



**Marosi György**

# Csomagolóanyagok spektroszkópiai vizsgálata és környezetkímélő technológiája

**Mottó:**

*"Mit tehetnek tehát a tanárok?"*

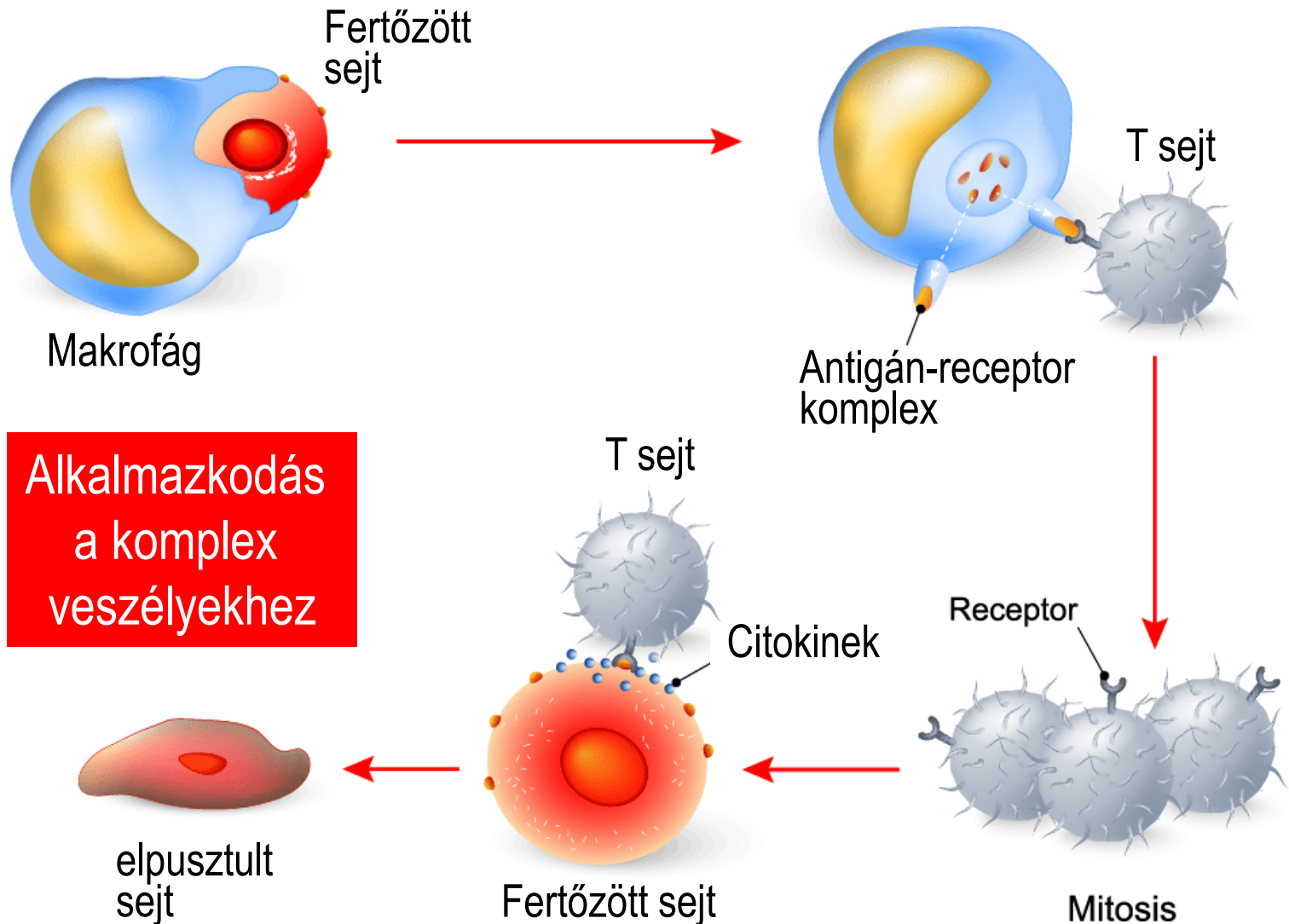
*Ráébreszthetnek arra, ami nem valódi,  
de nem mutathatják meg a Valóságot."*



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Szerves Kémia és Technológia Tanszék**



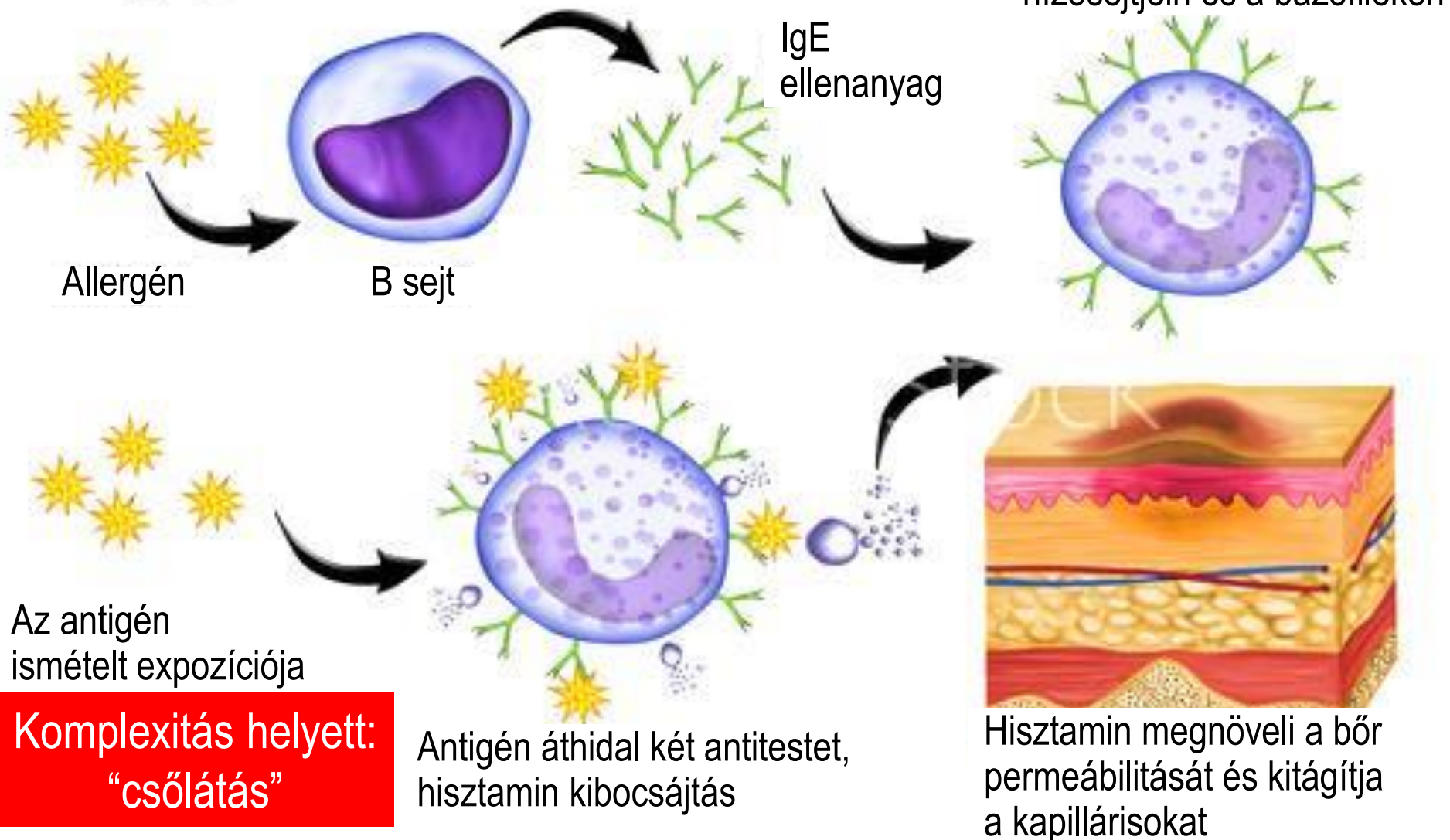
# Az immun rendszer működése: látszólag tökéletes hierarchikus szabályozás



# Az immun rendszer működése: majdnem tökéletes

## De: túl gyors változások hatására

### allergiás túlérzékenység:



**Komplexitás helyett:**  
"csőlátás"

## Társadalom $\leftrightarrow$ élő szervezet

komplex szemlélet helyett: leegyszerűsítő általánosítás a csomagolóanyagok környezetkárosításáról  
Greenpeace műanyagellenes mozgalom  
[#BreakFreeFromPlastic](#)-kampány.



**Bonyolultabb üzenetek nem hatnak az átlagos internetezőkre.**

**PROVOKATÍV**

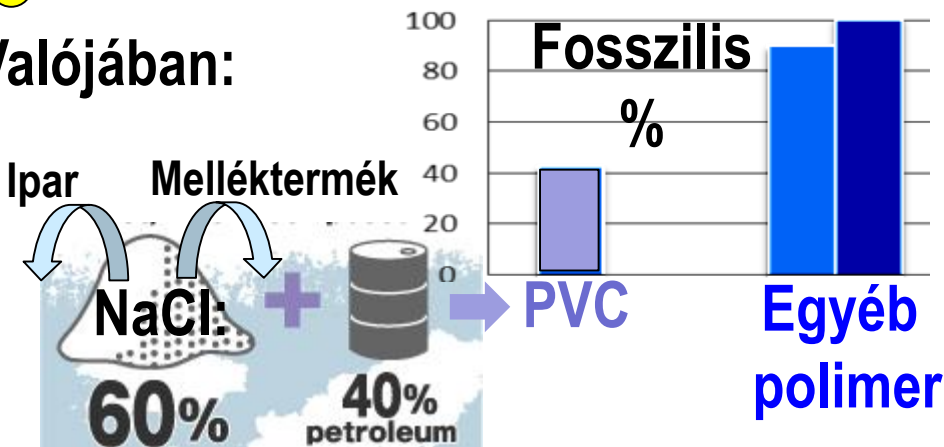
**KÉRDÉSEK**



# „A környezettudatos fogyasztó következetesen kerüli a PVC-ből készült csomagolóanyagot”???

„A PVC gyártása súlyos környezetszennyezéssel jár, használata és hulladékkezelése (különösen elégetése) egészségkárosítással veszélyeztet. Savas dolgok oldják, élelmiszereknél is nagy a kioldódás veszélye.”

Valójában:



Biztonságos gyógyszer csomagolás

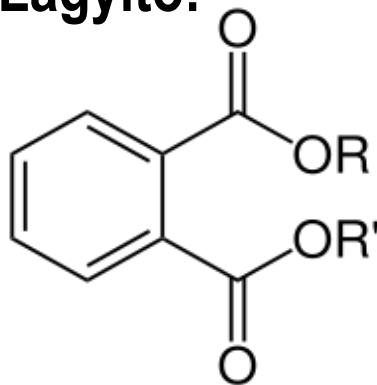


1. Az égetési technológia fejlődésének eredményeként a dioxin kibocsátás kb. 98%-kal csökkent a 1999-es szinthez képest.
2. A szelektív PVC hulladék újrafeldolgozható.

# De: hulladékazonosítási és lágyító-azonosítási problémák!



Lágyító:

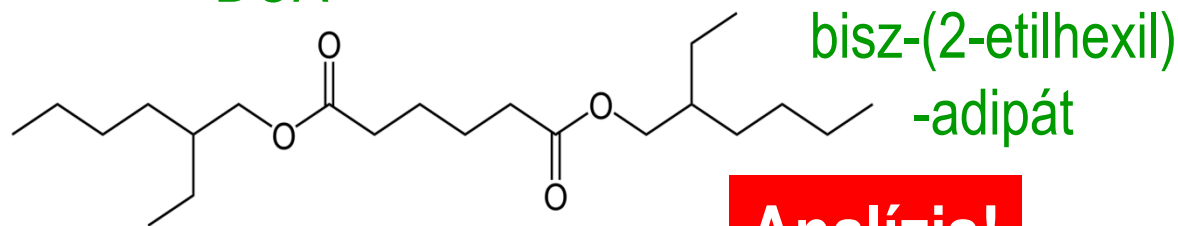
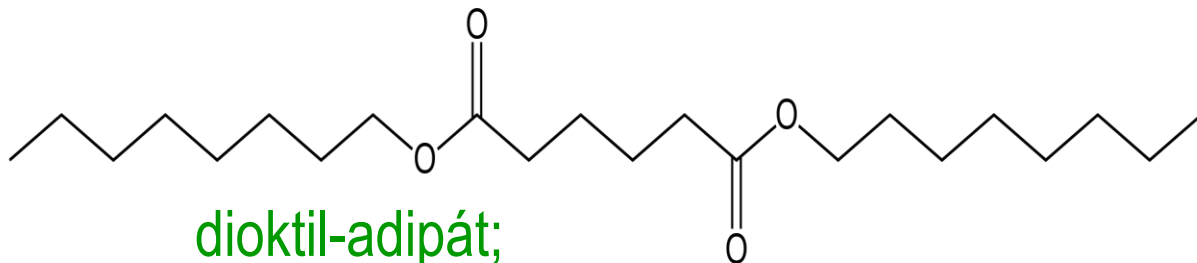
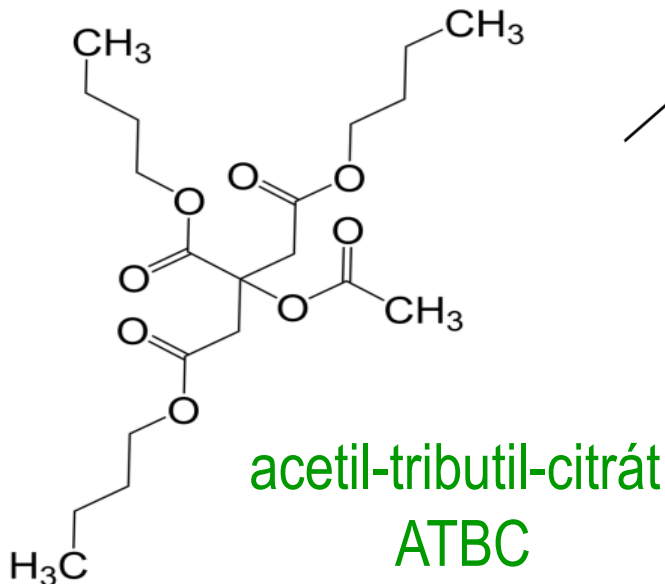


Pszeudohormon,  
androgén-ellenes

- di-(2-etilhexil)-ftalátot (DEHP-t)
- dibutil-ftalát (DBP)
- benzil-butil-ftalát (BBP)
- diizononil-ftalát (DINP)
- diizodecil-ftalát (DIDP)
- di-n-oktil-ftalát (DNOP)

Gyerekeknek engedélyezett  
Koncentráció: max. 0,1%.

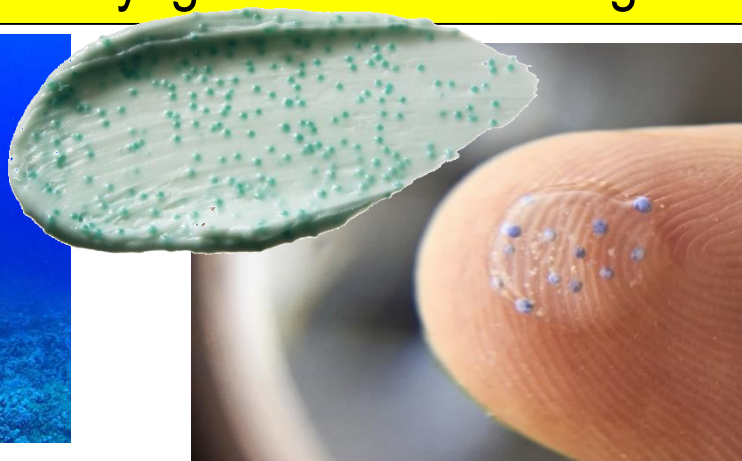
Ártalmatlan lágyítók:



**Analízis!**

# „A PP, PE csomagolás „örökre” megmarad, veszélyes mikroműanyag lesz belőle”???

„A szatyrokat, elviteles dobozokat csak néhány percig használjuk, viszont olyan anyagból készülnek, amelyek örökre megmaradnak!  
A toxikus mikroműanyag már a te vérkeringésedbe is bejutott!”



**Valójában:**



**Újrafeldolgozás**

Németországi Szövetségi Kockázatelemző Intézet: a mikroműanyagok nem jelentenek egészségi kockázatot az emberre.

**Hulladék-  
égető**



**WTE:**

**BRESCIA büszkesége**



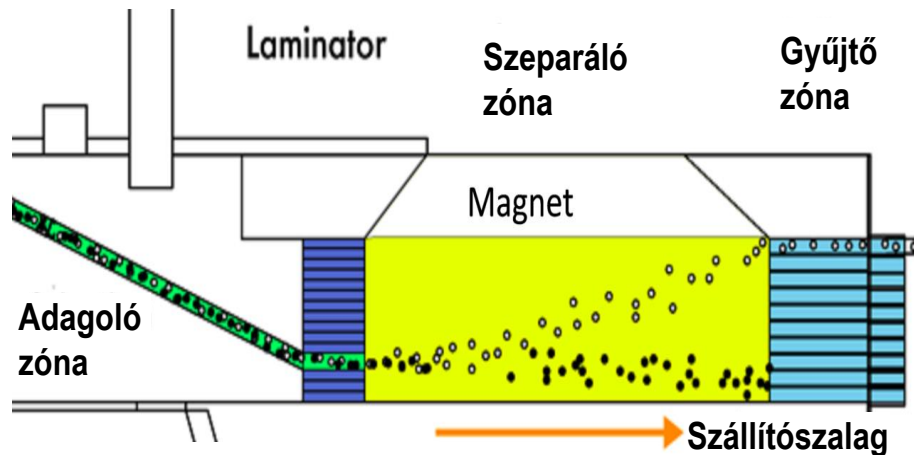
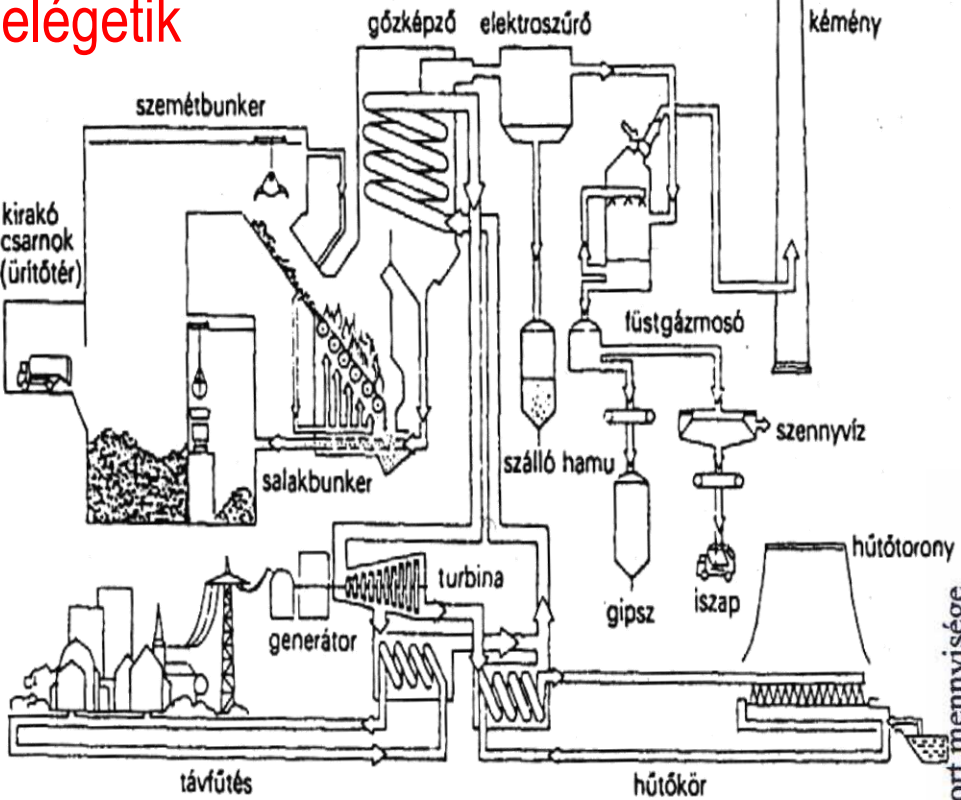
# De: hány % éghető, szelektálható-e, hányszor újrafeldolgozható?

Budapesten a hulladék 60%-át elégetik

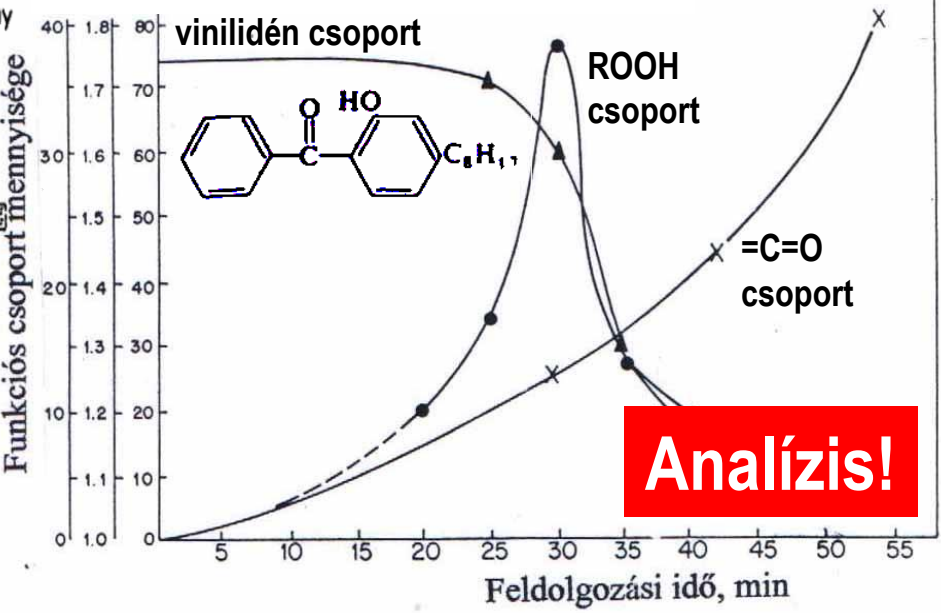
Mennyi lesz a salak?

Japánban 50%-át újrahasznosítják

Sűrűség alapú szétválasztás?



## Stabilizátor koncentráció?



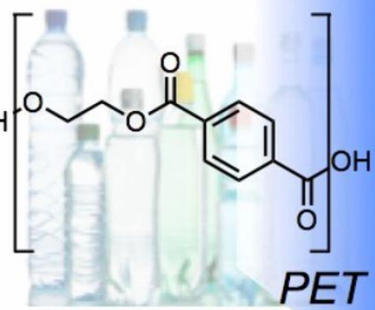
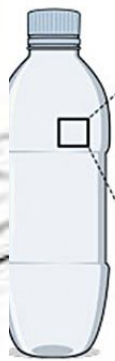
Fűtőanyag	Fűtőérték [MJ/kg]
Polietilén	43
Műanyag keverék	30-40
Települési szilárd hulladék	10

**Analízis!**

# PET nem lebontható?

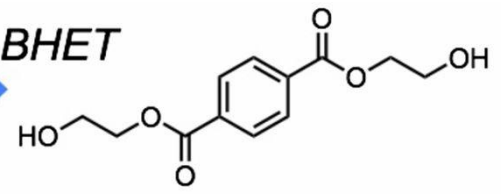
„Közel fél évezred, mire lebomlik egy PET palack”

Valójában:

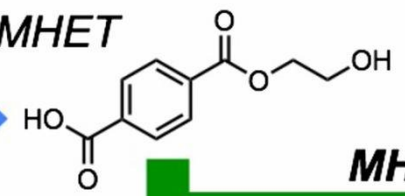


PETase

BHET

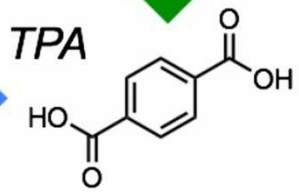


MHET

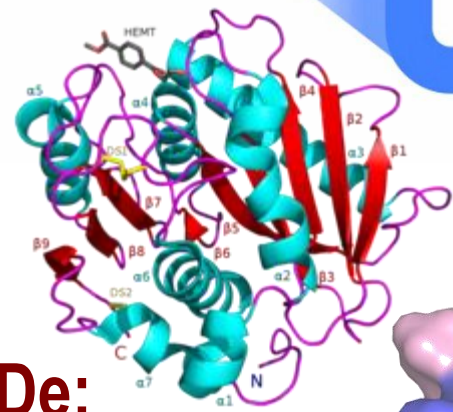
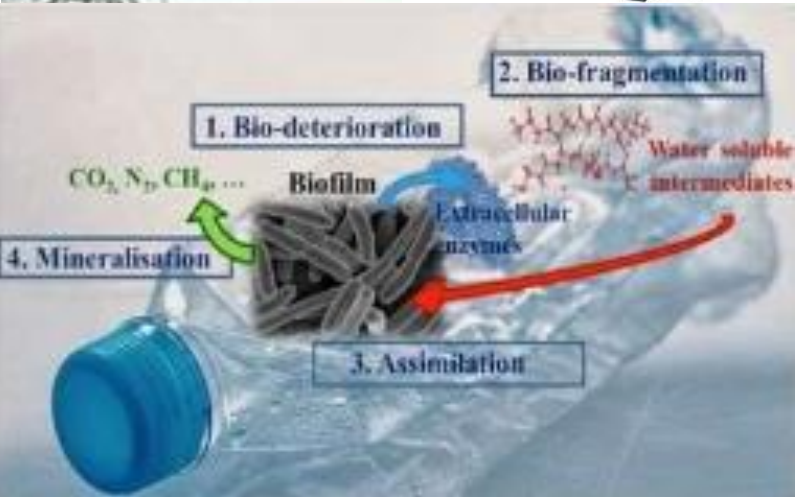
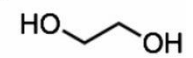


MHETase

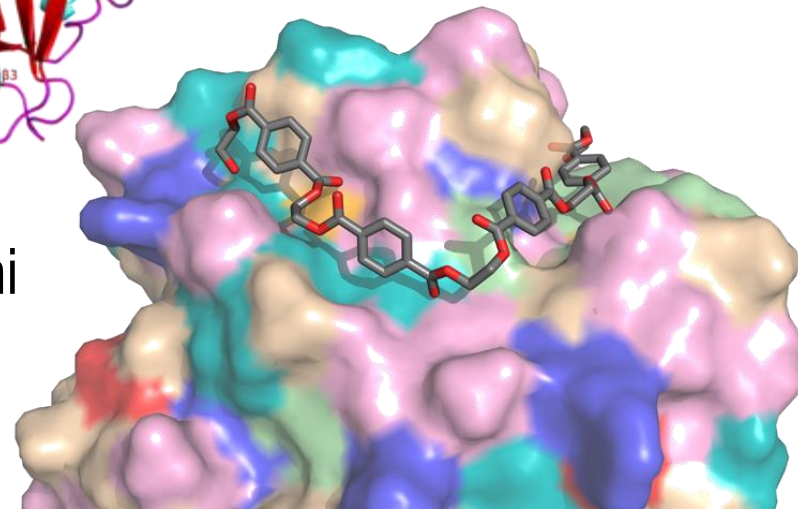
TPA



EG



De: meg kell érteni a hatást!



A felületen megtapadó biofilm

Analízis!

# „A biopolimer gyártás és élelmiszerellátás egymás ellentéte”???

"2.6 tons of corn needed to produce 1 ton of plastic (PLA). One billion people worldwide are continually hungry.

The corn used to make PLA plastic would alleviate this suffering."

**Valójában:**



- A politejsav (PLA)  
cukorcirokból is előállítható
- Nem a PLA miatt kell éhezni

**De:**

Válogatás szükségessége!  
Potenciális toxikus hatás  
a stabilizátor fajta, migráció  
függvényében!  
Stabilitás csökkenés lehetősége  
pigment-kölcsönhatás miatt!

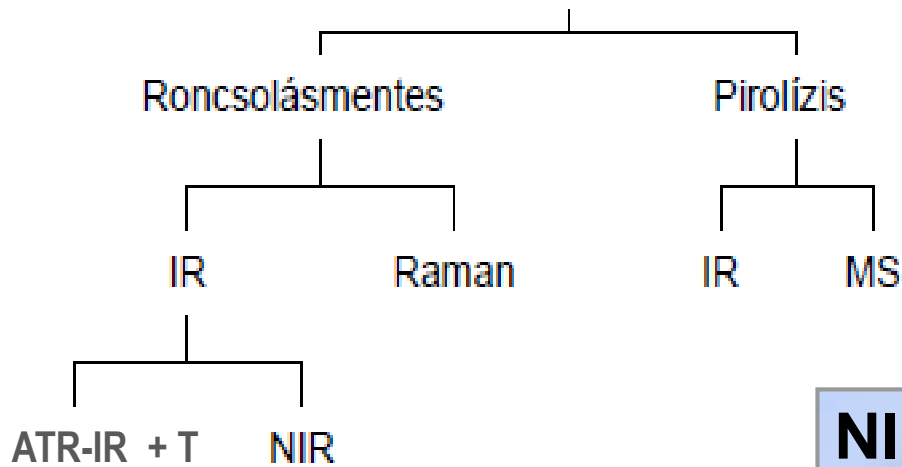


**Analízis!**

# Műanyag azonosítás spektrometriai módszerei

**GMP → QbD, PAT**

Molekulaspektrometria



**Roncsolásmentes vizsgálatok**

**IR, Raman:**

összetett anyagok szerkezetéről is hordoznak információt.

**Pirolízisen alapuló vizsgálatok**

A bomlástermékeinek arányából következtetnek vissza az eredeti anyagra.

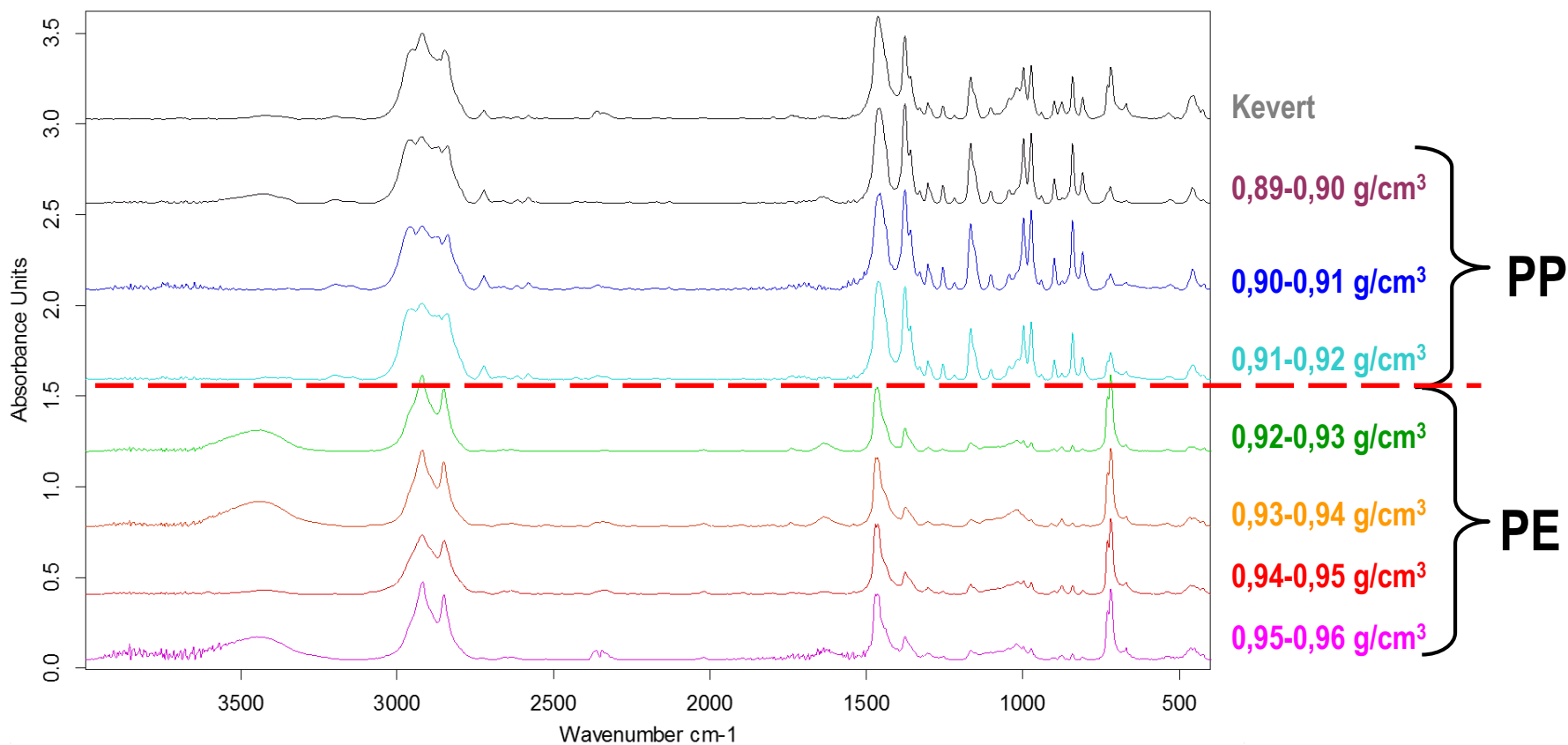


**Raman:**



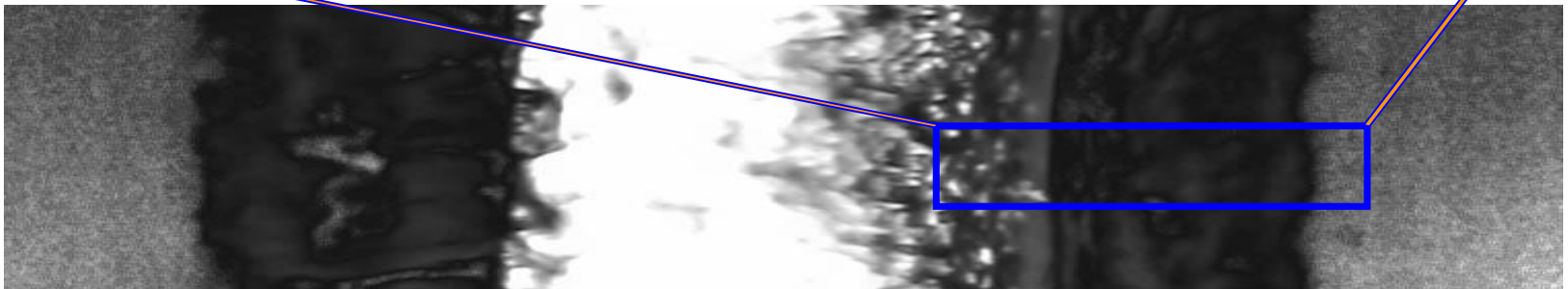
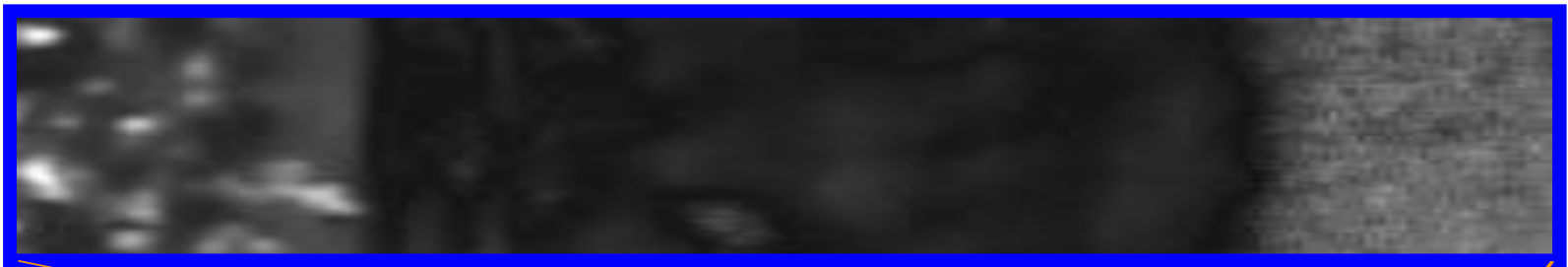
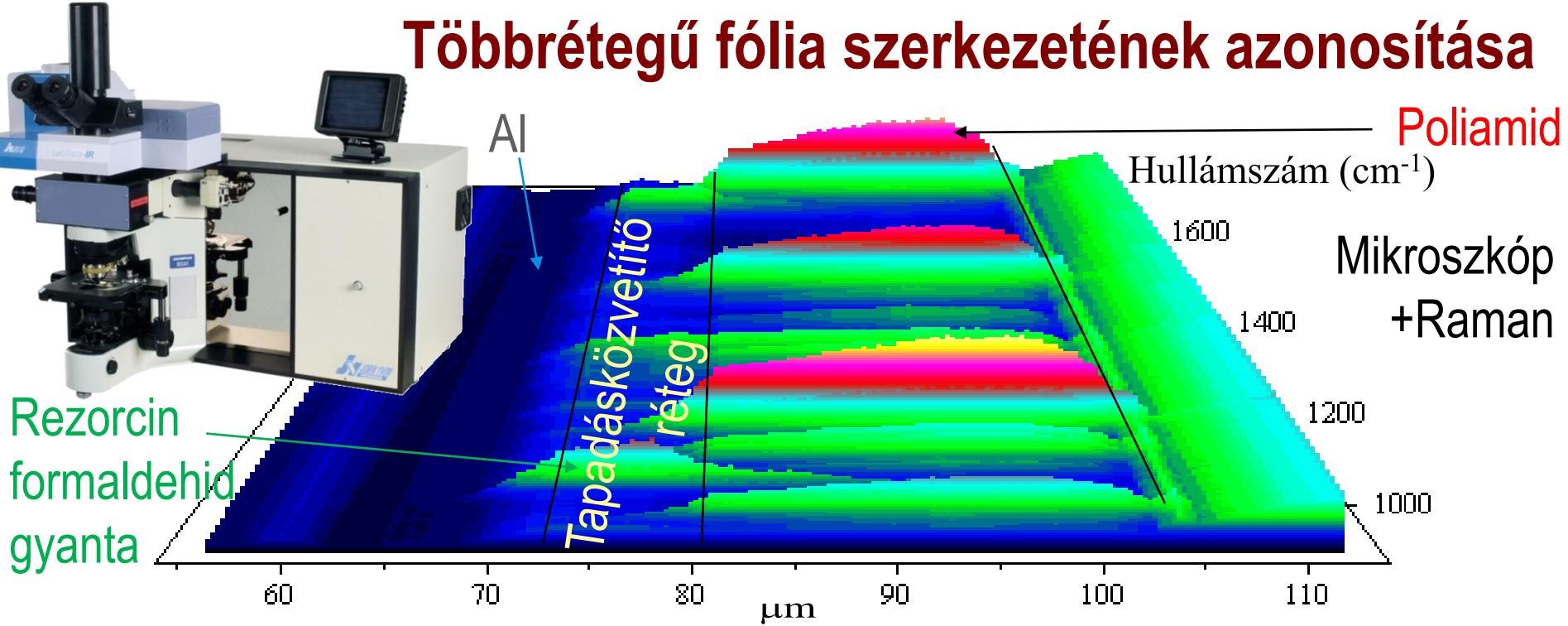
# Sűrűségfrakciók spektroszkópai azonosítása

- a főkomponensek minőségi és mennyiségi azonosítása
- adalékok minőségi azonosítása

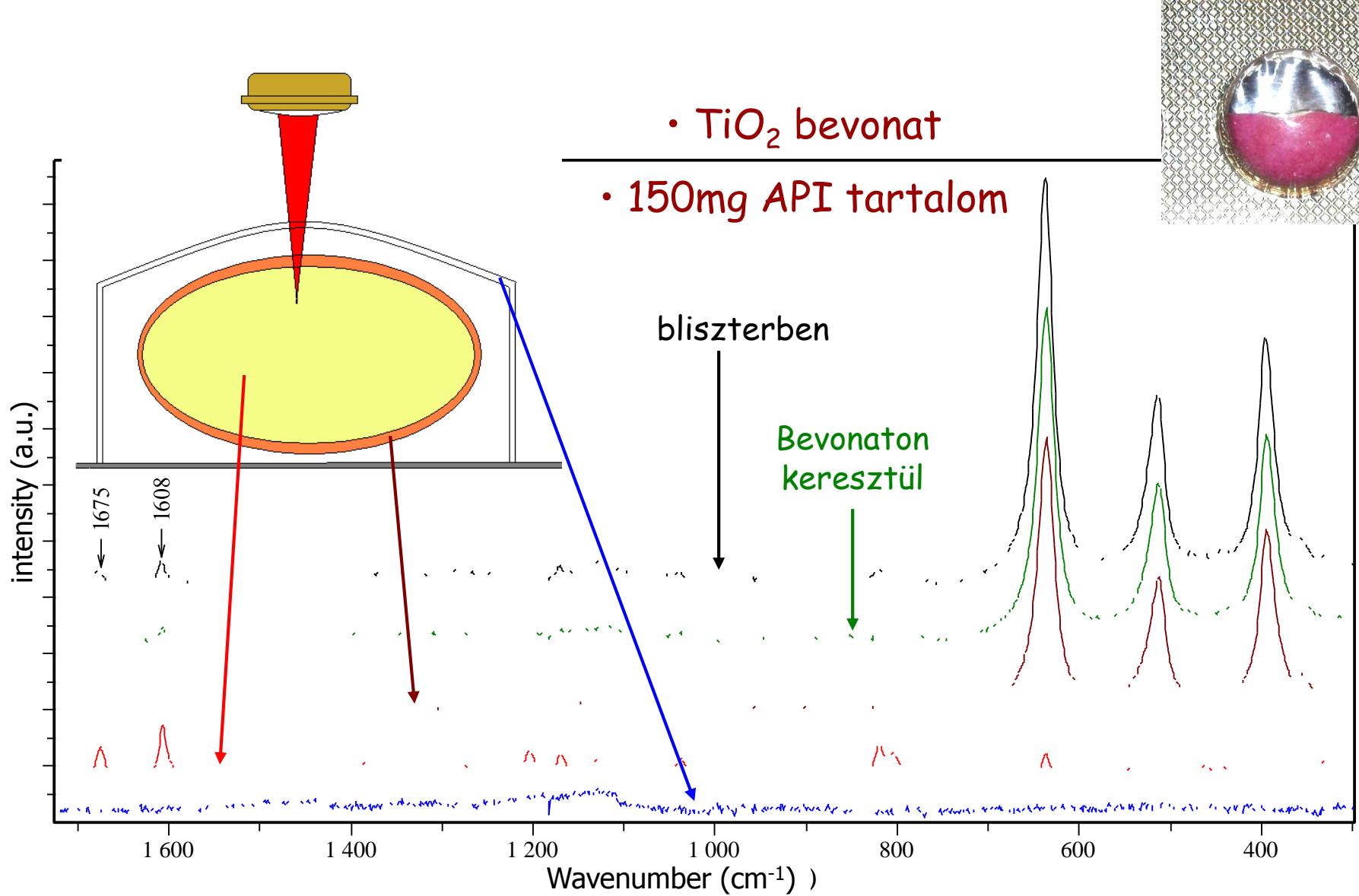


**Főkomponens meghatározás a spektrumokban kemometriai módszerrel történhet.**

# Többrétegű fólia szerkezetének azonosítása



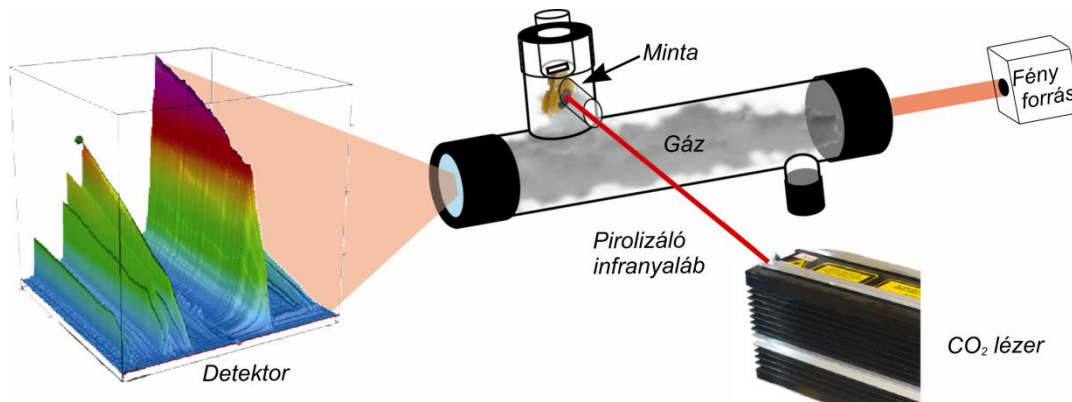
# Gyártmányellenőrzés: *blisztercsomagoláson keresztül*



# Az LP-FTIR módszer kifejlesztése

- A **hőközlés** hatására bekövetkező **gáz fázisú** változások detektálására alkalmas módszer.
- A CO<sub>2</sub> lézer (10,6 μm) modellezi pirolízis zónában lévő körülményeket.
- Az FTIR spektrométerrel folyamatosan nyomon követhető a gáz fázisban végbemenő változás,

Előnyök:  
-Kis mintaigény  
-Gyors mérés



## Alkalmazhatóság

- A  **bomlási mechanizmusok felderítése**  polimerekben
- Égésgátló  **hatásmechanizmusok megértése**
- Polimer hulladékokban a  **fekete szemcsék azonosítása,**  elemzése.

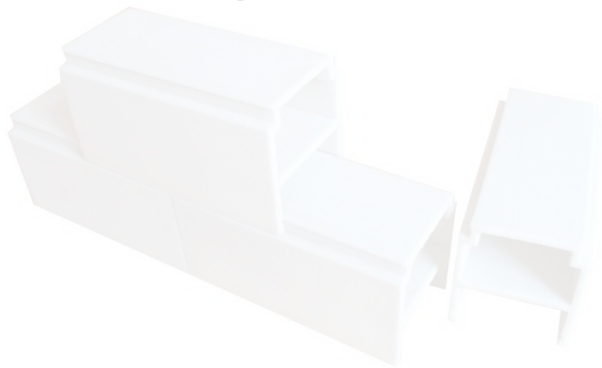
- **Pirolízis**  megy végbe, gáz halmazállapotú termék keletkezésével.
- A keletkezett gáz ujjlenyomatszerűen jellemzi a mintát, ugyanis  **vissza lehet követhettni a minta összetételére.**



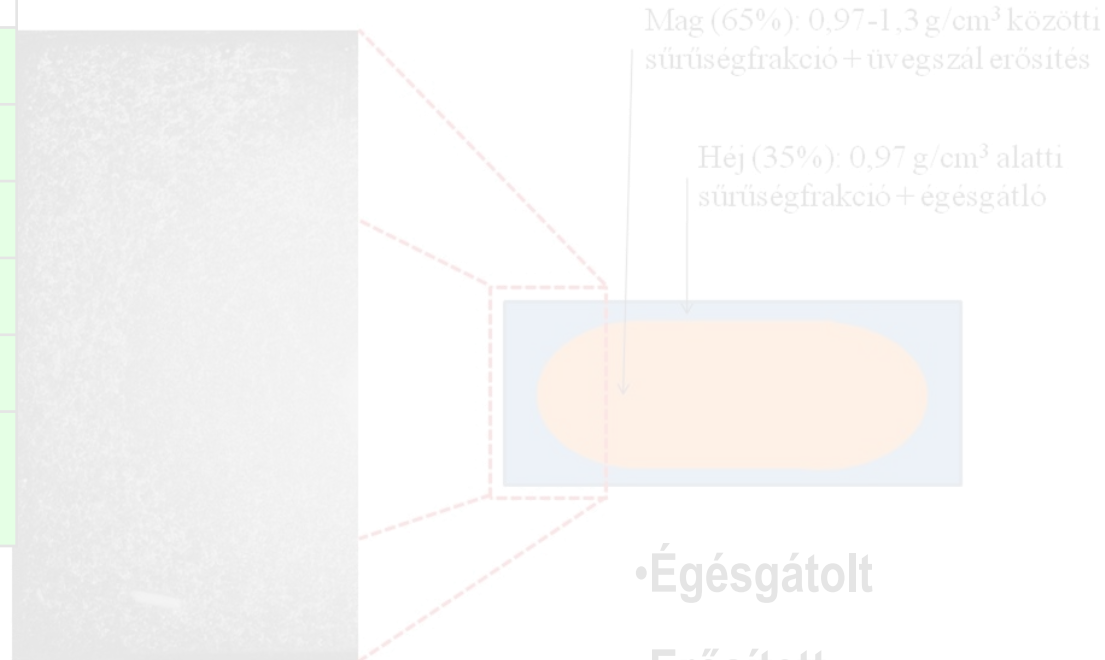
# Termékek csomagolási hulladékokból

Ajánlott elválasztás	Kinyerés
$\rho < 0,92 \text{ g/cm}^3$	PP
$\rho = 0,92-0,94 \text{ g/cm}^3$	PP+PE
$\rho = 0,94-0,97 \text{ g/cm}^3$	PE
$\rho = 0,97-1 \text{ g/cm}^3$	Töltött PP
$\rho = 1-1,1 \text{ g/cm}^3$	PS/ABS
$\rho > 1,1 \text{ g/cm}^3$	Vegyes: gyanta+gumi

Építőelem



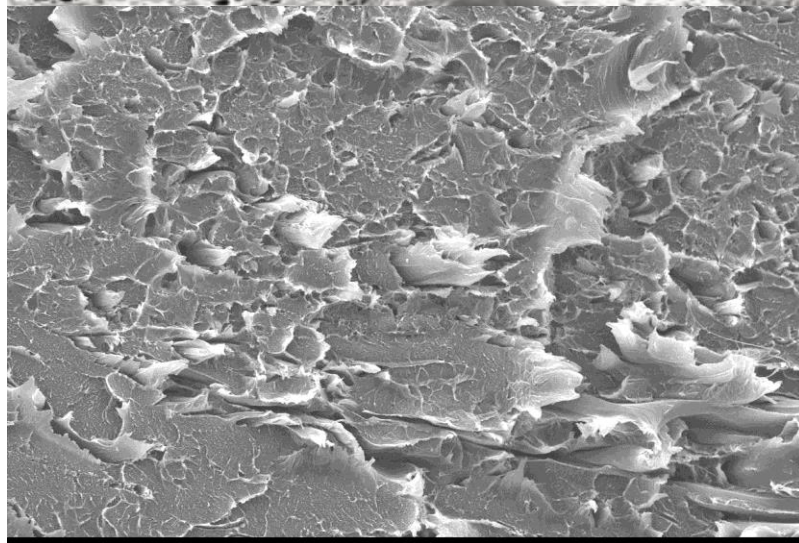
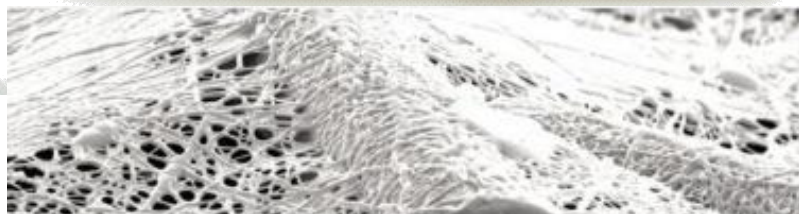
## Kétrétegű fröccsöntés



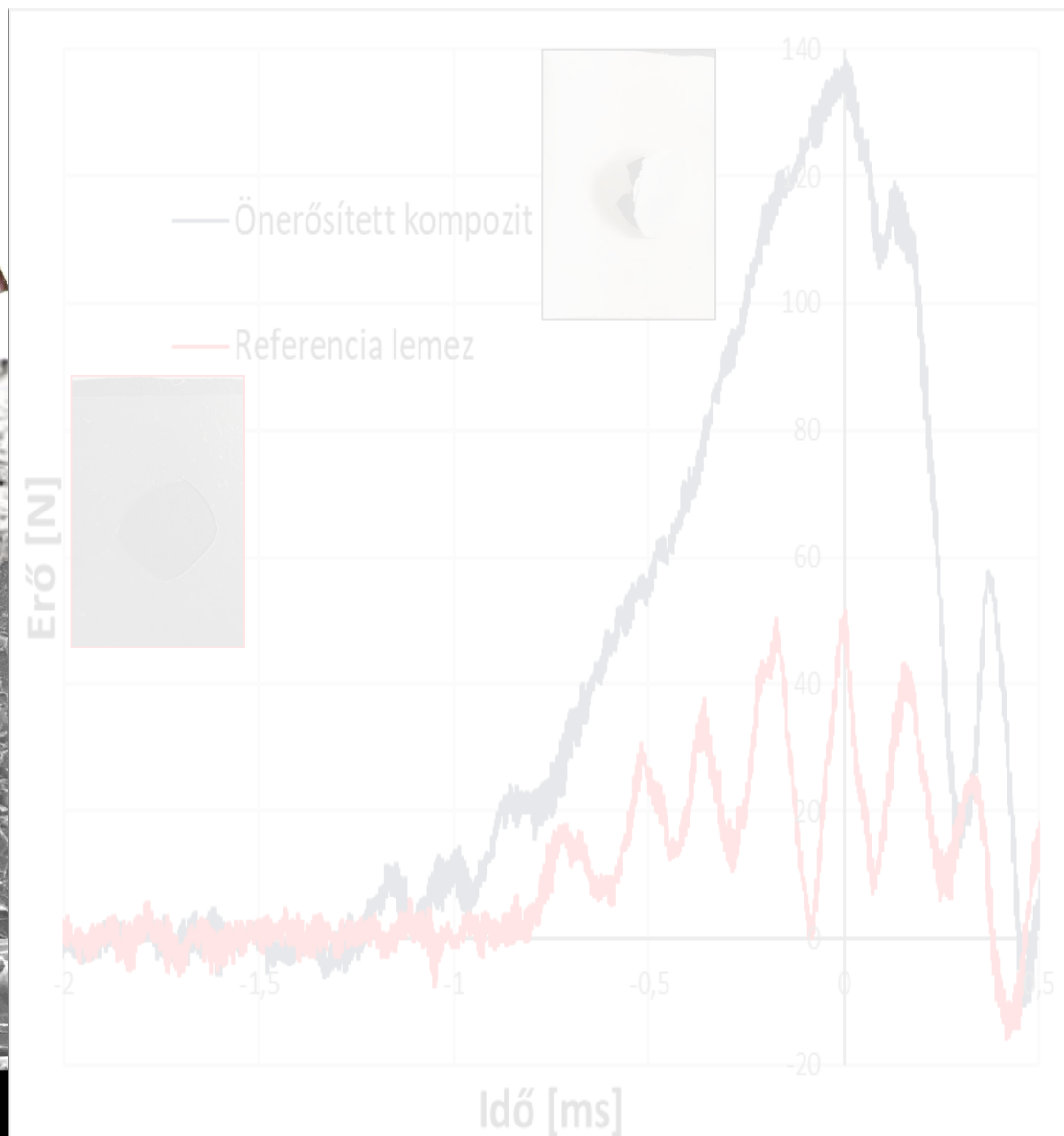
- Égésgátolt
- Erősített
- Könnyen felépíthető



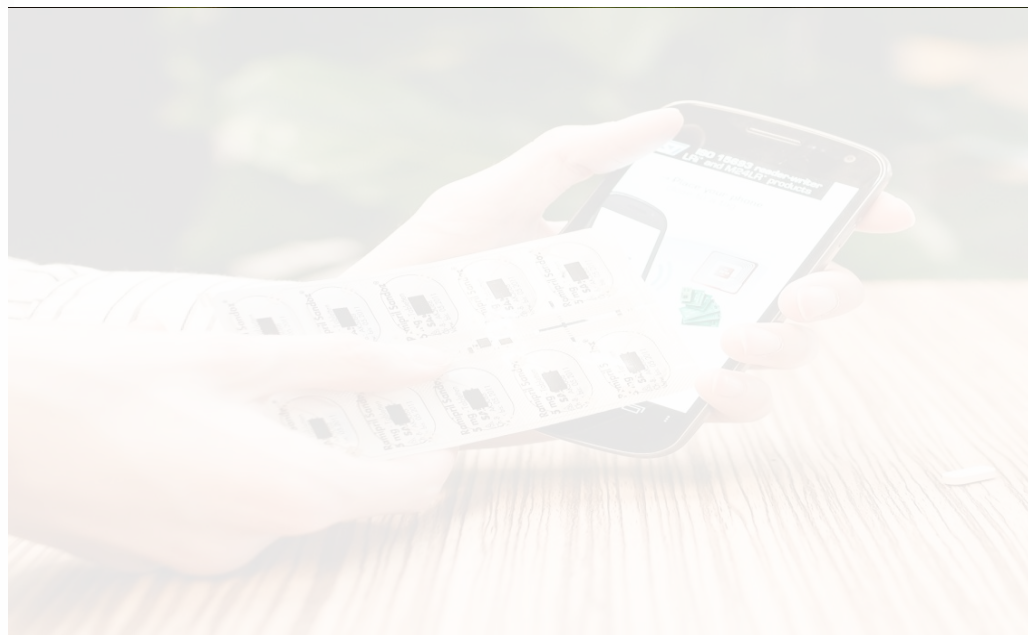
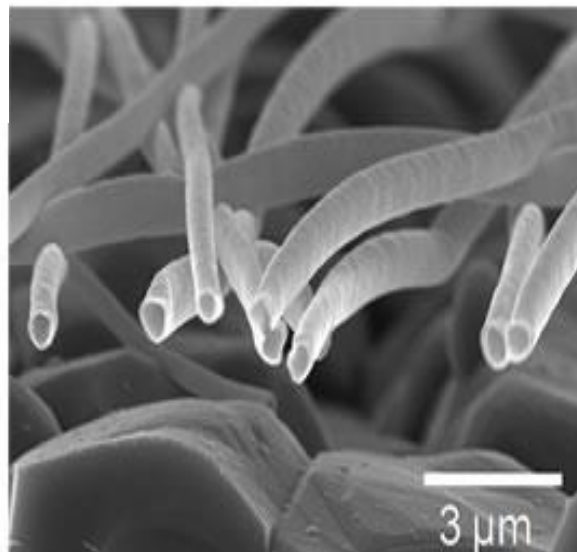
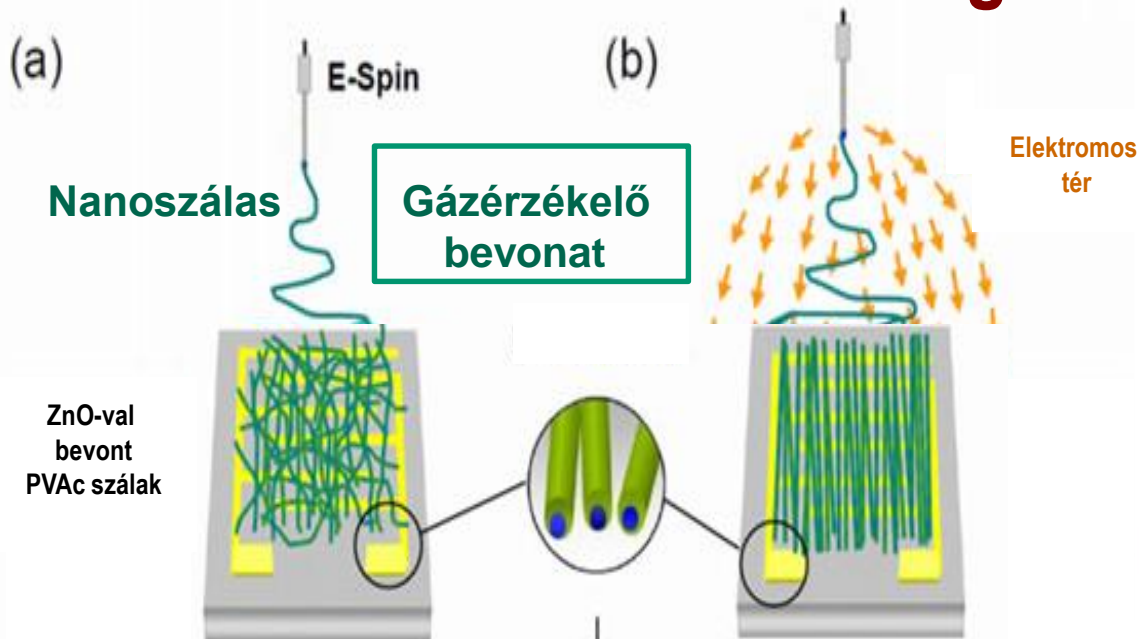
# Nanoszállal erősített csomagolóanyag biopolimerből



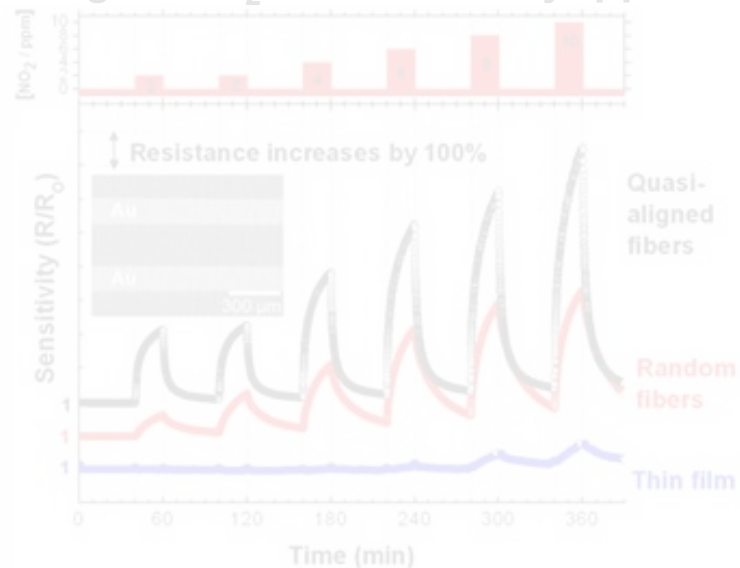
15kV X1,000 10µm 12 50 SEI



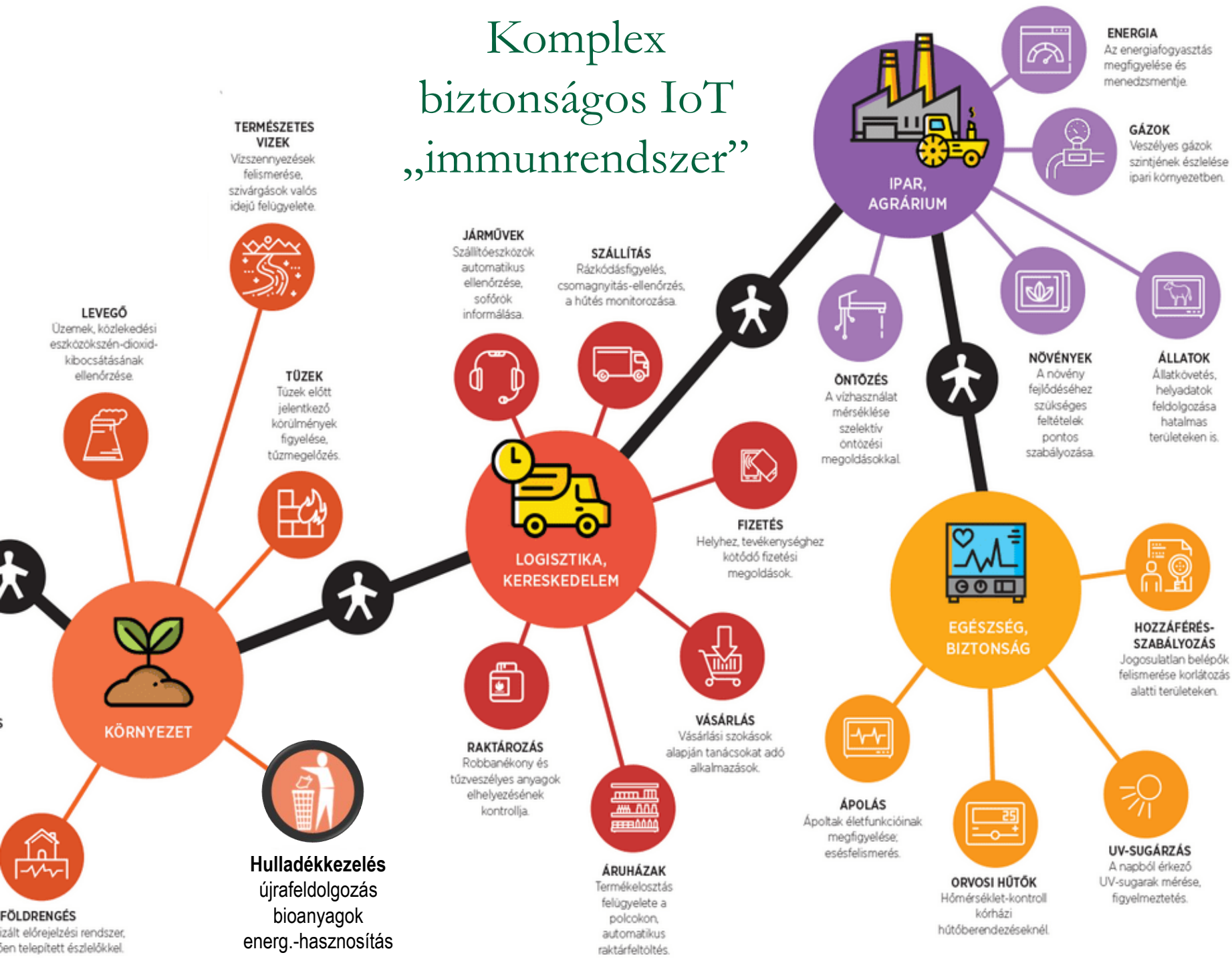
# Nanoszállal bevont intelligens csomagolóanyag



A légtér NO<sub>2</sub> koncentrációja ppm-ben



# Komplex biztonságos IoT „immunrendszer”



## TERMÉSZETES VIZEK

Vízszennyezések felismerése, szivárgások valós idejű felügyelete.



## LEVEGŐ

Üzemek, közlekedési eszközök szén-dioxid-kibocsátásának ellenőrzése.



## TÜZEK

Tüzek előtt jelentkező körülmények figyelése, tüzmelőzés.



## KÖRNYEZET

## FÖLDRENGÉS

Előrejelzési rendszer, érzékelőkkel.

Hulladékkezelés újrafeldolozás bioanyagok energ.-hasznosítás

## JÁRMŰVEK

Szállítóeszközök automatikus ellenőrzése, sofőrök informálása.



## SZÁLLÍTÁS

Rázkódásfigyelés, csomagnyitás-ellenőrzés, a hűtés monitorozása.



## LOGISZTIKA, KERESKEDELEM



## FIZETÉS

Helyhez, tevékenységhez kötődő fizetési megoldások.



## VÁSÁRLÁS

Vásárlási szokások alapján tanácsokat adó alkalmazások.



## ÁRUHÁZAK

Termékelosztás felügyelete a polcokon, automatikus raktárfeltöltés.



## IPAR, AGRÁRIUM



## ENERGIÁ

Az energiaszükséglet megfigyelése és menedzselése.



## GÁZOK

Veszélyes gázok szintjének észlelése ipari környezetben.



## NÖVÉNYEK

A növény fejlődéséhez szükséges feltételek pontos szabályozása.



## ÁLLATOK

Állatkezelés, helyadatok feldolgozása hatalmas területeken is.



## EGÉJSÉG, BIZTONSÁG



## HOZZÁFÉRÉS-SZABÁLYOZÁS

Jogosulatlan belépők felismerése korlátozott területeken.



## ÁPOLÁS

Ápoltek életfunkcióinak megfigyelése, esésfelismerés.



## ORVOSI HŰTŐK

Hőmérséklet-kontroll kórházi hűtőberendezéseknél.



## UV-SUGÁRZÁS

A napból érkező UV-sugarak mérése, figyelmeztetés.

**Boldog  
Húsvétot!**



**Köszönöm  
a  
figyelmet!**



# Komplex hulladékelemzési protokoll

## • Infravörös Spektrometria (FTIR):

- a **főkomponensek** azonosítása (KBr pasztillában)
- a szervesetlen **töltőanyagok** beazonosítása (KBr pasztillában)

## • Raman térképezés

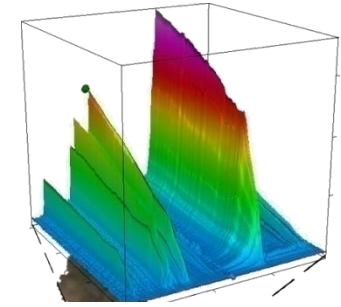
- a **minor komponensek felderítése**, a degradációs állapot meghatározása (6 x 6 cm hidegen préselve)

## • Termogravimetria (TG):

- a **töltőanyag-tartalom** meghatározása

## • Lézer Pirolízis – Infravörös Spektrometria (LP-FTIR):

- a **fekete szemcsék azonosítása** a polimerek hőbomlása során keletkező gázok alapján (10 mm átmérőjű, 5 mm vastag minta 200bar-on hidegen préselve)



**AZ ELVÁLASZTÁS  
ELŐKÉSZÍTÉSE**

## • Differenciális Pásztázó Kalorimetria (DSC):

- a frakciók **tisztaságának** és a várható **termikus viselkedése**

## • Reológia (MFI):

- az **olvadék jellemzése** információk a feldolgozáshoz

## • Pásztázó Elektronmikroszkópia (SEM) /opcionális/:

- a **szerkezet jellemzése**

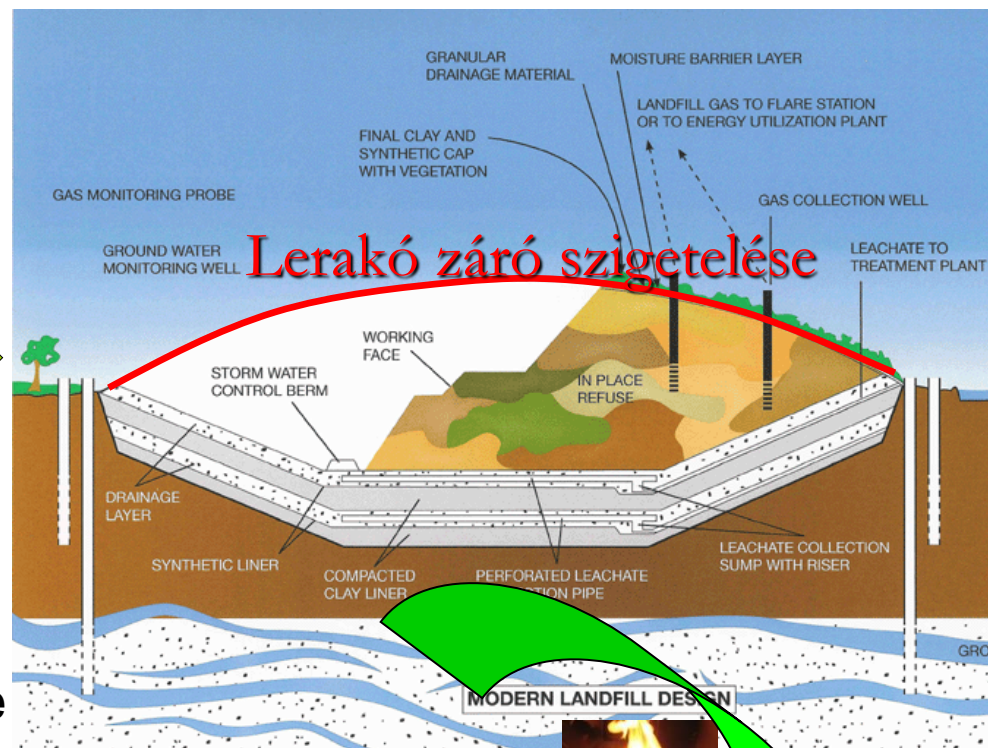
## • Mechanikai vizsgálatok:

- a **használati érték** meghatározása

**A FRAKCIÓK  
JELLEMZÉSE**

# Termékek csomagolási hulladékokból

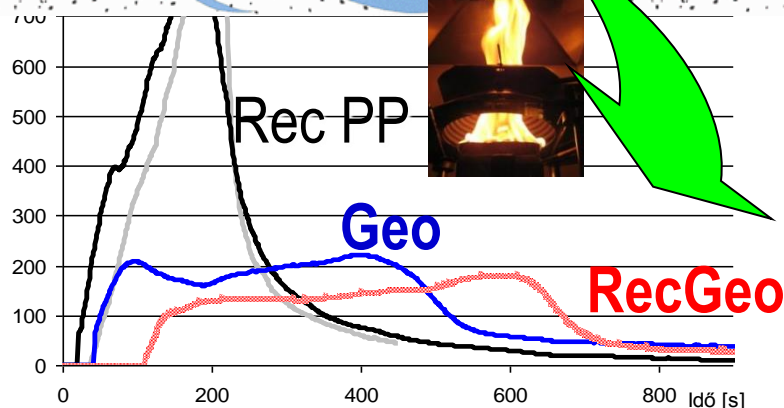
Ajánlott elválasztás	Kinyerés
$\rho < 0,92 \text{ g/cm}^3$	PP
$\rho = 0,92-0,94 \text{ g/cm}^3$	PP+PE
$\rho = 0,94-0,97 \text{ g/cm}^3$	PE
$\rho = 0,97-1 \text{ g/cm}^3$	Töltött PP
$\rho = 1-1,1 \text{ g/cm}^3$	PS/ABS
$\rho > 1,1 \text{ g/cm}^3$	Vegyes: gyanta+gumi



Égésátolt geomembrán kifejlesztése hulladéklerakók felső záró szigeteléséhez



w %	Geomembrán
PP / Rec PP	9,1
EVA	24,9
GMS	1
APP	25
Rec PUR	25
Rec gumi	15

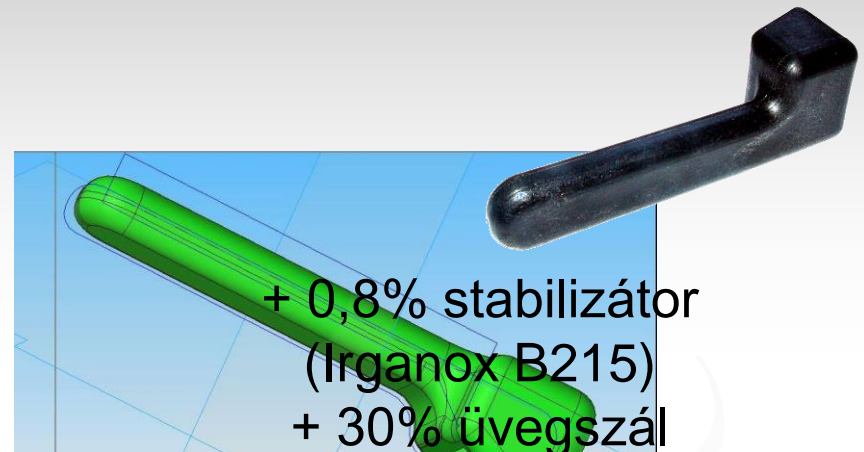


# Termékek csomagolási hulladékokból

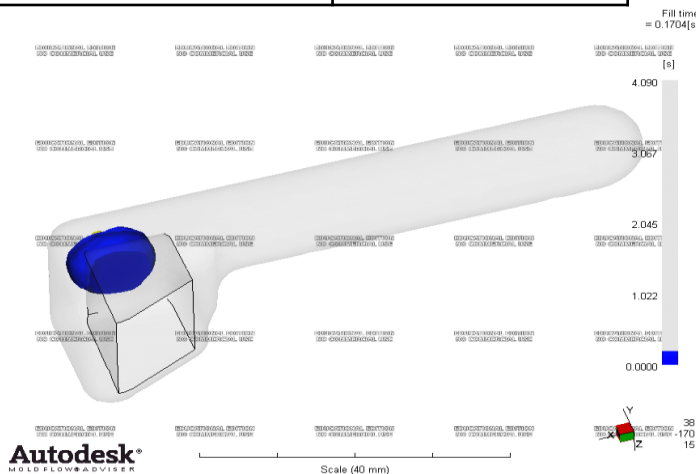
## Erősített belső ajtónyitó kar

Ajánlott elválasztás	Kinyerés
$\rho < 0,92 \text{ g/cm}^3$	PP
$\rho = 0,92-0,94 \text{ g/cm}^3$	PP+PE
$\rho = 0,94-0,97 \text{ g/cm}^3$	PE
$\rho = 0,97-1 \text{ g/cm}^3$	Töltött PP
$\rho = 1-1,1 \text{ g/cm}^3$	PS/ABS
$\rho > 1,1 \text{ g/cm}^3$	Vegyes: gyanta+gumi

vagy



Paraméterek	Egység	Alkalmazott anyagok		
		ABS	PE	Hulladék
Olvadék hőmérséklet	°C	240	225	230
Injektálási sebesség	cm <sup>3</sup> /s	35	50	50
Nyomás	bar	1100	1000	1400
Kapcsolási pont	cm <sup>3</sup>	15	20	15
Injektált térfogat	cm <sup>3</sup>	50	50	50
Utónyomási idő	s	20	20	20
Utónyomás	bar	750-500	600-500	950-850
Olvadék hőmérséklet	°C	40	30	30
Hűtési idő	s	45	45	45

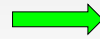




# Termékek csomagolási hulladékokból

## Tetőcserép, járólap

Ajánlott elválasztás	Kinyerés
$\rho < 0,92 \text{ g/cm}^3$	PP
$\rho = 0,92-0,94 \text{ g/cm}^3$	PP+PE
$\rho = 0,94-0,97 \text{ g/cm}^3$	PE
$\rho = 0,97-1 \text{ g/cm}^3$	Töltött PP
$\rho = 1-1,1 \text{ g/cm}^3$	PS/ABS
$\rho > 1,1 \text{ g/cm}^3$	Vegyes: gyanta+gumi



Az újrahasznosított műanyagokat festékekkel és 50-70% mosott folyami homokkal, vagy üvegdaralékkal extrúderben összekeverik, majd melegen préselik,

Homok Polimer Kft,