A jövő energiája: nanofúzió

Hol tartunk 2024-ben?

Biró Tamás Sándor[1 2 3]

[1]NKFIH NAPLIFE nanofúziós kutatóprogram



Research Centre for Physics, Budapest

[2]Complexity Science Hub, Vienna

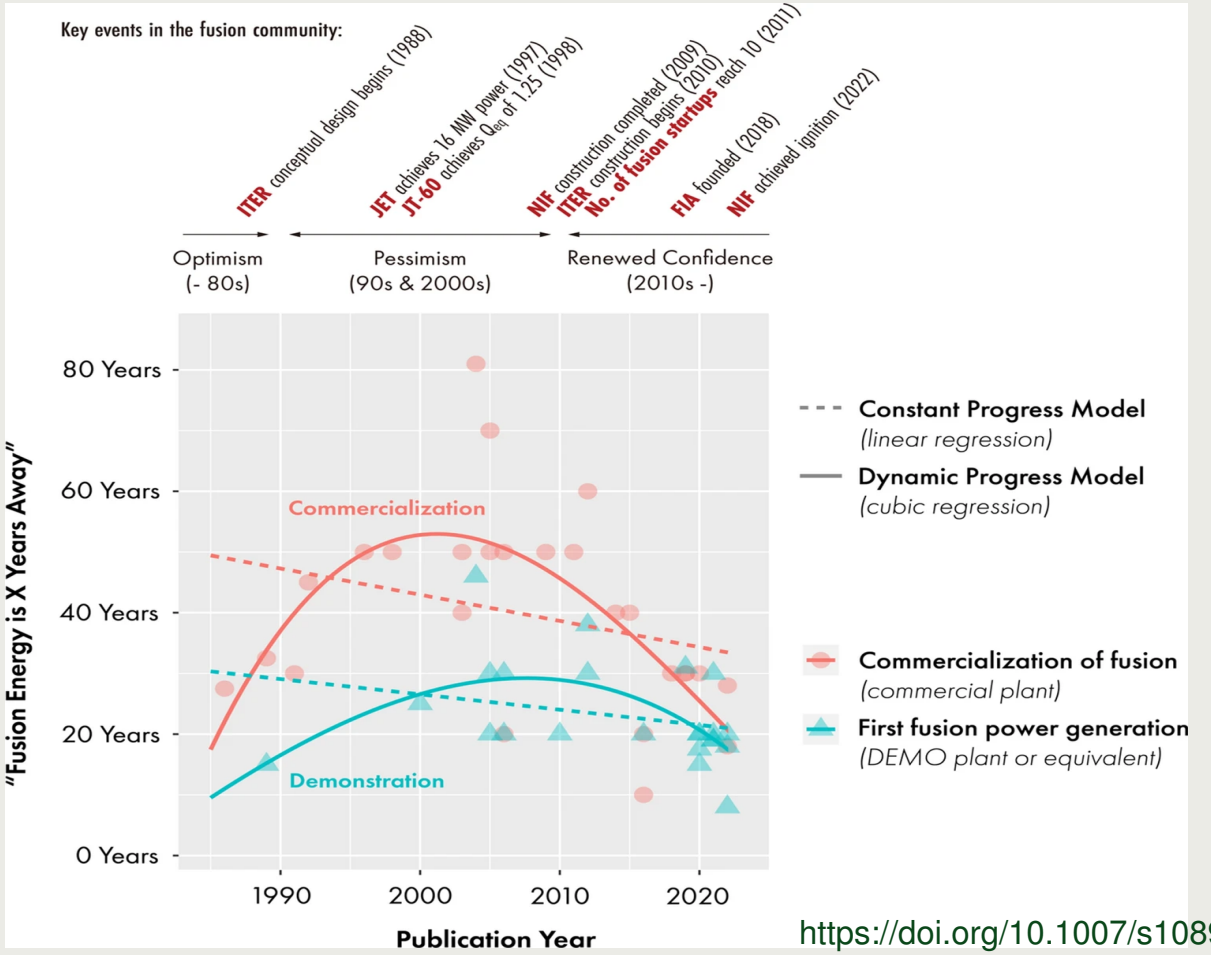
[3]Babeş-Bolyai Egyetem, Kolozsvár

September 15, 2024

Professzorok Batthyány Köre, Budapest, 2024.09.16.

Mikor lesz fúzió?

hány év múlva válaszok



https://doi.org/10.1007/s10894-023-00361-z

FIA = Fusion Industry Asscian

https://www.fusionindustryassociation.org/



FIA 2024 survey

https://www.fusionindustryassociation.org/



Energia és hőmérséklet

- Helyzeti és mozgási energia (konzervatív erőtér)
- Rendezett és rendezetlen (atomi) mozgás
- Munka és hő
- Nyomás, hőmérséklet: átlagok; intenzív paraméterek
- energia, hő, munka: extenzív mennyiségek.



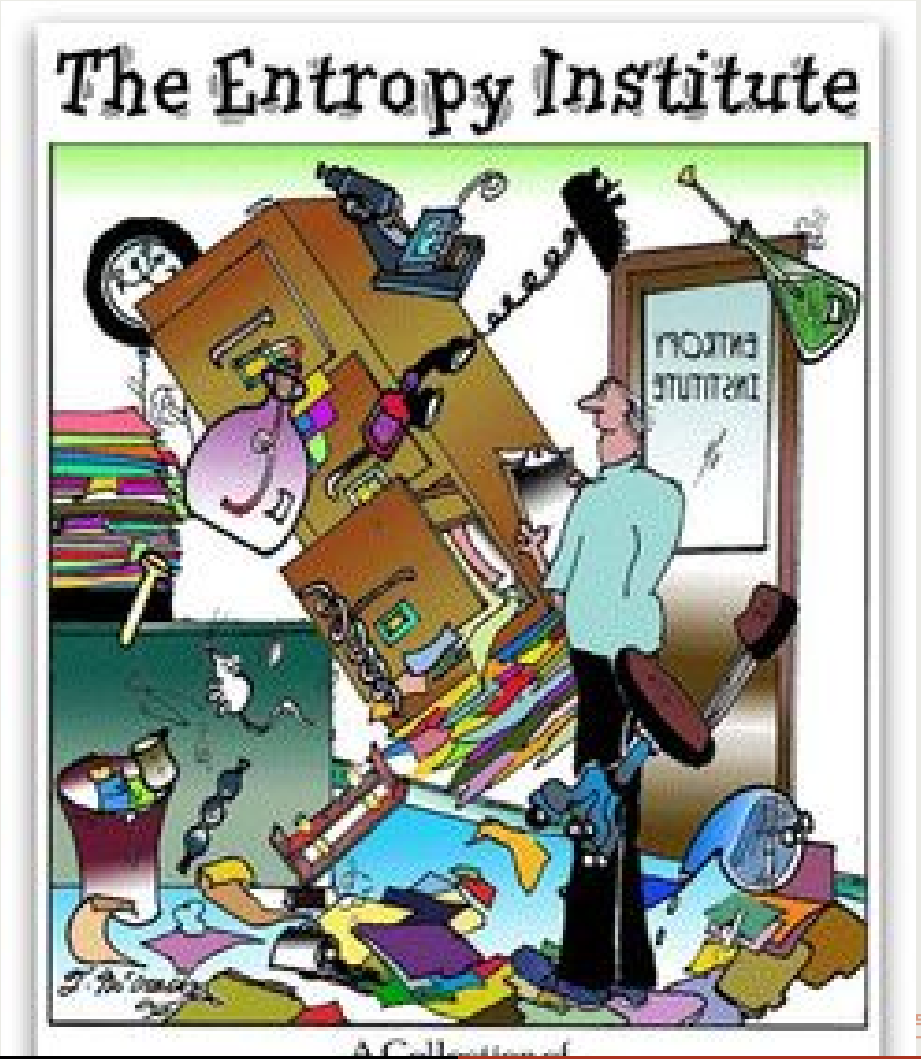
Entrópia: Rend és keveredés

Speciális kezdet, gyakori vég



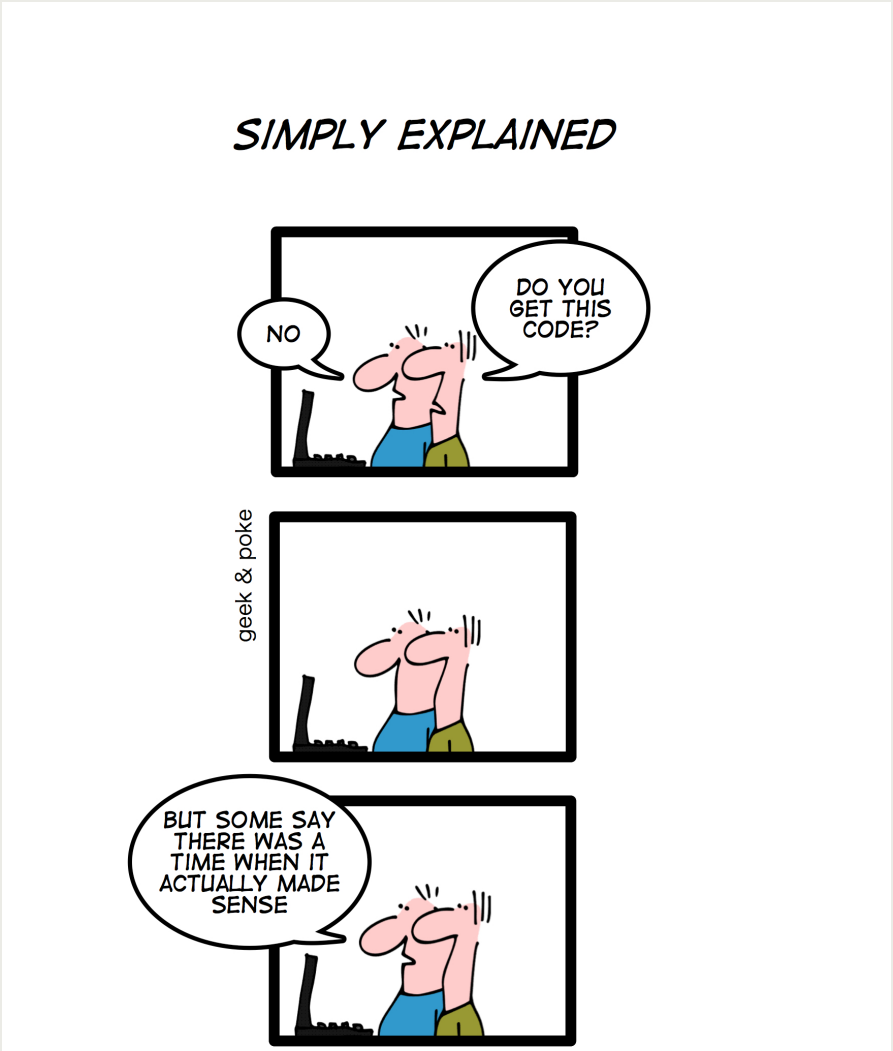
Bonyolultság és entrópia

Terep a gyakori végállapotokhoz (permutáció)



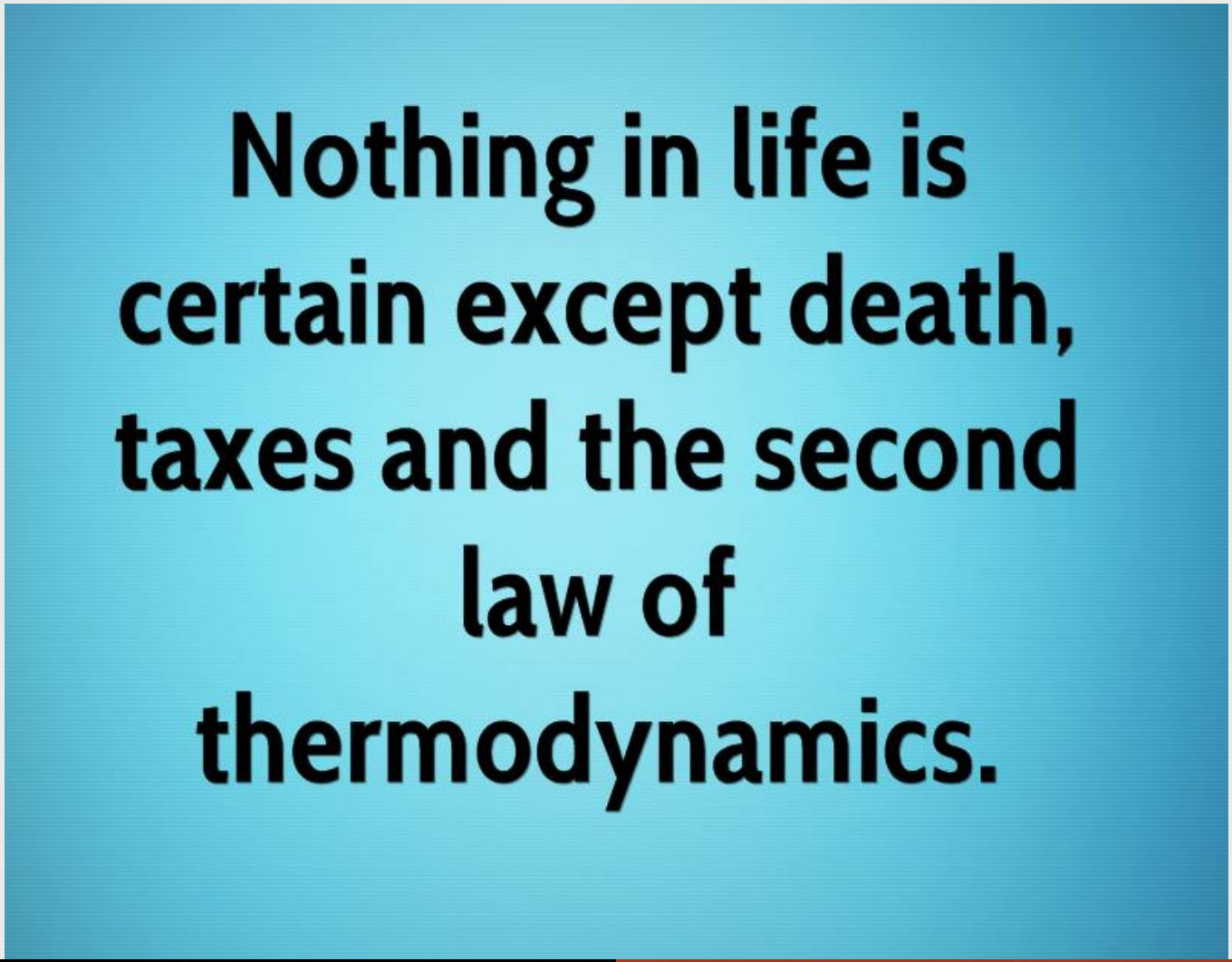
Entrópia és információ

Mennyire speciális az adott elrendezés?



A megkerülhetetlen entrópia

Seth Loyd



Entrópia és szennyezés

állapotegyenlet $S(E, \ldots)$

- A rendezetlenség mértéke: entrópia
- A termodinamika törvényei



Három dolog megkerülhetetlen: a termodinamika 2. törvénye, az adók, és a halál.

Lehetséges mellékhatások: motor, erőmű, légkondi, hűtő; utak, iskolák, tudomány, művészet; új egyetemi tanári állások.

Energiaforrások a természetben

az őskortól napjainkig

- fa, szén, olaj, hulladék : tüzelés
- A Nap mint energiaforrás: meleg, napelem (PV), időjárás
  $\rightarrow$ szél(malom)
- A Föld mint energiaforrás: hő(forrás), radioaktivitás
- A gravitáció mint forrás: dagály-erőmű, tározók,
  vizi(malom)erőművek

Fajlagos adatok, hozzáférés

1 J/mg = 1 kJ/g = 1 MJ/kg = 1 GJ/t

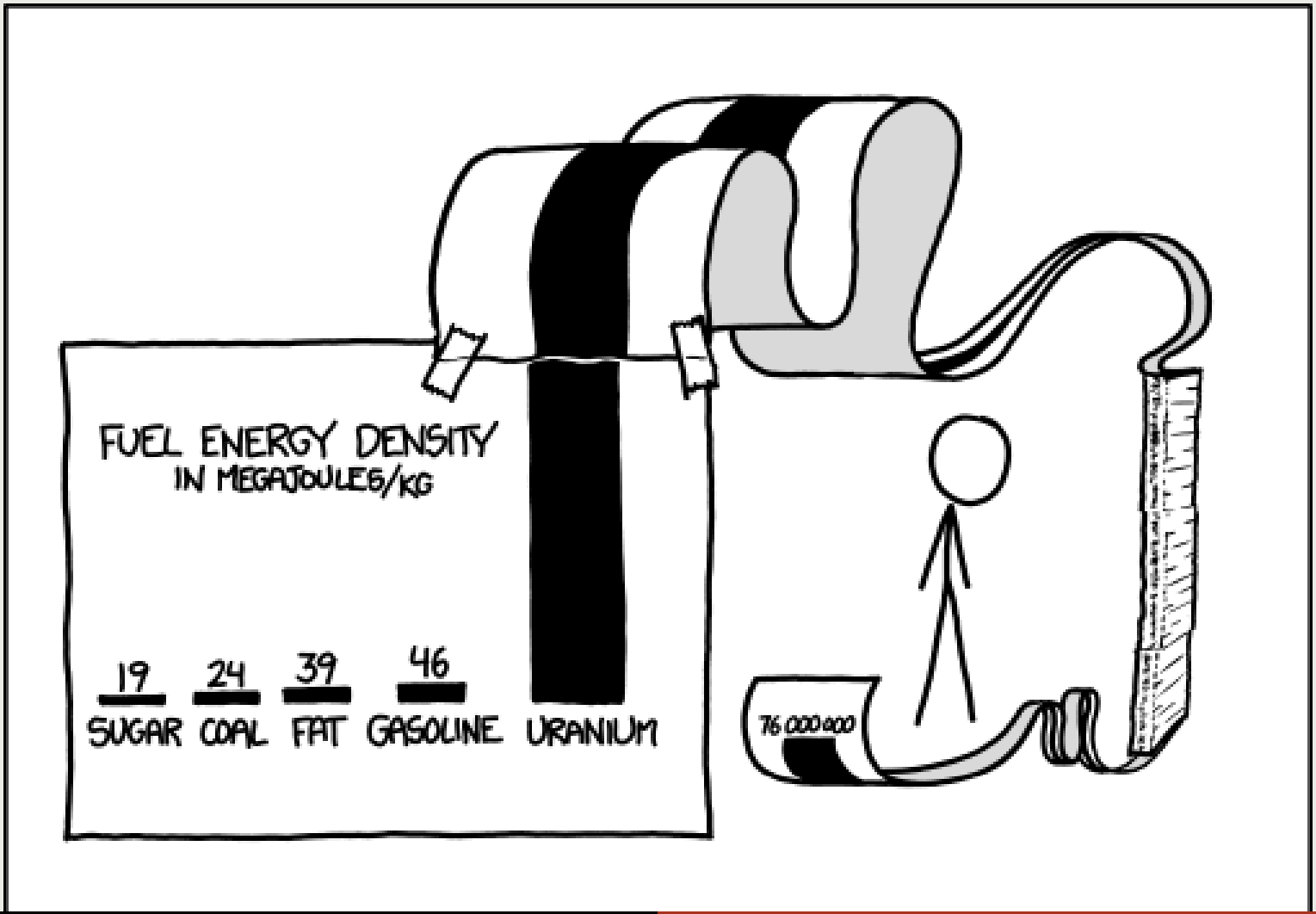
https://afdc.energy.gov/fuels/properties; https://en.wikipedia.org/wiki/energy_density

- kőszén 23; barnaszén 18; tőzeg 7; fa 11; biomassza 10; hulladék 9; olajpala 20
- olaj, PB gáz 40; bio-tüzelő 30; hulladék 25
- földgáz 47; H 40; biogáz 20; hulladékgáz 15
- urán 460.000; fúzió 640.000.000

20 t szén $\approx$ 1 kg urán $\approx$ 0,7 g fúziós üzemanyag

Fajlagos energia

logaritmikus gondolkodás kell(ene)



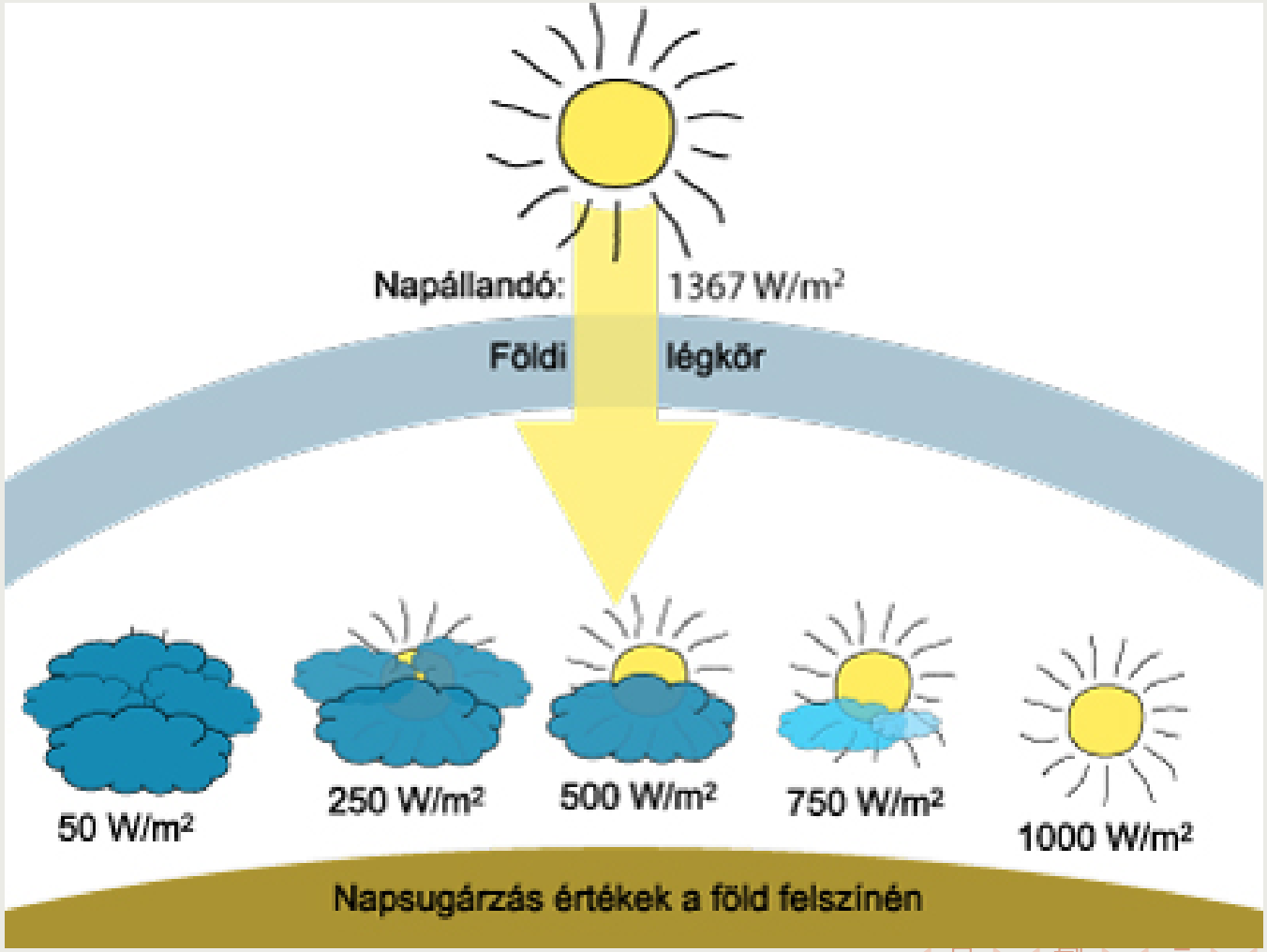
Magyar naperőmű

Százhalombatta



Energia fő forrása a Nap

egyenetlenül kapjuk



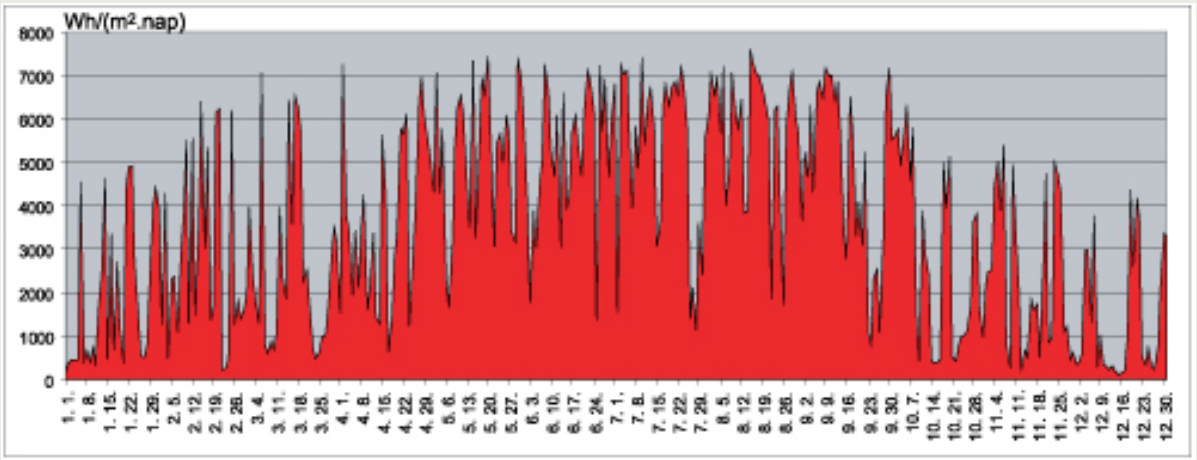
Energia fő forrása a Nap

Magyarországon belül az éves átlag 10%-nál kevesebbet változik

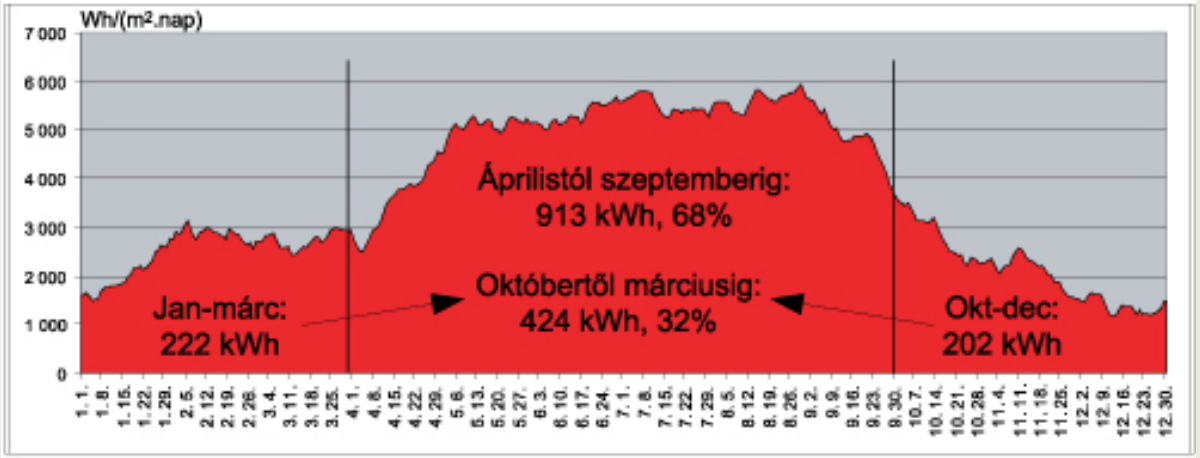


Energia fő forrása a Nap

Magyarországon időben egyenetlen



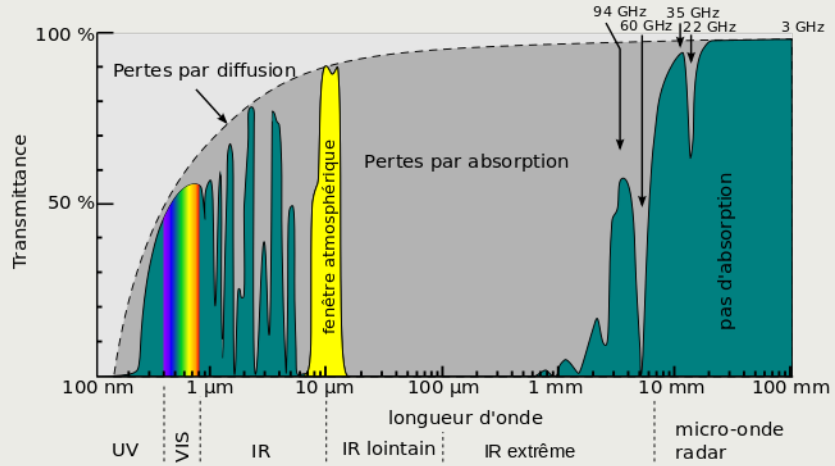
2004 évi napsugárzás napi adatokkal

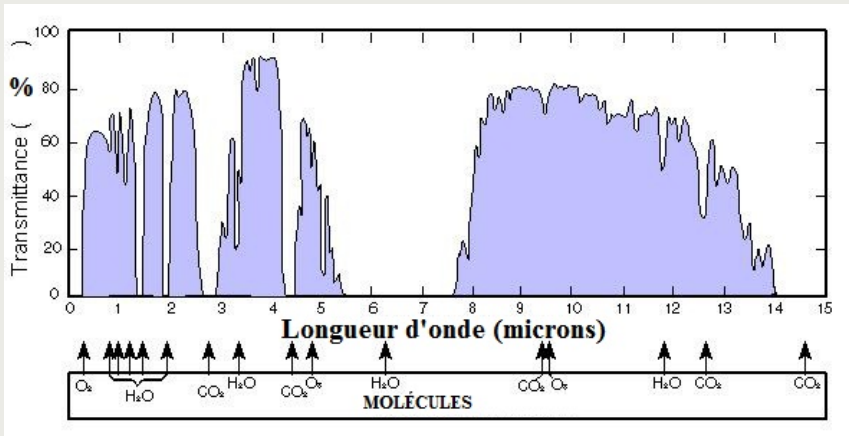


2004 évi napsugárzás 30 napos átlagértékekkel

Elnyelés és kibocsátás

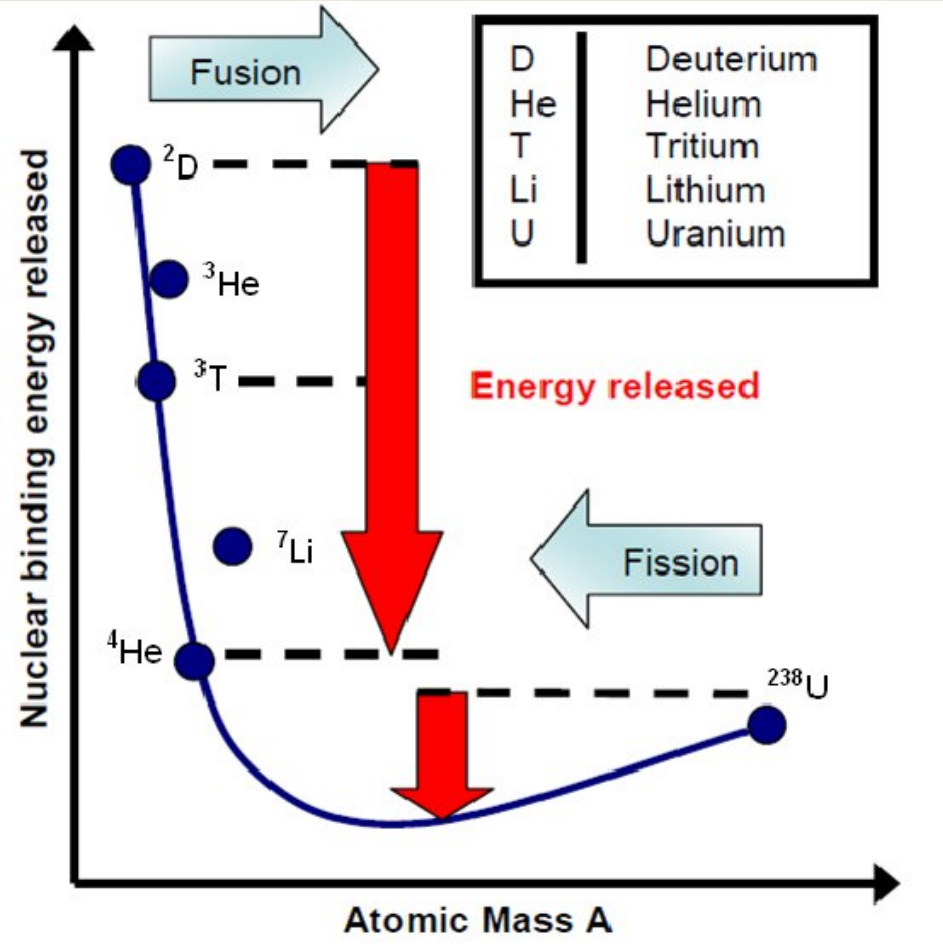
légkör és klíma





Az ”atomerő”: $E = mc^2$

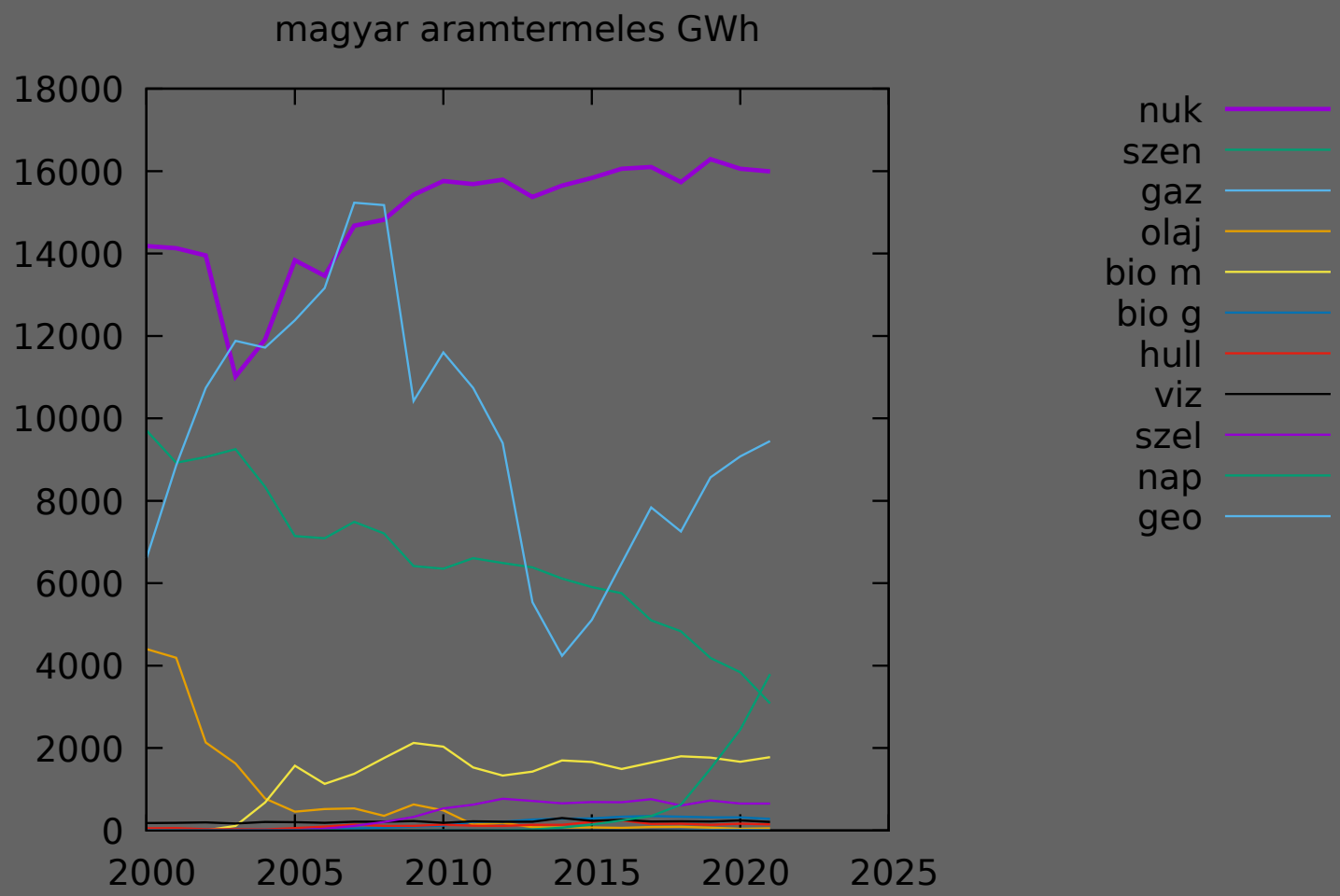
nukleáris technikák





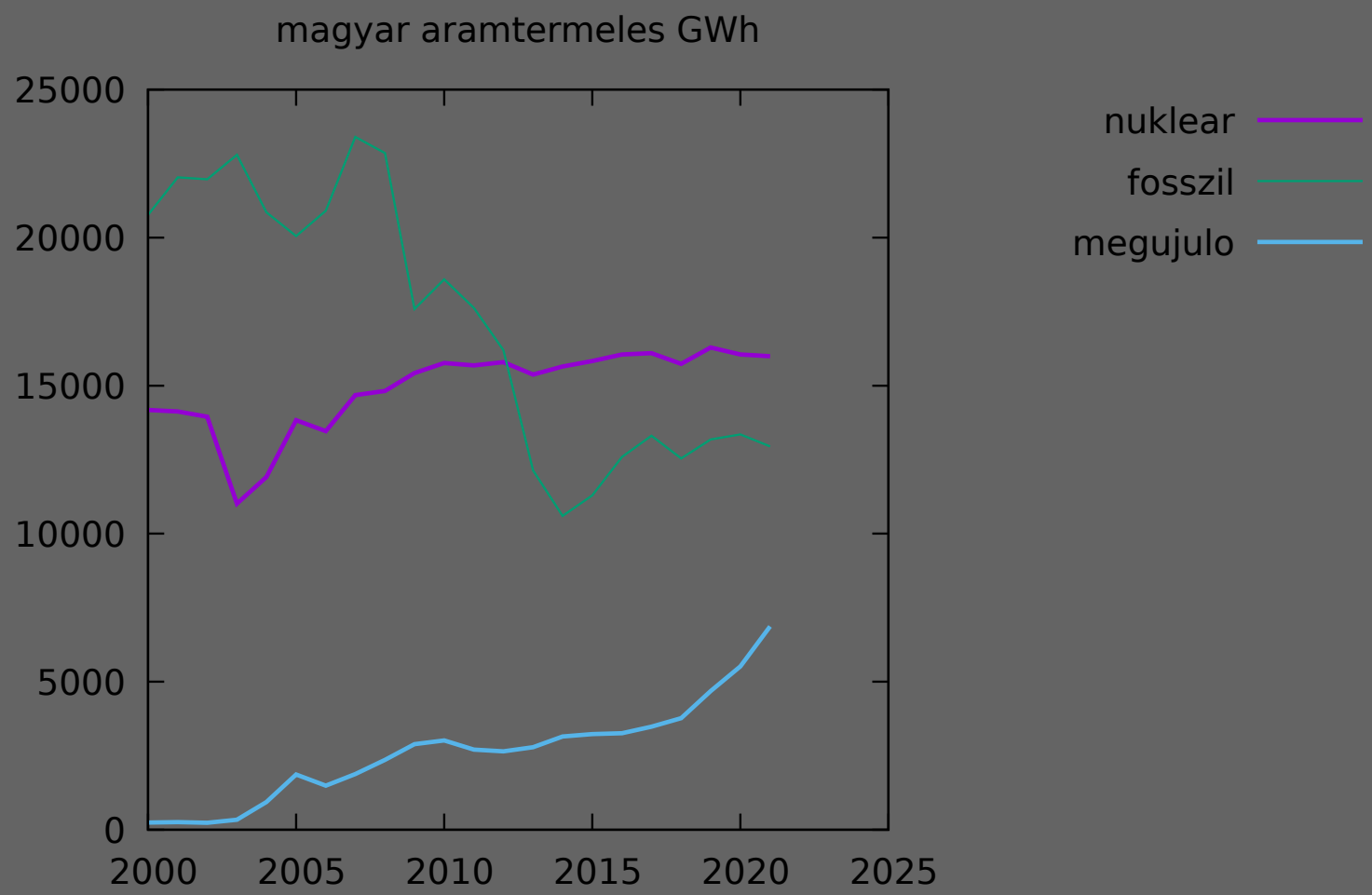
Magyar éves áramtermelés GWh

www.ksh.hu/stadat_files/ene/hu/



Magyar áram mix

fosszilis 36 %, nukleáris 42 %, ”megújuló” 22 %



Magyar megújuló

KSH diagram 2022-ig

KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL

6.1.1.12. Megújuló energiaforrásokból termelt villamos energia aránya [%]

Menü

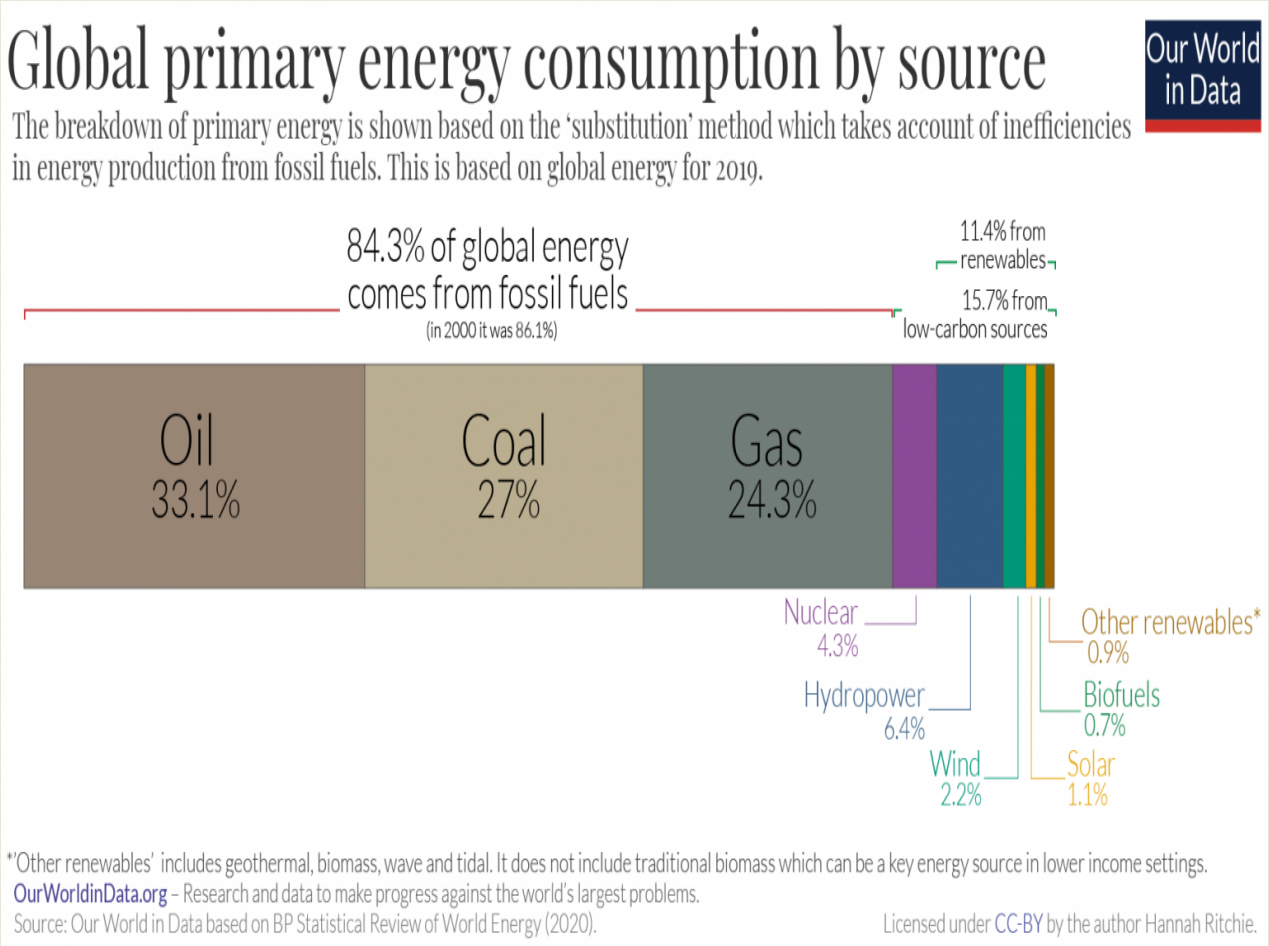
Megnevezés	Megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia felhasználásának részaránya a bruttó végső energiafogyasztáson belül	Ezen belül:						
		biomassza	biogáz [a]	szél [b]	víz [b]	nap	kommunális hulladék megújuló része	geotermikus
2000	0,6	4,1	0,0	0,0	73,3	0,0	22,6	–
2001	0,6	2,7	2,7	0,4	72,4	0,0	21,8	–
2002	0,6	2,5	2,5	0,4	81,9	0,0	12,7	–
2003	0,8	32,4	5,4	1,2	50,9	0,0	10,1	–
2004	2,2	72,4	2,2	0,6	21,9	0,0	2,8	–
2005	4,4	84,2	1,3	0,5	10,8	0,0	3,2	–
2006	3,5	75,9	2,5	2,9	12,5	0,0	6,3	–
2007	4,2	73,0	2,5	5,8	11,2	0,0	7,5	–
2008	5,3	74,7	2,9	8,7	9,0	0,0	4,6	–
2009	7,0	73,4	3,3	11,4	7,9	0,0	3,9	–
2010	7,1	67,4	3,9	17,7	6,2	0,0	4,8	–
2011	6,4	56,4	7,9	23,1	8,2	0,0	4,4	–
2012	6,1	50,4	8,0	Hasznos volt ez a tartalom?		0,3	4,2	–
2013	6,6	51,3	9,6	25,8	7,6	0,9	4,9	–
2014	7,3	54,0	9,1	20,9	9,6	2,1	4,3	–
2015	7,3	51,4	9,1	21,5	7,2	4,4	6,4	–
2016	7,3	45,8	10,2	21,0	7,9	7,5	7,5	–
2017	7,5	47,3	10,0	21,8	6,3	10,0	4,6	0,0
2018	8,3	47,7	8,9	16,1	5,9	16,7	4,3	0,3
2019	10,0	37,7	6,8	15,5	4,7	31,9	2,9	0,4
2020	11,9	30,1	5,9	11,8	4,4	44,5	3,0	0,3
2021	13,7	25,7	4,3	9,6	3,1	54,9	2,3	0,2
2022	15,3	22,1	4,1	8,0	2,3	61,8	1,7	0,1

Lábjegyzet

a Szennyvíztelepi gáz, depóniagáz és egyéb biogáz.

Globálisan milyen források?

a mix



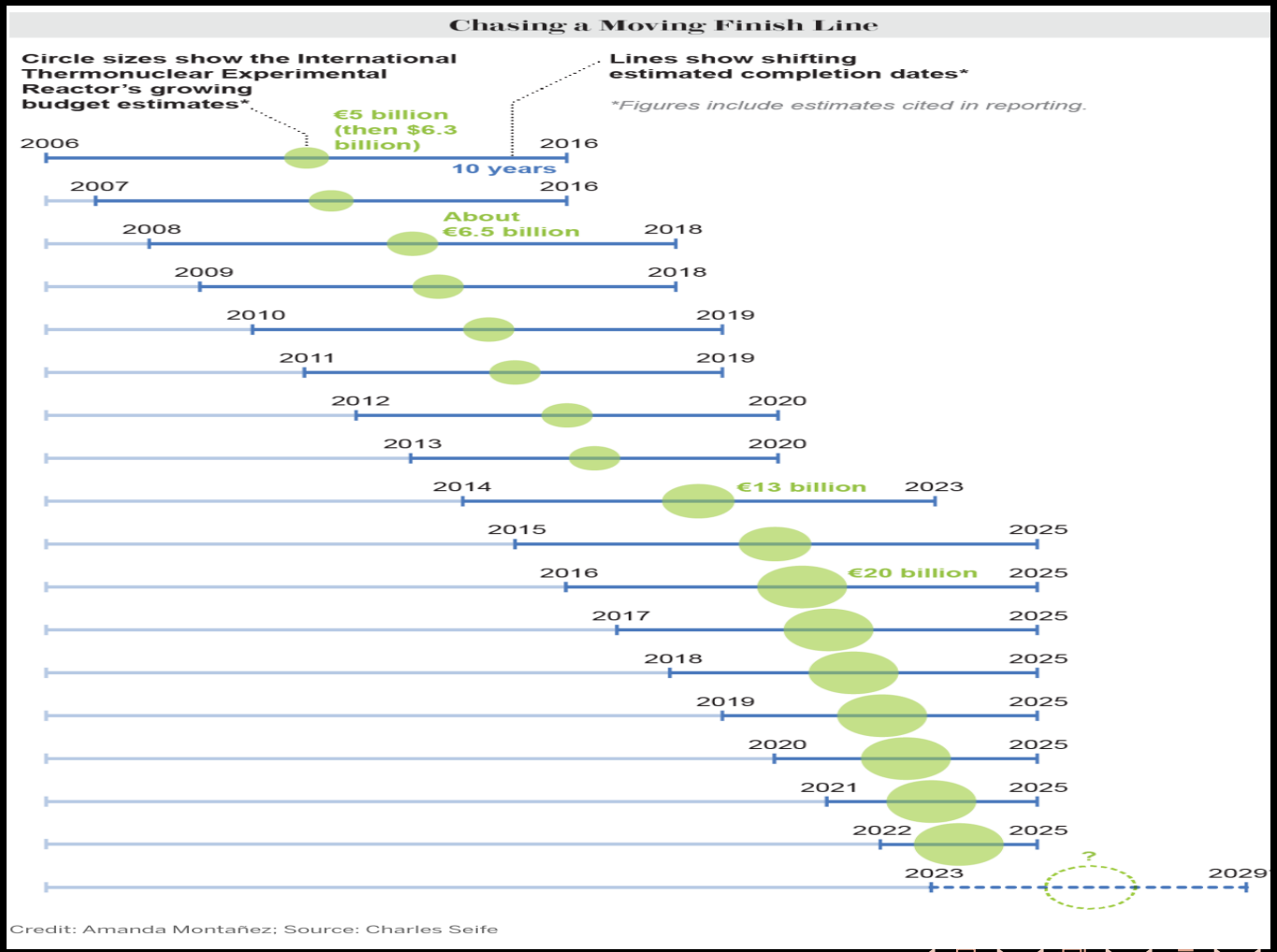
Egyensúlyi és termikus

ITER mágneses bezárás



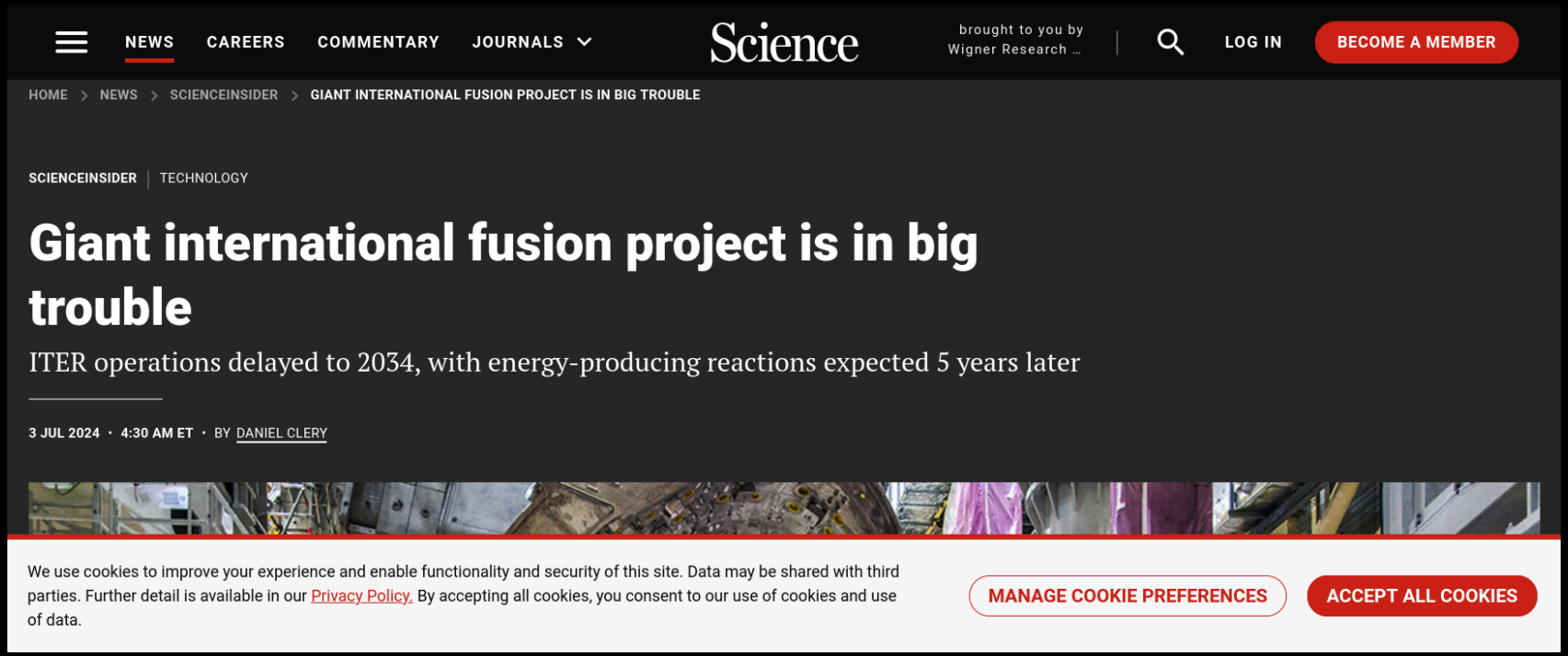
ITER schedule

késések és költségek



ITER update 2024

Science cikk



NEWS CAREERS COMMENTARY JOURNALS Science brought to you by Wigner Research … LOG IN BECOME A MEMBER

HOME > NEWS > SCIENCEINSIDER > GIANT INTERNATIONAL FUSION PROJECT IS IN BIG TROUBLE

SCIENCEINSIDER | TECHNOLOGY

Giant international fusion project is in big trouble

ITER operations delayed to 2034, with energy-producing reactions expected 5 years later

3 JUL 2024 · 4:30 AM ET · BY DANIEL CLERY

We use cookies to improve your experience and enable functionality and security of this site. Data may be shared with third parties. Further detail is available in our Privacy Policy. By accepting all cookies, you consent to our use of cookies and use of data.

MANAGE COOKIE PREFERENCES ACCEPT ALL COOKIES

Hirtelen és közvetlen

NIF lézeres belövések





NIF

out/in faktor Q = 1.5 ?

Share Tweet in CONGRATULATIONS! | ITER APPLAUDS NIF FUSION BREAKTHROUGH

NEWS & MEDIA

- ALL NEWS
- PHOTOS
- NEWS IN FRENCH
- 3D VIRTUAL TOUR
- ITER NEWSLINE
- VIDEOS
- EVENTS
- PRESS RELEASES
- PUBLICATION CENTRE
- ITER MAG ARCHIVES

ITER NEWSLINE -

12 DEC, 2022 Print | Read the latest published articles

Congratulations!

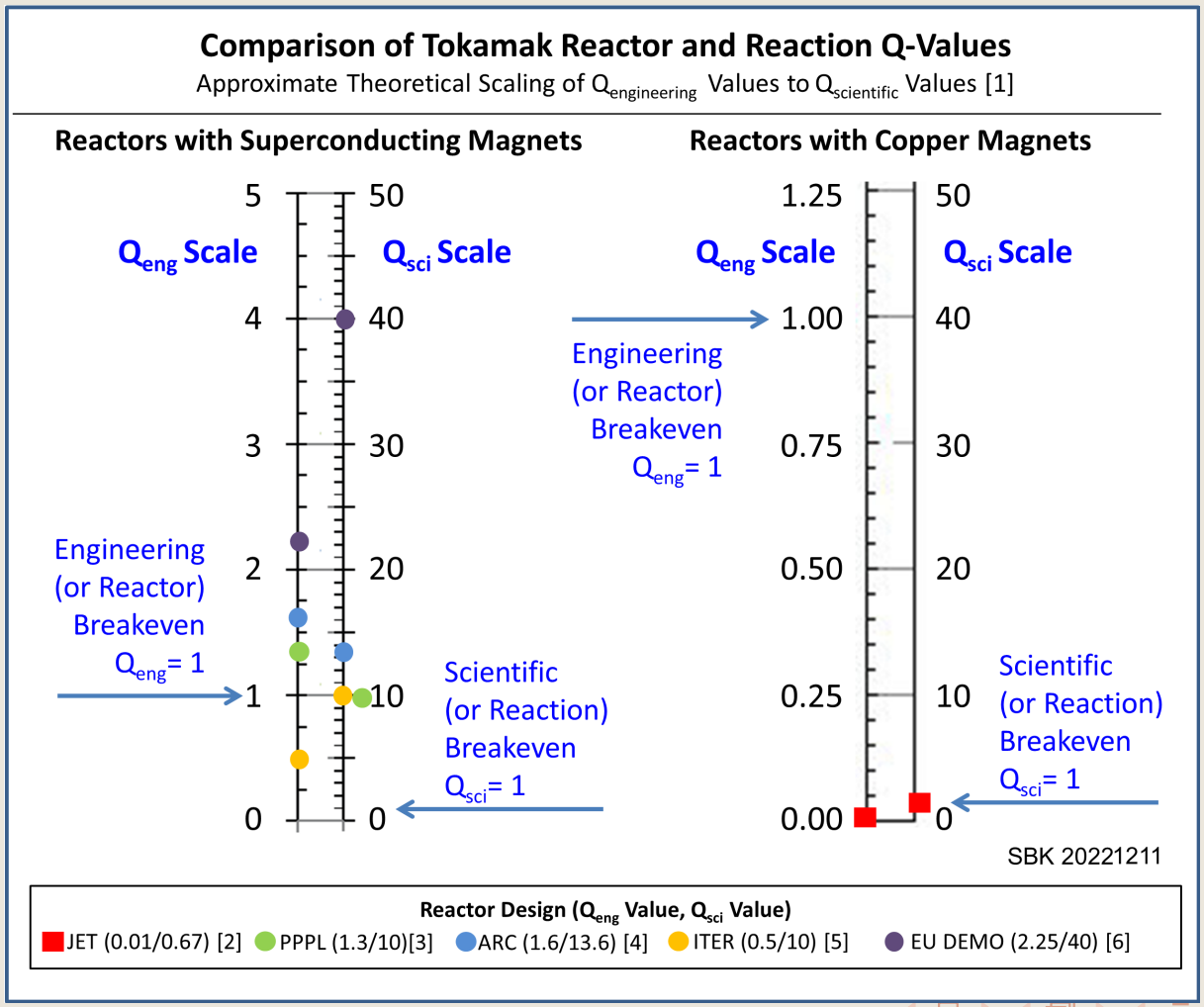
ITER APPLAUDS NIF FUSION BREAKTHROUGH

ITER scientists hailed the latest experimental results at the National Ignition Facility (NIF) at Lawrence Livermore National Laboratory in California: the achievement of "breakeven" fusion energy. "When future generations look back on the evolution of fusion energy research, I believe this will be recognized as a historic milestone," said ITER Director-General Pietro Barabaschi. NIF's experiment used 2.05 megajoules of laser energy to produce 3.15 megajoules of fusion energy, reaching a Q value of 1.5.

We use cookies to give you the best online experience. By using our website you agree to our use of cookies in accordance with our cookie policy - more information

Q értékek

tudományos és mérnöki



Hol tart ma a fúzió?

A Lawson verseny állása

Fusion Is Close

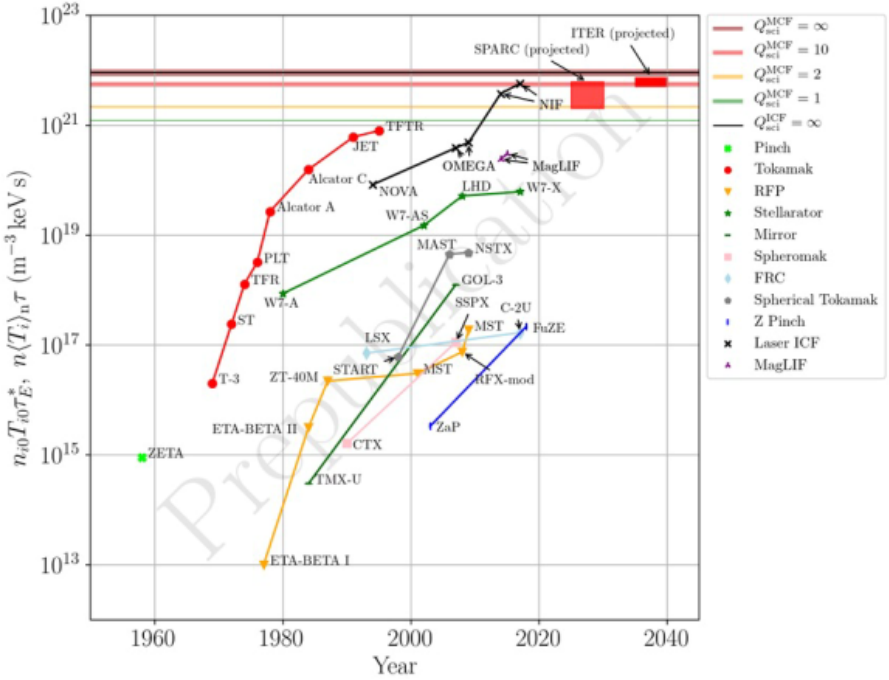
Decades of advances in plasma physics

\+ Technology revolutions in materials, computing power, advanced manufacturing

---

The cusp of net gain energy

U.S. Government investment has enabled this moment: it is time to capitalize on it.



Wurzel, Samuel & Hsu, Scott. (2021). Progress toward Fusion Energy Breakeven and Gain as Measured against the Lawson Criterion.

Neutronmentes fúzió

elvi lehetőségek (Rafelski)

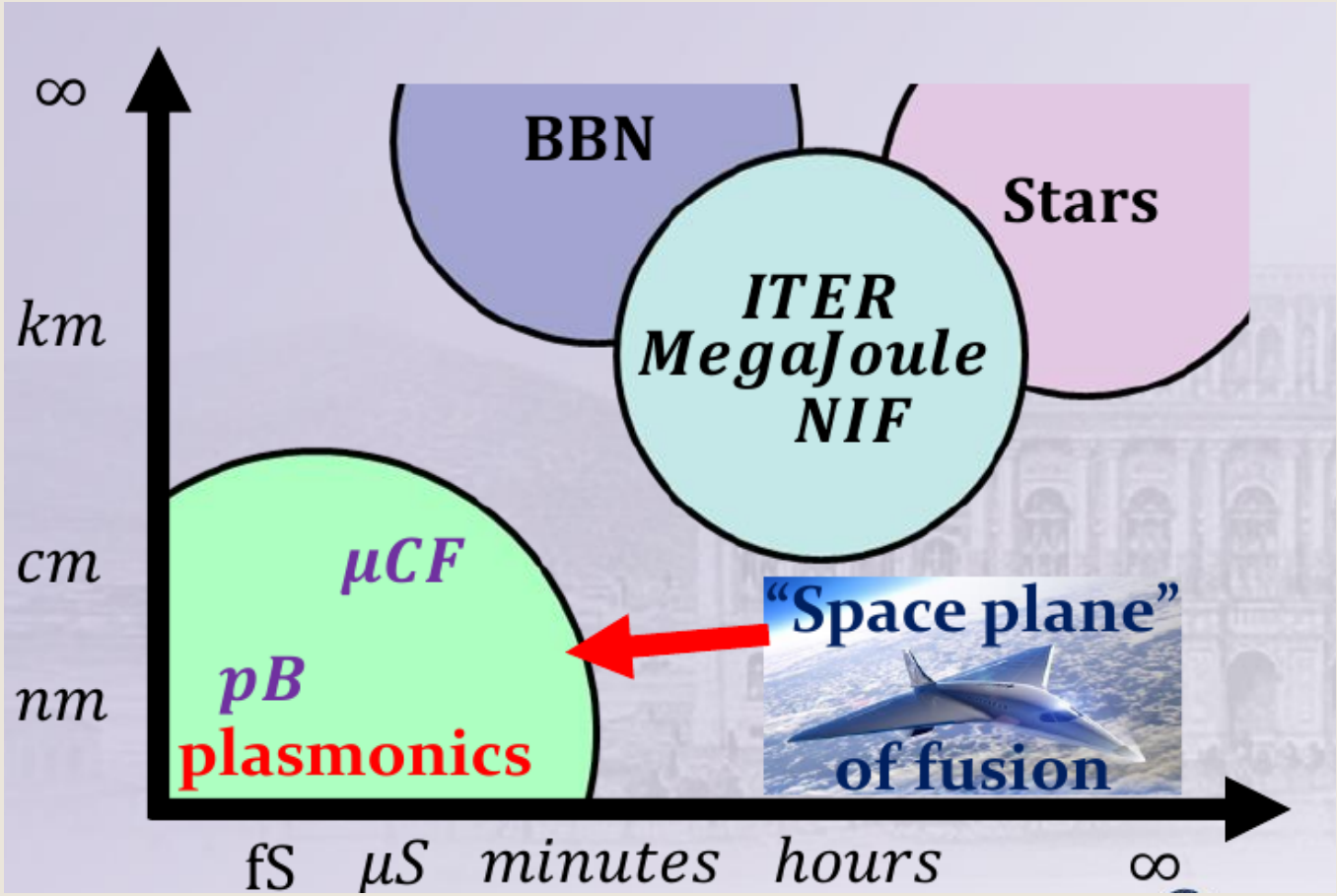
Azonban az épülő nulladik generációs plazma fúziós reaktor a nukleáris fegyverekben alkalmazott trícium ciklusos technológián alapul. Az én személyes érdeklődésem ezért ma olyan fúziós elvekre fókuszál, amelyek elkerülik az extrém sűrűségű és hőmérsékletű, termikus egyensúlyban levő anyagot és a fegyverekre jellemző neutron termelést. Bemutatom a müon katalizált hideg fúziót (nem keverendő össze a zavaros ”hidegfúzió”-val); a lézer hajtotta proton gyorsítás által indukált mikrorobbanásos fúziót; és a lézer által hajtott dinamikus plazmonokon alapuló fúziót. Mindhárom megközelítés aktívan tanulmányozott, magán és kormányzati pénzekkel egyaránt támogatott kutatási program.

(Johann Rafelski, MTA székfoglaló, 2022. június 13. - ford. TSBiró)

Atommag-fúzió

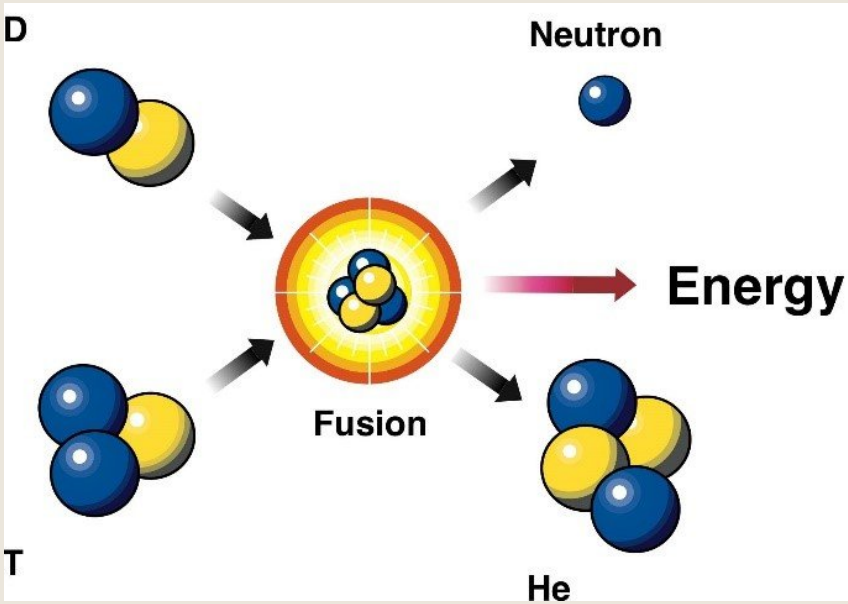
a természetben és a kísérletekben

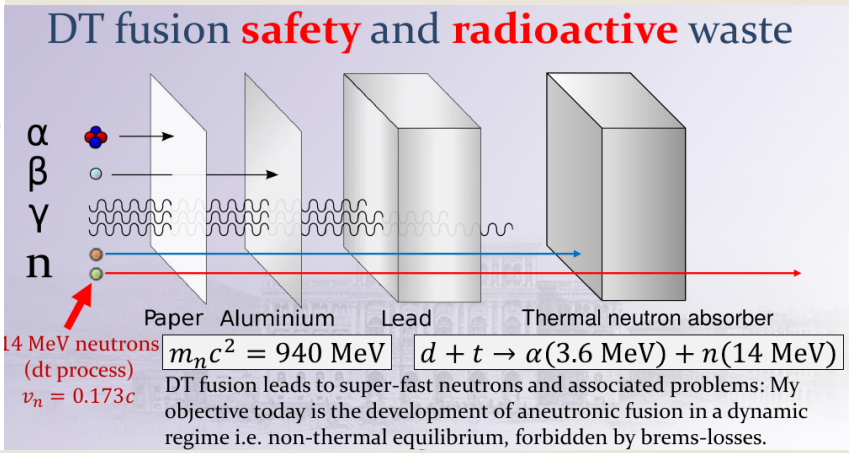
(Rafelski MTA ea.)



D + T fúzió

miértek és problémák (Rafelski)





1. energiadús neutronok; 2. trícium mennyisége (atomreaktor)

Neutronmentes fúzió

példák (wiki)

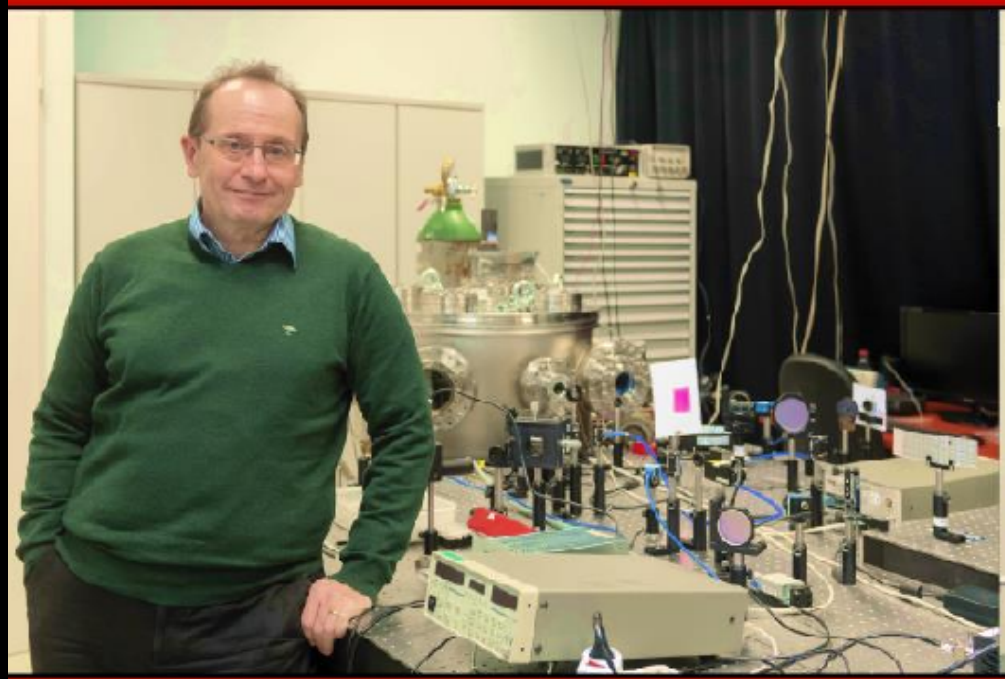
High nuclear cross section aneutronic reactions[1]

Isotopes	Reaction
Deuterium - ^{3}He	$^{2}D + {}^{3}He \rightarrow {}^{4}He + {}^{1}p + 18.3$ MeV
Deuterium - ^{6}lithium	$^{2}D + {}^{6}Li \rightarrow 2\,{}^{4}He + 22.4$ MeV
Proton - ^{6}lithium	$^{1}p + {}^{6}Li \rightarrow {}^{4}He + {}^{3}He + 4.0$ MeV
^{3}He – ^{6}lithium	$^{3}He + {}^{6}Li \rightarrow 2\,{}^{4}He + {}^{1}p + 16.9$ MeV
^{3}He - ^{3}He	$^{3}He + {}^{3}He \rightarrow {}^{4}He + 2\,{}^{1}p + 12.86$ MeV
Proton – Lithium-7	$^{1}p + {}^{7}Li \rightarrow 2\,{}^{4}He + 17.2$ MeV
Proton – Boron-11	$^{1}p + {}^{11}B \rightarrow 3\,{}^{4}He + 8.7$ MeV
Proton – Nitrogen	$^{1}p + {}^{15}N \rightarrow {}^{12}C + {}^{4}He + 5.0$ MeV

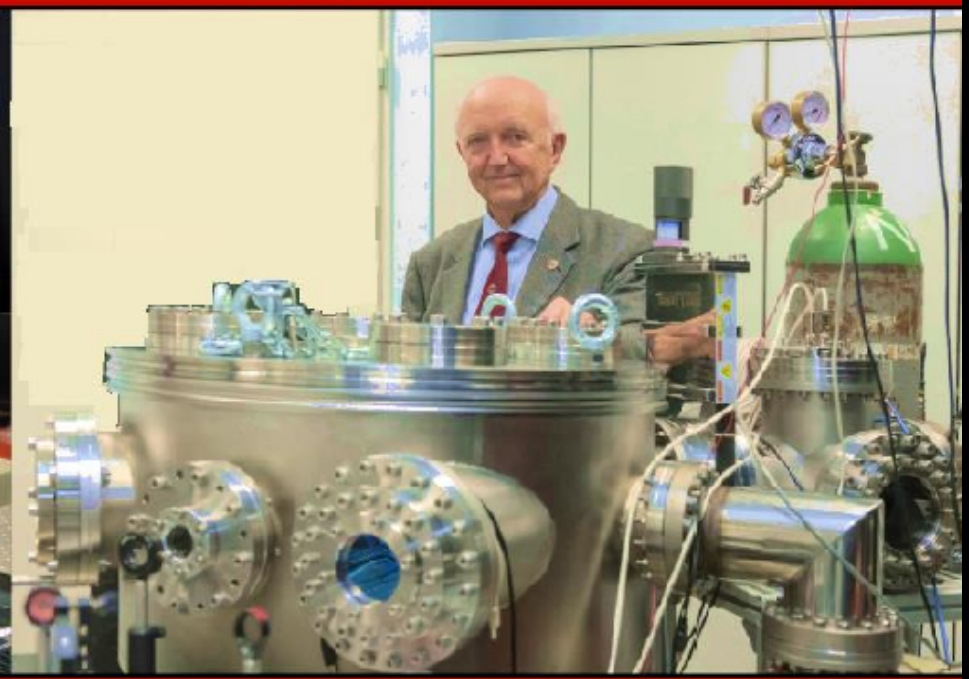
NAPLIFE labor Wigner FK

vákuum + lézer + céltárgyak + detektorok

Biró Tamás



Kroó Norbert



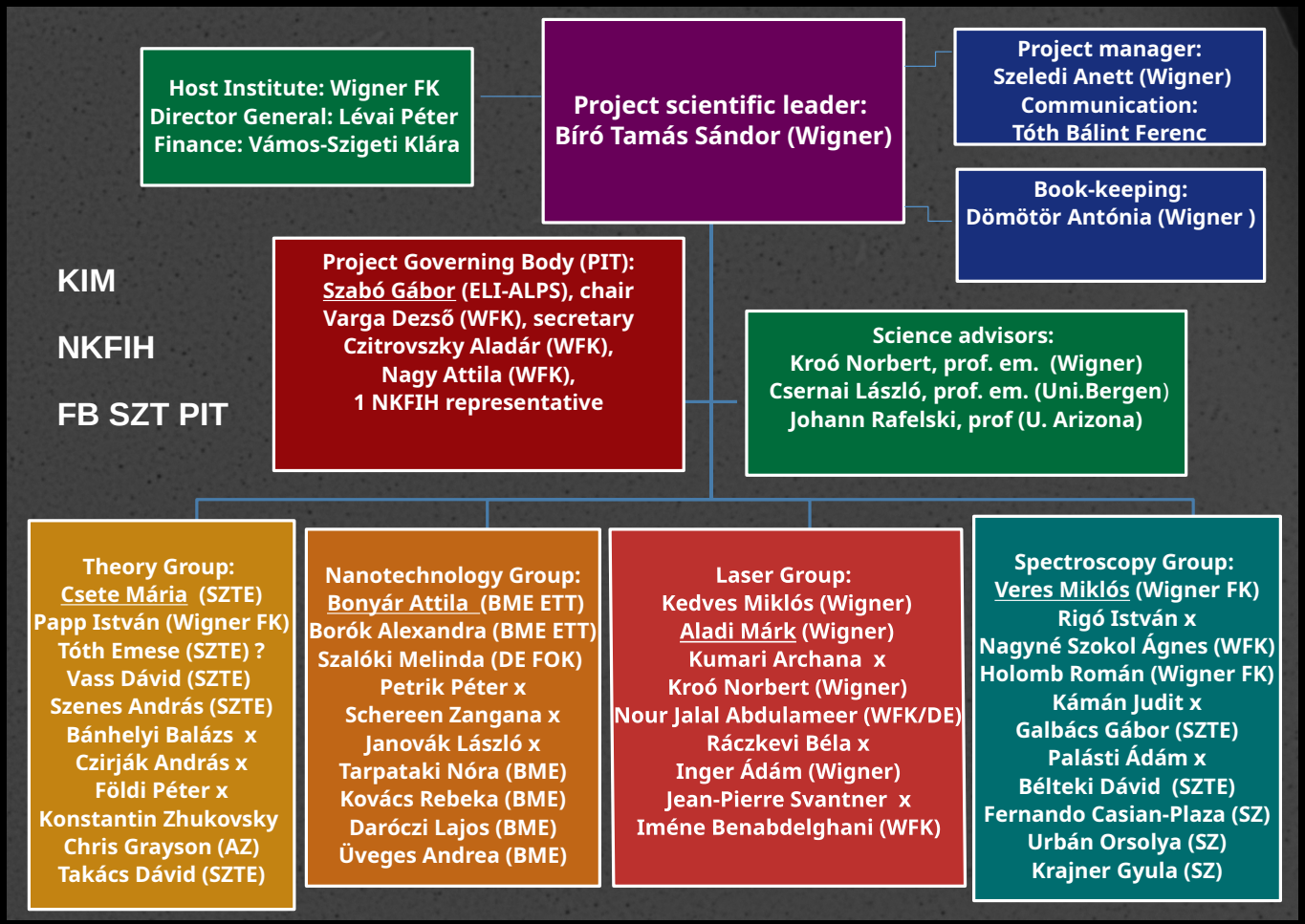
NAPLIFE user ELI-ALPS

vákuum + lézer + céltárgyak + detektorok



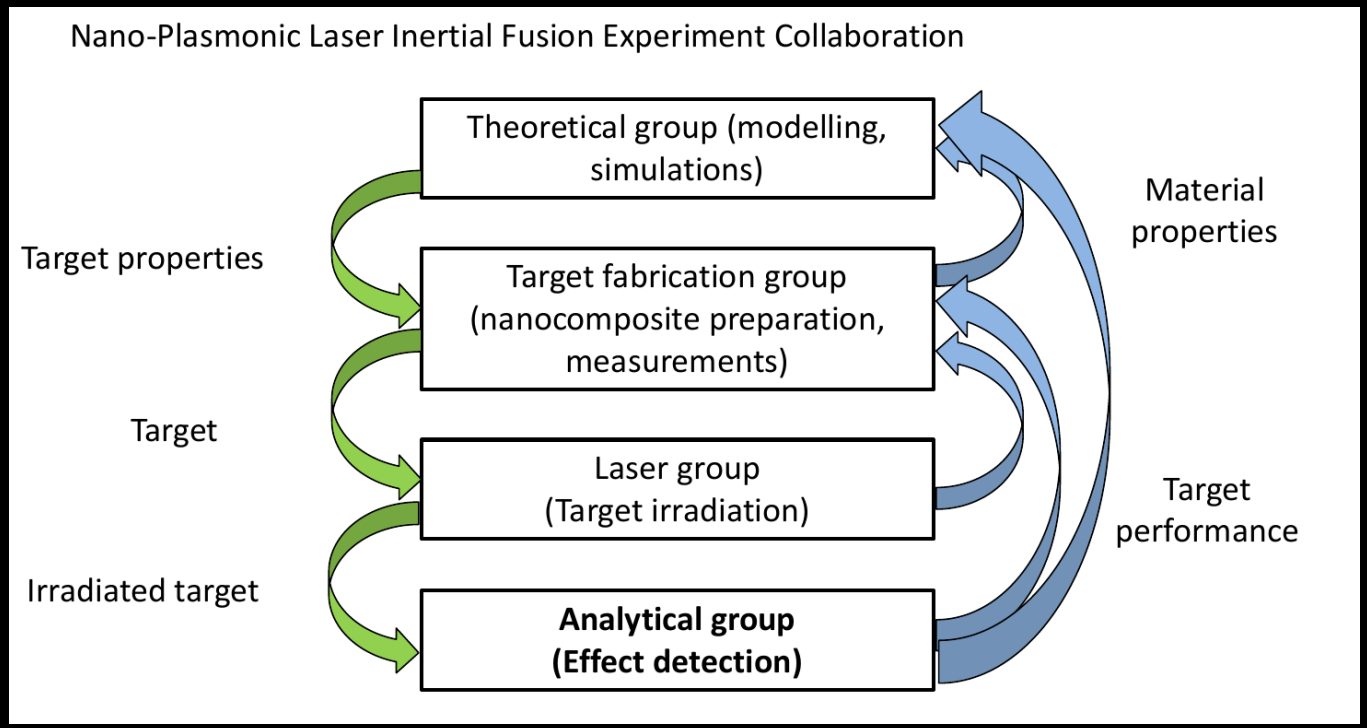
A nemzeti laboratórium

együttműködő csoportok + felettes szervek



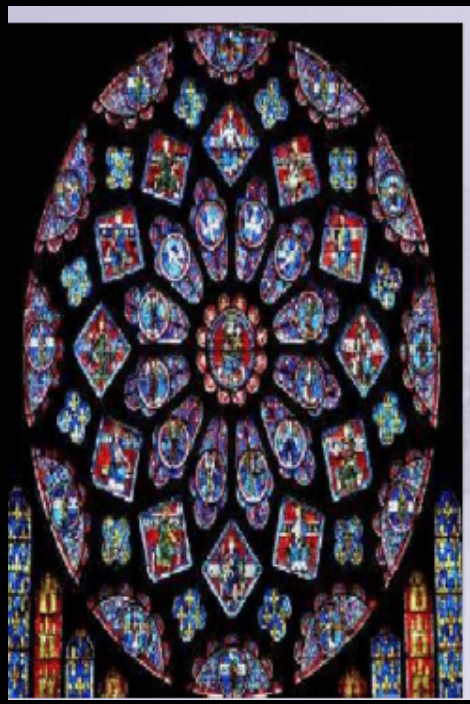
NAPLIFE munkamegosztás

tevékenységek kapcsolatai (Kámán Judit)



Nanofúzió

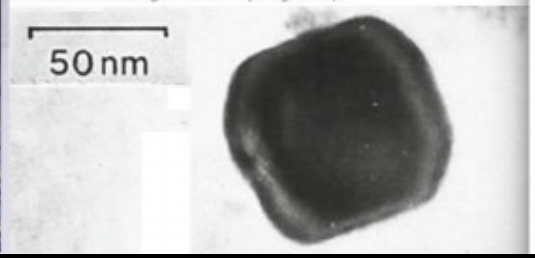
plazmonika



The Lycurgus Cup
A Roman
Nanotechnology

Ian Freestone[1], Nigel Meeks[2],
Margaret Sax[2] and Catherine Higgitt[2]

Transmission electron microscopy (TEM) image of a silver-gold alloy particle within the glass of the Lycurgus Cup







The Lycurgus Cup *1958,1202.1 in reflected (a) and transmitted (b) light. Scene showing Lycurgus being enmeshed by Ambrosia*

NAPLIFE módszerek

Johann Rafelski összefoglalója

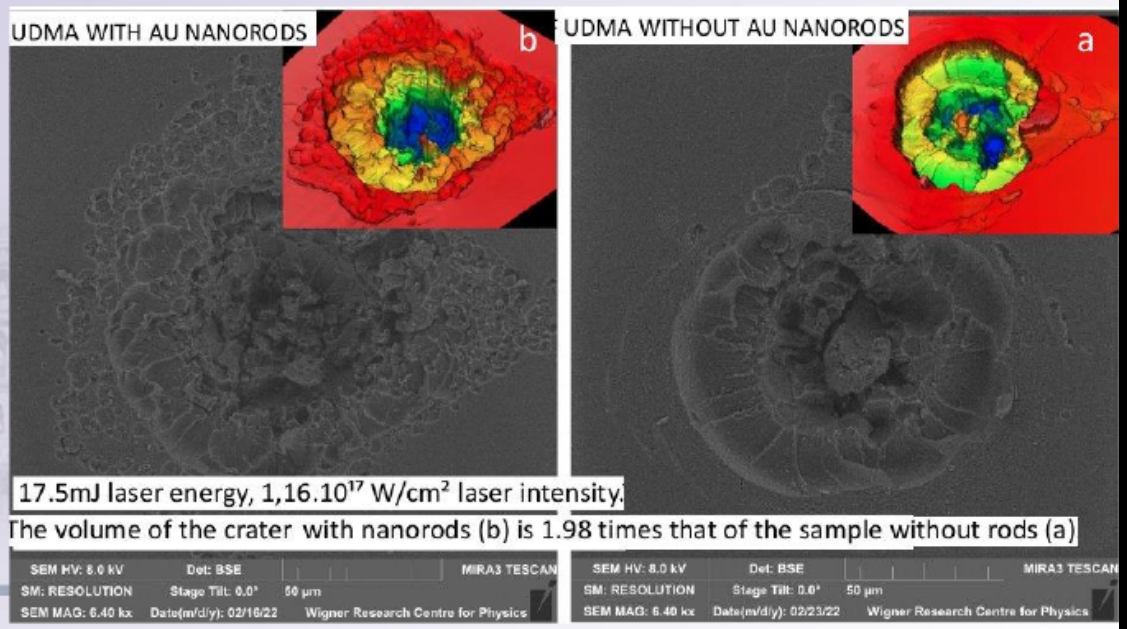
The NAPlife plasmonic fusion project

Three diagnostic methods for nuclear reactions

1. In prior laser fusion experiments detection of **helium production** played a pivotal role. We will accomplish this in LIBS study of plasma plume emerging from the crater drilled by laser shot in the polymer target.

2. The study of possible **deuterium production** is addressed by Raman scattering on the reaction crater surface.

3. The novel **energy production** measurement is achieved in the study of crater morphology: any energy production comparable in magnitude to the laser shot energy will be measured in terms of the quantity of material ejected. As a reminder, one Joule of energy corresponds to approximately 10^{12} fusion reactions. Polymer micro-structure damage relates to fusion product impacts, compare pB fusion CR39 detectors.



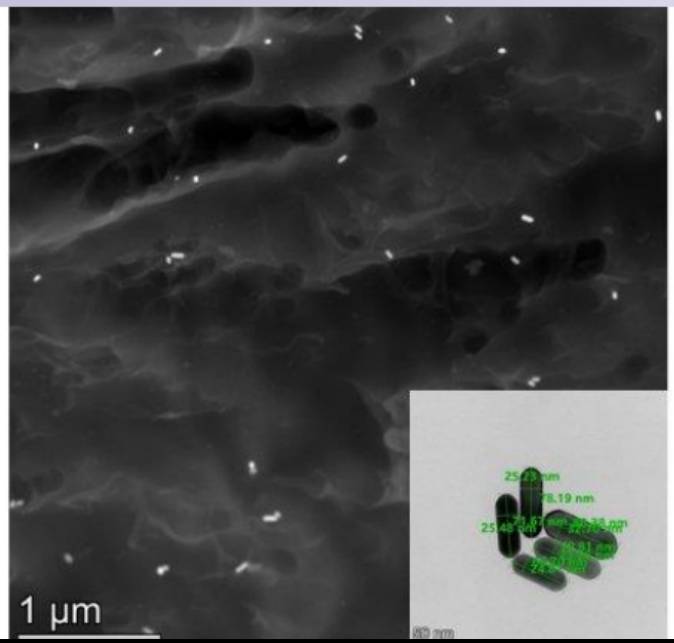
NAPLIFE 1

Au nanorészecskék mikroszkópos kép, elnyelési görbe

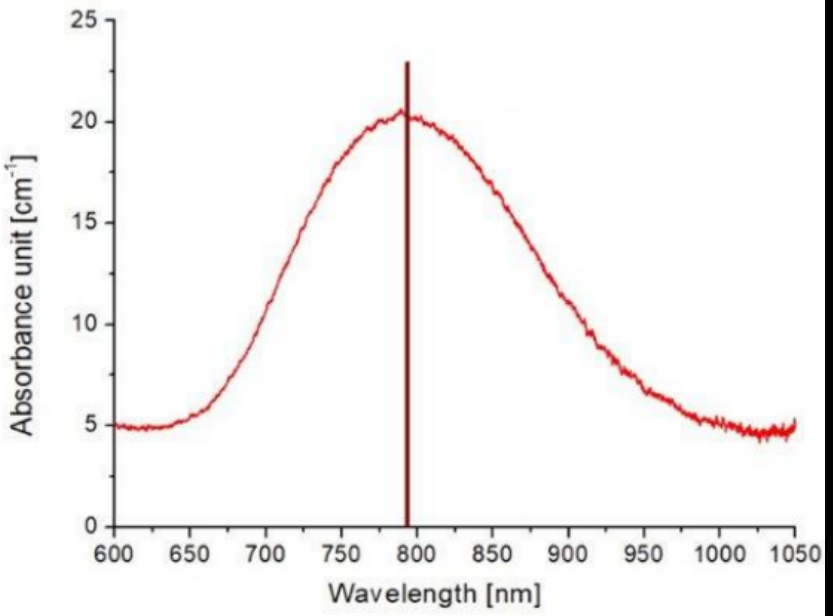
The NAPlife plasmonic fusion project

UDMA polymer with resonant gold nano-rods

Gold nano-rods embedded in polymer matrix: Transmission electron microscope image; insert shows actual nano-rods



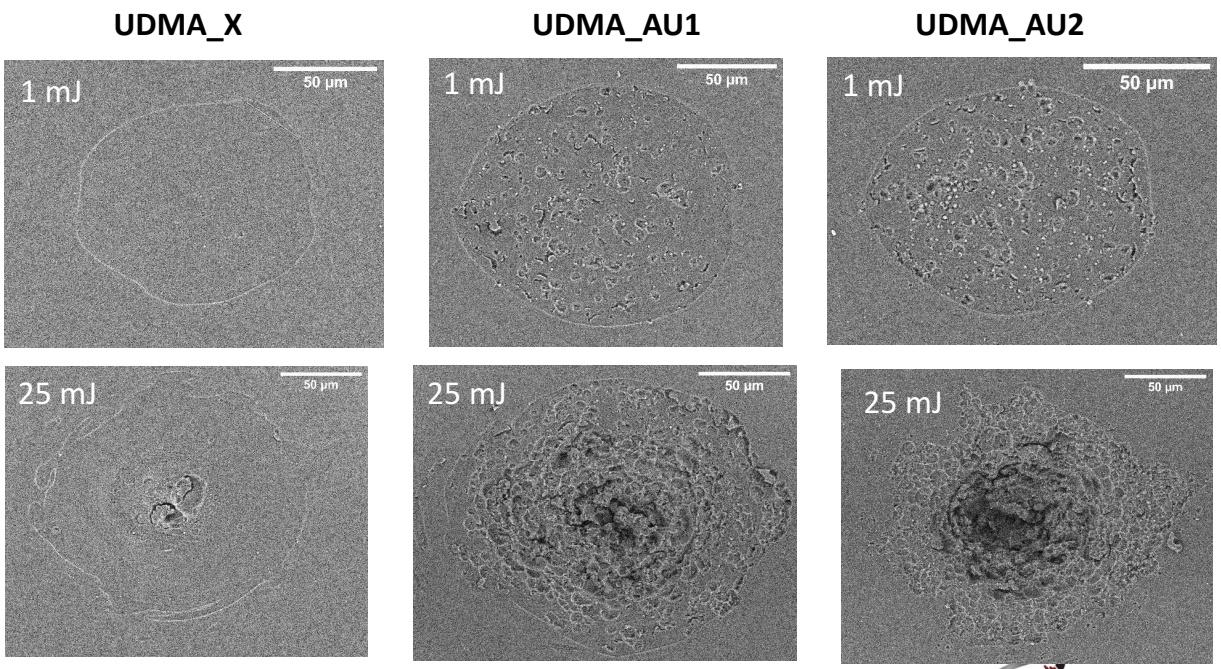
Actual absorption curve for nano composites measured by optical spectroscopy. The absorption peak is tuned to resonate with laser wavelength at 795 nm



NAPLIFE 2

kráterek pásztázó mikroszkópos kép

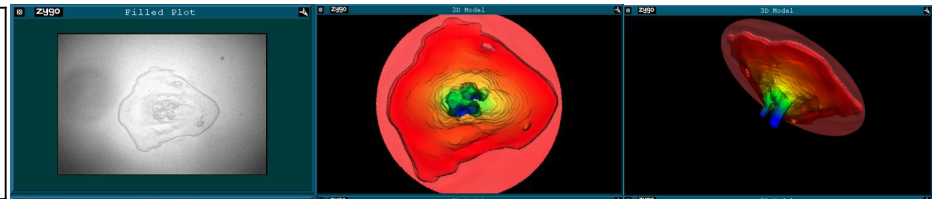
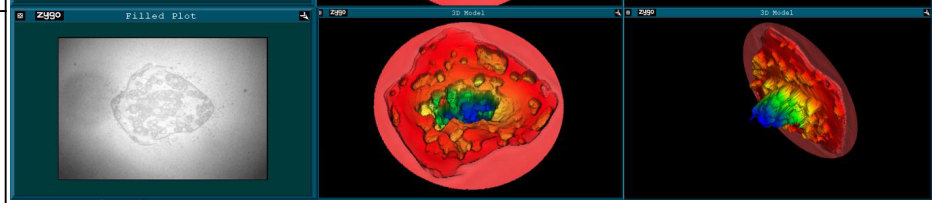
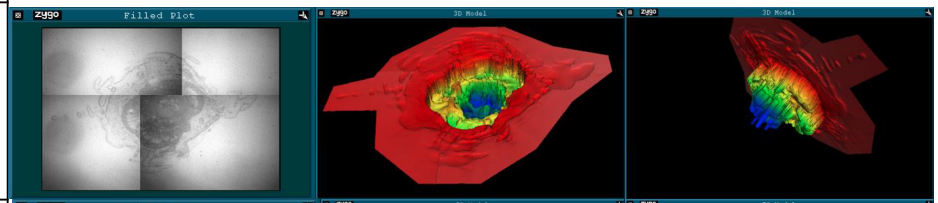
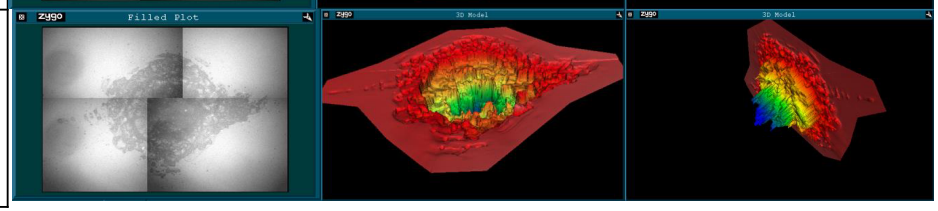
7. Surface structure of the laser ablated area, investigated by SEM



NAPLIFE 2

belövési kráterek

Preliminary measurements

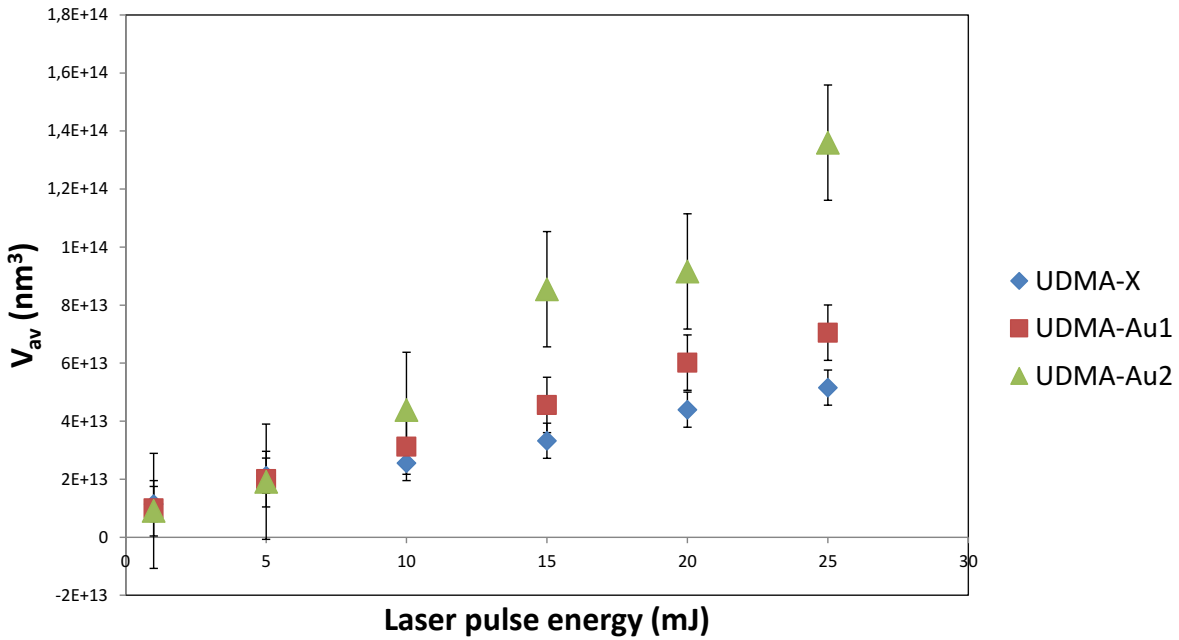
2,5 mJ	Without gold	
	With gold nanorods	
25 mJ	Without gold	
	With gold nanorods	

NAPLIFE 2

kráterek térfogata vs energia

Crater volume

The analysis of the crater volumes – in 5 different points for every energy and target

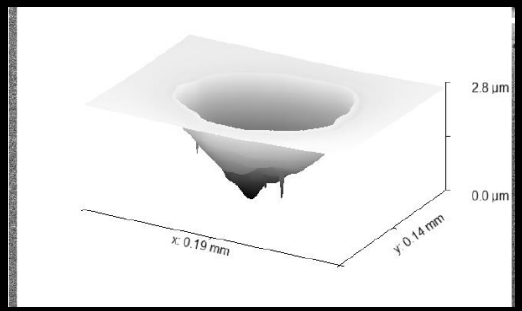


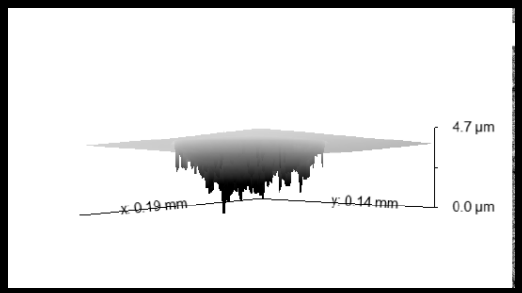
ICNFP 2022 - Ágnes Nagyné Szokol - 7 September 2022

NAPLIFE 2

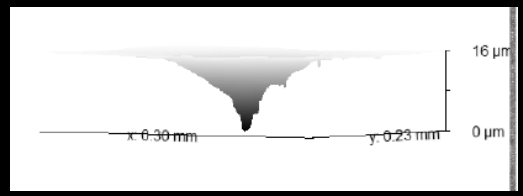
mikrokráterek a kráteren belül

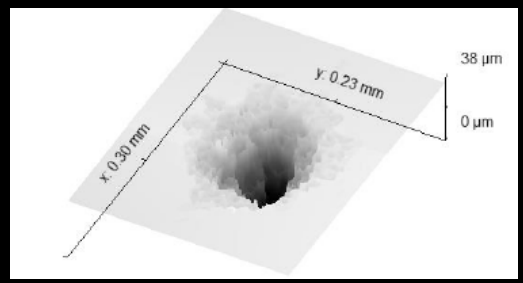
1 mJ AuX Au2





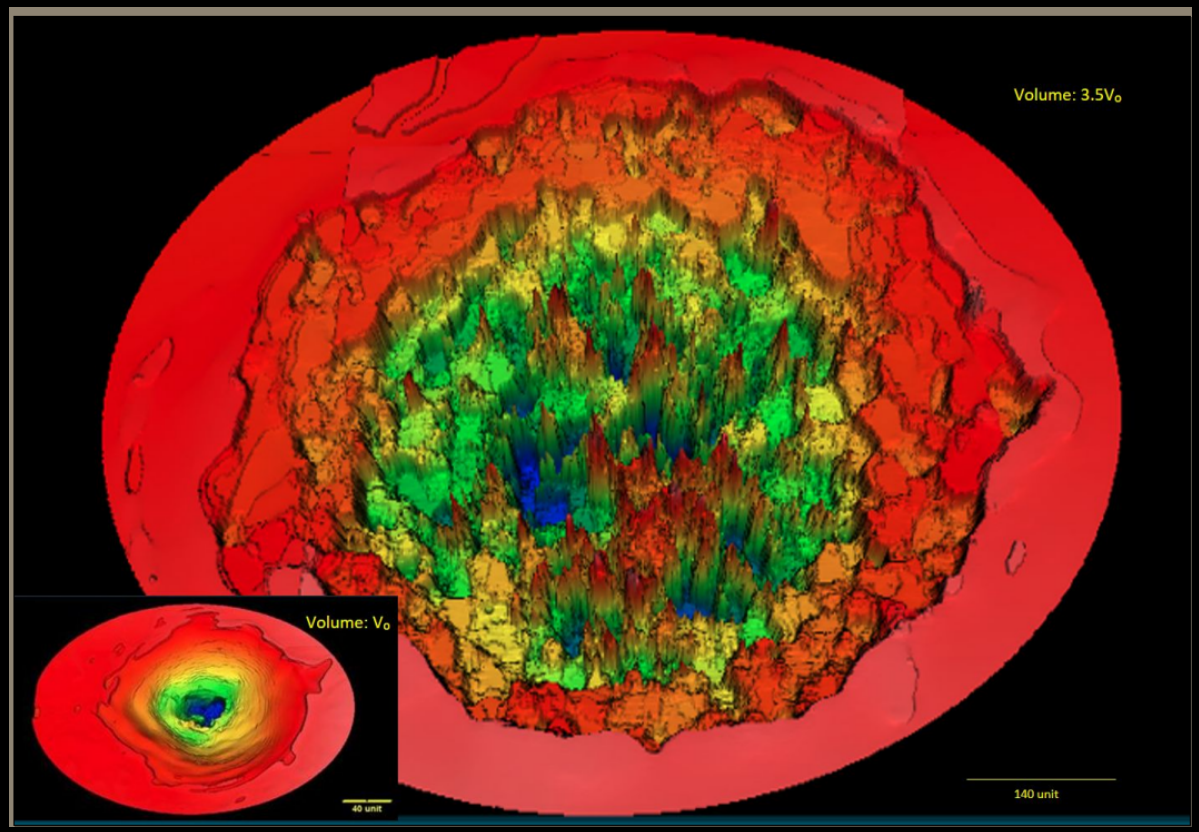
25 mJ AuX Au2





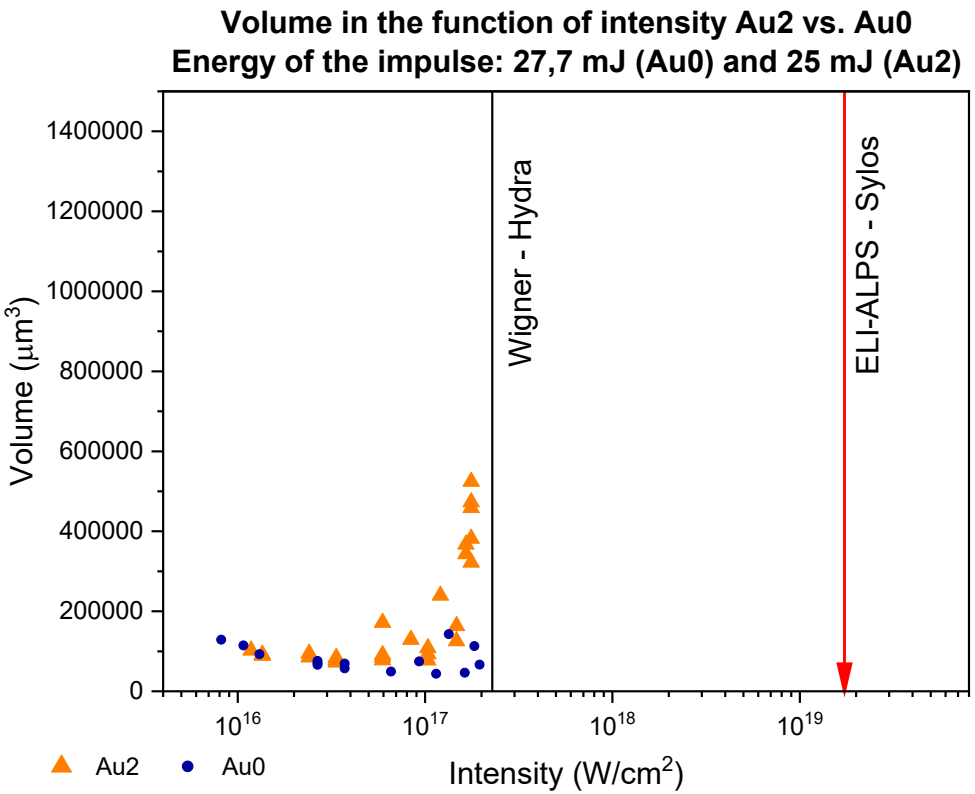
Kráterek valódi nagysága

egy kiragadott példa $(140/40 = 3.5)$



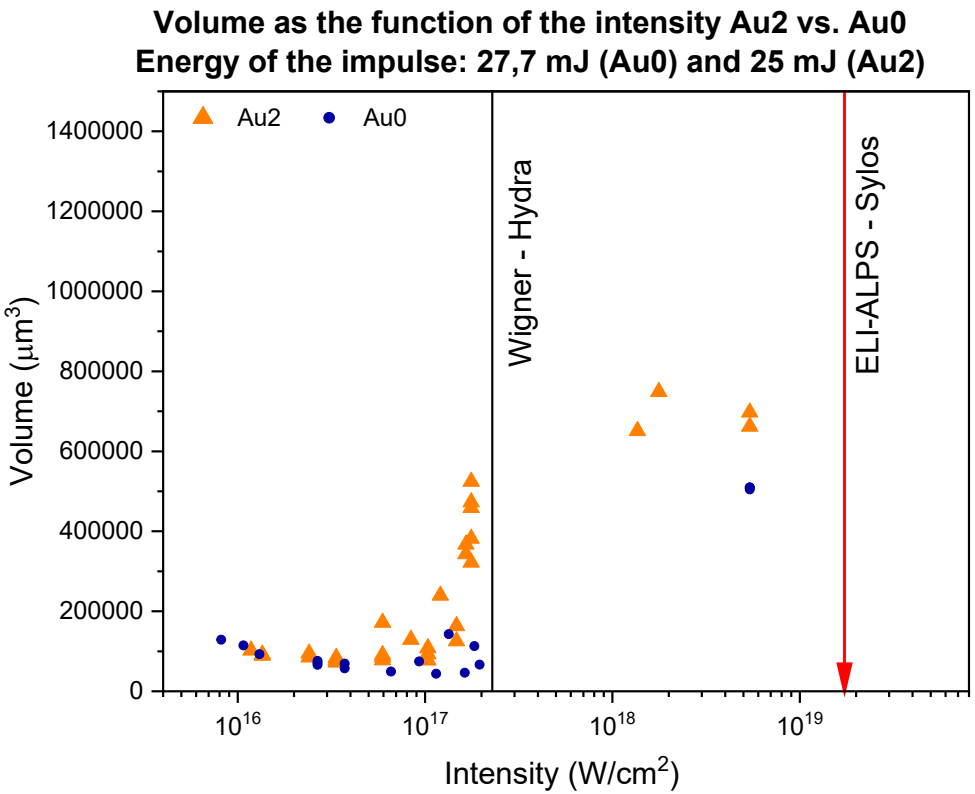
Krátertérfogat

a lézer-intenzitás függvényében



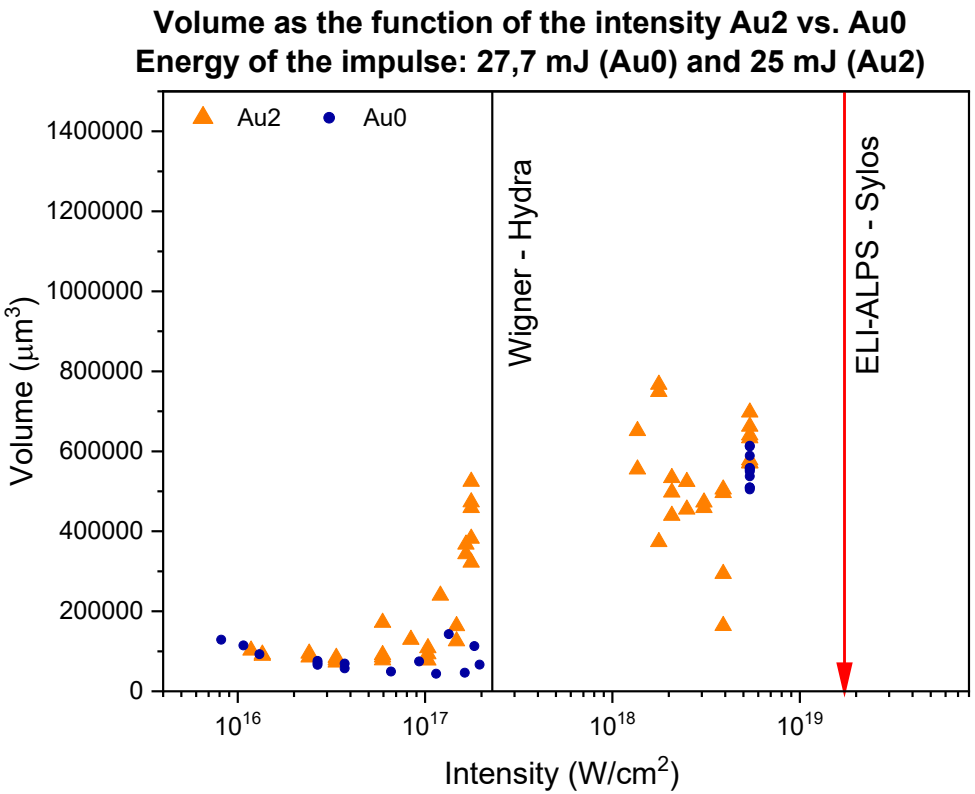
Krátertérfogat

a lézer-intenzitás függvényében



Krátertérfogat

a lézer-intenzitás függvényében



NAPLIFE 3

LIBS: plasma plum

Automatic Zoom

DIAGNOSIS No3: LIBS analysis of the laser plume plasma

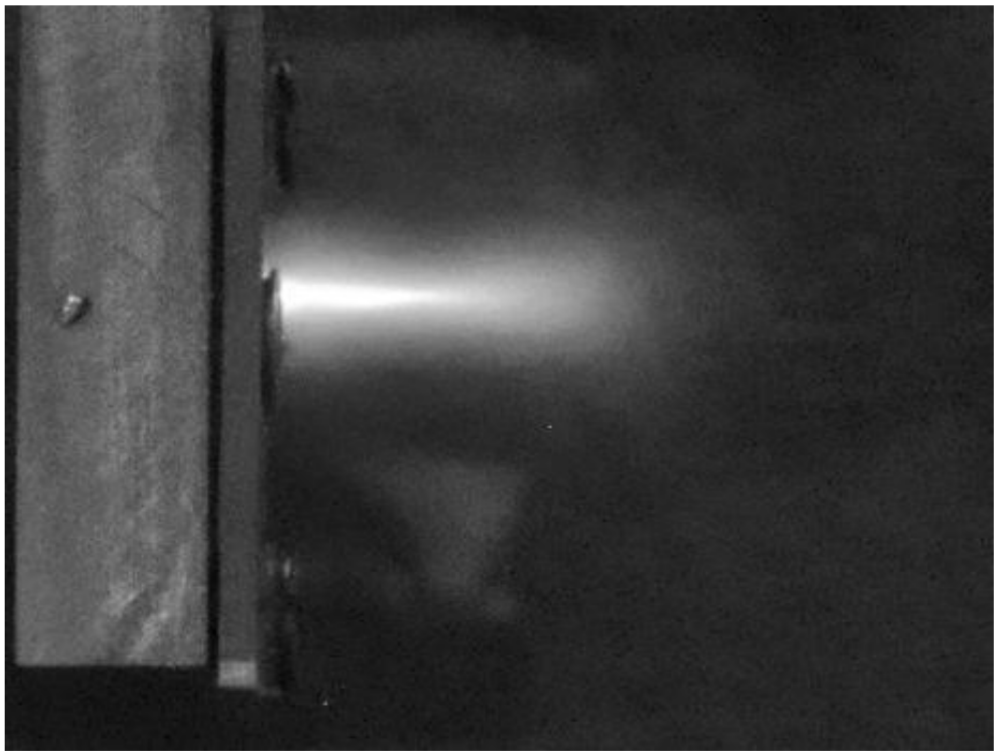
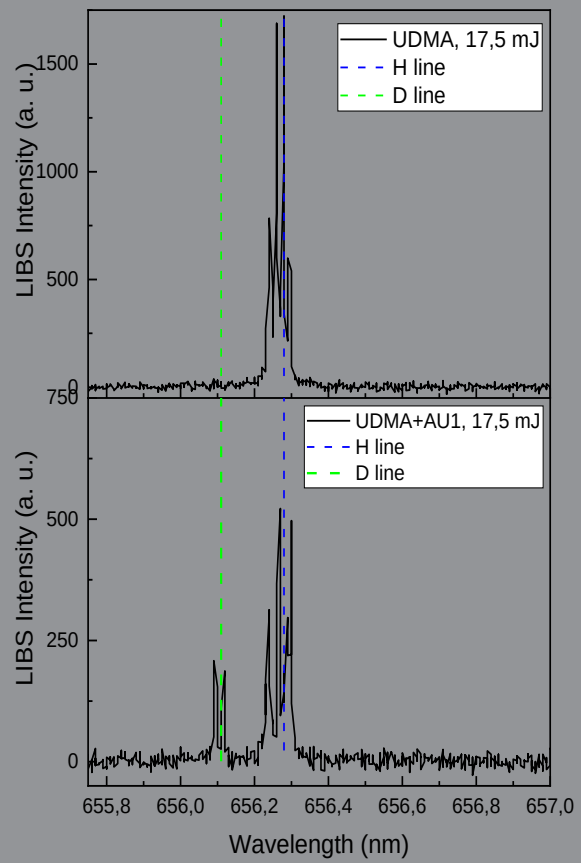


PHOTO OF A LASER SHOT INDUCED PLASMA PLUME

NAPLIFE 3

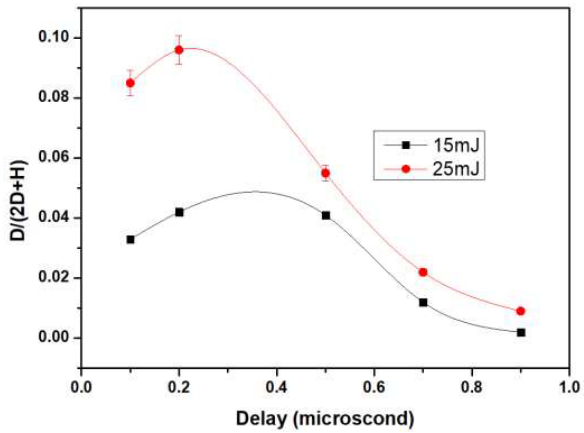
LIBS: atomi ionizáció → D/H

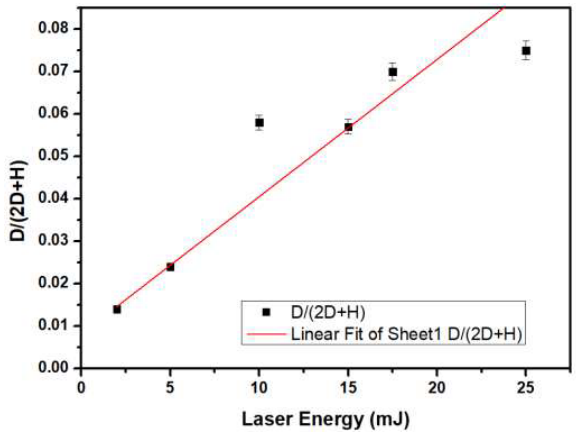


NAPLIFE 3

LIBS: spektrum területek → D/(2D+H)

Calculation of ratio; D/(2D+H)





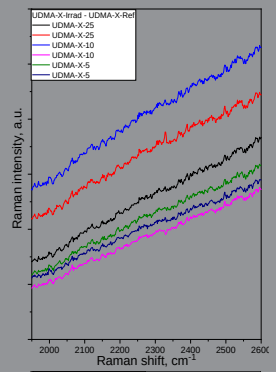
At 17.5 mJ, D(A)=1.828, H(A)=8.32
D(A)/H(A)=0.21
D(A)/[2*D(A)+H(A)]=0.15
No. of H atoms=2.51*10^16
No. of atoms that were converted from H to D=3.765*10^15

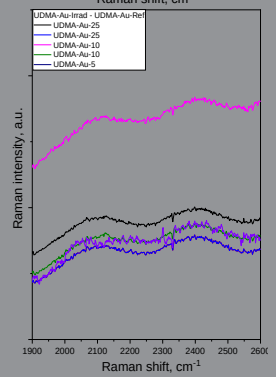
Please refer to Agnes Nagyne Sokol's talk on Crater Data Analysis!

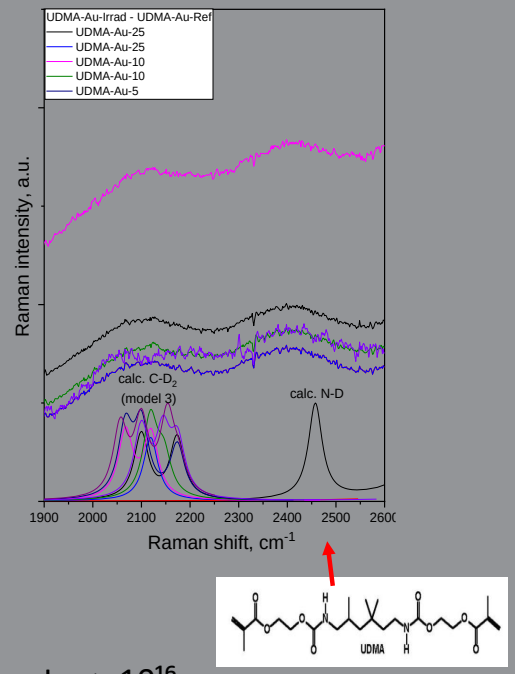
15

NAPLIFE 4

Raman: CD vs CH kötések a kráterfalban, utólag





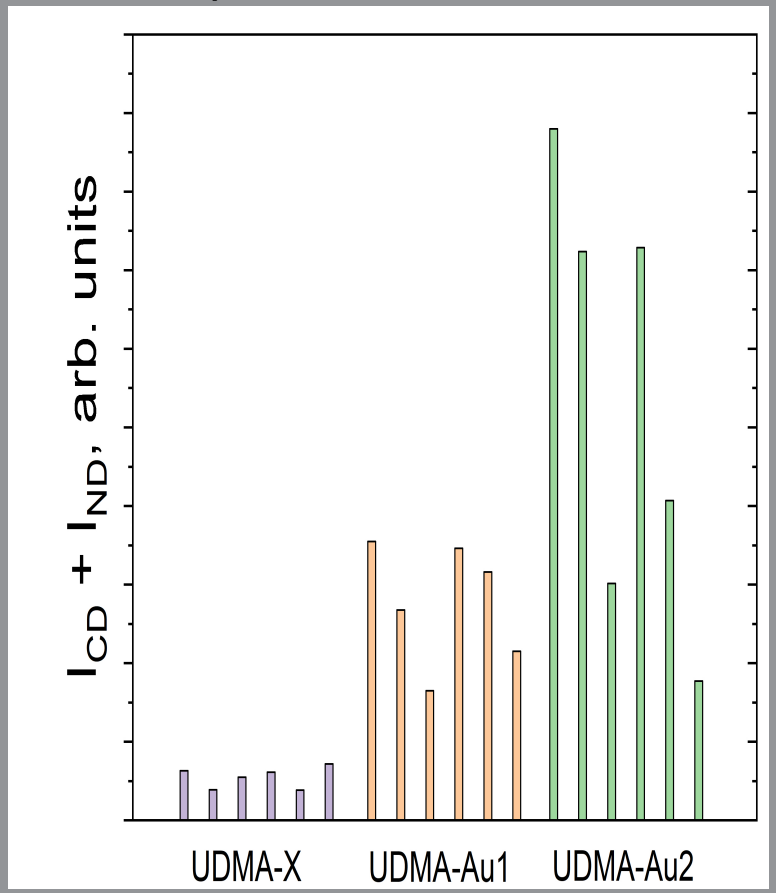


$I_{laser} > 10^{16}$

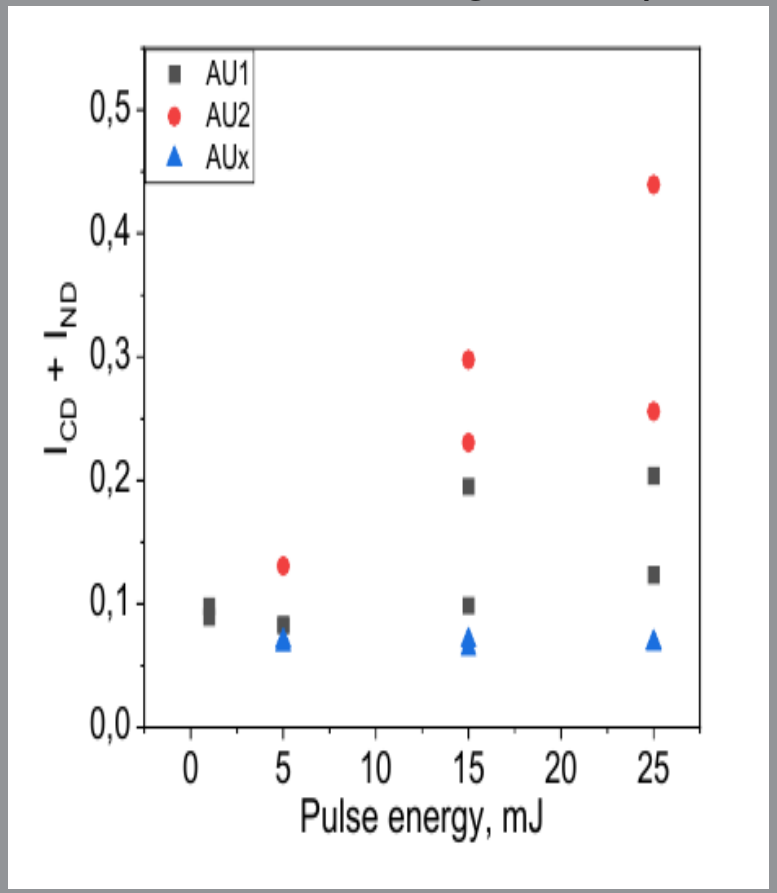
NAPLIFE 4

Raman: molekula rezgések változó kráter-helyekről

30 mJ, 6 pont, X Au1 Au2.



Több energia, 2-2 pont.



NAPLIFE tervek

2025 végéig

- Nukleáris mérések (CR39, Thomson parabola, alpha detektor)
- További ELI együttműködés (hasonló lézer, jobb kontraszt)
- Belövési geometria, nanoantennák és médium variálása
- Nanofúzió Game
- Infroton Fusion, U. Arizona, SRNL új együttműködések

WIGNER FIZIKAI
KUTATÓKÖZPONT

2022-2.1.1-NL-2022-00002
NANOPLAZMONIKUS LÉZERES FÚZIÓ
KUTATÓLABORATÓRIUM

A TÁMOGATÁS ÖSSZEGE:
1 127 964 898 FORINT

NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL
AZ NKFI ALAPBÓL MEGVALÓSULÓ PROJEKT

NAPLIFE összefoglaló

. . . és üzenet

1. **Nanofúzió = nanotechnológia + fs lézer + atommag fúzió**
2. **Kutatás: nanotech+spektro, energia és fúziós termékek detektálásának fejlesztése**
3. **Cél: plazmonikus erősítés fokozása, jobb fúziós üzemenyag, erős lézerek, n-mentes folyamatok.**
4. **Üzleti modell: bőséges és olcsó áram.**
5. **Wigner partnerek: ELI, EK, BME, SZTE, DE, Helios, MCG Digital, Infroton Fusion**