

*Leválhat-e az emberiség a fosszilis energiaforrásokról?*

# *Leválhat-e az emberiség a fosszilis energiaforrásokról?*

**PBK konferencia 2024.12.9.**

**Huszár Csaba  
Gajáry Antal**

**Ezen prezentáció bemutatásával nincs más célunk, minthogy ráirányítsuk a figyelmet egy 3 500 éve működő technológiára, amely talán irányt mutathatna a klíma – és energiakérdés megoldásán munkálkodóknak.**

**Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testülete (IPCC) 2022. évi jelentése nem ad egzakt választ a felmerülő kérdésekre.**

**270 tudós, 67 országból 14 ezer tanulmányt dolgozott fel. A szöveget két héten át tartó online egyeztetéseken véglegesítették, és fogadták el 196 ország kormányának küldöttei.**

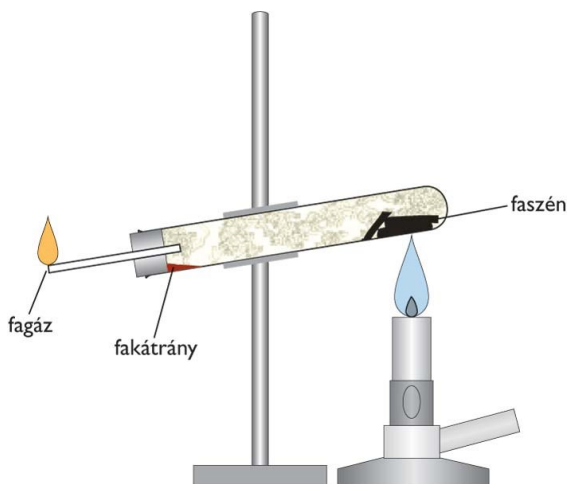
**3 500 oldalon pontos diagnózis állítottak fel, de gyógymódot nem találtak.**

**Sikerült a múltat rekonstruálni, de nincs kiút a gödörből!**

**Van klímapolitika (IPCC), de nincs klímatechnológia!**

**„Be a scientist, save the world”! (R.Smalley) *(Elfogadtuk)***

# Három emlék a múltból



Általános iskolai  
kémiai bemutató



Legősibb technológia: szénégetés  
„boksában”  
3 500 éve ismert

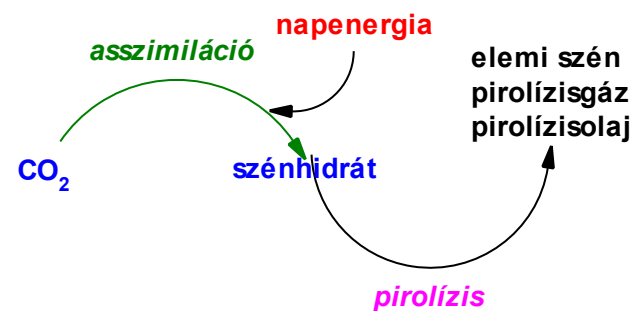
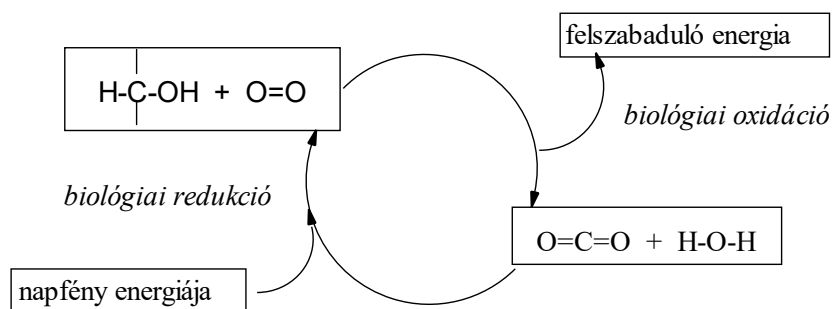


Fagáz üzemű autó 1936

Mi a közös bennük? **Szénhidrátok pirolízise!!!**

## *In cogitato* reprodukáltuk a fosszilis energiahordozók keletkezését!

1. A növényi sejtek a legjobb széndioxid elnyelő és szénhidrátot termelő rendszerek.
2. Egykor a keletkező szénhidrátokból hőmérséklet - és nyomásnövekedés hatására oxigénszegény környezetben keletkeztek a fosszilis energiahordozók.
3. Következtetés: **nem redukció**, hanem termolízis, a gyors szénciklus „*eltérítése*” oxigénszegény pirolízis irányba lehet az egyik jó kémiai megoldás.

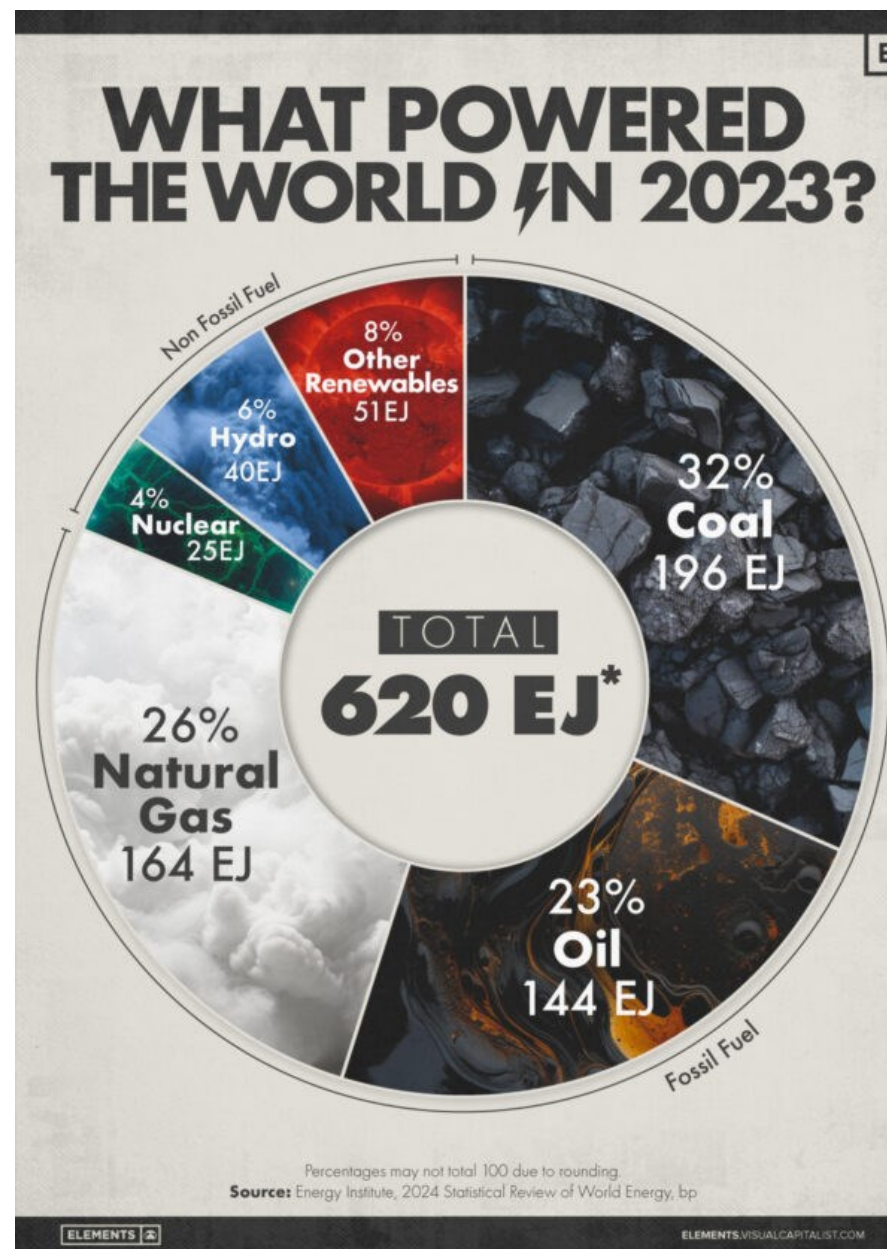


4. **Nem kell hozzá másodlagos energia, ott van a kémiai kötésekben!!!!!!!!!!!!!!** (ingyen van)

## A világ energiafogyasztása 2023-ban

**Fosszilis eredetű 81 %**

**$504 \cdot 10^{18} = 504 \text{ EJ}$**



## Fosszilis energiaforrások energiatartalmának összehasonlítása növényi hulladékok (szénhidrátok) égéshő értékével

Éves energia termelés:  $504 \times 10^{18} \text{ J} = \underline{504 \text{ EJ}}$

Növényi hulladékok átlagos égéshő értéke: 15 MJ/kg

Növényi hulladék mennyisége:

$(504 \times 10^{18} \text{ J}) : 15 \times 10^6 \text{ J/kg} = 33,6 \times 10^{12} \text{ kg} \approx \underline{35 \text{ Gt}}$

Tüzelőanyag	Tüzelőanyag ár (Ft/kg)	Égéshő (MJ/kg)
Rönk	30	16
Darabolt tűzifa	40	16
Fabrikett	120	18
Fabrikett (max)	350	18
Faapríték	60	16
Faapríték (max)	200	16
Fapellet	120	20
Fapellet (max)	300	20
Kis kocka bála (20 kg)	30	15
Kis kocka bála (20 kg)	40	15
Nagy henger bála (160 kg)	30	15

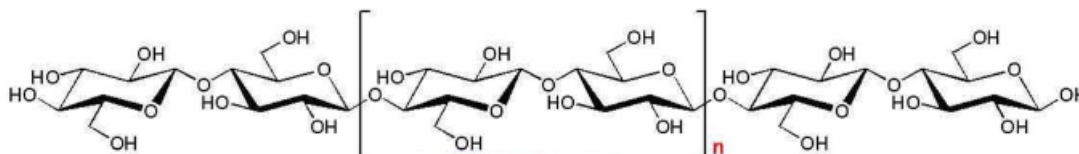
Kb. 35 Gt növényi hulladék égéshője megegyezik a fosszilis anyagok éves égéshő értékével.

De szalmával nem lehet vasércet olvasztani!

Mit lehet tenni? **Vissza a kezdetekhez!!!**

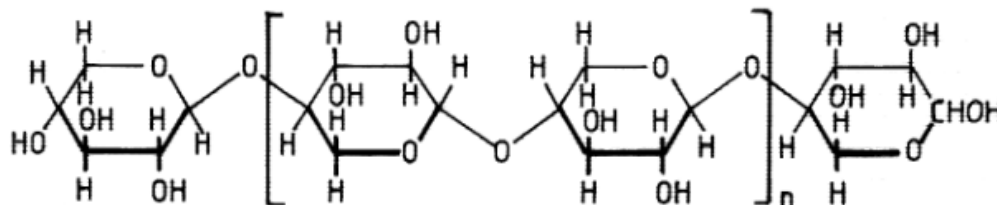
# Pirolízist „szenvető” növényi rostok összetevői

Egység (glükóz)  
széntartalma. 40 %



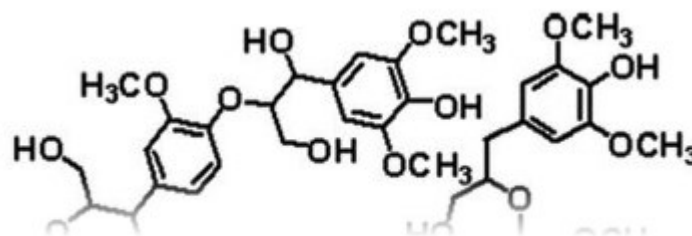
Cellulóz: 35-50 %

Egység (xilóz, mannóz, galaktóz)  
széntartalma. 40 %



Hemicellulóz: 30-45 %

Egység széntartalma. 68-70 %



Lignin: 15-25 %

Ezeket pirolizálva főként 3 termék keletkezik:

- szilárd elemi szén,
- gáz: [hidrogén (50 %), metán (38 %), szénmonoxid 1,5 %]
- folyadék: olaj

# **A boksában lejátszódó folyamatok**

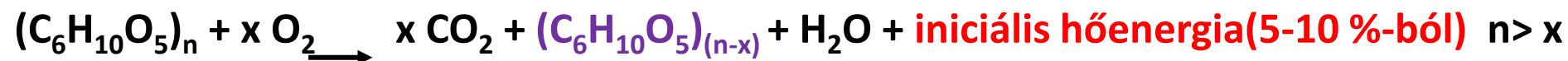
- **100 ° C-nál kezdődően a szabad víz távozik;**
- **270 °C-ig a fa csak pörkölődik,**
- **ezután a folyamat energetikai szempontból önfenntartóvá válik (270-430° C között),**
- **elkezdődik a szénhidrátokban levő kémiai kötések szakadása 3 fő kémiai reakció: bomlás, elimináció és fragmentáció révén,**
- **először a vörös szén keletkezik, amely átmegy feketébe**



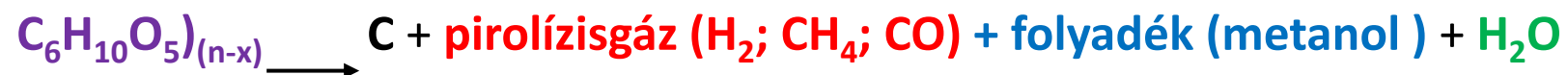
# Pirolízis kémiai folyamatai a boksában:

(nem azonos az elgázosítással)

## 1. részleges oxidáció



## 2. Kötések energiatermelő bomlása

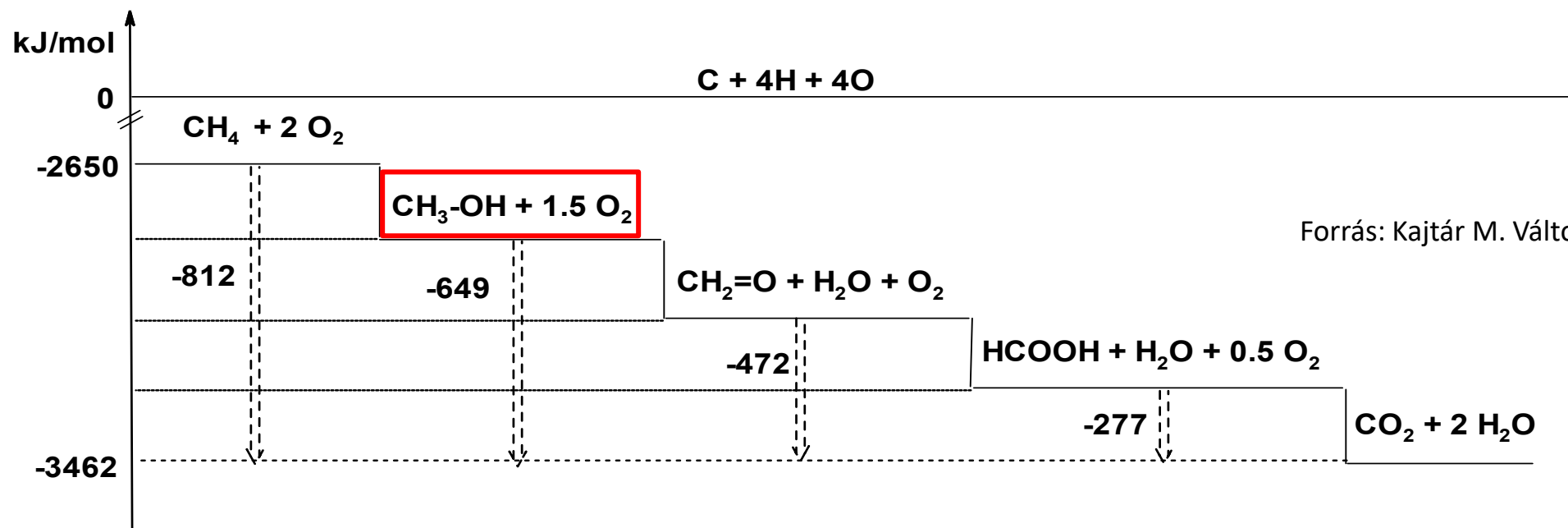


**A pirolízis 270° C-ig endoterm, utána 400° C-ig exoterm folyamat.**

Végső soron az történik, hogy a szénhidrát molekula **C-C**, **C-O**, **C-H** és **O-H** kötése felbomlanak, s helyettük elemi szén, valamint a hidrogénmolekula **H-H**, metánmolekula **C-H** és a vízmolekula **O-H** kötése jönnek létre. A kötések felszakításához a kötésenergiát kell befektetni (pozitív előjellel), a kötések képződésekor pedig a kötésenergia szabadul fel (negatív előjellel).

**Önfenntartó, nem kell kívülről energiát befektetni!!!!!! Nincs katalizátor!!!!!!**

## Egy szénatom, 4 hidrogén-, és 4 oxigénatom lehetséges molekuláris rendszerei és azok energiaszintjei

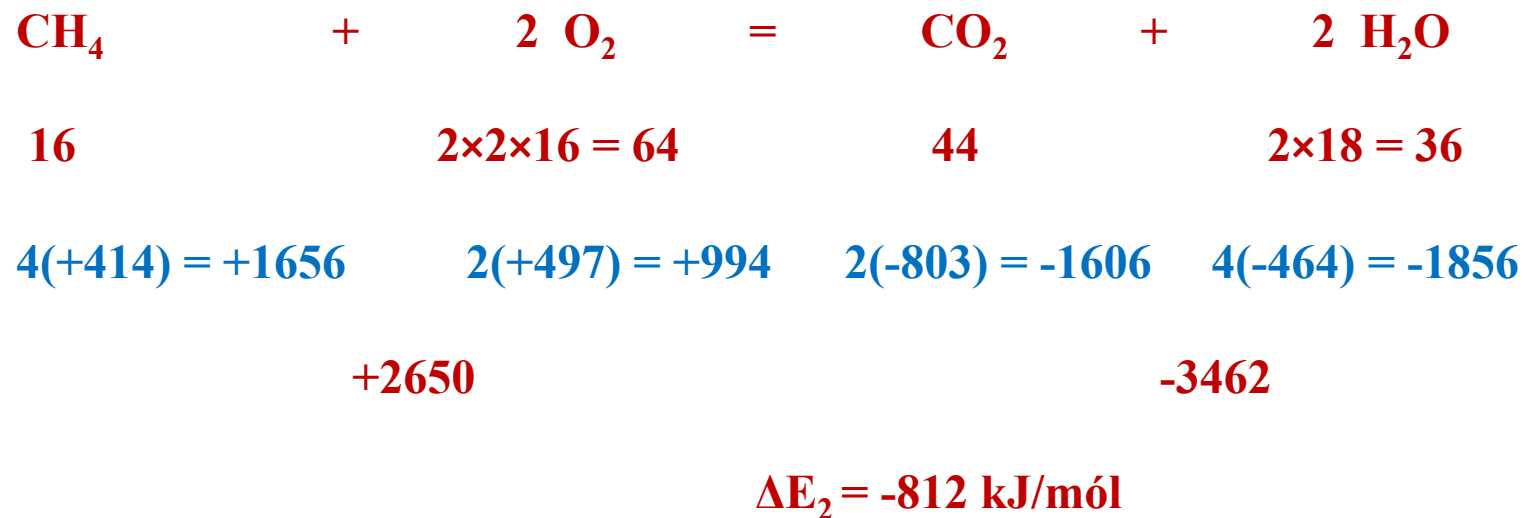


A szénatom oxidációs fokának növekedésével a rendszer egyre negatívabb energiaszintre jut, közben a szénatomhoz kapcsolódó hidrogénatomok vízzé égnek el.

(Az egyes rendszerek és a szén-dioxid-víz rendszer közötti energiakülönbség az égéshőt adja meg)

**Pirolízis közben apoláris, magasabb égéshőjű anyagok (elemi szén, metán, hidrogén) és magasabb oxidációs fokú, mélyebb energiaszinten levő szénvegyületek és víz is keletkeznek!**(Alkohol állapotból indul a folyamat)

# Példa a kötési energiák változásának számítására

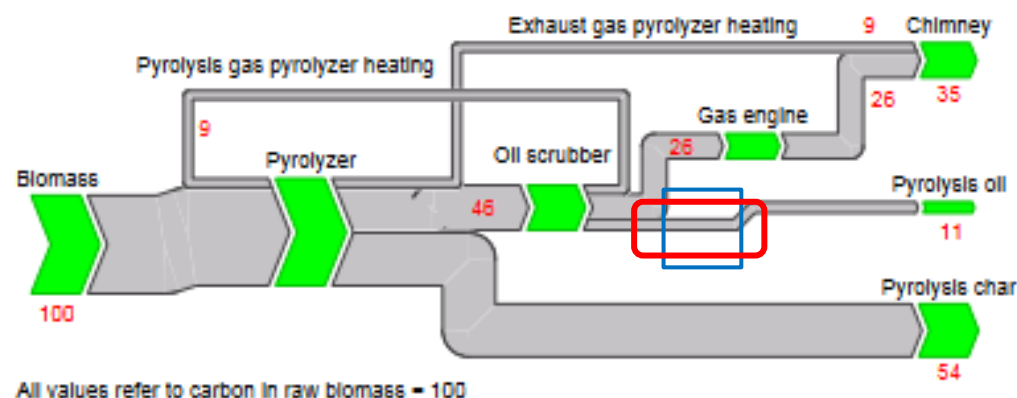


# Pirolízis termékek százalékos részaránya

Ezek külső energia befektetése nélkül keletkeznek

[A pirolízis termokémiai és nem enzim reakció (fermentáció)!]

Termék	Mennyiség	Részarány száraz anyagra számítva
	kg	%
Víz	45	–
Faszén [szilárd]	30	54,5
Fagáz [pirolízisgáz]	16	29,1
Faecet [folyadék]	2	3,6
Faszesz (metanol) [folyadék]	2	3,6
Kátrányos maradék [folyadék]	5	9,1
Száraz (vízmentes) anyag összesen	55	100,0



100 kg gyapotszalmából\*

\*Tobias Pröll et al. / Energy Procedia 114 (2017) 6057 – 6066

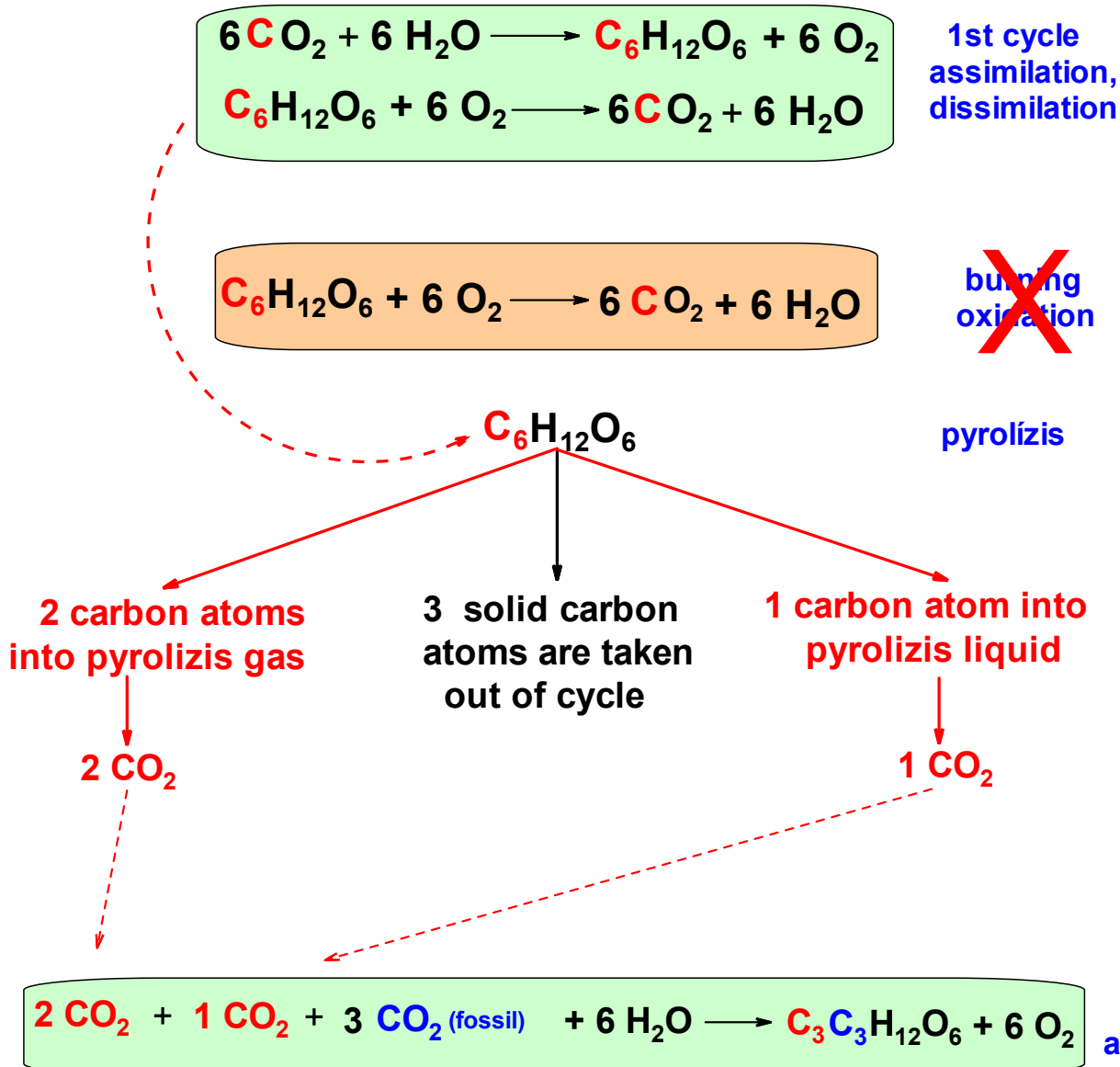
Mindkét esetben az elemi szén átlagtartalom > 50 %  
gáz átlagtartalom > 25 %

100 kg bükkfából\*

Lukács I. Falepárlás elmélete, Az erdő1952. 2 füzet

# Mi következhet abból, ha pirolizálunk?

**Szénatomok mozgása az első asszimiláció és pirolízis ciklus után a következő 2. asszimilációs ciklusban**

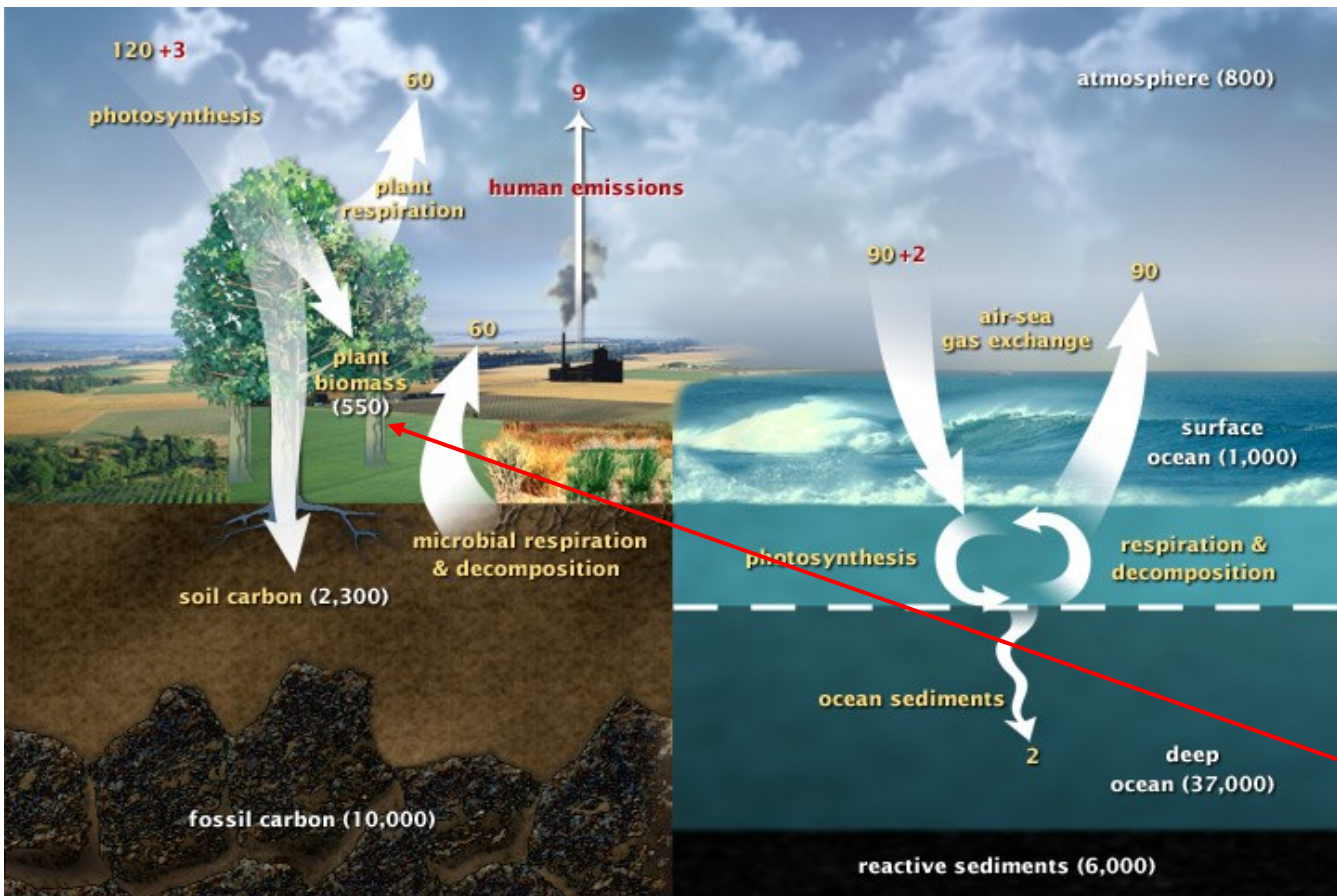


3 szénatom nem kerül vissza a szénciklusba!  
Pótlás csak fosszilis eredetű lehet!  
Csökken a széndioxid tartalom!

## Javul a klímahelyzet!

3 szénatom **növényi**,  
3 **fosszilis** eredetű az új szénhidrát molekulában

## Szén ciklus a természetben: (Nasa Earth Observatory 2019)



A gyors szén ciklus diagramja a szén mozgását mutatja a szárazföld, a légkör és az óceánok között. A **sárga** számok természetes fluxusok, a **piros** pedig az emberi hozzájárulás évi gigatonnában. A **fehér** számok a tárolt szenet jelzik.

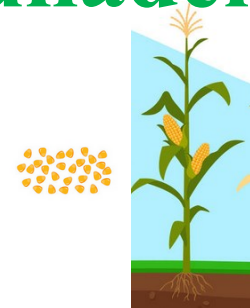
A szén ciklusban a humán emisszió 9 egység, ebből 5 egység fordítódik asszimilációra, a különbözeti 4 egység itt marad a légkörben kumulálódva.

**Évente 550 Gt szén épül be a növényekbe, ez min. 1100 Gt szénhidrátot jelent.**

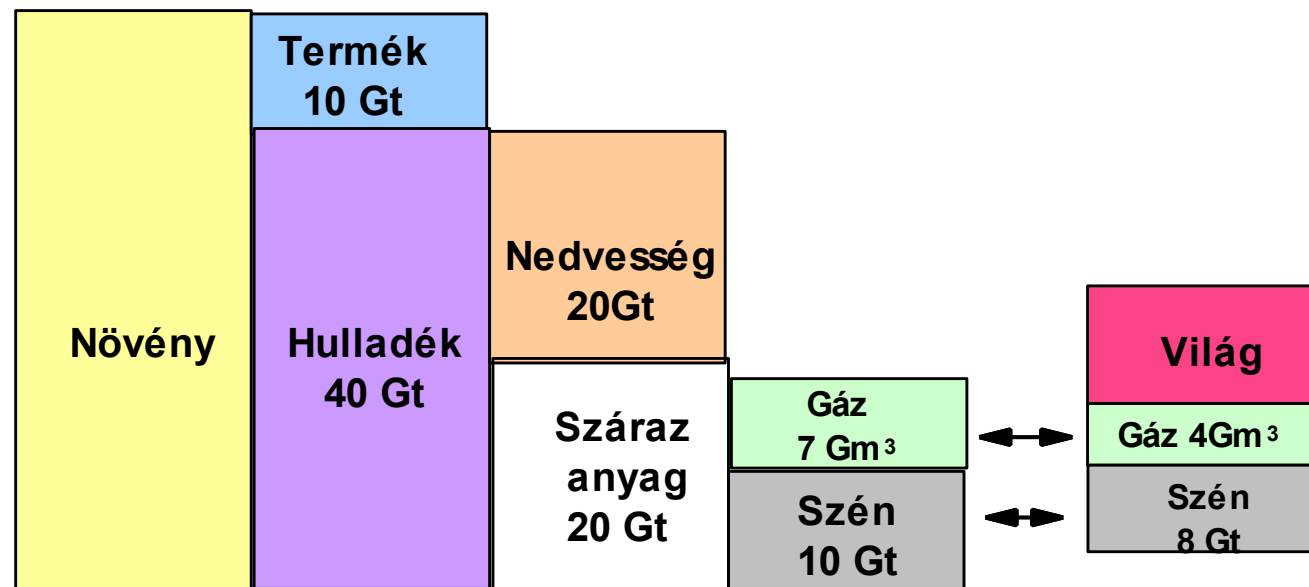
**Félreértés:** az emberi populáció növekedése nem növeli a CO<sub>2</sub> kibocsátást, hiszen mi csak abból a szénhidrátból tudunk széndioxidot generálni, amit előzőleg a növények asszimiláltak. Ez a széndioxid mennyiség viszont egyszer már ott volt a légkörben.

# Energiakérdés megoldása: Növényi hulladékok pirolízise

**Kiindulópont: termék - hulladék arány = 20% : 80 % = 1: 4**




Főbb termesztett növények	Mennyiség millió tonna/év
Gabona	1 500
Rizs	2 795
Kukorica	1 000
Olajos magvak	635
Gyapot	121
Szója	123
Nádcukor	1 949
Földimogyoró	40
Erdészeti melléktermék	1 961
<b>Összesen</b>	<b>10 124 ≈ 10 Gt</b>



*Czivin Vilmos Magyar Energetika Főszerkesztő ötlete alapján*

**Forrás: Magyar Energetika 2022 március**

## 40 Gt növényi hulladékok pirolízis termékeinek fűtőérték számítása

<b>Növényi hulladék mennyisége</b>	<b><math>40^{10^{12}}</math> kg</b>
<b>Szárazanyag tartalma (50 %)</b>	<b><math>20^{10^{12}}</math> kg</b>
<b>Elemi szén mennyisége (50 %)</b>	<b><math>10^{10^{12}}</math> kg</b>
<b>Fűtőérték ( 30 MJ/kg)</b>	<b><math>(10^{10^{12}}</math> kg) x 30 MJ/kg = <u><b><math>300^{10^{12}}</math> MJ</b></u></b>
<b>Pirolízisgáz (25 %)</b>	<b><math>5^{10^{12}}</math> kg</b>
<b>Mennyisége (kmol)</b>	<b><math>(5^{10^{12}}</math> kg) : 16 kg = <math>0,307^{10^{12}}</math> kmol</b>
<b>Térfogata (standard)</b>	<b><math>(0,307^{10^{12}}</math> kmol) x 24,5 m<sup>3</sup>/kmol = <math>7,52^{10^{12}}</math> m<sup>3</sup></b>
<b>Fűtőérték (30 MJ/kg)</b>	<b><math>(7,52^{10^{12}}</math> m<sup>3</sup>) x 30 MJ/kg = <u><b><math>225,6</math> MJ</b></u></b>
<b>Pirolízisolaj (11 %)</b>	<b><math>1,8^{10^{12}}</math> kg</b>
<b>Fűtőérték (40 MJ/kg)</b>	<b><math>(1,8^{10^{12}}</math> kg) x 40 MJ/kg = <u><b><math>72,2</math> MJ/kg</b></u></b>
<b>Teljes fűtőérték</b>	<b><math>(300+ 225,6 + 72,2) \times 10^{12}</math> MJ = <u><b><math>597,8^{10^{18}}</math> J</b></u></b>
<b>Energia igény</b>	<b><math>504^{10^{18}}</math> J</b> 



# Pirolízis termékek hasznosítása:

## 1. Pirolízisszén

- Elemi szén, tökéletes helyettesítő mindenre, amihez szén kell
- Üzemanyag előállítására, *Reppe 13 szintézise*
- Termőföldek vízkötő képességének javítása kiszórással
  - *módszer az aszálykár csökkentésére*

## 2. Pirolízis gáz (főként hidrogén, metán, nitrogén)

- Tisztítás után betáplálás gázhálózatokba
- Hő-és villamosenergia termelés kapcsolt gázmotorral
- Vegyipari alapanyag (műtrágya, műkorom)

## 3. Pirolízis folyadék (modern reaktorokban már nem keletkezik, mert átvezetik a redukciós zónán).

- hő-és villamosenergia termelés

## 4. Csökken a széndioxid kibocsátás, **kereskedés a szén-dioxid kvótával.**

# Örömhír a „zöld” hidrogénre váróknak:

Ott van a földön, csak le kell nyúlni érte

(vízgáz reakció; ammónia gyártás Péten 1984-ig)



$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = + 77 \text{ kJ/mol}$$

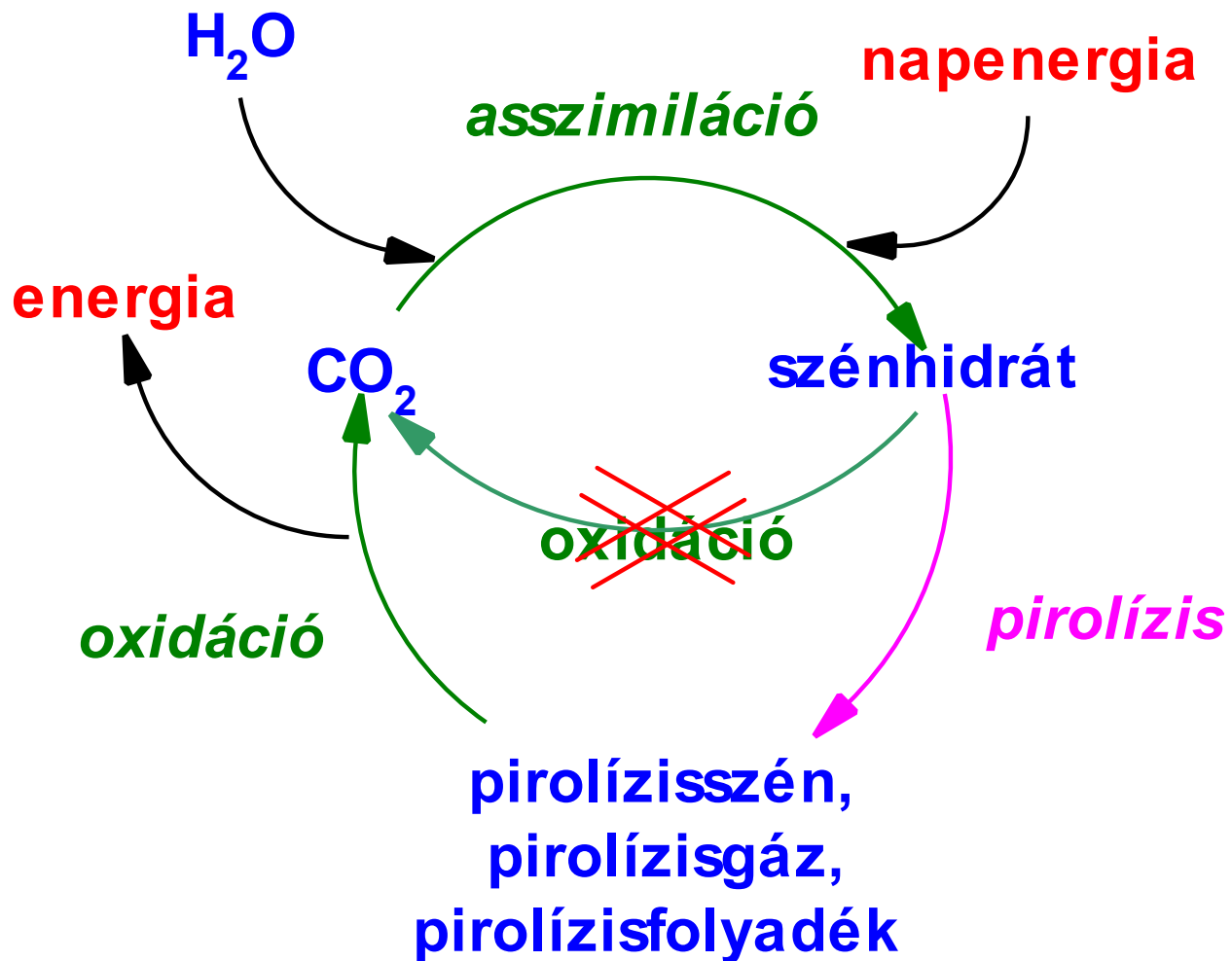


$$(\Delta H_1 + \Delta H_2) : (\Delta H_3) = 0,24$$

**Az egész folyamat fenntartásához nem kell külső energia, körön belül megoldható a szén 25 %-ának elégetésével**



# A tökéletes energiatermelő szén ciklus



Van elég szénatom a légkörben.

Nem nő a CO<sub>2</sub> koncentráció, mert a szénhidrátok már részt vettek egy asszimilációs ciklusban.

Ez az igazi karbonsemleges megoldás!

# A gondolat már megvalósult

Egy pirolízisszenet és pirolízisgázt termelő mobilizálható üzem  
Magyarországon már több mint 10 éve működik

**MADÁR VIKTOR és MADÁR GYÖRGY:** [PYROWATT Kft](#) Kiskunmajsa Vágóhíd u. 91

Kapacitás: 5 t hulladékból 2 t elemi szén és 1000 m<sup>3</sup> generátorgázgáz naponta



Erről a *Youtube*-n is látható egy 4 perces video (KVT).

# Hány reaktort lehetne építeni egyetlen fúrótorony árából?

(Egy 35 ezer tonnás tengeri olajfúró platform gyártási költsége 400 millió USD (*Hyundai Heavy Industries*)  
(A jobb oldali képen látható üzem építési költsége kb. 300 ezer Euro).



**Tengeri fúrótorony (843 db 2020-ban)**



**Pirolizáló reaktor (Pyrowatt Kft)**

**Eredmény : 843 platformból  $1,127 \cdot 10^6$  db (egymilliószázhuszonhétezer) Pyrowatt reaktor lenne építhető**

## Logisztikai összehasonlítás

- a növényi hulladékot abba a központba kell szállítani, ahol a terméket feldolgozzák,
- **hulladékot árúnak kell tekinteni, fizetni kell érte**
- **ide kell telepíteni a pirolizáló üzemeket; homogén minőség**
- **a hulladék szállítása nem kerül többbe, mint Szibériából, Norvégiából, Közel-Keletről, USA-ból idehozni a kőolajat, a földgázt és a villamos áramot**



Bagasse szárítás



Magyarországon



Takarmány



Iowában

aratás



termék



szállítás



tárolás



feldolgozás



Pirolízisszén

# Magyarország energia ellátása

Magyarország energia felhasználása 2022-ben	
Elhasznált energia	<b>45,76 TWh = <math>1,647 \cdot 10^{11}</math> MJ</b>
Paks1 által termelt energia	<b>15,81 TWh = <math>5,691 \cdot 10^{10}</math> MJ</b> (34,77 %)
Paks termelésén kívüli energiaigény	<b><u><math>1,07 \cdot 10^{11}</math> MJ</u></b>
Magyarországon évente keletkező növényi hulladék (KSH)	<b><math>3 \cdot 10^{10}</math> kg</b>

Magyarország energiatermelésre elhasznált anyagai nagyrészt külföldről érkeznek :urán, kőolaj, földgáz, villamos áram, főként vezetéken.

**Ki vagyunk téve jóindulatuknak!**

$3 \cdot 10^{10}$ kg növényi hulladékból kapható energia		
Anyag	Mennyiség, kg	Fűtőérték, MJ
Száranyag tartalma	$1,5 \cdot 10^{10}$	-
Széntartalma	$0,75 \cdot 10^{10}$	$2,25 \cdot 10^{11}$
Gáztartalma	$0,375 \cdot 10^{10}$	$1,125 \cdot 10^{11}$
Összesen		<b><u><math>3,375 \cdot 10^{11}</math> MJ</u></b>

**Magyarországon növényi hulladékból háromszor annyi energiát lehetne nyerni, mint amennyire Paks 1-en kívül szükséges. Ehhez **6600** Pyrowatt típusú rektor elég lenne.**

# **A folyamat kereteinek biztosításához szükséges**

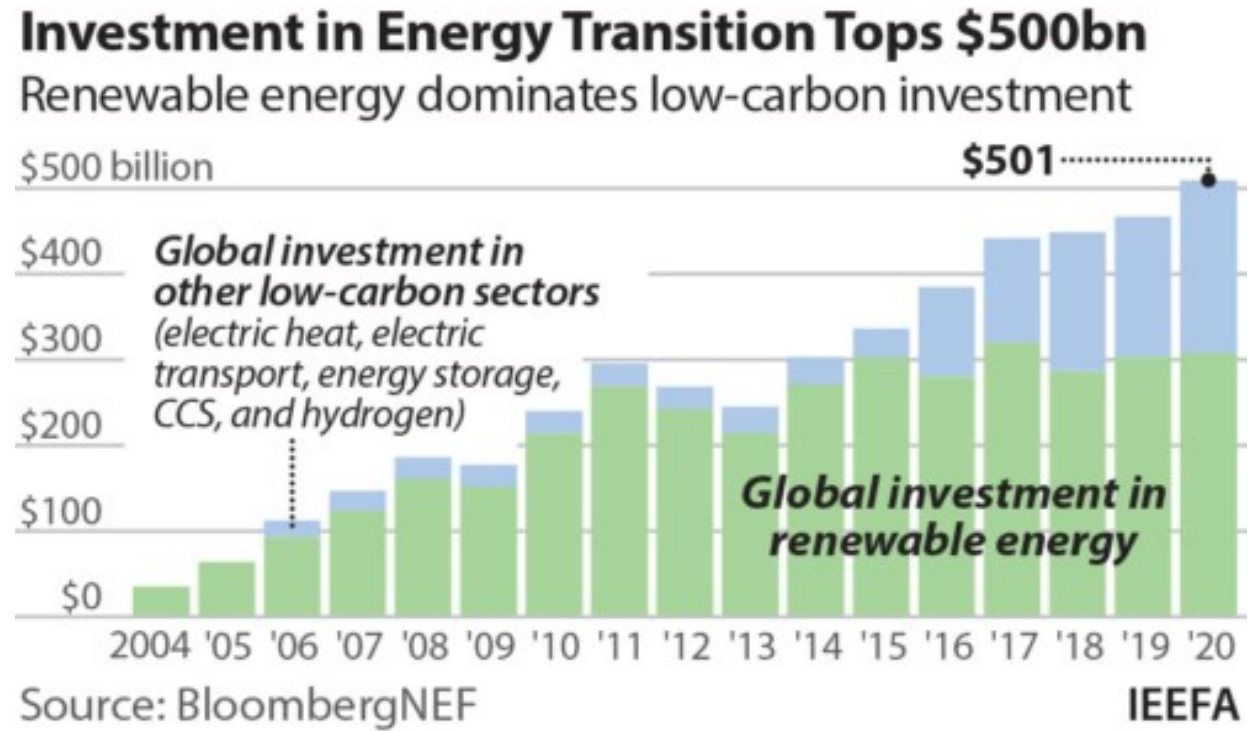
- **politikai akarat**
- **államok együttműködése**
- **konzisztens gazdasági és politikai célrendszer kitűzése**
- **ütemterv**
- **eszköztár**
- **diszciplínák művelőinek: vegyész, közgazdász, mezőgazdász  
együttműködésére**

**A munkát holnap lehetne kezdeni, nincs szükség másodlagos energiaforrásra!**



*Leválhat-e az emberiség a fosszilis energiaforrásokról?*

## **Befektetések a fenntarthatósági iparba**



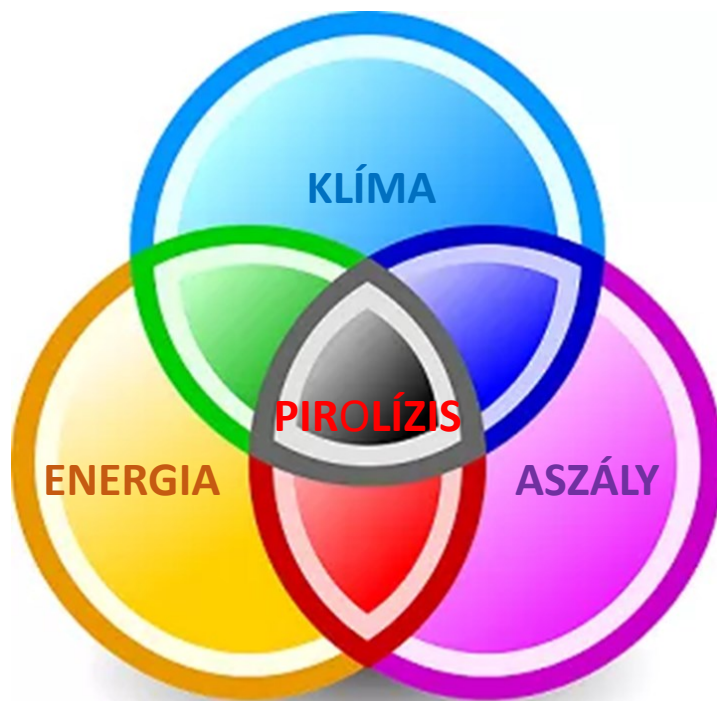
***Ennek az összegnek a töredékéből ki lehetne építeni a növényi hulladék pirolizáló rendszereket.***

***Technológiailag a probléma megoldott, hiszen Kiskunmajsán működik!***

***Hagyják a befektetők veszni ezt a pénzmennyiséget?***

***Favorit: atomenergia***

Metszet: **PIROLÍZIS**



**A világ energiaigénye elvileg növényi hulladékok pirolízisével megoldható lenne.**

**Nem lenne szükség atomenergiára, fosszilis anyagok bányászatára, napenergiára, szélkerékre!**

**Semmire, ami a földből jön ki!**

**Nem lenne megsemmisítésre váró hulladék!**

**Amíg lesz napsütés és asszimiláció, addig az emberiség energiaigénye mindig kielégíthető lesz pirolízissel!**

**Köszönjük a figyelmüket.  
Kellemes ünnepeket  
Isten áldja Önöket!**