti problémákat okozhatnak,
- A fosszilisok forrásai bizonyosan végesek.

Kitérő a fizikatanároknak:

az iskolákban érdekes kérdés lehet →

***Elő tudnánk-e állítani a szükséges energiát
szorgalmas munkával?***

E/fő/év 40 éve ~ 80 GJ/fő/év $\rightarrow$ 220 MJ/nap

Fiatal, erős ember munkája ~ 1 -2 MJ/nap

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

A politika sikeres hívó szava: *klímaváltozás!*

A klímaaggodalom, következtetései politikai parancssá váltak Európában és a Föld nagy részén.



Greta Thunberg

„Fővádlott”: a légkör magas CO₂ tartalma, **most 409 ppm!**

(De a klímaváltozásnak számos más oka is lehet!) Mégis ez meghatároz fontos ***politikai, gazdasági döntéseket, energia és népszerűpolitikát*** stb.

A jelenlegi energiaellátási rendszereket meg kell újítani!

Energiaigény általában:

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

The diagram illustrates the formula for energy demand. It consists of three main components in boxes, each with an arrow pointing to a term in the formula above it:

- A box containing "társadalom szociális állapota" (social status of society) has an upward-pointing triangle arrow pointing to "szolgáltatás-igény/fő" (service demand per capita).
- A box containing "gazdaság technikai fejlettsége" (technical development of the economy) has an upward-pointing triangle arrow pointing to the denominator "szolgáltatás" (service) of the fraction $\frac{E}{\text{szolgáltatás}}$.
- A box containing "em-berek száma" (number of people) has an upward-pointing arrow pointing to "fő" (per capita).

The formula is: $\text{energia-igény} = \text{szolgáltatás-igény/fő} * \frac{E}{\text{szolgáltatás}} * \text{fő}$

Az egyenlőség bármely tagja 0, az igény is 0.

Most energiaválságban vagyunk. Jelenti: a beszűkült az energiaforrások elérhetősége.

Mennyi elég, mennyit lehet megtakarítani?

A legfontosabb az első tényező: miről hajlandók az egyes emberek lemondani? *Egyéni és kollektív válaszokra van szükség!*

Van amiről nem lehet, van amiről le lehet és van amiről le kell majd mondani, de fájni fog.

A fizika tanárokat a 2. tényező miatt kérdezik, ez technikai részlet.

Becslésem: ~30% amit meg lehet takarítani.

M.o.-on a fűtés sok energiát követel. Kis hőmérséklet-csökkenéssel jelentős (~%) energia megtakarítható.

3. A megújuló energiaforrások és ezek alkalmazásának lehetőségei.

Népszerű lehetőség: a jelentős megújuló források

- **energia a Nap sugárzásából,**
- **vízenergia,**
- **szélenergia,**
- **biotömeg,**
- **geotermikus energia,**
- **hasadásos magenergia.**

Ezek mindegyike képes emberi felhasználásra alkalmas nagy mennyiségű energia előállítására.

Közös tulajdonság: a megújulók „energiasűrűsége” kicsi.
(Jelentése: sok energia megtermelése valamiből (területből, vízből, külön álló egységekből) sokat követel.)

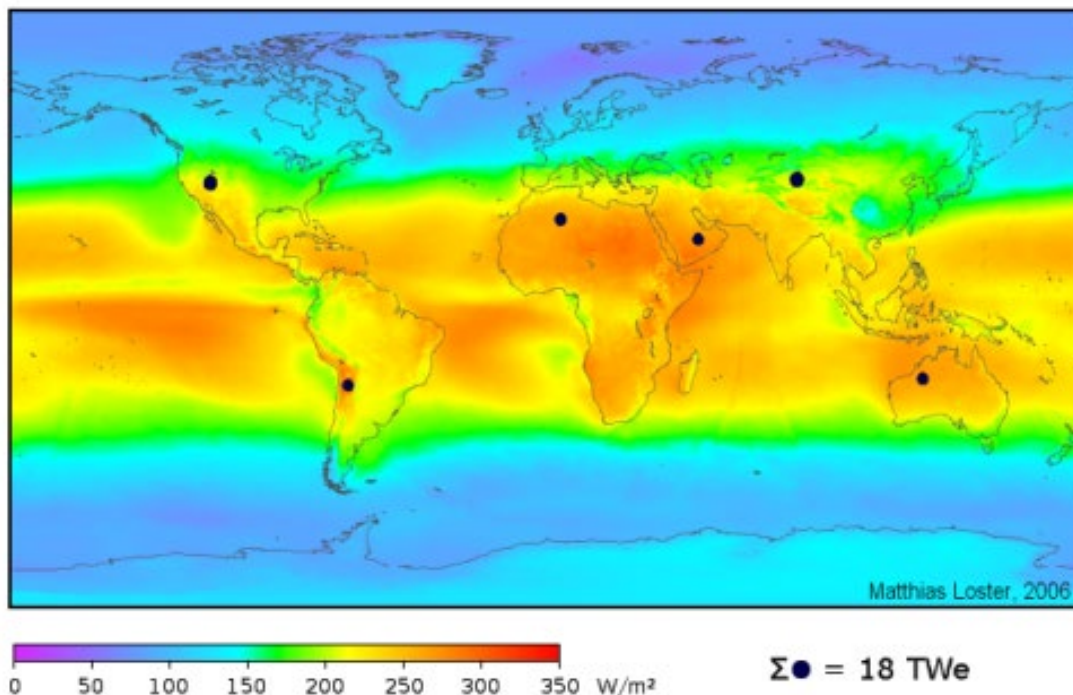
A megújuló forrásokra vonatkozó általános tulajdonságok:

- *Jelentős mennyiségű energia termelésének mindig és elkerülhetetlenül nagy környezeti hatása van!*
- *A megújulók alkalmazásával termelt energiának minden egyes esetben nagyon különböző technológiai háttere van.*
- *Atomenergia: teljesen különálló technológia.*
- *A környezeti hatások nem hasonlóak és okaik is teljesen különböznek egymástól!*

A környezeti hatások fő kategóriái:

- *Nagy területek felhasználása jelentős mennyiségű energia termelésére; ez igaz mindegyik megújulóra.*
- *Melléktermékek keletkezése és kibocsátása,*
- *Őshonosok állatok, növények életterének beszűkítése,*
- *Monokultúrák kialakulása, a biodiverzitás csökkentése,*
- *A talajvíz szintjének megzavarása és szennyezése,*
- *Mérgező vegyszerek talajba juttatása,*
- *Folytonos fizikai zavarás lehetséges (pl. zaj),*
- *Elektromosság, vagy energiahordozó szállítása: ez az infrastruktúra része a környezetnek.*
- *A termelő üzemek leszerelése a környezetet meg fogja terhelni.*

- **Energia közvetlenül a Napból:**
Napsugárzás a Földre: 178 PW
1,4kW/m² (a légkör határán).
~600 EJ ~ a felszínre: ~ 9 óra alatt



A napsugárzás teljesítményeloszlása a Földön.

Két elv a napsugárzás energetikai hasznosítására:

- közvetlen átalakítás elektromos energiává (PV),
- a napsugárzás által keltett hő:
 - a) gőzfejlesztés felmelegített anyaggal,
 - b) igen magas hőmérsékletek elérése (pl. 3800 K),
 - c) a hő nem áramkeltési célú felhasználása.

Mindkét lehetőséget alkalmazzák is gyakorlatban.



Naptornyok Sevillánál



Szoláris farm az USA-ban

A naperőművek jellemzői

- Nagy területek felhasználása, amit általában *a mezőgazdaságtól vesznek el,*
- Gázemisszió, szennyezés elhanyagolható,
- Több veszélyes anyagot felhasználnak, *ez a létesítmény leszerelésénél probléma,*
- Ma igen gyorsan bővülnek a kapacitások,
- A névleges kapacitásnál sokkal kevesebb áramot termel (nálunk ~ 1/8-ad részét)!

Fenntarthatósága: a napenergia felhasználásának környezeti hatásaitól függ.

Vízenergia

Előnyei:

- jól ismert és bizonyított technológia,
- az üzemanyag ingyenes, a bérköltségek alacsonyak,
- nincs káros anyag kibocsátás,
- a vízgazdálkodás megújítása ,
- segítség az árvizek ellen és a folyami hajózásban,
- ma fontos elem az elektromos hálózat szabályozásában.

Hátrányai: az építés hosszú és drága,

Biztonsági megfontolások is számítanak.

- **Az építés nagy közösségeket érinthet, sok kitelepítés**
pld. a Három-szurdok gátnál (Kína, 22.5 GW) 1.2 mill. főt telepítettek ki, ~1300 falut ürítettek ki,
- általában nagy területeket árasztanak el,
- óriási és sokakat taszító építmények.



Three Gorges Dam (China), Capacity 22.5 GW

Az elektromos energia ~ 17%-át a vízerőművek állítják elő.

**2020: 25,0 PWh
összenergiából
4333 TWh víz.**

A szélenergiáról: a növekedés igen gyors

A Föld széltérképe



*Kontinensek belseje:
a szél gyenge, így
Magyarországon is.*



A regionális eloszlás:

~53% Európa; ~20% Észak-Amerika;

~17% Ázsia; a többi régió: ~ 10%

Az EU-ban: az elektromosság 4.2 %-a;

Dánia: 24%,

*Előnyös összekapcsolás: vízenergiával
párosítva kiegyensúlyozási lehetőség.*

- Ténylegesen megújuló energiaforrás,
- Olyan energiaforrás, amelynek nincs káros anyag kibocsátása (nincs CO₂).

Szociális és gazdasági előnyök.

Energia biotömegből



Energia-erdő

Etikai kérdés:

energiatermelés ételtermelés helyett?

*A mezőgazdaság energetikailag
önfenntartóvá tehető!*

Geotermikus energia



- Elektromos áram,
- A hő közvetlen felhasználása,
- **M.o.-on hőszivattyús fűtés elterjesztése.**

A regionális eloszlás:

~53% Európa; ~20% Észak-Amerika;
~17% Ázsia; a többi régió: ~ 10%

Az EU-ban: az elektromosság 4.2 %-a;

Dánia: 24%,

*Előnyös összekapcsolás: vízenergiával
párosítva kiegyensúlyozási lehetőség.*

- Ténylegesen megújuló energiaforrás,
- Olyan energiaforrás, amelynek nincs káros anyag kibocsátása (nincs CO₂).

Szociális és gazdasági előnyök.

4. A hasadósos atomenergia felhasználásának szükségességéről és kilátásairól.

Meghatározó szerepe lesz a jövőben!

2020-ban a Világon: 25027,28 TWh;

ebből 2657 TWh (11%) atom, (U~ 70kt/év)

***Magyarországon: a Paksi Atomerőmű (Paks1) 2 GW
kapacitással.***

***Most Paks1 az országon belül megtermelt villamos
energia ~50%-át adja.***

Épül Paks2, 2x1,2 GW kapacitással.

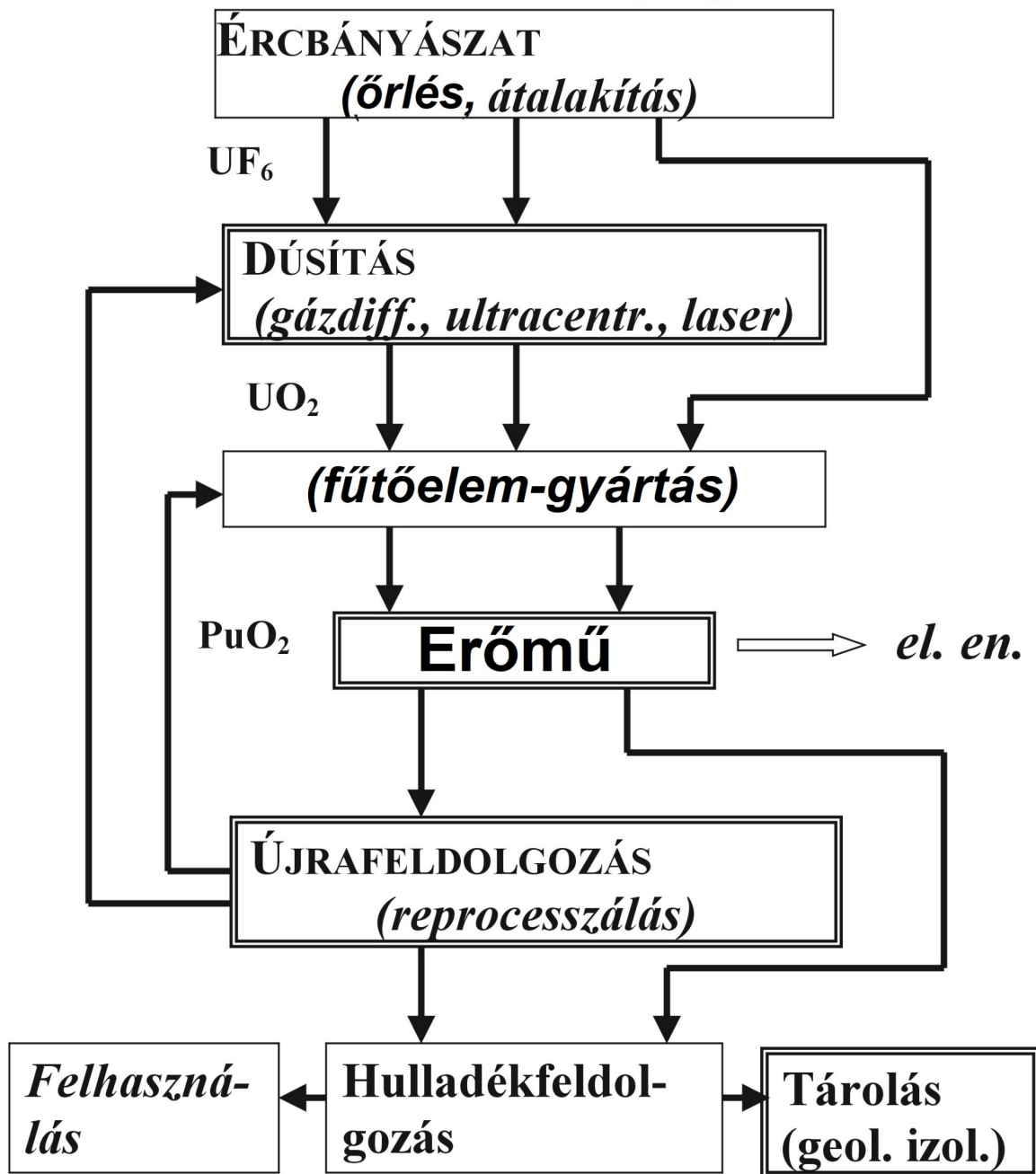
***Ma fontos: áramból importra szorulunk, ennek
jelentős része eddig Ukrajnából jött.***

Atomenergia: komoly bírálatok

- 1. erőmű: baleseti félelmek,**
- 2. nukleáris hulladékok elhelyezése,**
- 3. atomfegyverek elterjedése,**
- 4. véges, nem túl nagy uránkészletek,**
- 5. nagy gazdasági kockázatok,**
- 6. jelenleg csak elektromos áram-termelésre, de az energetika más fontos területein alig használják.**

EU: pillanatnyilag a földgáz és a hasadós atomenergia megtűrt zöld energiaként.

A nukleáris fűtőanyagciklus



A kettős vonallal körbevett elemek azok, amelyek a nukleáris vita fő témaköreit jelentik.

Az energiaforrások összehasonlításának elvei:

- ugyanakkora *energiamennyiségre* kell vonatkoztatni,
- az energiatermelési eljárás *teljes ciklusára*,
- a *térbeli* vizsgálatnak azonosnak kell lennie,
- az *időbeni* vizsgálat azonos periódusra vonatkozzon,
- a *tájhatásokat* figyelembe kell venni,
- A *gazdasági, szociális és jogi* hatásokat is vizsgálni kell.

Nincsen általánosan elfogadott összehasonlítási eljárás.

Az energetika komoly problémája: az el. áram ipari szinten nem tárolható.

Ugyanakkor:

- *a modern társadalmak elektromos energia iránti igénye rohamosan nő,*
- *Az elektromobilitást a politika erőlteti,*
- *A megújulók kapacitása nagy, de nem lehet tudni, hogy mikor termelnek és mennyit,*
- *A szükséges kiegyenlítést a most nagyon megrágult gázzal hajtott turbinákkal végzik.*

Nagy mennyiségű elektromos energia tárolására az akkumulátorok nem alkalmasak.

Egyszerű becslés a mai adatok alapján:

Egy háztartás gázfogyasztásának energiatartalma (a kormányzat hivatalos rezsiadata) 17 679 kWh (~64 GJ). Tárolásához 276 db. 64 kWh akkumulátorra lenne szükség.

Ez (2022-ben) ~ 1,4 mrd Ft, tömege 121 tonna.

Csak a megújulók biztosan nem hoznak megoldást!

Perspektíva: teljesen zöld energia: megújulókból hidrogén; Energia-tároló. ($E_{\text{égés}}=120\text{MJ/kg}$, óriási).

Ez kívánatos, de időben távoli megoldásnak látszik!

5. Vízió a jövő energiaellátására

Most rövid távon nehéz jövő felé nézünk: *az is lehetséges, hogy komoly, tényleges energiahiánnyal kell nemsokára (1-2 éven belül) szembenéznünk.*

Ma a politika kulcsszava: klímaváltozás!

- Mennyire akarja és képes-e a politikai vezetés az energiaellátást a jelenlegi szinten fenntartani? Mikor kényszeríti ki a politika fosszilisok elvetésével járó CO₂ mentes „energiafordulatot”?
- Mennyi energiát vagyunk képesek megtakarítani?
- El kell-e válni a fosszilis energiahordozóktól?
Ha igen, akkor milyen ütemben?
- Milyen ütemben vagyunk képesek új energiahordozókra átállni?

Kérdések, amelyeket a jövő válaszol majd meg:

- **Milyen szerep jut a megújulóknak?**
- **A követett energiapolitika mennyire fogja védeni a klímát?**
- **Érdemben előre lehet-e lépni az elektromos energia tárolása területén?**
- **Mi lesz az atomenergia jövője?**
- **Fúziós energia felhasználása?**
- **Mennyire terjed el az elektromobilitás?**
- **Mennyire lesz használatos a hidrogén, mint energiahordozó?**

- Milyen társadalmi változásokat hoz az energiával takarékoskodó közösségek kialakítása mellett való szilárd politikai elköteleződés? stb...

Meggyőződésem: a jövő energiaellátását csak az atom-, a víz-, a szén és a gáz, a nap-, a szél-, a geotermikus erőművek optimalizált elegye láthatja el!

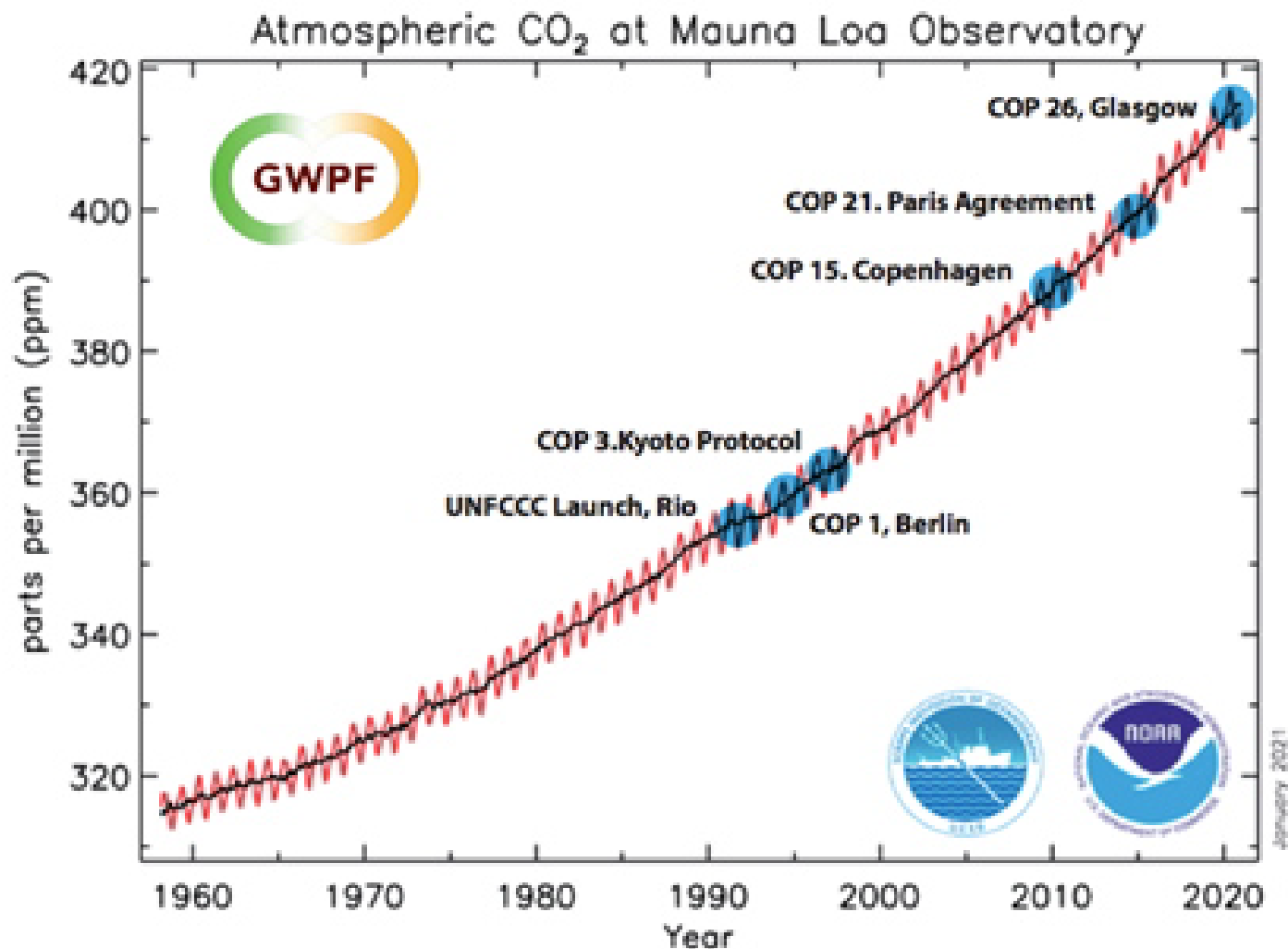
H-gazdálkodás kívánatos, de messzinek látszik!

Politikai akarat, jelentős anyagi forrás, idő és társadalmi erőfeszítés kell ennek eléréséhez!



Köszönöm a figyelmet!

A fosszilizsek hosszú idő óta dominálnak



A konferenciák, megállapodások nem változtattak!