





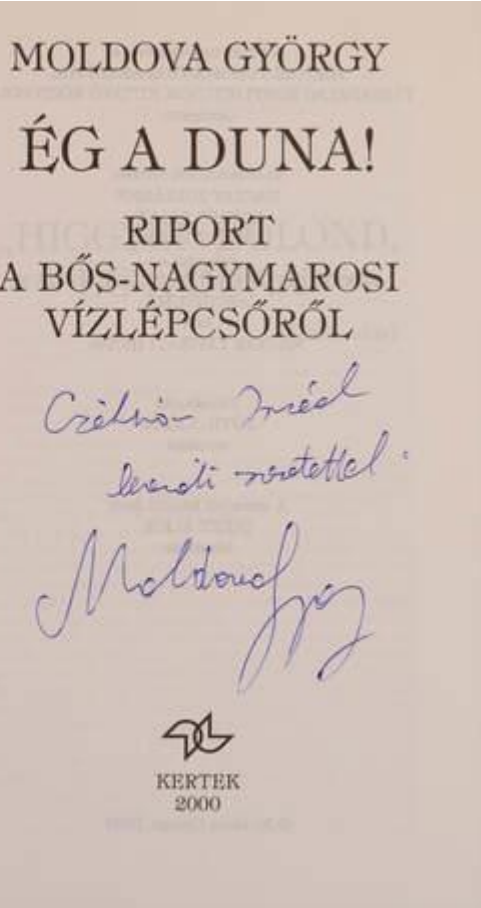


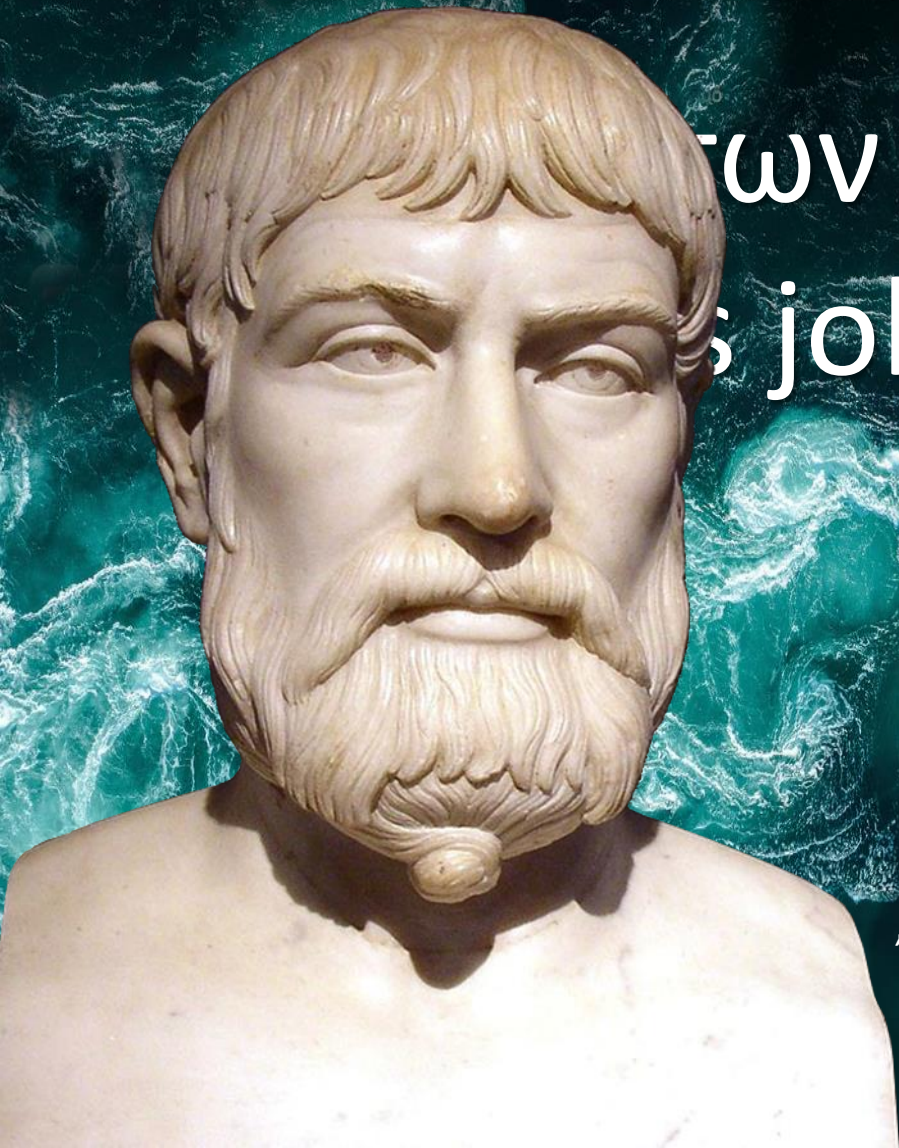


**Néhány, a felszín alatti vizek mikroszennyező kimutatásának és mennyiségi meghatározásának laboratóriumi gyakorlata (PFAS, szénhidrogén származékok, gyógyszermaradékok, glifozát, AMPA, 2-NMP)**

**Dr. Szigeti Tamás János**  
Stratégiai igazgató  
Bálint Analitika Kft.  
1116 Budapest, Kondorfa u. 6-8.

A Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) tud. segédmunkatársa (1956–1958), a Budapesti  
(Kö...  
196...  
Kör...  
(19...  
Főc...  
Nel...  
fog...  
mo...  
lett...  
víz...  
ne...  
viz...  
fel...  
kie...  
Köz...  
kár...  
között – az ENSZ keretei között a...  
azokkal való gazdálkodásra irányu...  
és fenntartható használatára irányu...






ἄριστων μὴν ὕδωρ:  
Nincs jobb a víznél

Ἀριστων μὴν ὕδωρ: Nincs jobb a víznél  
„A legjobb a víz s az arany mint éjszakában égő tűz,  
kicsillog a fejedelmi kincs közepéből...”

Pindarosz, I. Olümpiai óda  
(Kr. E. 522/518 Argosz – 442/438)

## Panta rhei (πάντα ῥεῖ)



Felszíni és felszín  
alatti vizekből ismételt  
méréseknél hasonló  
eredményt kapni?





- Kőolajszármazékok
- Vulkáni tevékenység
  - Toxikus fémek
- Radioaktív elemek
- Dioxin-származékok
  - Mérgező kationok
  - Mérgező anionok
- Kőzetekből kioldódó anyagok

# Antropogén szennyezőforrások

- Mezőgazdaság
- Ipari termelés
- Nagyvárosi életforma
- Gyógyszerfogyasztás
- Közlekedés
- Hulladékok termelődése





Nemzeti  
Közszolgálati  
Egyetem  
Vízudományi Kar

Szerkesztette  
Knisz Judit

## SZERVES MIKROSZENNYEZŐK A VIZEKBE



SZÉCHENYI 2020



Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

### 7. Mikroszennyezők jogi szabályozása (Vas László, Vadkerti Edit)

7.1. Jogszabályi hierarchia Magyarországon	156
7.2. A környezeti elemek védelmére vonatkozó jogszabályok	157
7.3. Nemzetközi környezet- és vízjog	159
7.4. Nemzetközi szabályozás	160
7.5. EU-s szabályozás	164
7.6. Magyar szabályozás	172
Bibliográfia	176

### 8. Szerves mikroszennyezők kimutatása a környezetből (Salamon Endre)

8.1. A mérési módszerek minősítéséről általában	181
8.2. Spektroszkópiai módszerek	183
8.3. Termóanalitikai módszerek	194
8.4. Elektrokémiai módszerek	194
8.5. Tömegspektrometria	196
8.6. Kromatográfiai módszerek	200
8.7. Minták előkészítése	210
Bibliográfia	214

### 9. A szerves mikroszennyező csoportok részletes bemutatása (Knisz Judit, Vadkerti Edit, Mátrai Ildikó, Goda Zoltán)

9.1. Gyógyszermaradványok	217
9.2. Illegális pszichoaktív szerek	225
9.3. Kozmetikai és testápoló szerek	229
9.4. Rezisztenciagének	235
9.5. Pesticidok	244
9.6. Életviteli termékek, élelmiszer-adalékanyagok	264
9.7. Felületaktív anyagok	271
9.8. Szerves fertőtlenítési melléktermékek	281
9.9. Égési melléktermékek	289
9.10. Egyéb ipari kemikáliák	301
9.11. Toxinok	332
9.12. Fémorganikus vegyületek	335
9.13. Mikro- és nanoműanyagok mint új szennyezők	340
Bibliográfia	351

# Rachel Carson: Silent Spring – Néma tavasz (1962)



Silent Spring

© 1962 by Rachel L. Carson  
All rights reserved

Makovecz Benjamin

Makovecz Benjamin

javított kiadás

első kiadás 1994-ben  
Katalizátor Iroda Kiadónál  
sorozatban jelent meg.

ISBN 963 86396 4 4

Katalizátor Könyvkiadó, Páty, 2007  
Felelős kiadó: Moldován László  
Hungarian translation © by Makovecz Benjamin, 1994, 2007  
Nyomdai előkészítés: Halmos Mária és Halmos Zsuzsa

## Tartalom

Előszó .....	7
Köszönetnyilvánítás .....	19
1. Mese a jövőből .....	21
2. A fennmaradás kötelessége .....	23
3. A halál elixírjei .....	31
4. Látható és láthatatlan tengerek .....	50
5. A talaj birodalma .....	61
6. A bolygó zöld ruhája .....	69
7. Szükségtelen rombolás .....	86
8. És a madarak nem énekelnek .....	99
9. A halál folyói .....	120
10. Hullik mindenre és mindenkire .....	139
11. A Borgiák álmai .....	154
12. Az emberáldozatok .....	164
13. Keskeny résen át .....	174
14. Minden negyedik .....	188
15. A védekező természet .....	209
16. A közelgő robaj .....	223
17. A másik út .....	234
Glosszárium .....	251
Utószó .....	253
Háttérzajok jó hallásúaknak .....	260
Tárgymutató .....	268

Rachel Carson  
tengerbiológus, ökológus  
1907.05.25. – 1964.04.14.



Prof. Dr. Darvas Béla utószava a 2007-ben kiadott könyvhöz:

„1987-ben adta ki az Amerikai Kémiai Szövetség (American Chemical Society) a *Silent Spring Revisited* c. könyvet, amelyben azt olvashatjuk, hogy Carson állításainak jó része beigazolódott, s csak kevés maradt megerősítés nélkül...  
... az elsőgenerációs géntechnológiával módosított növényeknek – velük a vízszennyező és hormonmoduláns glyphosate hatóanyag kiterjedt használatának – nem jósolok tartós dicsőséget, ha marad még független kutató és civil kurázsi.”

**ξένος = Xenos = idegen**



# Milyen vízszennyezőkkel kell számolnunk?



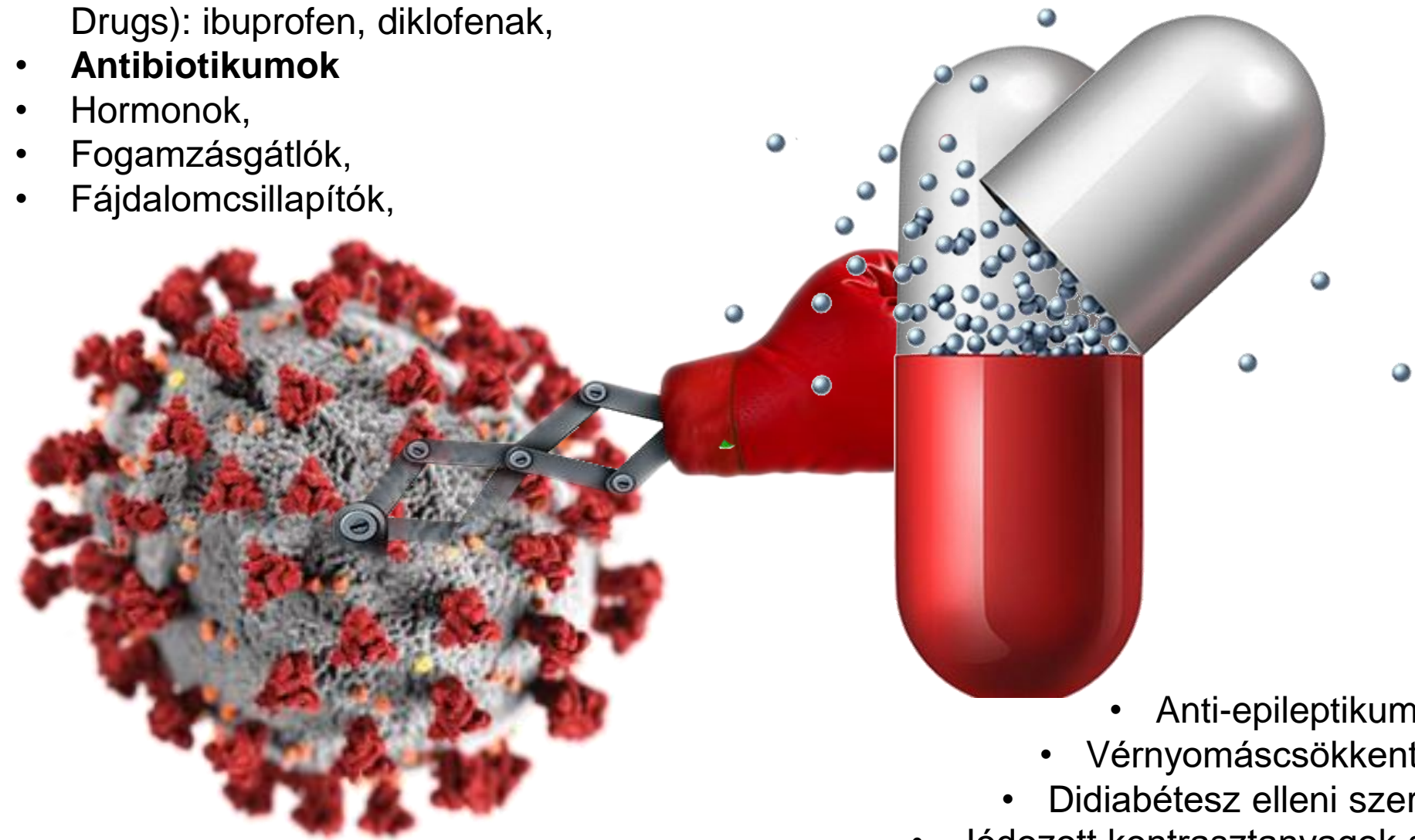
## „Aggodalomra okot adó anyagok” (Contaminants of Emerging Concern – CEC)

- Antropogén anyagok,
- Cianidok,
- Felületaktív anyagok,
- Fenolok,
- Foto-stabilizátorok
- Gyógyszer- és kozmetikai termékek maradványai (**vény nélküli** gyógyszerek...),
- Hormonok,
- Klórozott szerves vegyületek,
- Kőolaj és származékai,
- Mesterséges nano-anyagok,
- Nehézfémek,
- Növényvédő szerek maradványai és azok bomlástermékei,
- Nukleinsavak (gyógyszerekből)
- Perfluorozott vegyületek (PFOA, PFAS, stb.),
- Policiklusos aromás szénhidrogének (PAH-ok),
- Szerves elektrolit-komponensek, pl. 2-N-metil-pirrolidon (NMP),
- Vírusok (SarsCov2 → **S**evere **a**cute respiratory **s**yndrome coronavirus 2, COVID);

## „Aggodalomra okot adó anyagok” (Contaminants of Emerging Concern – CEC)

- **Antropogén anyagok,**
- Cianidok,
- Felületaktív anyagok,
- Fenolok,
- Foto-stabilizátorok
- **Gyógyszer-** és kozmetikai termékek maradványai (vény nélküli gyógyszerek...),
- Hormonok,
- Klórozott szerves vegyületek,
- Kőolaj és származékai,
- Mesterséges nano-anyagok,
- **Nehézfémek,**
- Növényvédő szerek maradványai és azok bomlástermékei,
- Nukleinsavak (gyógyszerekből)
- **Perfluorozott vegyületek** (PFOA, PFAS, stb.),
- Policiklusos aromás szénhidrogének (PAH-ok),
- **Szerves elektrolit-komponensek**, pl. 2-N-metil-pirrolidon (NMP),
- Vírusok (SarsCov2 → **Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, COVID**);

- **Nem-szteroid gyulladáscsökkentők** (NSAID: Non-Steroid Anti-Inflammatory Drugs): ibuprofen, diklofenak,
- **Antibiotikumok**
- Hormonok,
- Fogamzásgátlók,
- Fájdalomcsillapítók,



- Anti-epileptikumok,
- Vérnyomáscsökkentők,
- Didiabétesz elleni szerek,
- Jódozott kontrasztanyagok stb.

- Globális adat 2021-ből:
  - **1,1 millió** közvetlen hatás miatt
  - **4,1 millió** közvetett hatás miatt
- Európai adat:
  - **133 ezer** közvetlen hatás miatt,
  - **541 ezer** közvetett hatás miatt
- Magyarországi adat 2019-ből:
  - **1.600** közvetlen hatás miatt,
  - **6.500** közvetett hatás miatt

# Temperature-driven and discharge-driven variability of organic micropollutants in a large urban river and its implications for risk-based monitoring

Norbert Erdélyi, Dóra Gere, Attila Engloner, Márta Vargha

PMID: 38986789 DOI: 10.1016/j.chemosphere.2024.142803

2024 Sep:363:142803. doi: 10.1016/j.chemosphere.2024.142803. Epub 2024 Jul 8.

Két héten keresztül összesen **336 mintában** a **medián értékek 1 – 26 ng/L** közé estek, de számos szennyező koncentrációja megközelítette a **100 ng/L értéket**

2019-ben a **felszíni vizek mintáinak 75%-a tartalmazott glifozátot**, vagy AMPA-t

# Mennyire toxikusak a vizekben található mikroszennyezők?



# Cramer-osztályozás (33 kérdés: I., II. és III osztályú vegyületek)

Direkt osztályozás

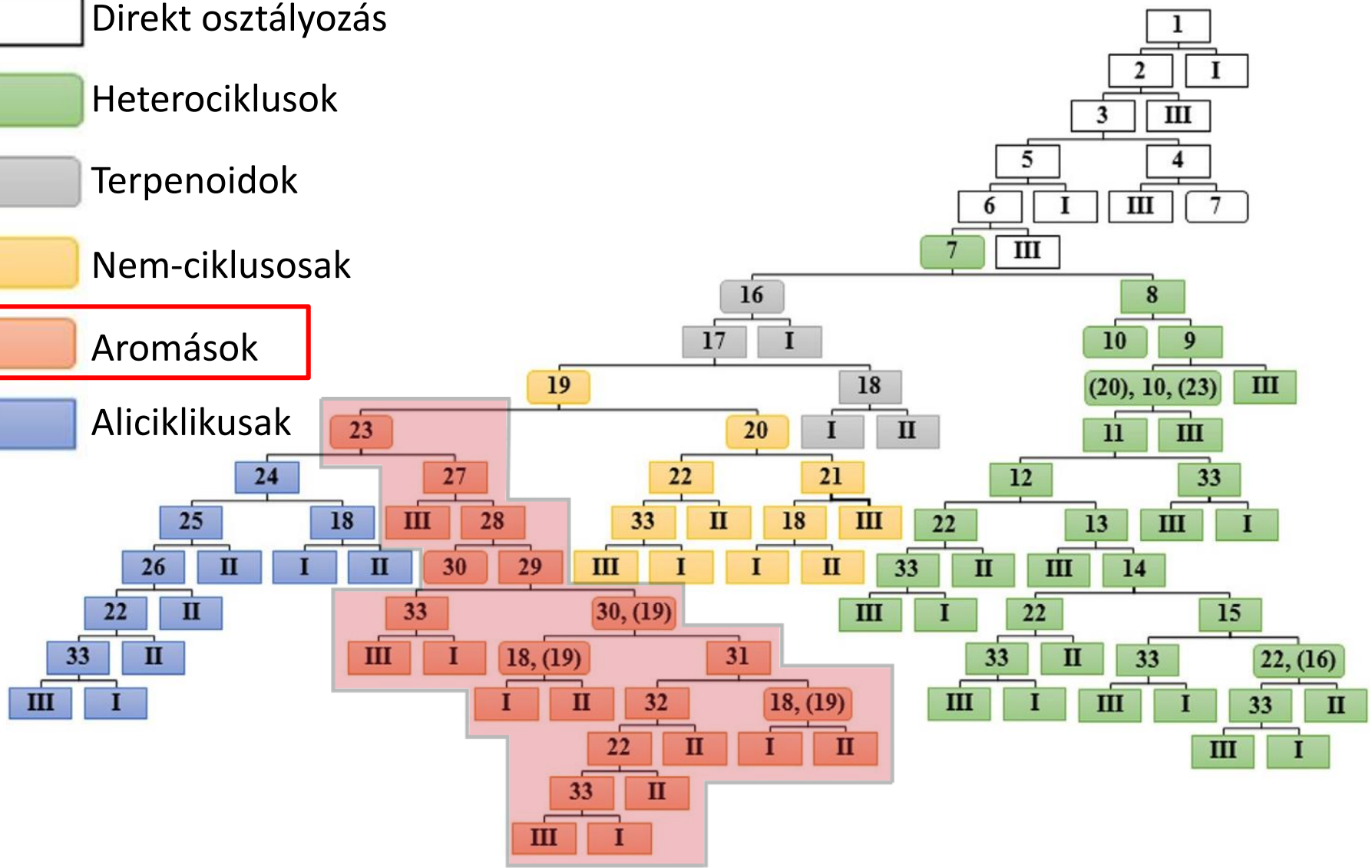
Heterociklusok

Terpenoidok

Nem-ciklusosak

Aromások

Aliciklikusak



A Threshold of Toxicological Concern, TTC (aggályos toxikológiai küszöbérték) egy kockázatkezelési elv. Olyan vegyi anyagok emberi egészségre gyakorolt hatásának előzetes becslésére szolgál, amelyekről kevés vagy semmilyen toxikológiai adat nem áll a tudomány rendelkezésére, de az expozíciós szintjük ismert. **Az elv lényege az, hogy meghatározható egy olyan minimális beviteli szint (küszöbérték), amely alatt az anyag valószínűleg nem jelent jelentős kockázatot az egészségre**, függetlenül annak pontos toxicitási profiljától. A módszer alapja a **Cramer-féle szerkezeti osztályozás** és az anyag egyéb kritikus jellemzői (pl. genotoxicitás). Az EFSA és a WHO által alkalmazott döntési fa alapján az alábbi határértékeket határozták meg

## EVENT REPORT



World Health  
Organization



APPROVED: 16 February 2016

PUBLISHED: 10 March 2016

## Review of the Threshold of Toxicological Concern (TTC) approach and development of new TTC decision tree

European Food Safety Authority and World Health Organization

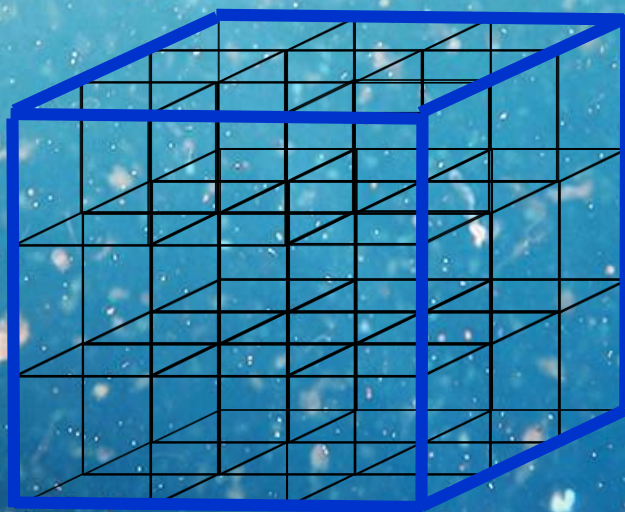
### Abstract

In light of improving analytical methods, it can be expected that many more unintended chemicals will be detected in our environment, including food and drinking water, and in our bodies. The TTC approach is a screening and prioritization tool for the safety assessment of chemicals when hazard data are incomplete and human exposure can be estimated. TTC is not applicable when compound-specific assessment and toxicity data are available or are required under existing regulations. EFSA and WHO embarked in this project to review the current TTC approach and propose some modifications, building on previous activities and recommendations. An expert workshop was implemented, informed through a public call for data and an open stakeholder meeting. The experts concluded that the TTC approach is based on scientific risk assessment principles and fit for purpose as a screening tool, to assess low dose chemical exposures and to identify those for which further data are necessary to assess the human health risk. The expert group made recommendations to improve and expand the TTC concept, and proposed a tiered approach (revised decision tree), considering the current state-of-the-science and available toxicological databases. The proposed TTC for genotoxic compounds of 0.0025 µg/kg bw/day, based on linear extrapolation for known genotoxic carcinogens, is sufficiently protective. Exceptions are high potency carcinogens, i.e. aflatoxin-like, azoxy- or N-nitroso-compounds and benzidines, which are excluded from the current TTC approach. Carcinogens that are not DNA reactive are adequately covered by the other TTC tiers. For some categories of substances, as inorganic chemicals, metals, organometallics, proteins, steroids, organo-silicon compounds, TTC is not applicable. A number of recommendations were given to further strengthen the TTC approach, including the need for a permanent repository for data supporting TTC and the Cramer scheme, based on merging of existing databases and establishment of clear inclusion criteria for studies.

© European Food Safety Authority, 2016.

# Mikroműanyagok (mg/m<sup>3</sup>, vagy db/m<sup>3</sup>?)

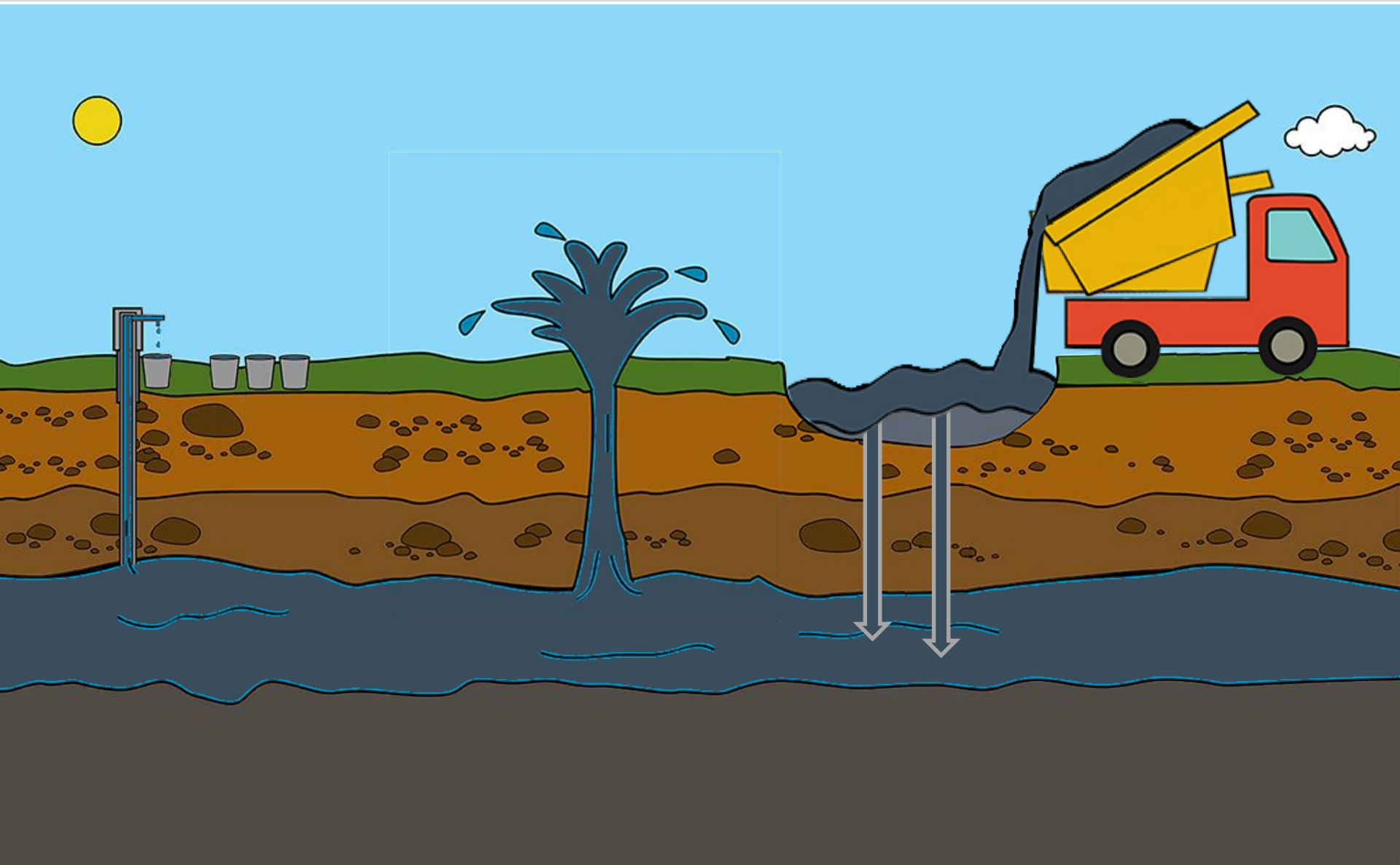




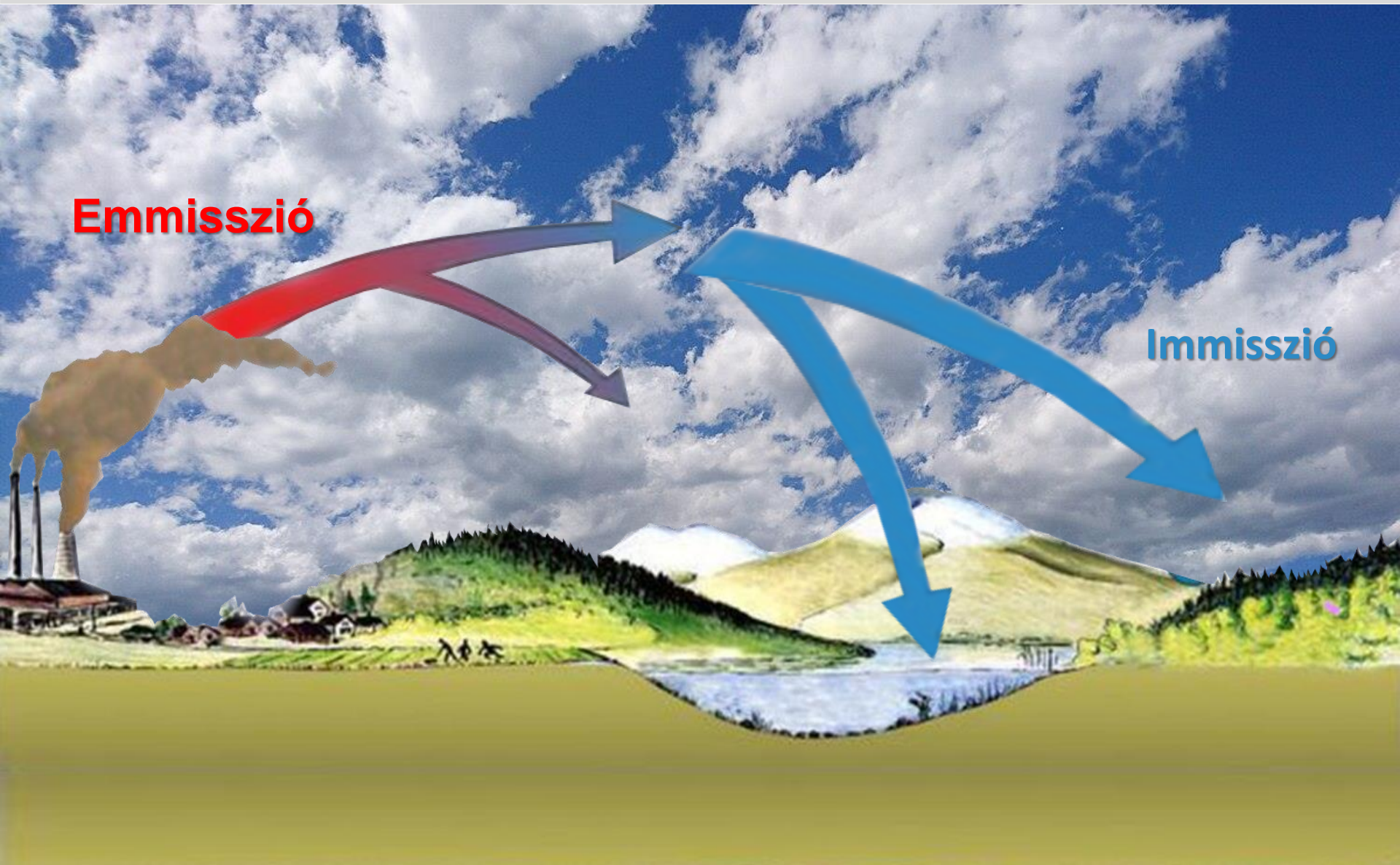
3x3x3 mm kockát feldarabolva

54 mm<sup>2</sup> → 162 mm<sup>2</sup>

A felület növekedése által exponenciálisan növekszik a kioldódás intenzitása



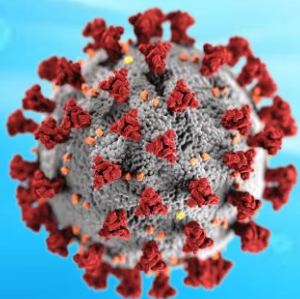
# Az antropogén szennyezés a levegővel is terjed



Budapesten kb. 212  
millió  $m^3$  tisztított  
szennyvíz keletkezik  
évente (KSH)



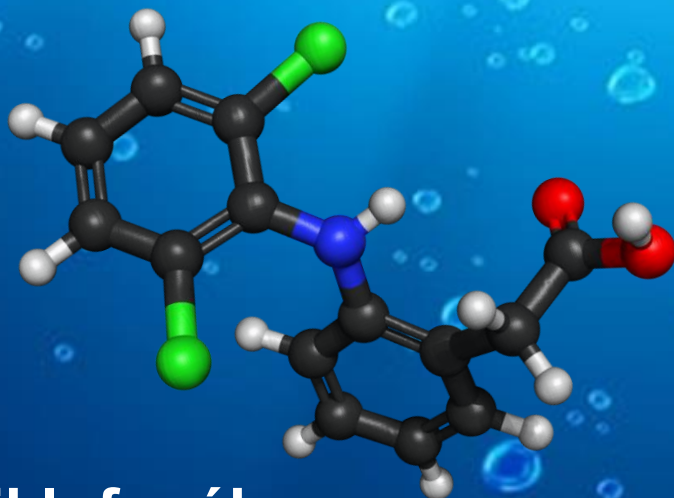




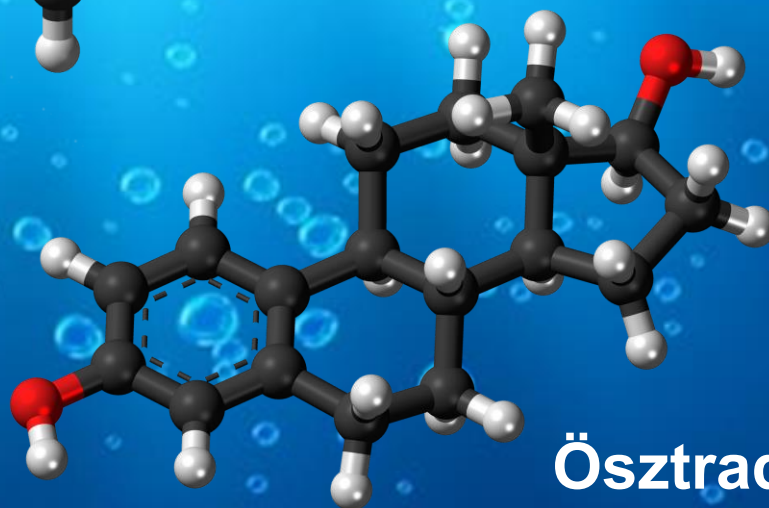
**SARS-CoV-2**



**Acetil-szalicilsav**



**Diklofenák**



**Ösztradiol**



2024/3019

2024.12.12.

AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS (EU) 2024/3019 IRÁNYELVE

(2024. november 27.)

a települési szennyvíz kezeléséről

(átdolgozás)

(EGT-vonatkozású szöveg)

## 17. cikk A települési szennyvízzel kapcsolatos felügyelet

(1) Koordinációra szolgáló nemzeti rendszert: a befolyóknál ellenőrizni kell a közegészségügyi jelentőségű paramétereket:

- SARS-CoV-2 vírus és annak variánsait;
- Poliovírust (járványos gyermekbénulás vírusa);
- Influenzavírust;
- Újonnan megjelenő kórokozókat;
- **Minden egyéb olyan közegészségügyi paraméter**, amelyet az illetékes hatóságok a monitoring szempontjából relevánsnak tartanak;

## Melléklet C-rész

### Monitoring:

A tagállamok biztosítják, hogy olyan monitoring-módszer kerüljön alkalmazásra, amely megfelel a 2–5. pontban foglalt követelményeknek. Adott esetben minden elemzési módszernek a **2009/90/EK** irányelvben és más vonatkozó szabályokban meghatározottakkal azonos minimális teljesítménykritériumoknak kell megfelelnie.

Vízhozammal arányos, vagy 24 órás mintavételek + **mikroszennyezők esetében 48 órás mintavételek**

- 1.000 – 9.999 LE: Havonta egy minta
- 10.000 – 49.999 LE: Havonta 2 minta, mikro-szennyezőkre havonta 1 minta
- 50.000 – 149.999 LE: Hetente 1 minta, mikro-szennyezőkre havonta 2 minta
- >150.000 LE: Hetente 2 minta, mikro-szennyezőkre havonta 2 minta

# EU jogi szabályozás 2024/3019 irányelv – 80%-ban eltávolítandók

Működés 2. táblázat: alacsony koncentrációjú szennyezők 80%-os eltávolítása

1. k

**Co-irda**

50mg / 12,5mg Film Tablet

Irbesartan / Hidroklorotiazid

28 Film Tab

önny

STADA® 100 mg

**Amisulprid-ratiopharm®**  
200 mg tableta

Hatóanyag: amisulprid

ratiopharm

2. k

**epin® 200** mg tablet

erbamazepin

30 polaritás kezelésére

A gyógyszermaradékok jelentős része antidepresszáns...

**Citalopram**

10 mg

Film-coated tablets

5

**omilid® Uno 500**

retard filmtabletta

klaritromicin

**Venlafaxin Sandoz® 75 mg**

Antidepressivum

6. H

7. M

35

kkentő, szívritmus

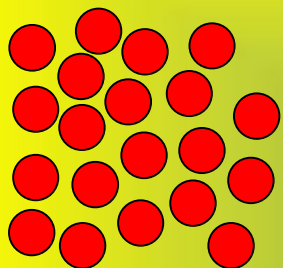
8. Venlafaxin (Cas-szám 9341) antidepresszió, mentális zavarok ellen

Melléklet C-rész, 3. táblázat (alacsony koncentrációjú szennyezők 80%-os eltávolítása)

## 2. kategória (könnyen kimosható)

1. 1. kategória (cas...)





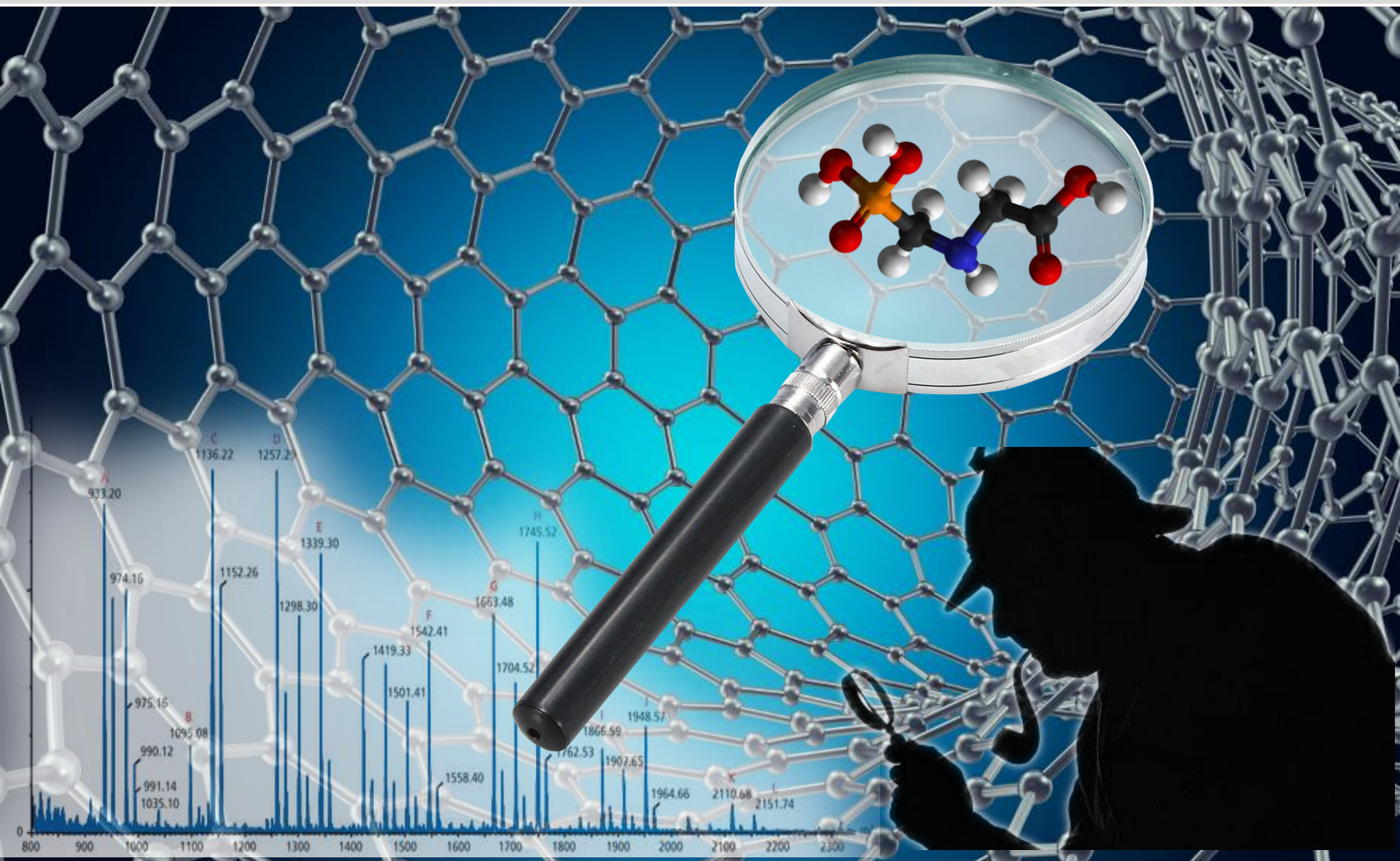
Diffúzió (Fick-törvények), koncentráció-gradiens, entrópia



# Felszín alatti vizek nem reprezentatív vizsgálata

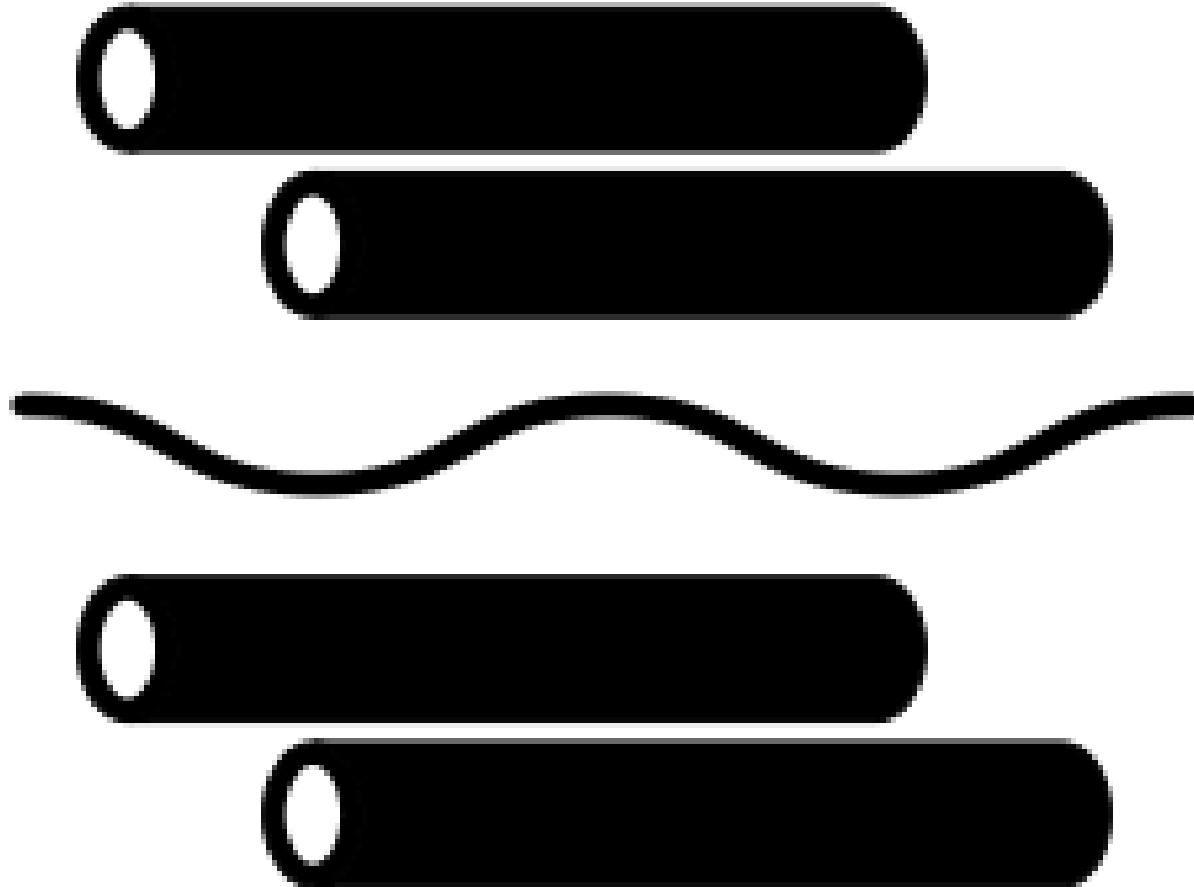


# Az analitikai zsargonban „Non target analysis” felszíni vizek esetén...



# A vizsgálatok elvégzéséhez alkalmazható analitikai módszerek előírásai





## 1. melléklet a 14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelethez

Szűrővizsgálat során a **felszín alatti vízmintából** vizsgálandó szennyező anyagok, tulajdonságok

### 1. Szervetlen szennyezők

1	S	<h1>Fémek, fémfémek vizsgálata: ICP-OES, ICP-MS, AAS-ETA, AAS-hidrid</h1>		szeszer
2				
3				
4				86
5				O 9297:2003
6				-12:1982, MSZ EN
7		nitrát	fotometria vagy ionkromatográfia	MSZ EN ISO 10304-1:1998, MSZ 448-12:1982, MSZ EN ISO 13395:1999
8		szulfát	fotometria vagy ionkromatográfia	MSZ EN ISO 10304-1:1998, MSZ 448-13:1983
9		foszfát	fotometria vagy ionkromatográfia	MSZ EN ISO 10304-1:1998, MSZ 448-18:1977, MSZ EN ISO 6878:2004
10		ammónium-ion	fotometria	MSZ EN ISO 11732:1999, MSZ ISO 7150-1:1992
11		króm, kobalt, nikkel, réz, cink, molibdén, szelén, kadmium, ón, bárium, ólom, ezüst (kivéve: krómVI)	ICP-MS vagy ICP-OES vagy AAS vagy AAS-ETA vagy GF-AAS	MSZ 1484-3:1998, ISO 17294-1:2004, MSZ EN ISO 17294-2:2005, EPA-6010, EPA-6020, MSZ EN ISO 11885:2000
12		arzén	ICP-MS vagy hidrid-AAS vagy ICP-OES	MSZ 1484-3:1998, MSZ EN ISO 11969:1998, ISO 17294-1:2004, MSZ EN ISO 17294-2:2005, EPA-6010, EPA-6020
13		higany	ICP-MS vagy hideggőzős AAS vagy hidrid-AAS vagy ICP-OES	ISO 17294-1:2004, MSZ EN ISO 17294-2:2005, EPA-6010, EPA-6020, MSZ 1484-3:1998

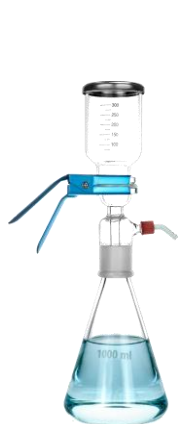
## 1. melléklet a 14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelethez

Szűrővizsgálat során a **felszín alatti vízmintából** vizsgálandó szennyező anyagok, tulajdonságok

### 2. Szerves szennyezők

A		D		
		Javasolt vizsgálati szabvány, mérési módszer		
2	Illékony szerves vegyületek	<div style="border: 2px solid blue; padding: 10px;"> <p><b>GC-FID, GC-ECD, GC-MS, GC-MS/MS, GC-NDP, GC-MS-SIR</b></p> </div>		MSZ 1484-4:1998, MSZ 1484-5:1998, EPA 8260
3				
4				
5				
6				
7				
8	fenolok			
9	polciklikus aromás szénhidrogének (kivéve: benz-a-pirén)			
10	klórozott aromás szénhidrogének (tetra, penta, hexa)			
11	klórfenolok			
12	gázkromatográfias módszerrel mérhető növényvédő szerek			

# A vízminták vizsgálata elválasztástechnikai eszközökkel



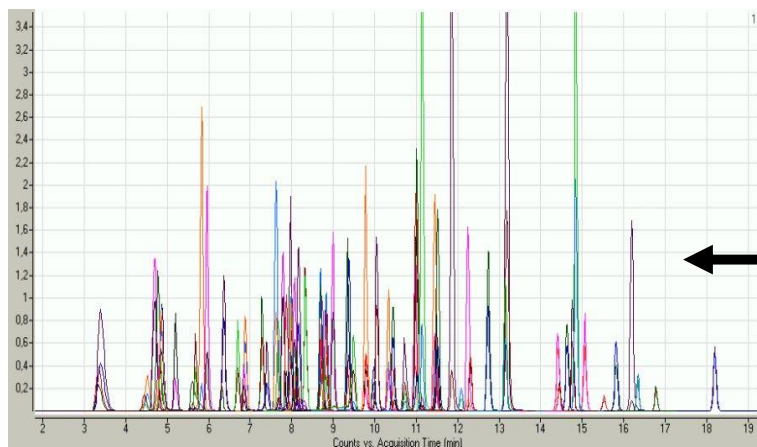
A minta szűrése



Koncentrálás



Oldószercsere



Kromatogram kiértékelése



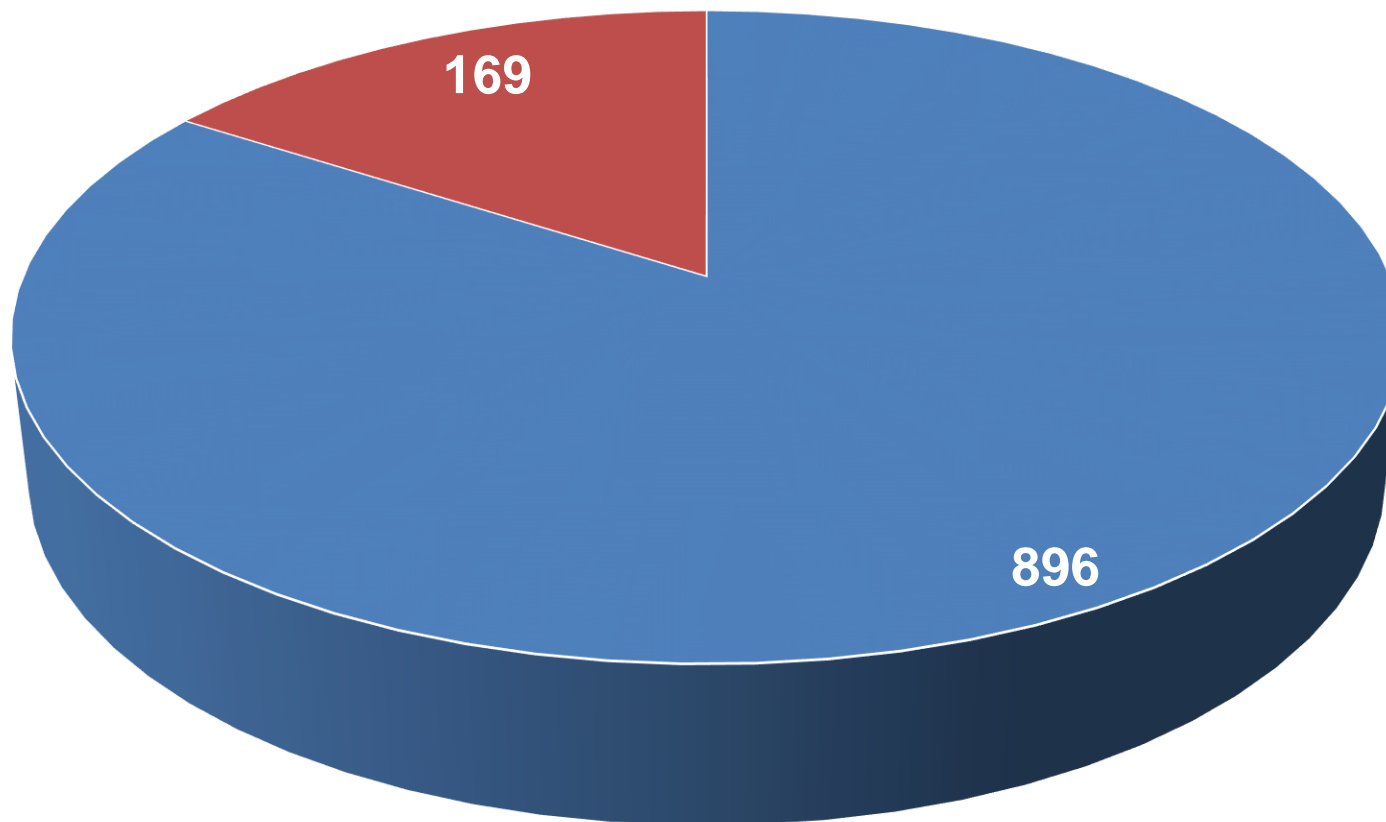
GC, vagy LC elválasztás, MS/MS detektálás



## Toxikus fémek, szerves szennyezők

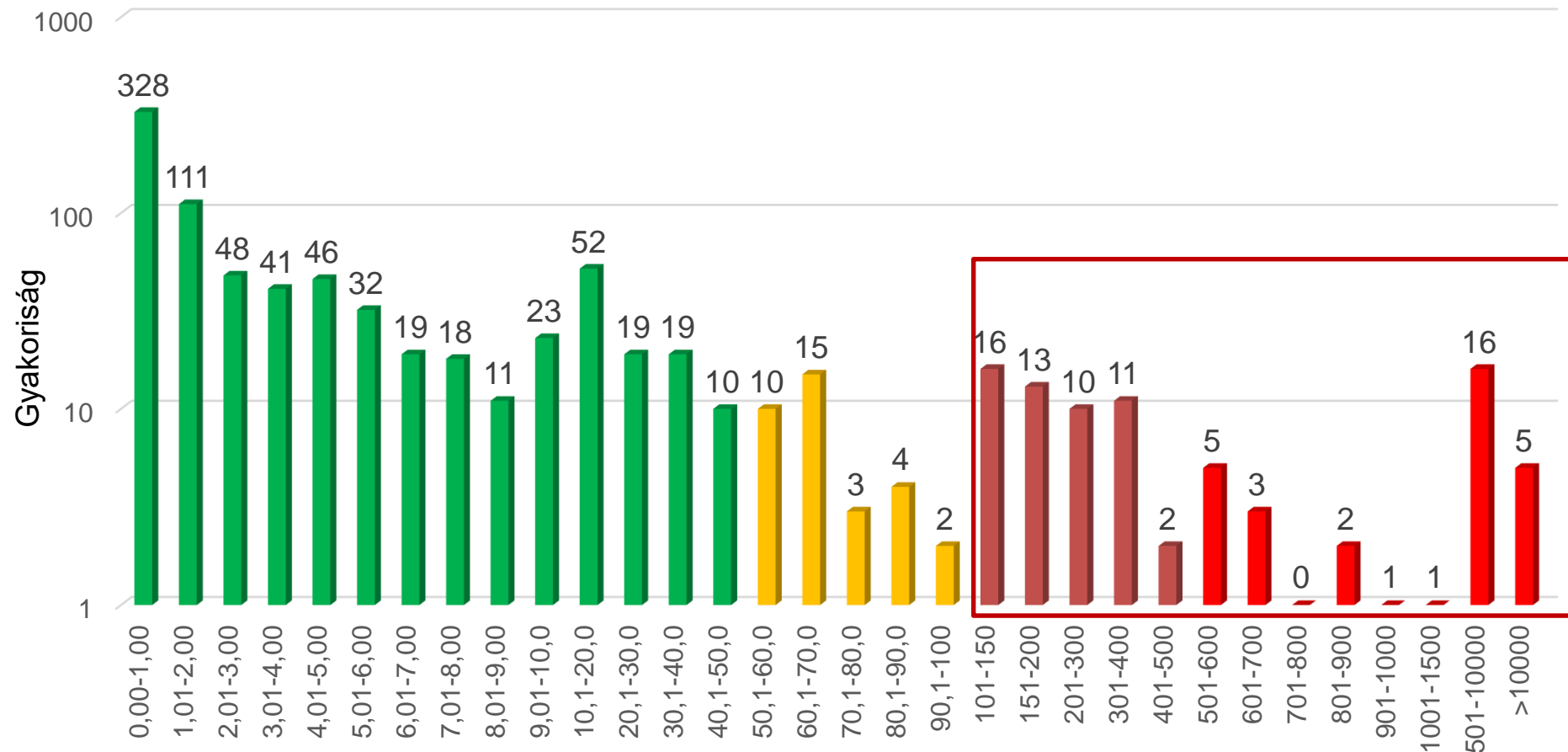


1065 pozitív (>LOQ) FAV-eredményből 896 vizsgálati eredményre vonatkoztak jogszabályi határértékek (84%)



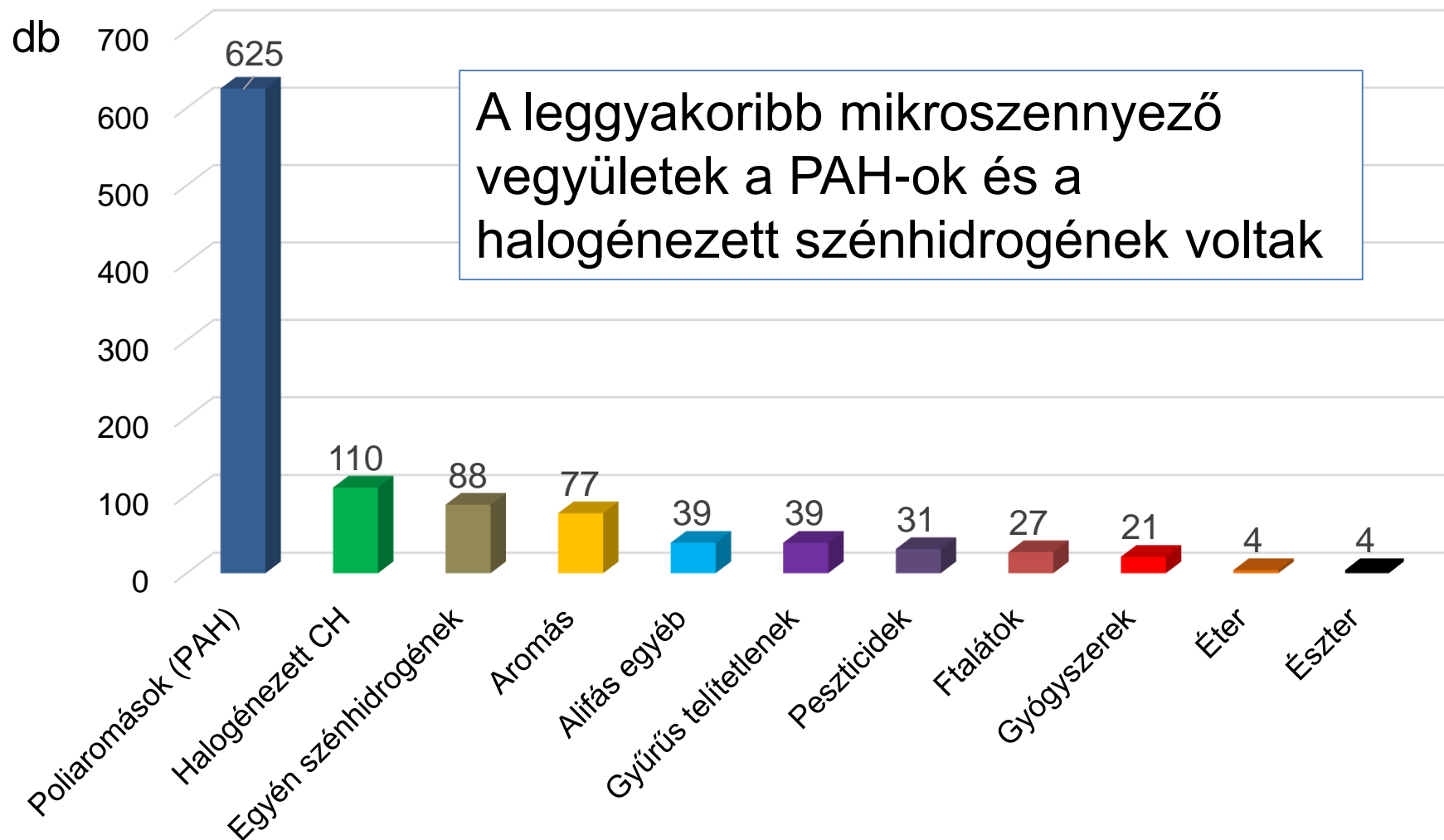
# Néhány (65 db), FAV vízminta mérési eredményének összegzése (2025)

Határértékekhez viszonyított %-os koncentráció-tartományokhoz tartozó elemi eredmények számai (összesen 896 FAV eredményből számolva) **logaritmikus Y-skálán**



Az egyes, határértékkal rendelkező, LOQ feletti vegyületek a határértékhez viszonyított %-os mennyisége

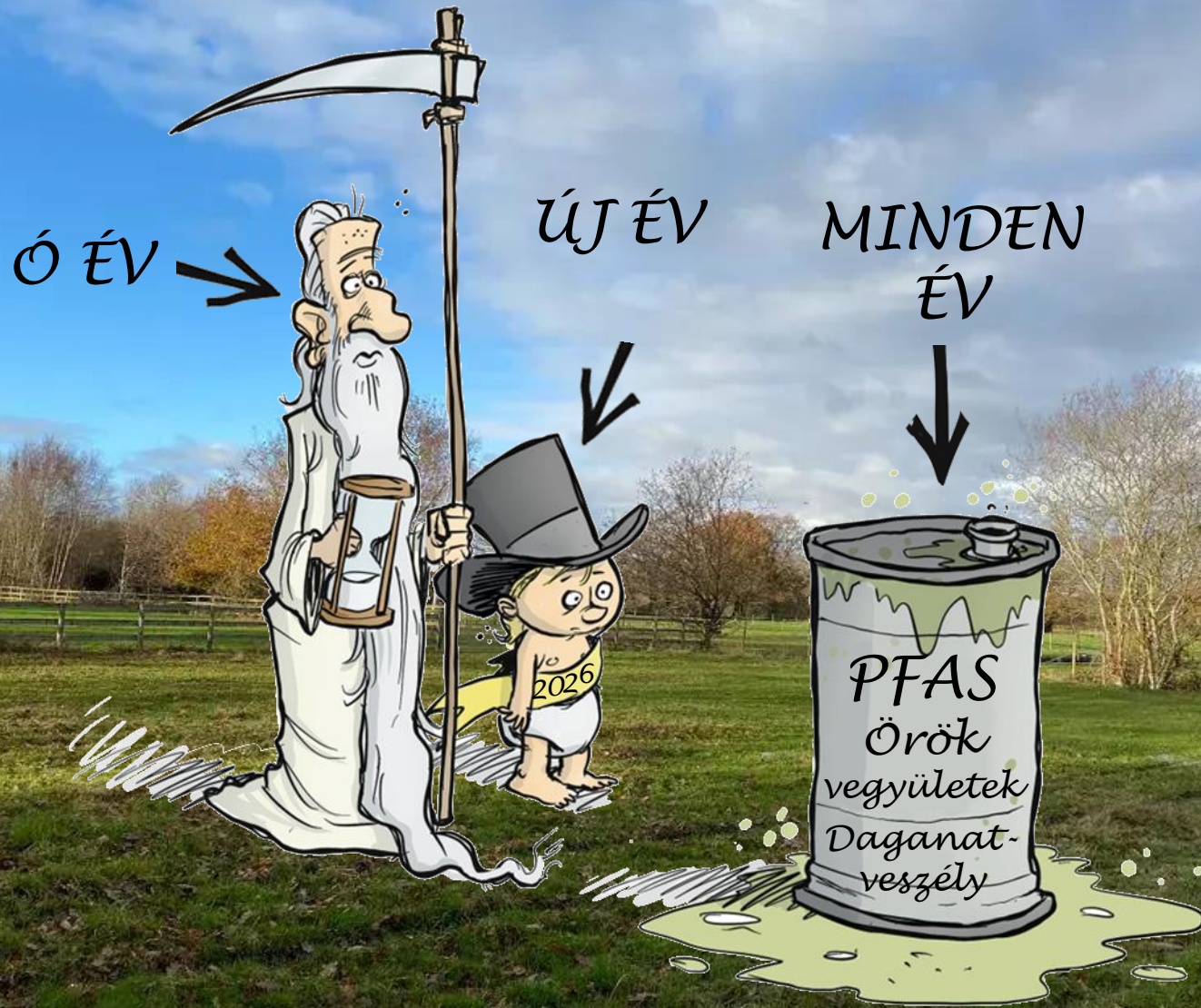
# FAV pozitív vizsgálati eredmények db-száma vegyülettípusok szerint

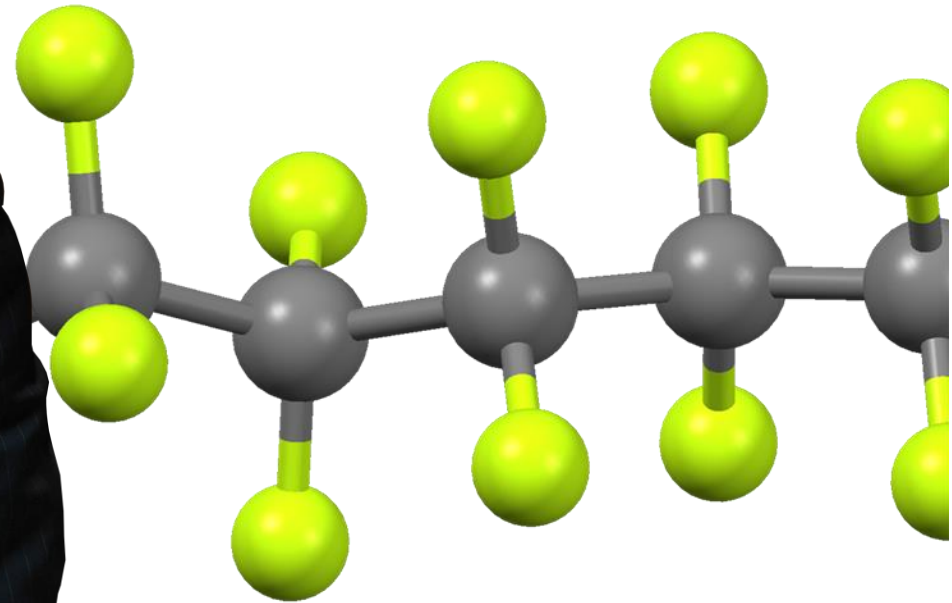


# A Bálint Analitika laboratóriumaiban vizsgált gyógyszer-maradékok

Gyógyszerek	Gyógyszerek	Hormonok
(1H)-benzotriazol	Ketoprofen	17 $\mu$ -etinilösztadiol
Acetaminofen	Klaritromicin	17 $\beta$ -ösztadiol
Ampicillin	Kodein	Androszténdion
Atorvasztatin	Koffein	Ösztron
Azitromicin	Levofloxacin	
Biszoprolol	Metformin	
Ciprofloxacín	Metoprolol	
Citalopram	Morfin	
Dezloratadin	Nitroglicerin	
Diklofenák	Nifedipin	
Doxiciklin	Nitroglicerin	
Eritromicin	Nifedipin	
Famotidin	Nifedipin	
Heszperidin	Nifedipin	
Hidroklorotiazid	Nifedipin	
Ibuprofen	Nifedipin	
Irbezartán	Nifedipin	
Kandezartán	Nifedipin	
Karbamazepin	Nifedipin	
Karvedilol	Trimetoprim	

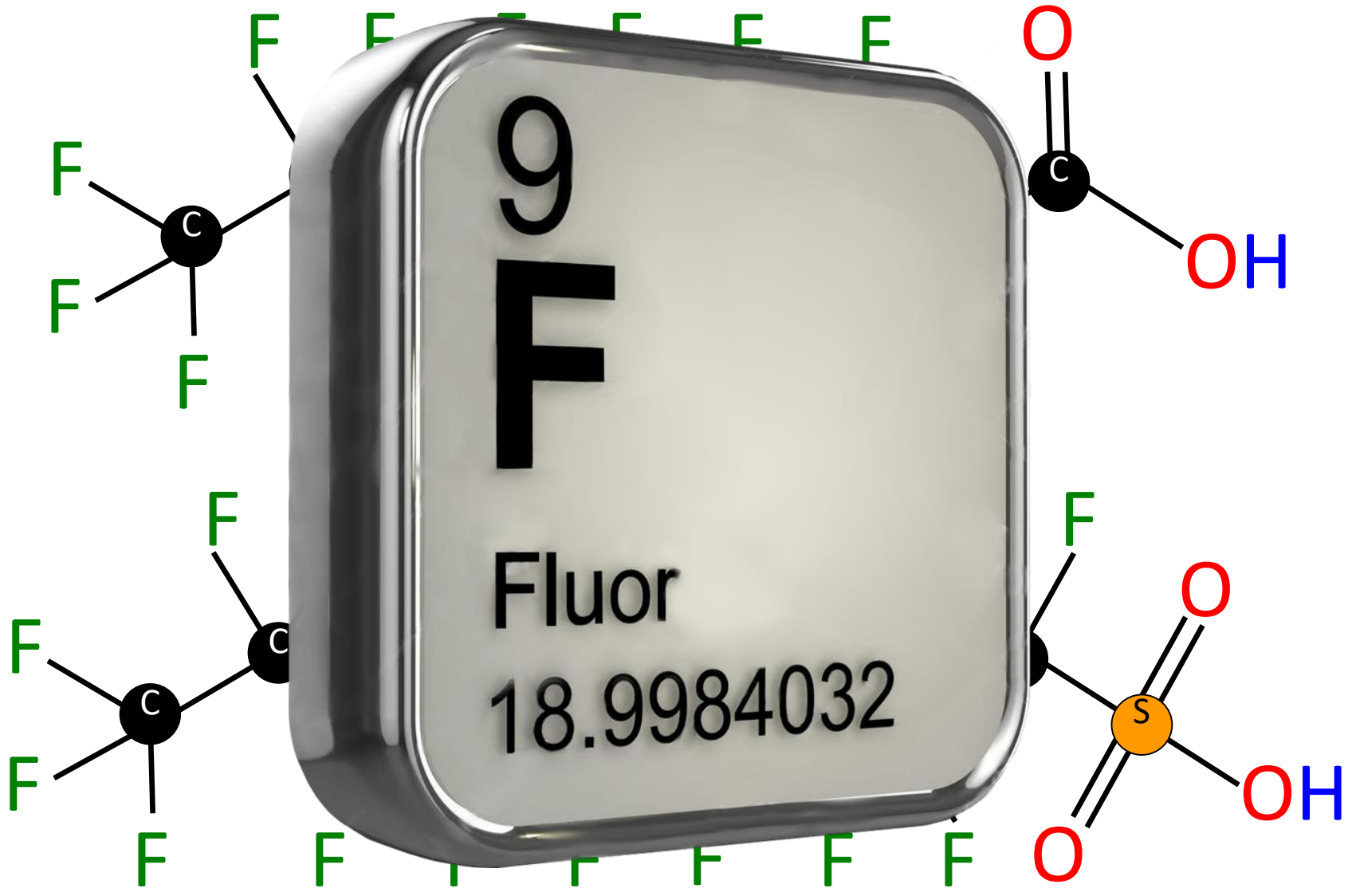
# Örök vegyi anyagok... (Forever chemicals)



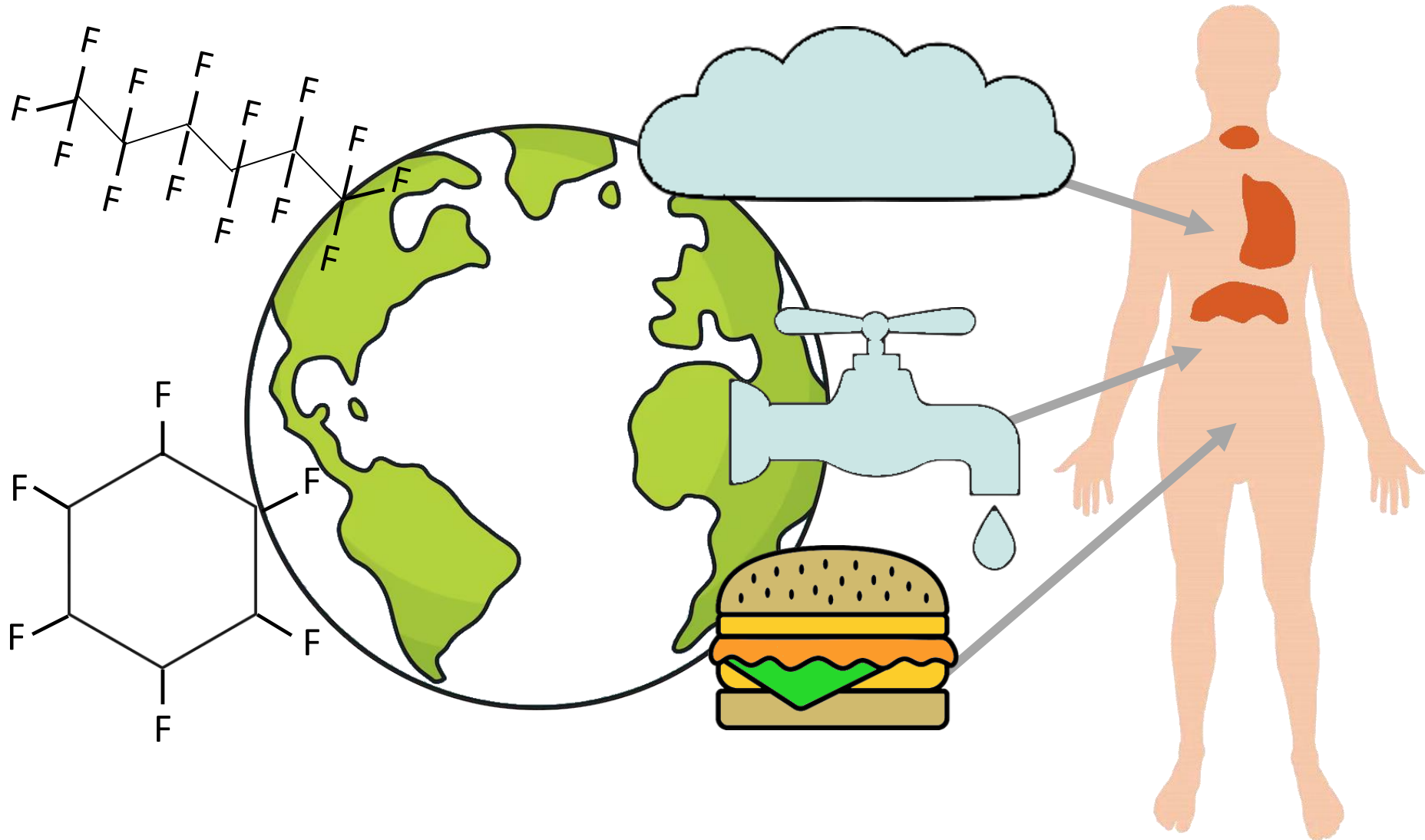


**Mark Ruffalo** Robin Bilot ügyvéd  
szerepében **Todd Hanes**  
rendező filmjében

# Fluortartalmú alkil vegyületek: PFAS (PFOA, PFOS stb.)



# Örök vegyi anyagok... (Forever chemicals)



*Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*

WILEY



SYSTEMATIC REVIEW **OPEN ACCESS**

# “Forever Chemicals in Our Water!”: Prevalence of PFAS in Drinking Water, Associated Health Risks, and Approaches to Regulation

Jacqueline Tsang | Mark Everard | Chad Staddon 

University of the West of England, Bristol, UK

**Correspondence:** Chad Staddon ([chad.staddon@uwe.ac.uk](mailto:chad.staddon@uwe.ac.uk))

**Received:** 15 February 2025 | **Revised:** 17 December 2025 | **Accepted:** 25 January 2026

**Editor-in-Chief:** Jan Seibert | **Associate Editor:** Thomas Hartmann

**Keywords:** drinking water | health risk | per- and polyfluoroalkyl substances | prevalence | regulation

## PFOA, PFOS and Other PFAS

PFAS Explained

EPA Actions to Address PFAS

PFAS Strategic Roadmap

Data and Tools

State Information

## EPA PFAS Drinking Water Laboratory Methods

Using EPA Methods 533 and 537.1, both government and private laboratories can effectively measure 29 PFAS in their drinking water.

- [Method 533: Determination of Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Drinking Water by Isotope Dilution Anion Exchange Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry](#)
- [Method 537.1: Determination of Selected Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry \(LC/MS/MS\)](#)
- [Method 537: Determination of Selected Perfluorinated Alkyl Acids in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Liquid Chromatography/Tandem Mass Spectrometry \(LC/MS/MS\)](#)
- Table: [Comparing EPA Analytical Methods for PFAS in Drinking Water](#)

[Contact Us About PFOA, PFOS and Other PFAS](#)

**Vizek** (ivóvíz, ásvány- és gyógyvíz, felszín alatti víz, felszíni víz, technológiai víz, légköri csapadék, vizes kivonatok), talaj, iszap, üledék, hulladék, tüzelőanyag, fürdővíz (természetes és mesterséges), szennyvíz, csurgalékvíz) vizsgálata.

### Perfluorozott alkil savak:

NEtFOSAA; NMeFOSAA; PFBS; PFDA; PFDoA; PFHpA; PFHxS; PFHxA; PFNA; **PFOS**; **PFOA**; PFTA; PFTTrDA; PFUnA

**Vizsgálati technika:** HPLC-MS/MS

**Alsó méréshatár:** 1,5 ng/l EPA 537:2009

Determination of extractable perfluoro-octane-sulphonate (PFOS) in coated and impregnated solid articles, liquids and fire fighting foams - Method for sampling, extraction and analysis by LC-qMS or LC-tandem/MS

**Műanyagok**, gyermekjátékok vizsgálata.

**Perfluorozott alkil savak:**

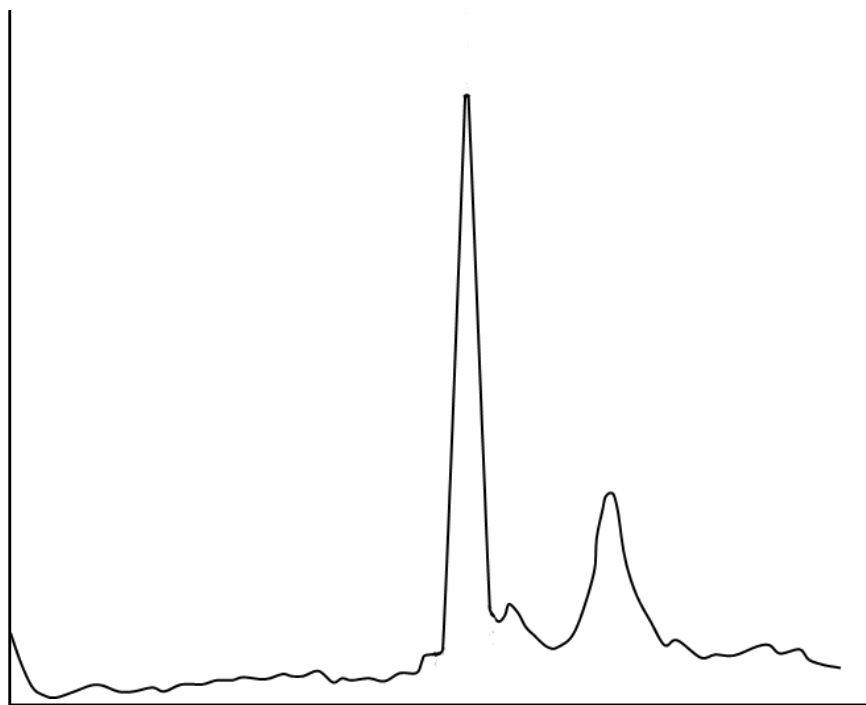
**PFOS; PFOA;**

**Vizsgálati technika:** HPLC-MS/MS

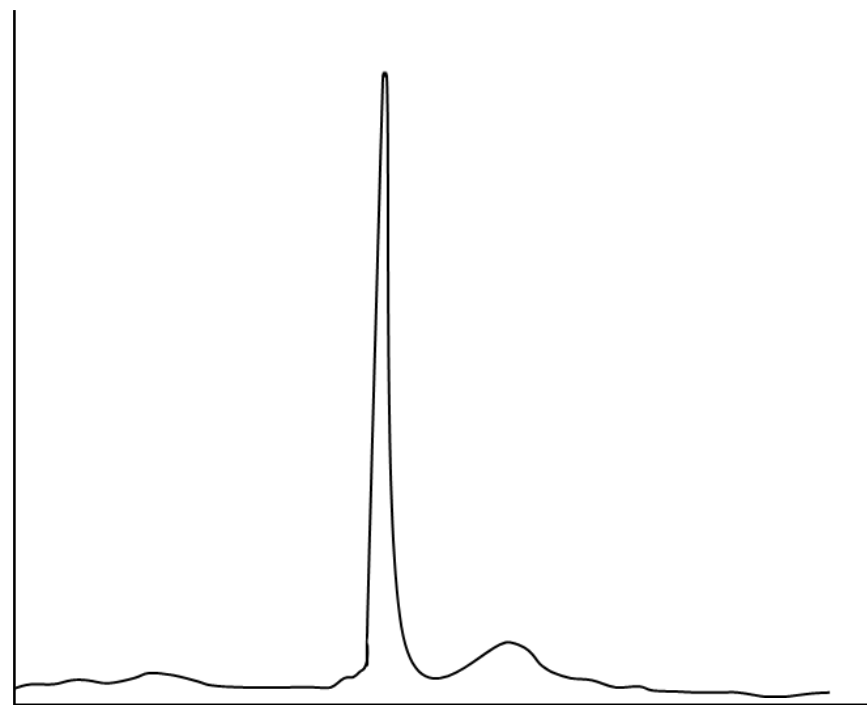
**Alsó méréshatár:** 0,01 mg/kg

CEN/TS 15968:2010 (visszavont szabvány)

$C_8F_{17}COOH$   
Perfluoro-octilsav (PFOA)

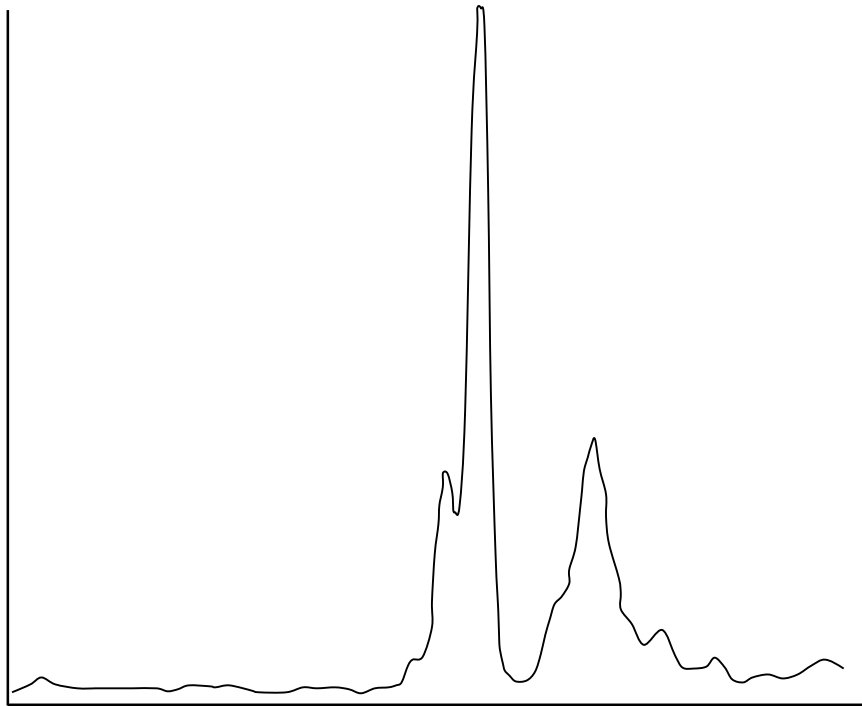


0,01 ng/ml kalibrációs pont S/N=20,3

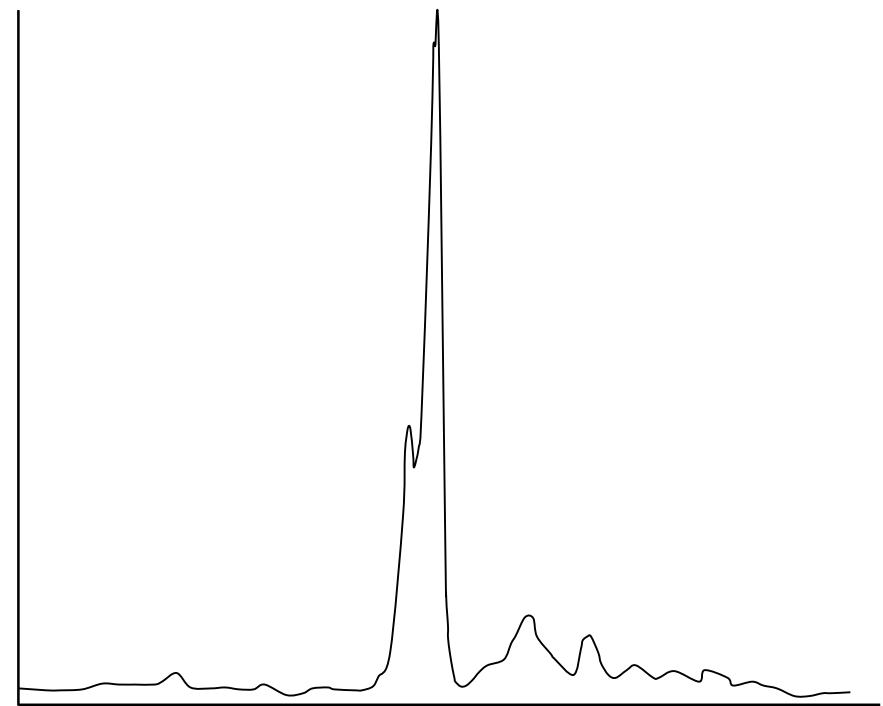


LOQ szinten spike-olt minta S/N=36,4

$C_8F_{17}SO_2OH$   
perfluoro-octil-szulfonsav (PFOS)



0,01 ng/ml kalibrációs pont S/N=85,1



LOQ szinten spike-olt minta S/N=32,7

Az uniós szabályozás két fő határértéket határoz meg a PFAS-vegyületekre:

- **PFAS összesen: 0,50 µg/l** (az összes per- és polifluoralkil-anyag koncentrációja).
- **PFAS-ek összege: 0,10 µg/l** (a **20 legfontosabb**, kockázatosnak ítélt PFAS-vegyület együttes koncentrációja – lásd külön táblázatban).

Magyarországon ezt az irányelvet az **5/2023. (I. 12.) Korm. rendelet** ültette át a hazai jogrendbe, amely kötelezővé teszi a víziközmű-szolgáltatók számára ezen anyagok nyomon követését és a kockázatértékelést. Az 1. melléklet 17. szakasza szerint:

*„**PFA vegyületek összege**”: az „**összes PFA vegyület**” csoportba (a per- és polifluorozott alkil vegyületek összessége) tartozó olyan anyagok alcsoportja, amelyek egy perfluoralkil összetevőt tartalmaznak három vagy több szénatommal (azaz –  $C_nF_{2n}$  –,  $n \geq 3$ ), vagy egy perfluoralkil-éter összetevőt kettő vagy több szénatommal ( azaz –  $C_nF_{2n}OC_mF_{2m}$  –,  $n$  és  $m \geq 1$ ). Az ivóvíz szempontjából aggályosnak minősülő, következő per- és polifluorozott alkil vegyületek összege: lásd a 34. dián felsorolt 20 vegyületet.*

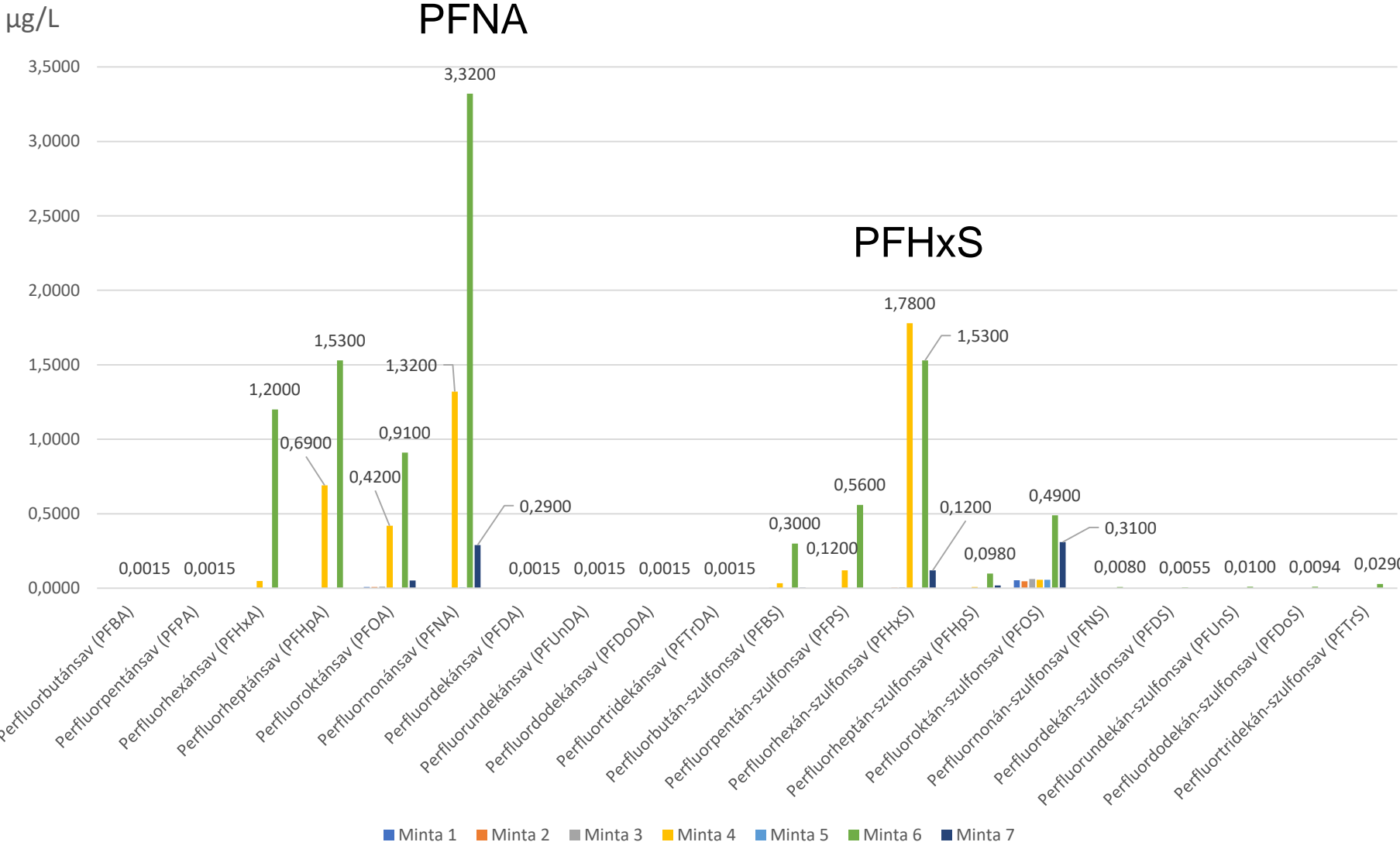
# Felszín alatti vizek PFAS-tartalma (µg/L) Bálint Analitika Kft. 2024. (A)



PFA vegyület megnevezése	Minta 1	Minta 2	Minta 3	Minta 4	Minta 5	Minta 6	Minta 7
Perfluorbutánsav (PFBA)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015
Perfluorpentánsav (PFPA)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015
Perfluorhexánsav (PFHxA)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	0,0480	<<0,0015	1,2000	<<0,0015
Perfluorheptánsav (PFHpA)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	0,6900	<<0,0015	1,5300	<<0,0015
<b>Perfluoroktánsav (PFOA)</b>	<b>0,0075</b>	<b>0,0089</b>	<b>0,0095</b>	<b>0,4200</b>	<<0,0015	<b>0,9100</b>	<b>0,0520</b>
Perfluornonánsav (PFNA)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	1,3200	0,0053	3,3200	0,2900
Perfluordekánsav (PFDA)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015
Perfluorundekánsav (PFUnDA)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015
Perfluordodekánsav (PFDoDA)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015
Perfluortridekánsav (PFTrDA)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015
Perfluorbután-szulfonsav (PFBS)	<<0,0015	<<0,0015	0,0028	0,0340	<<0,0015	0,3000	0,0031
Perfluorpentán-szulfonsav (PFPS)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	0,1200	<<0,0015	0,5600	<<0,0015
Perfluorhexán-szulfonsav (PFHxS)	0,0021	0,0038	0,0043	1,7800	<<0,0015	1,5300	0,1200
Perfluorheptán-szulfonsav (PFHpS)	<<0,0015	0,0016	<<0,0015	0,0077	<<0,0015	0,0980	0,0180
<b>Perfluoroktán-szulfonsav (PFOS)</b>	<b>0,0540</b>	<b>0,0460</b>	<b>0,0610</b>	<b>0,0570</b>	<b>0,0570</b>	<b>0,4900</b>	<b>0,3100</b>
Perfluornonán-szulfonsav (PFNS)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	0,0080	<<0,0015
Perfluordekán-szulfonsav (PFDS)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	0,0055	<<0,0015
Perfluorundekán-szulfonsav (PFUnS)	<<0,0015	0,0018	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	0,0100	<<0,0015
Perfluordodekán-szulfonsav (PFDoS)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	0,0094	<<0,0015
Perfluortridekán-szulfonsav (PFTrS)	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	<<0,0015	0,0290	<<0,0015
<b>Összesen</b>	<b>0,0636</b>	<b>0,0621</b>	<b>0,0776</b>	<b>4,4767</b>	<b>0,0623</b>	<b>9,9999</b>	<b>0,7931</b>

LOQ = 0015 µg/L (a táblázatban világoszöld színnel jelölve)

# Felszín alatti vizek PFAS-tartalma (µg/L) Bálint Analitika Kft. 2024. (A)



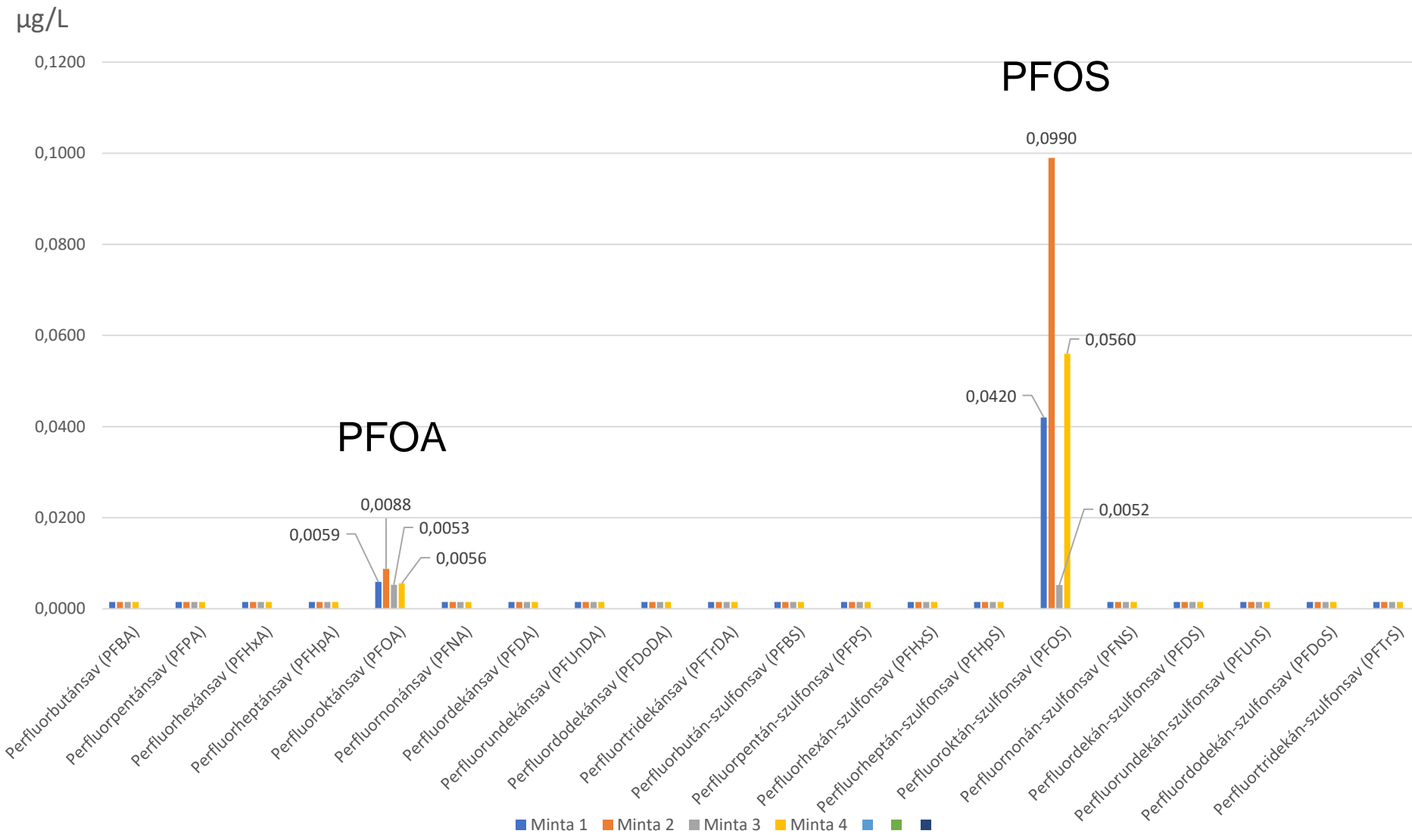
# Felszín alatti vizek PFAS-tartalma (µg/L) Bálint Analitika Kft. 2024. (B)

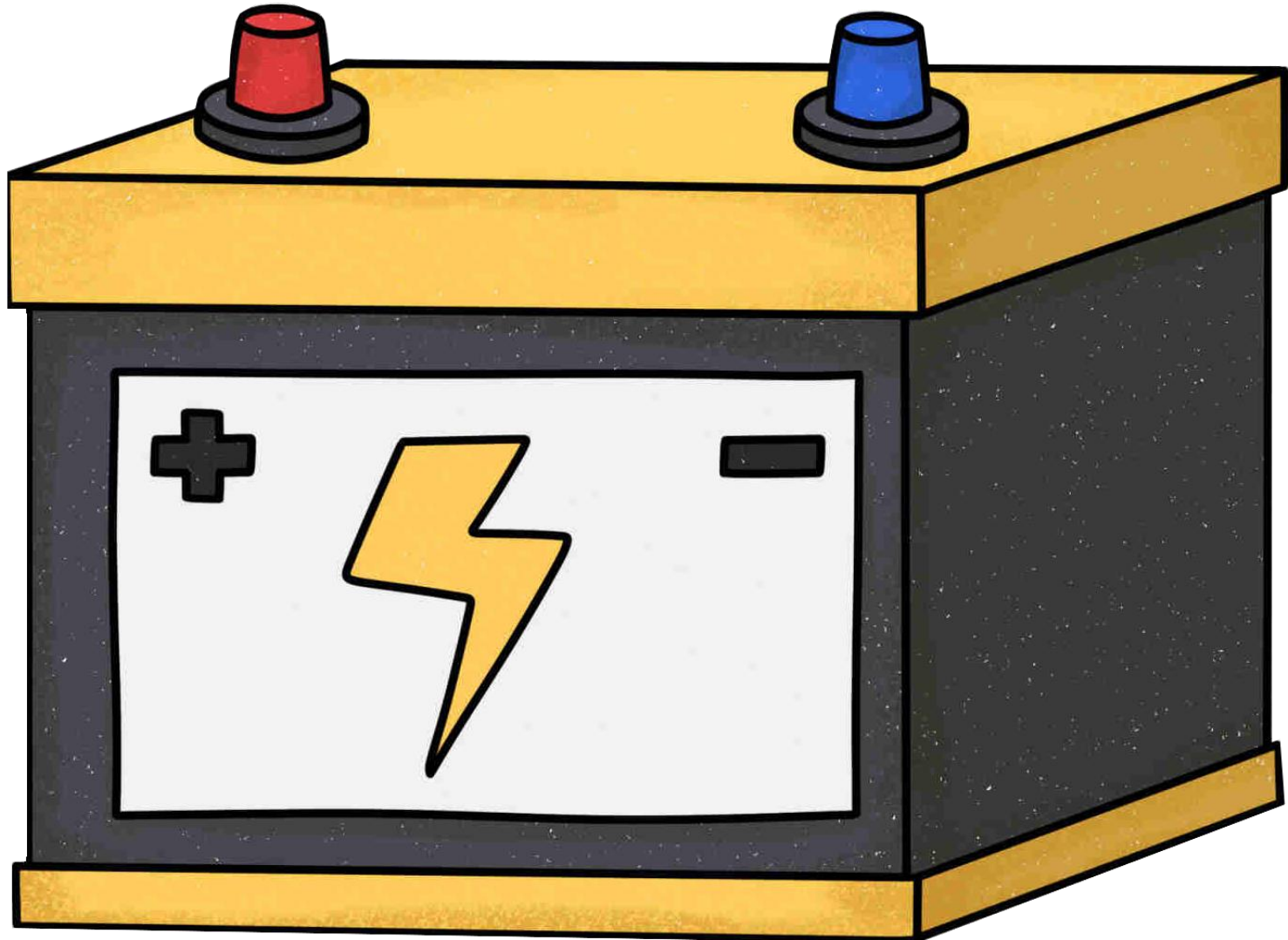


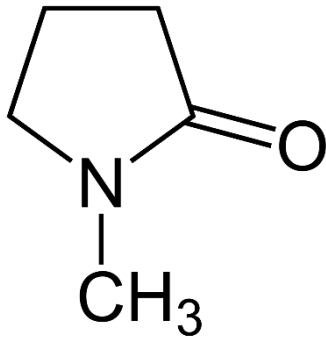
PFA vegyület megnevezése	Minta 8	Minta 9	Minta 10	Minta 11
Perfluorbutánsav (PFBA)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorpentánsav (PFPA)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorhexánsav (PFHxA)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorheptánsav (PFHpA)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
<b>Perfluoroktánsav (PFOA)</b>	<b>0,0059</b>	<b>0,0088</b>	<b>0,0053</b>	<b>0,0056</b>
Perfluornonánsav (PFNA)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluordekánsav (PFDA)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorundekánsav (PFUnDA)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluordodekánsav (PFDoDA)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluortridekánsav (PFTrDA)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorbután-szulfonsav (PFBS)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorpentán-szulfonsav (PFPS)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorhexán-szulfonsav (PFHxS)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorheptán-szulfonsav (PFHpS)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
<b>Perfluoroktán-szulfonsav (PFOS)</b>	<b>0,0420</b>	<b>0,0990</b>	<b>0,0052</b>	<b>0,0560</b>
Perfluornonán-szulfonsav (PFNS)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluordekán-szulfonsav (PFDS)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluorundekán-szulfonsav (PFUnS)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluordodekán-szulfonsav (PFDoS)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
Perfluortridekán-szulfonsav (PFTrS)	<0,0015	<0,0015	<0,0015	<0,0015
<b>Összesen</b>	<b>0,0479</b>	<b>0,1078</b>	<b>0,0105</b>	<b>0,0616</b>

LOQ = 0015 µg/L (a táblázatban világoszöld színnel jelölve)

# Felszín alatti vizek PFAS-tartalma (µg/L) Bálint Analitika Kft. 2024. (B)







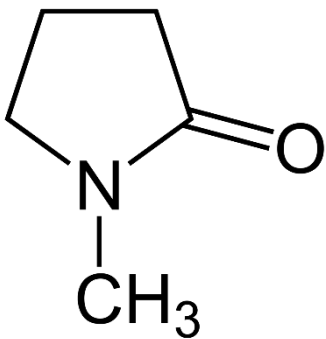
N-metil-2-pirrolidon

Forráspontja:  
202-205 °C  
1013 hPa-on

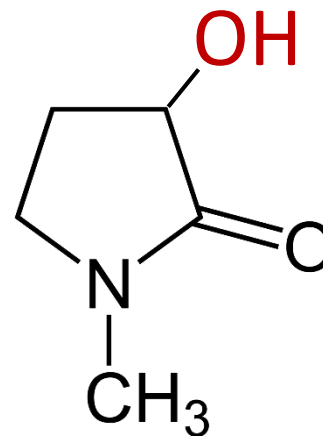
Az emberi szervezetben a vizelettel ürülő metabolitok:

- **5-hidroxi-N-metil-2-pirrolidon** (5-HNMP): Ez a legjelentősebb metabolit, a bevitt dózis körülbelül 44–55%-a ebben a formában ürül. A vizeletben az expozíció után 2–4 órával éri el a csúcserőértékét.
- **2-hidroxi-N-metil-szukcinimid** (2-HMSI): A második legfontosabb bomlástermék (kb. 20%). Mivel felezési ideje hosszabb (kb. 17 óra), kiválóan alkalmas a munkahelyi kitettség kumulatív (felhalmozódó) mérésére.
- **N-metil-szukcinimid** (MSI): Köztes oxidációs termék, amely kisebb mennyiségben (kevesebb mint 1%) van jelen a vizeletben.

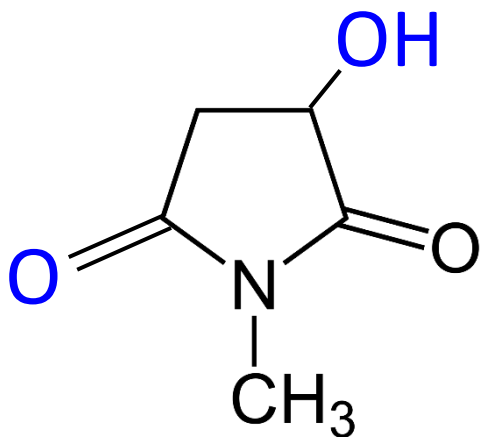
# Az N-metil-2-pirrolidon fontosabb bomlástermékei



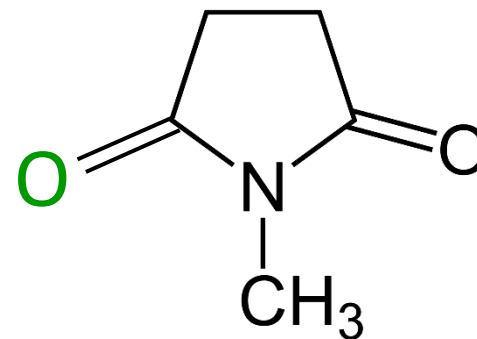
N-metil-2-pirrolidon



5-hidroxi-N-metil-2-pirrolidon



2-hidroxi-N-metil-szukcinimid



N-metil-szukcinimid

A módszerhez nem szükséges szilárd fázisú extrakciót (SPE) végezni, hanem deutériummal jelölt belső sztenderdek segítségével azonosíthatók a keresett vegyületek.

A HPLC-SI-MS vizsgálatához, C30-as oszlopot alkalmazunk.

Az NMP és ismert metabolitjai – az 5-hidroxi-N-metil-2-pirrolidon (5-HNMP), az N-metil-szukcinimid (MSI) és a 2-hidroxi-N-metil-szukcinimid (2-HMSI) koncentrációit egyetlen futtatással lehet meghatározni. Az publikált módszer lehetőséget ad e vegyületek alapvonalig történő elválasztására ( $RS \geq 1,5$ ).

**Alsó méréshatár:** 10  $\mu\text{g/l}$

Journal of Chromatography B, 877 (2009) 3743–3747. ÁM-147:2017



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

## Journal of Chromatography B

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/chromb](http://www.elsevier.com/locate/chromb)



Short communication

### Direct determination of *N*-methyl-2-pyrrolidone metabolites in urine by HPLC-electrospray ionization-MS/MS using deuterium-labeled compounds as internal standard

Yoshihiro Suzuki<sup>a,\*</sup>, Yoko Endo<sup>a</sup>, Masanori Ogawa<sup>a</sup>, Shinobu Yamamoto<sup>b</sup>, Akito Takeuchi<sup>c</sup>, Tomoo Nakagawa<sup>d</sup>, Nobuhiko Onda<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Research Center for Occupational Poisoning, Tokyo Rosai Hospital, Japan Labour Health and Welfare Organization, 4-13-21, Ohmori-Minami, Ohta-ku, Tokyo 143-0013, Japan

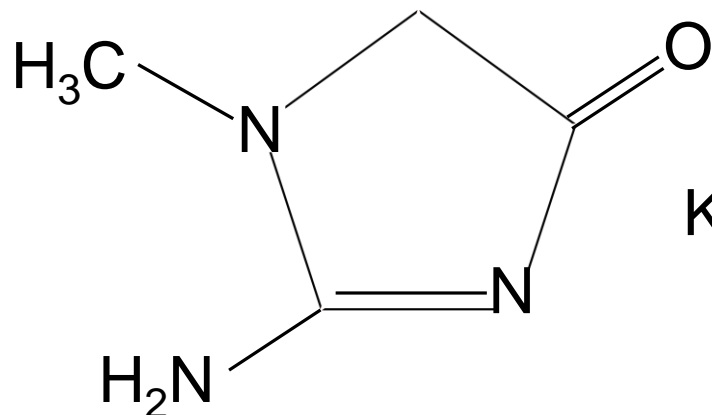
<sup>b</sup> Chugoku-Shikoku Safety and Health Center, Japan Industrial Safety and Health Association, 3-25-30 Sanjou-machi, Nishi-ku, Hiroshima, 733-0003, Japan

<sup>c</sup> Osaka Occupational Health Service Center, Japan Industrial Safety and Health Association, 2-3-8 Tosabori, Nishi-ku, Osaka, 550-0001, Japan

<sup>d</sup> Yokohama City Institute of Health, 1-2-17 Takigashira, Isogo-ku, Yokohama 235-0012, Japan

A munkavállalók védelme érdekében az **5/2020. (II. 6.) ITM rendelet (a kémiai kóroki tényezők hatásának kitett munkavállalók egészségének és biztonságának védelméről)** 1. melléklet 1. táblázata szabályozza a megengedett koncentrációt:

- **ÁK** (Átlagos koncentráció): **40 mg/m<sup>3</sup>** (8 órás munkavégzésre vetítve).
- **CK** (Csúcskoncentráció): **80 mg/m<sup>3</sup>** (maximum 15 perces időtartamra).
- **Vizeletben: 70 mg/g kreatinin**
- REACH DNEL érték: Az EU REACH rendelete ennél szigorúbb, 14,4 mg/m<sup>3</sup> belégzési expozíciós szintet határoz meg bizonyos ipari felhasználásoknál.



Kreatinin móltömeg: 113,12 g

## Kreatinin-ürítés vizelettel:

- **Nők:** 1000-1800 mg/nap, 1000-1500 ml vizelettel ( $\approx 1,4$  g/nap)
- **Férfiak:** 1500-2500 mg/nap, 1000-1500 ml vizelettel ( $\approx 2,0$  g/nap)

## NMP-ürítés vizelettel (határérték becslése)

- **Nők:** Határérték: 70 mg/g  $\rightarrow (70 \cdot 1,4) \approx 98$  mg/nap, átlagosan 98 mg/1,25 L = **78 mg/L**
- **Férfiak:** Határérték: 70 mg/g  $\rightarrow (70 \cdot 2,0) \approx 140$  mg/nap, átlagosan 140 mg/1,25 L = **112 mg/L**



9896 FAV mérési eredményünk közül 251 db volt a nulla, illetve az alsó méréshatárok közelében...

**(LOQ: 0,001-0,005  $\mu\text{g/L}$ , azaz 1-5  $\text{ng/L}$ )**

$1:10^9 = 1:1.000.000.000$

part pro billion

egy a milliárdhoz

Egy nehezen megválaszolható kérdés: mennyi a „sok” és mi a „kevés”

Homeopátia: C→0,0000...00,  
vagy több tízezer kilogramm...



# Döntéseink alapja általában valamilyen mérési eredmény



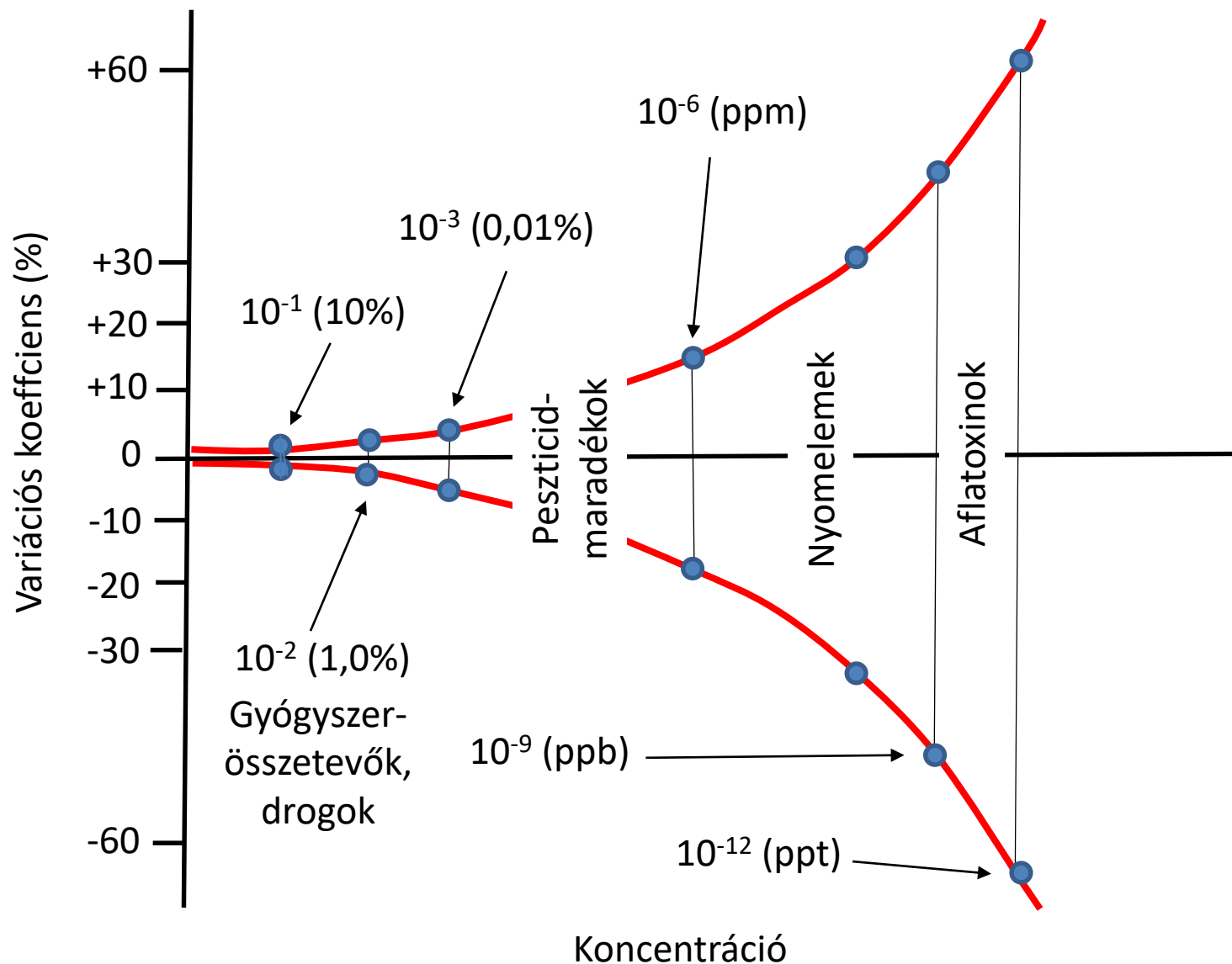
$$\sigma_x \sigma_p \geq h/2$$

- Bizonyos fizikai mennyiségek egyszerre, teljes pontossággal való megismerhetőségének **alapvető elméleti határa**.
- **Nem a megfigyelői hatás**: a kvantumozott rendszerek alapvető tulajdonsága, nem pedig a mérőberendezések technikai korlátja.
- **A valószínűségi eloszlás** elve áthatja a méréselméletet.
- A bizonytalanság (határozatlanság) a fizikai megfigyelés **eloszlási függvényének** relatív szélességét vagy keskenységét jelenti.

- A kémiai analitikai körvizsgálatok eredményei az elemzendő anyagtól és a vizsgálati mintától, illetve a mérési módszer alapját képező **fizikai elvtől függetlenül** követni látszottak az általa leírt függvény értékeit...
- Emellett a pontosság az idők folyamán nem javult, dacára az analitikai technikák hatalmas fejlődésének: sőt ellenkezőleg, azóta kiderült, hogy az **1920-as években végzett körvizsgálatok szórása kisebb** volt, mint az 1990-es években végzett körvizsgálatoké.



Koncentráció, C	Tömegfrakció, C	PRSD(R) (%)
100 %	1,0	2
1 %	0,01	4
0.01 %	0,0001	8
1 ppm	0,000001	16
10 ppb	0,00000001	32
1 ppb	0,0000000001	45



$$\frac{\text{RSD}}{\text{PRSD}} = \text{HorRat}$$

A laboratórium saját mérési sorozatából származó tapasztalati szórás (RSD) és a Horwitz egyenletből számítható elméleti, azaz előre jelezhető (PRSD) tapasztalati szórás hányadosa

**Kétféle HorRat** arányt lehet értelmezni:

$$\frac{\text{RSD}_R}{\text{PRSD}_R} = \text{HorRat}_R$$

Laboratóriumok **között**

$$\frac{\text{RSD}_r}{\text{PRSD}_r} = \text{HorRat}_r$$

Laboratóriumon **belül**

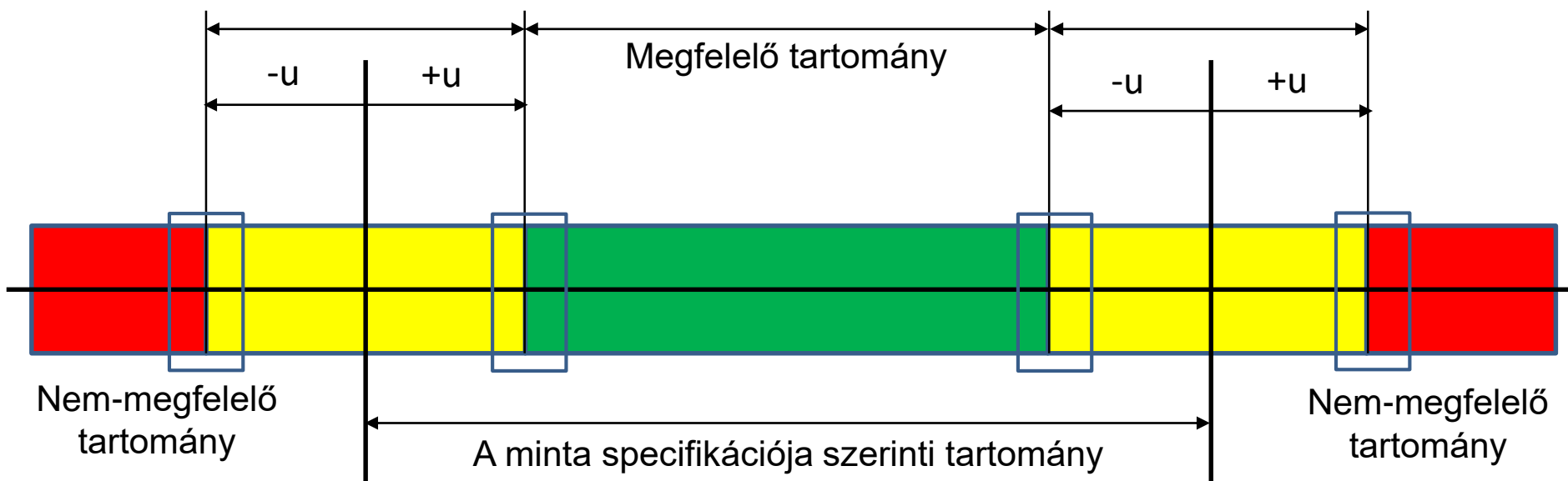
$2,0 < \text{HorRat}$  → **Nem elfogadható** tartomány:  
a mérési sorozatban  
elfogadhatatlanul nagy az  
inhomogenitás)

$1,0 \leq \text{HorRat} \leq 2,0$  → Elfogadható, de ellenőrzésre  
szoruló tartomány

$0,3 \leq \text{HorRat} \leq 1,0$  → Teljesen elfogadható,  
ajánlott tartomány



$$u = \frac{\pm s^* t}{\sqrt{n-1}}$$



A téglalapokkal bekeretezett tartományok értelmezése igényel alapos szakmai gyakorlatot, hozzáértést, esetenként intuíciót

A wide-angle photograph of Lake Balaton in Hungary. The water is a dark, choppy green-grey color, with small waves breaking across the surface. The sky is filled with large, white, fluffy clouds, with patches of blue visible. In the distance, a low, dark horizon line represents the surrounding hills. The overall atmosphere is one of a stormy or overcast day.

**Köszönöm a megtisztelő türelmet és figyelmet!**

A scenic landscape photograph showing a large body of water (likely Lake Balaton) in the background under a clear blue sky with wispy clouds. In the foreground, there are lush green trees and several houses with red-tiled roofs and solar panels. The text is overlaid on the lower part of the image.

**Köszönöm a megtisztelő türelmet és figyelmet és  
a következő prezentáció utánra jó étvágyat kívánok!**



