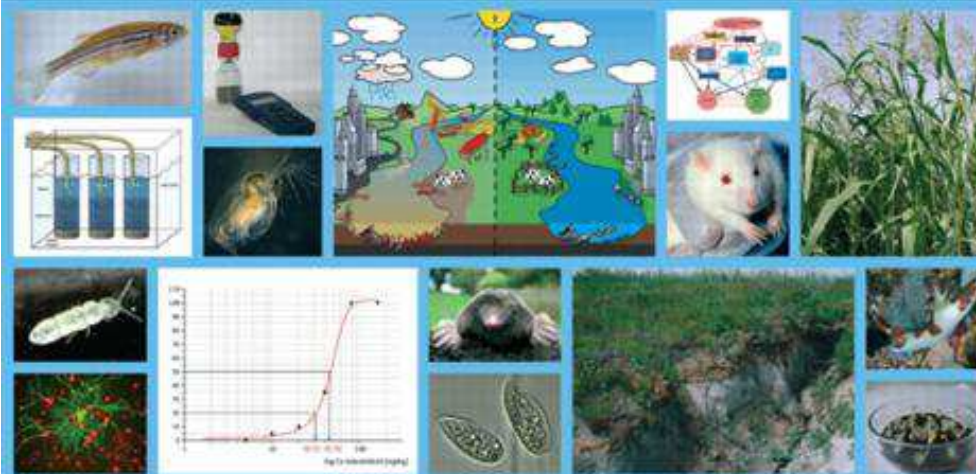


Engineering Tools for Environmental Risk Management

2

## Environmental Toxicology



Editors: Katalin Gruiz, Tamás Meggyes & Éva Fenyvesi

CRC Press  
Taylor & Francis Group  
A BALKEMA BOOK

Gruiz Katalin, Meggyes Tamás,  
Fenyvesi Éva

## *A környezetmenedzsment mérnöki eszköztára 2. Környezettoxikológia*

CRC Press  
2015

Könyvismertető

## **A CRC Kiadó oldalán olvasható ismertető könyvről:**

**Széles tudományos áttekintést nyújt** a környezetről, a környezet ember általi használatáról és a lokálisan, vízgyűjtő szinten, regionálisan, vagy globálisan jelentkező problémákról.

**Tudományos alapokat ad** a környezetvédelem problémáinak holisztikus megközelítéséhez, a környezet igényeinek és a mérnöki lehetőségek harmonizálásához.

**Megérteti** a jogalkotás, a szabályozás, a környezetmenedzsment, a döntéshozatal és a mérnöki tevékenység közötti kölcsönhatásokat. Innovatív tudományos és mérnöki eszközöket mutat be.

### **Az öt kötet címe/tartalma:**

1. **Általános áttekintés a környezeti problémák menedzsmentjéről;**
2. Környezettoxikológia;
3. **Környezeti kockázat felmérése és környezet monitoring;**
4. A környezeti kockázat csökkentése, remediációs technológiák;
5. **Esettanulmányok.**

## A Környezettoxikológia című kötetben érintett témák:

- A környezettoxikológia szerepe a környezetmenedzsmentben és a jogi szabályozásban;
- A környezettoxikológiában alkalmazott modellek;
- Vegyi anyagok sorsa, viselkedése, biológiai hozzáférhetősége a környezetben;
- A humán, a vízi és a szárazföldi toxikológia módszerei, lehetőségei;
- Kémiai analitikai, ökotoxikológiai és ökológiai eredmények összefüggései;
- Innovatív víz- és talajtesztek, alternatív teszt módszerek, a 3R elv;
- **Direkt toxicitás mérés (DTA), interaktív és dinamikus talajtesztelés, pesszimizmus a tesztelésben;**
- Ökotoxikológiai eredmények értékelése, interpretálása és statisztikája;
- A környezetszennyező toxikus vegyi anyagok kémiai analízise, innovatív kémiai analitikai módszerek.

# Környezeti minták toxicitásának közvetlen mérése, értékelése és az eredmények használata (Direct toxicity assessment = DTA)

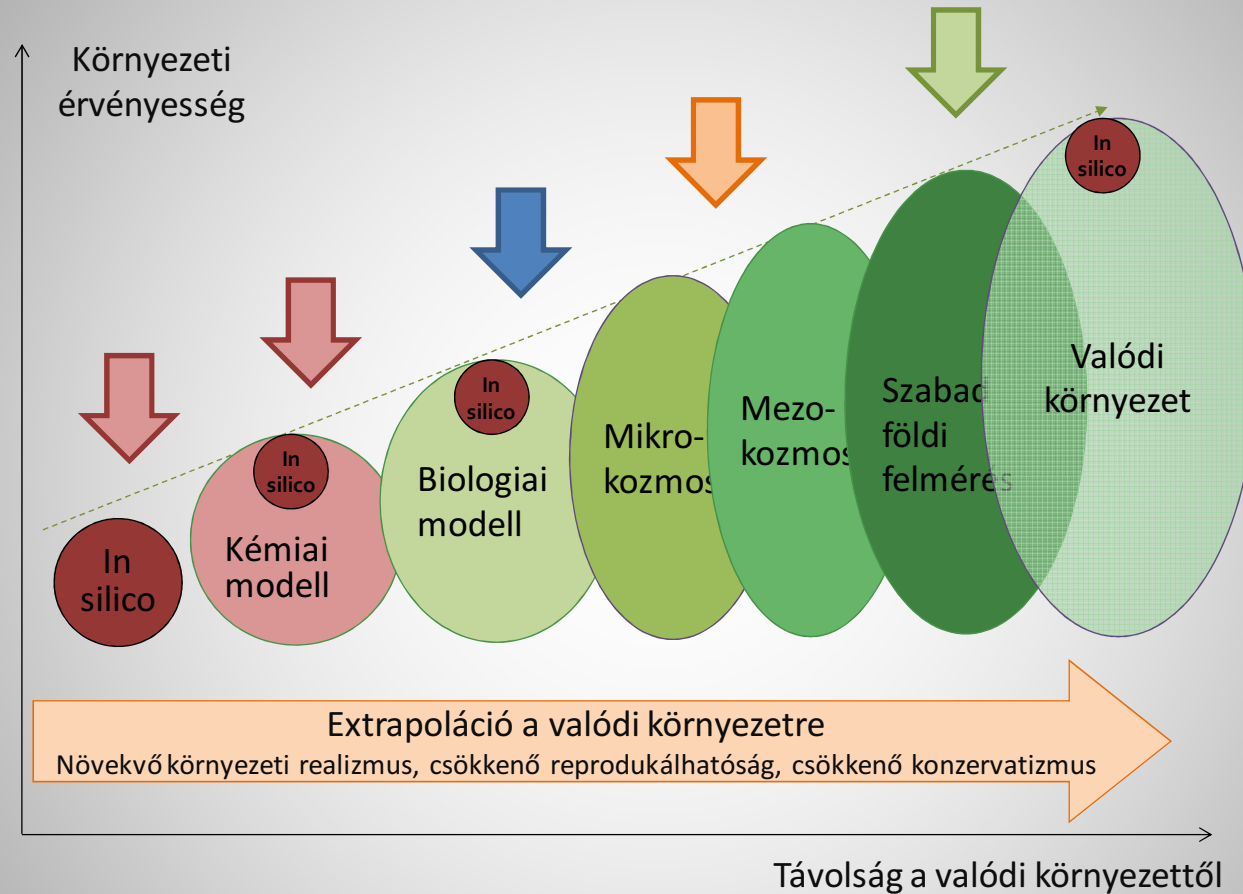
## DTA hoz kapcsolható tartalmak a könyvben

- DTA szerepe a szennyezett területek felmérésében
- Értékelés, végpontok, interpretáció
- Esettanulmányok
- Eszközök
- Hasznok és korlátok





# A környezet felmérésében, jellemzésében alkalmazott modellek

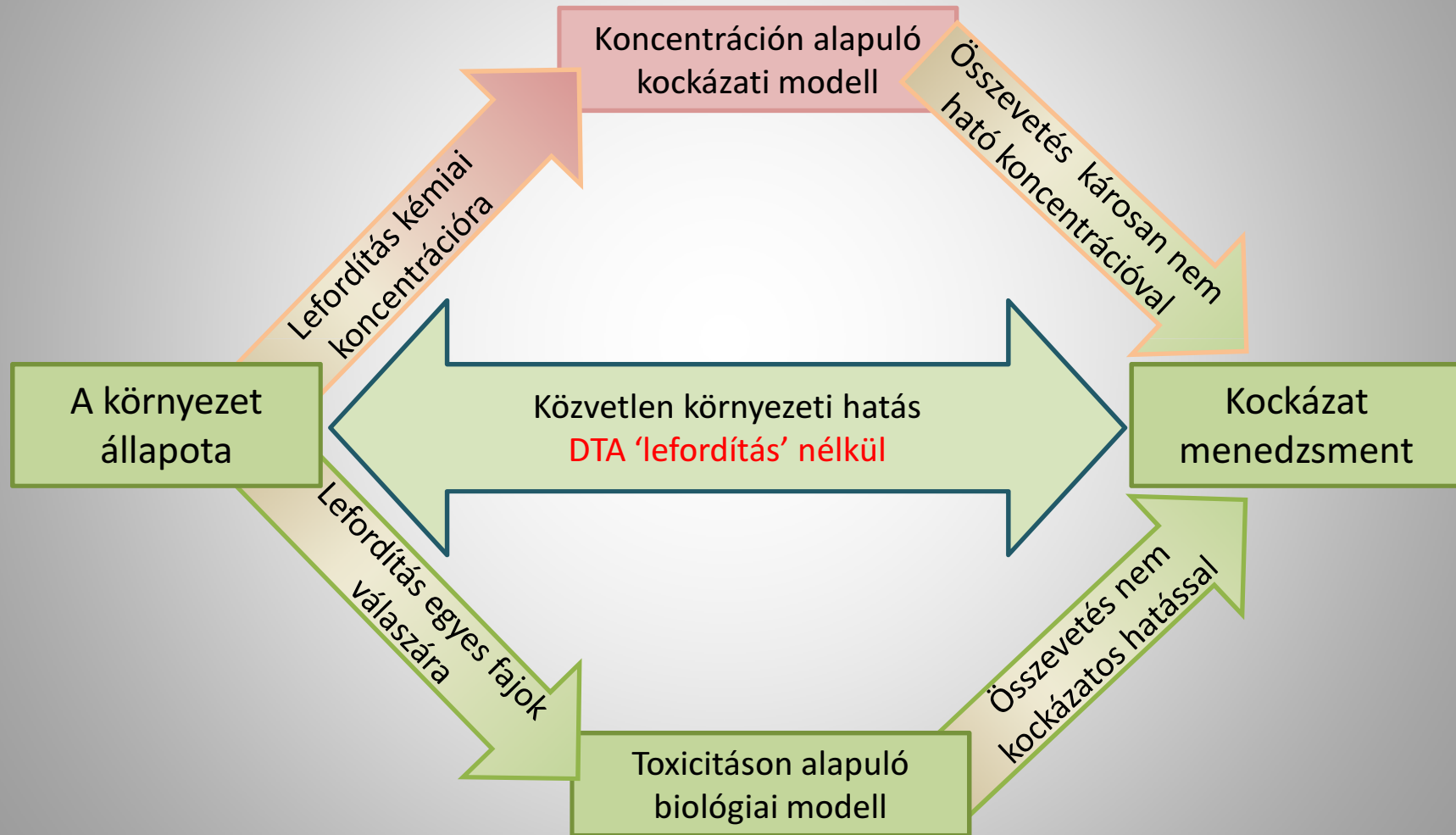


**Biodegradálhatóság** – valódi biodegradáció;

**Toxikusság** – környezetben kifejtett káros hatás

A legmegfelelőbb modell vagy modellek kombinációja a céltól függ: **szabályozás, szennyezett területek felmérése, vízgyűjtő szintű vagy globalis.....**

# DTA alkalmazásának koncepciója



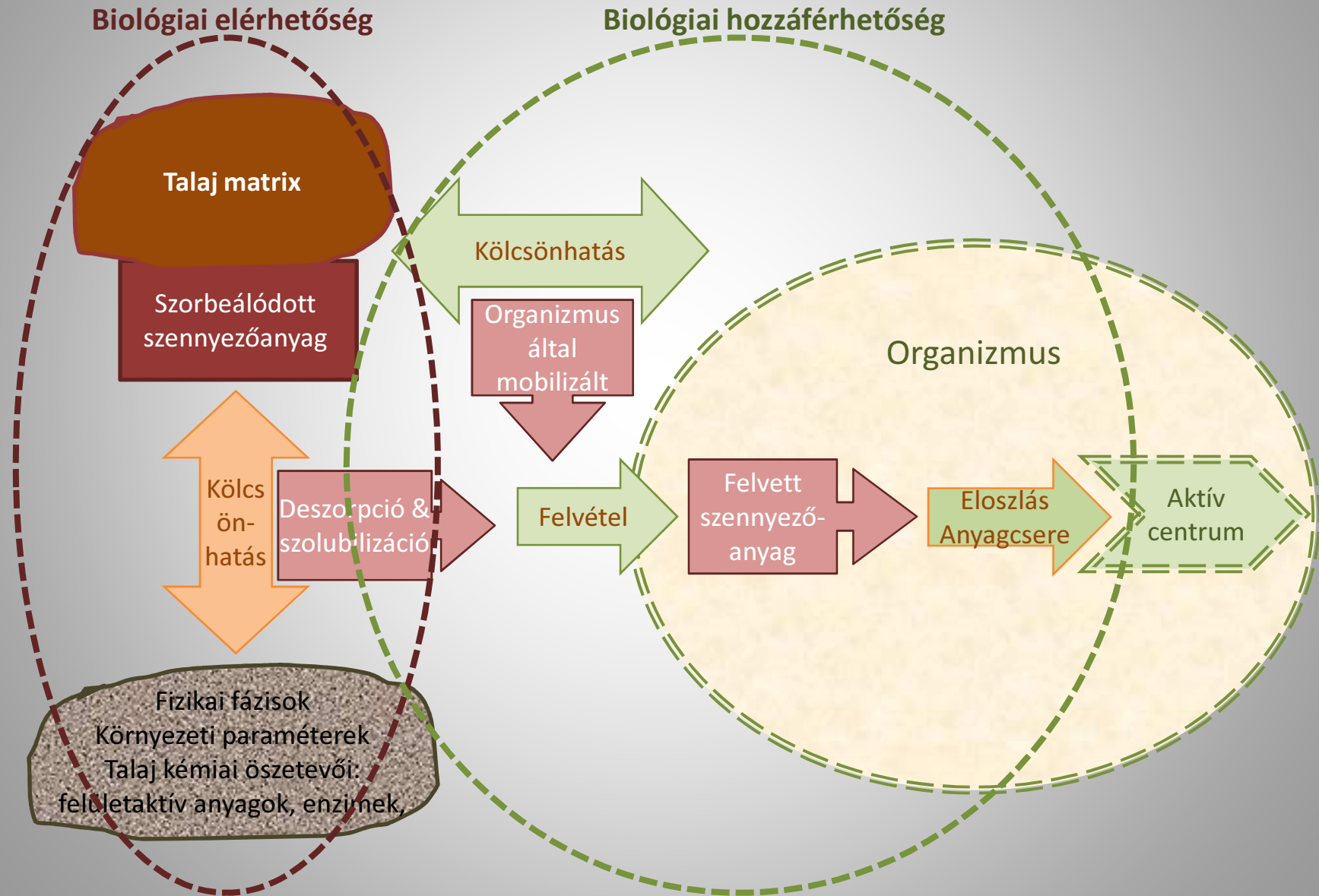
# Kémiai analízis kontra DTA

Környezeti minták káros hatása  $\neq$  mért vegyi anyag koncentrációknak megfelelő káros hatások aggregált értéke

Miért?

1. Az analitikai program nem tartalmaz minden lehetséges vegyi anyagot;
2. Analitikai módszerek érzékenysége nem elegendő a káros hatást mutató koncentráció kimutatására;
3. A 'kémiai hozzáférhetőség' (extrahálható mennyiség)  $\neq$  biológiai hozzáférhetőséggel / felvehetőséggel.

# Biológiai hozzáférhetőség

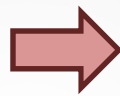




# A kémiai eredmények nem adnak hű képet a kockázatról

Egy Zn-Pb bánya példája

Flotációs meddőanyag talajjal lefedve, izolálás nélkül.

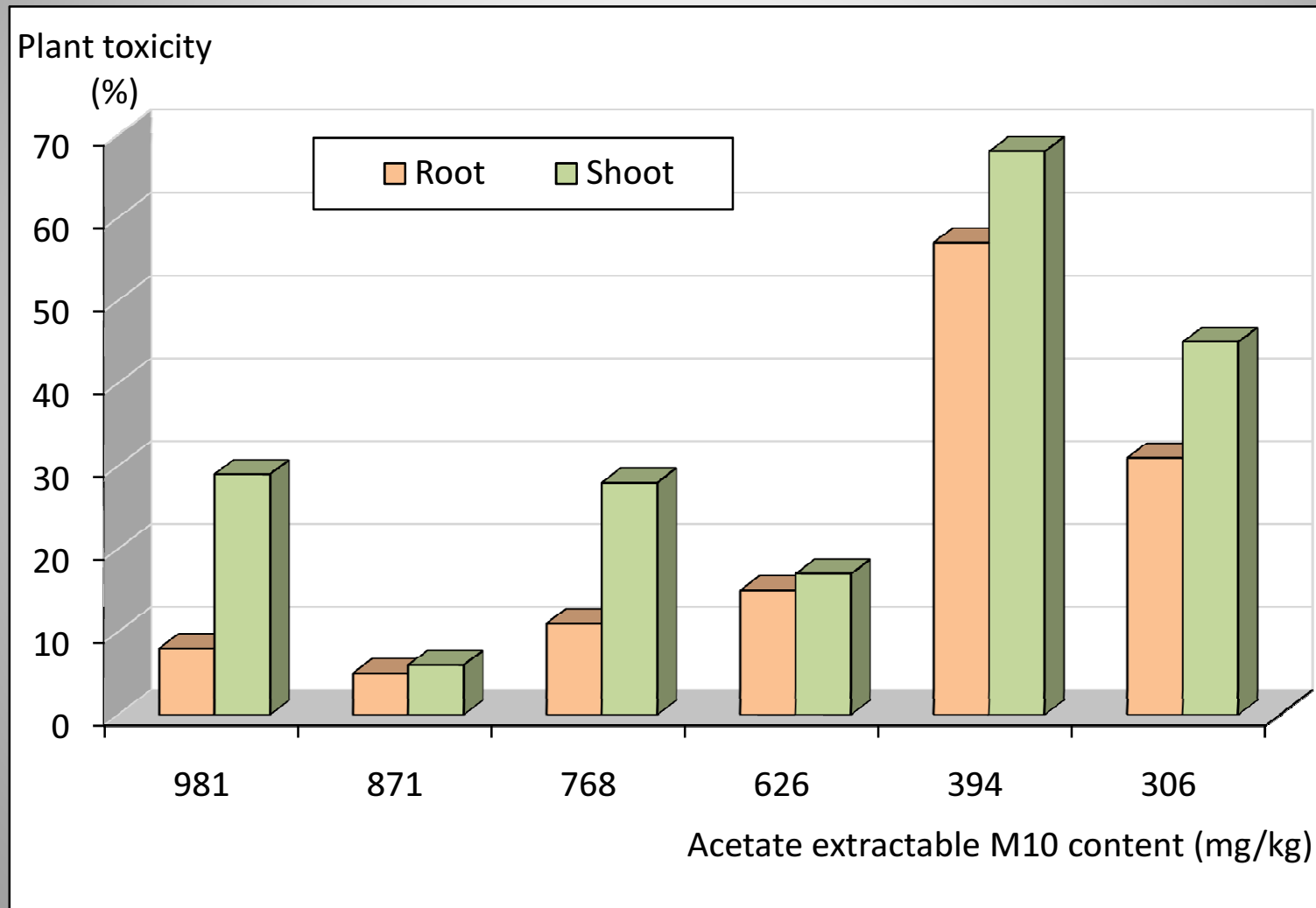


| Réteg              | pH      | Összes fém tartalom (mg/kg) |         |         |
|--------------------|---------|-----------------------------|---------|---------|
|                    |         | Zn                          | Pb      | Cu      |
| Barna talaj        | 4.7–5.2 | 603                         | 186     | 72      |
| Szürke meddő anyag | 7.0–8.0 | 31.858                      | 4.971   | 2.450   |
| Beavatkozási érték |         | 500–1000                    | 150–500 | 200–300 |

| Teszt:       | <i>Azotobacter agile</i> dehydrogenáz | <i>Sinapis alba</i> gyökér & szár növekedés | <i>Allivibrio fischeri</i> lumineszcencia |
|--------------|---------------------------------------|---|---|
| Barna talaj  | Nagyon toxikus                        | Toxikus                                     | Nagyon toxikus                            |
| Szürke meddő | Nem toxikus                           | Enyhén toxikus                              | Nem toxikus                               |

| Bioakkumuláció Faj          | Zn (mg/kg) | Cu (mg/kg) | Cd (mg/kg) |
|-----------------------------|------------|------------|------------|
| <i>Achillea millefolium</i> | 255        | 17         | 2.4        |
| <i>Agrostis sp.</i>         | 410        | 32         | 6.3        |
| <i>Carex sp.</i>            | 355        | 55         | 3.0        |
| <i>Echium vulgare</i>       | 607        | 45         | 5.0        |
| <i>Phalaris canadiensis</i> | 145        | 4.0        | 0.5        |
| <i>Phragmites australis</i> | 768        | 41         | 0.7        |
| <i>Populus sp.</i>          | 1158       | 13         | 19.5       |
| <i>Silene alba</i>          | 694        | 50         | 2.6        |
| <i>Silene vulgaris</i>      | 506        | 21         | 4.6        |
| <i>Tussilago falifara</i>   | 569        | 39         | 8.8        |
| HÉ takarmány (HU)           | 150–200    | 15–50      | 1.0        |
| HÉ zöldség (HU)             | 20         | 10         | 0.5        |

# A növénytoxicitás nem arányos a kémiai analízissel mért fémtartalommal (rendszeresen elárasztott kiskertek – Gyöngyösoroszi)



# A DTA hasznai és alkalmazásának nehézségei

## DTA

- A valódi környezetet jellemzi, aktuális toxicitást mér;
- Az összes kölcsönhatást magában foglalja: a szennyezőanyagok között, az ökoszisztéma tagjai és a talaj, valamint a szennyezőanyagok között fellépőket;
- A biológiailag hozzáférhető frakció hatását méri;
- Az összes jelenlévő szennyezőanyag együttes hatását méri;
- Szimulálhatóak a különféle talajhasználatok és expozíciós útvonalak.

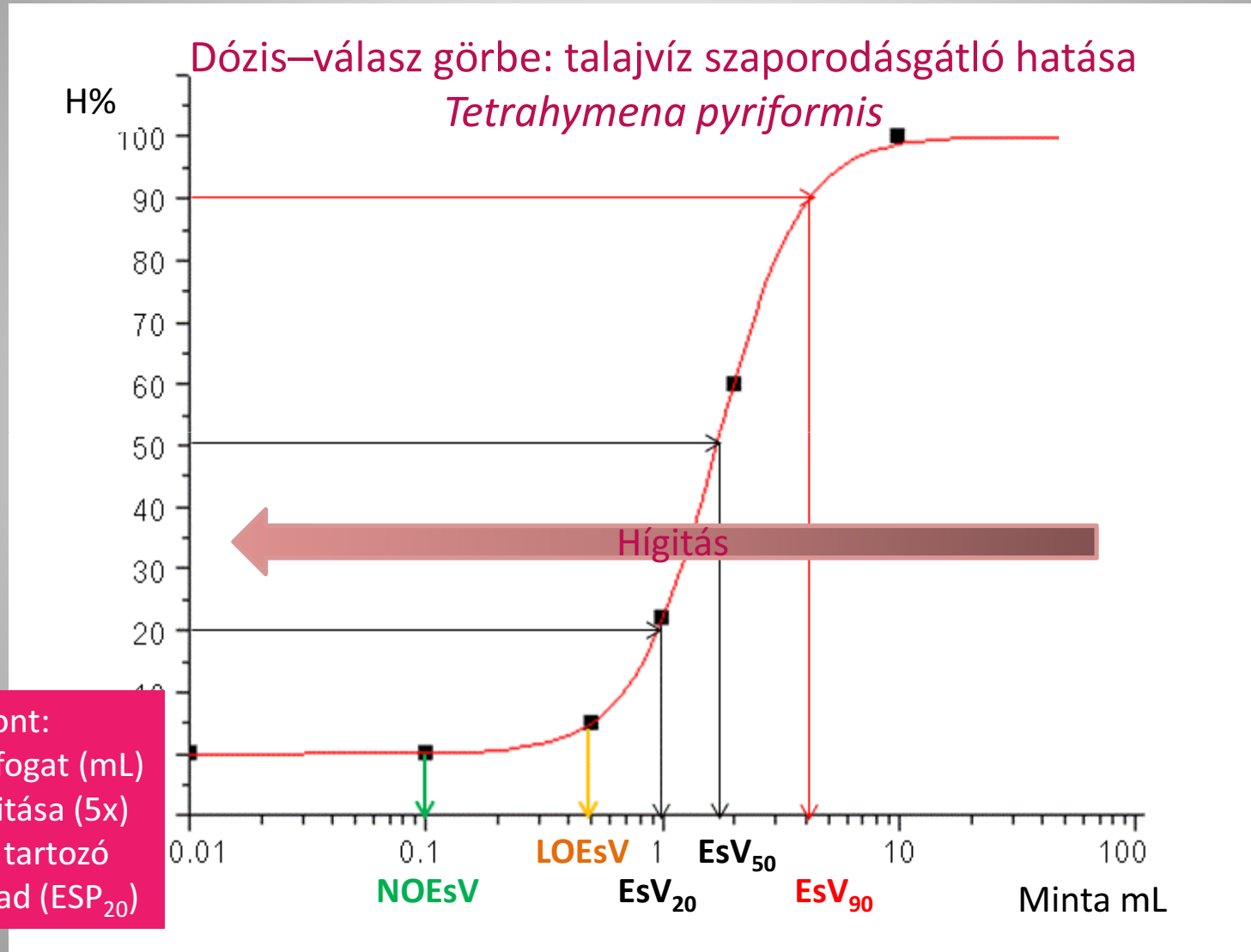
## Nehézségek:

- 'A környezeti minták mért toxicitása nem fejezhető ki koncentrációban, így
- nem illeszthető a kémiai megközelítésen alapuló kockázatmenedzsmentbe;
- Nem alkalmazhatóak a koncentrációban megadott határértékek és kritériumok.



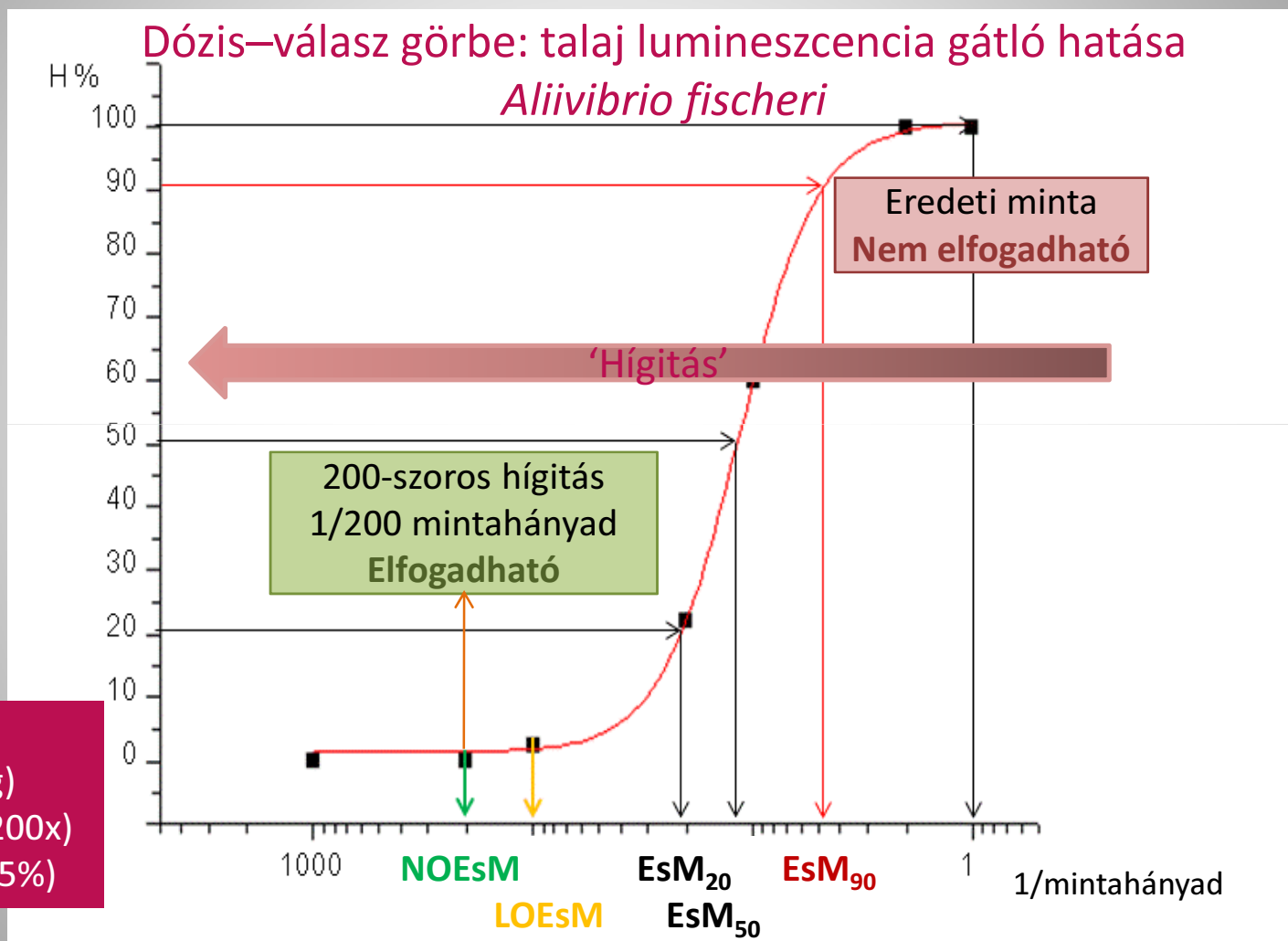
# Környezeti minták tesztelése

A gátlás mértéke a környezeti minta térfogatától függ



Károsan nem ható térfogat → Károsan nem ható mintahányad (ESP%) → RRR%

# Gátlási%–talajtömeg görbe és a végpontok



Károsan nem ható mennyiség → mintahányad → RRR

Cél = EsM<sub>20</sub> → csökkentés max. 20% gátlásra → toxicitás-csökkenés szükséges mértéke



# DTA értékelés, interpretáció és az eredmények felhasználása a kockázatmenedzsmentben

- Végpontok:** – Meghat. mértékű gátlást mutató minta-mennyiség (sM/sV)  
– Gátlást/káros hatást nem mutató minta-mennyiség (NOEsM, NOEsV)

**Az ökoszisztéma képviselése:** lehetőségek

- 3 vagy több tesztorganizmus legalább 3 trófikus szintről;
- A három reprezentáns átlaga vagy a legkisebb a három közül;
- Érzékenység-eloszlás (7 vagy több) tesztorganizmussal mérve;

- Toxicitási célérték:** – Átlag vagy legkisebb NOEsM  
– EsM<sub>5</sub> vagy EsM<sub>20</sub>  
– Eloszlási görbe bármelyik pontja.

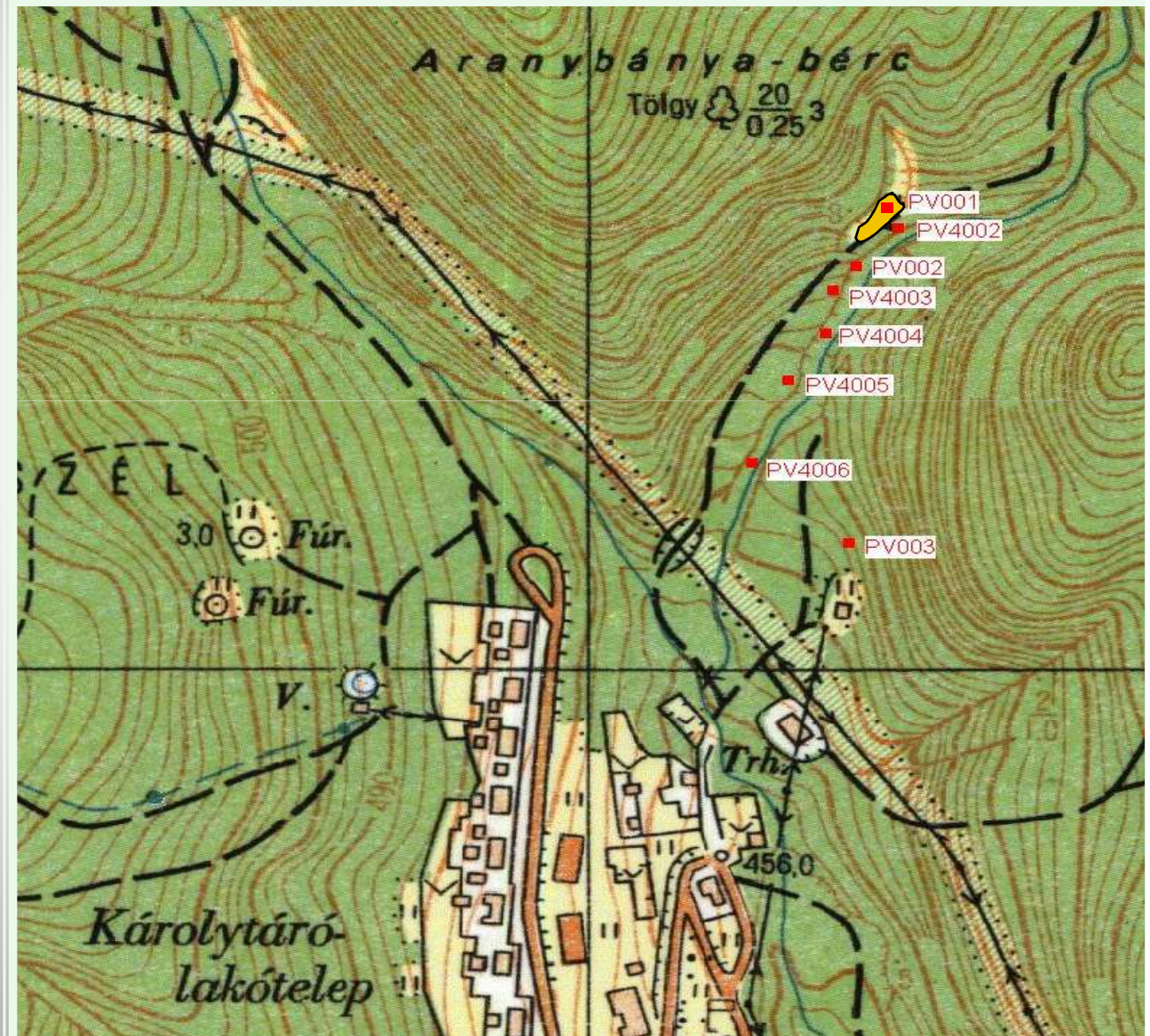
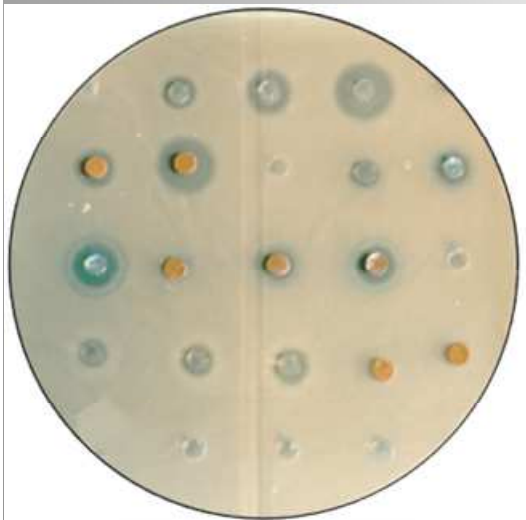
**RCR** = Risk Characterization Ratio = mért toxicitás/céltoxicitás.

**Kockázatfelmérés:** RCR = a mért toxicitás érték referenciához hasonlítva vagy a többletkockázat a célkockázathoz.

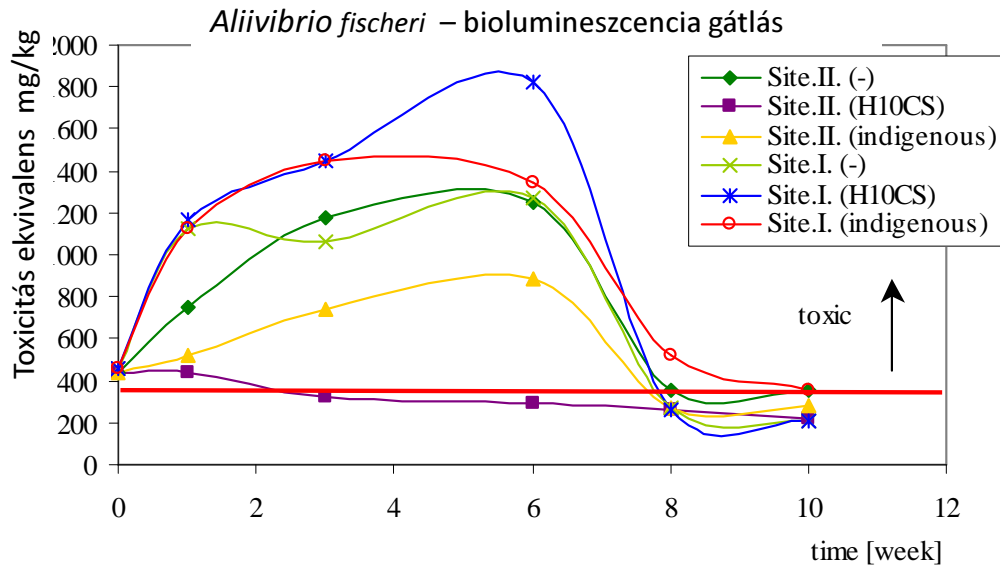
**Kockázat-haszon felmérés!**

**Kockázat csökkentés:** a többletkockázat, az RCR, ill. társ.-gazd. értékelés alapján.

# Térképezés DTA alapján

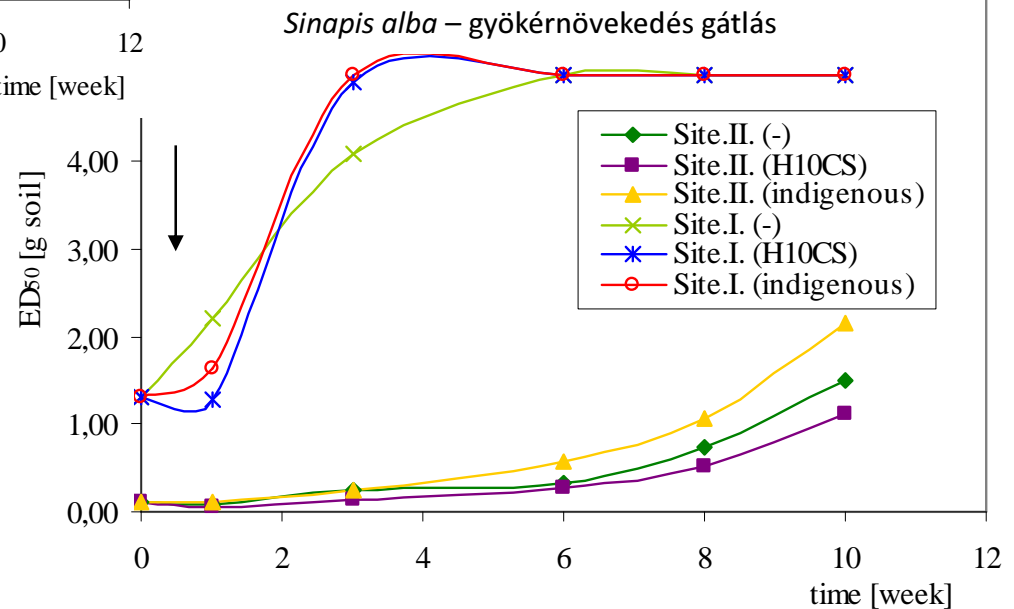
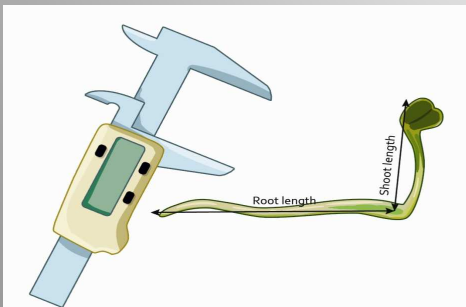


# Kőszénkátrányolajjal szennyezett talaj remediációjának követése DTA-val



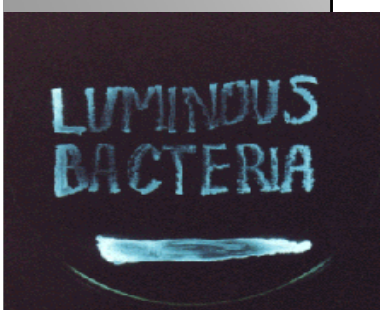
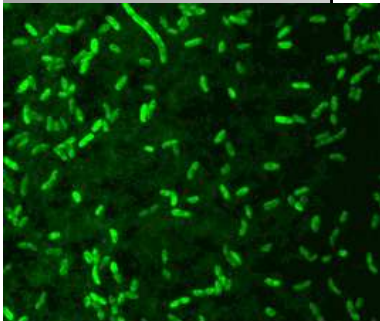
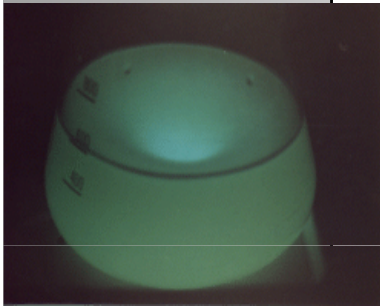
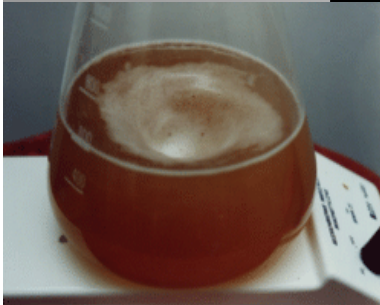
*Aliivibrio fischeri*  
biolumineszcencia gátlás  
bioremediáció során

*Sinapis alba*  
gyökernövekedés gátlás

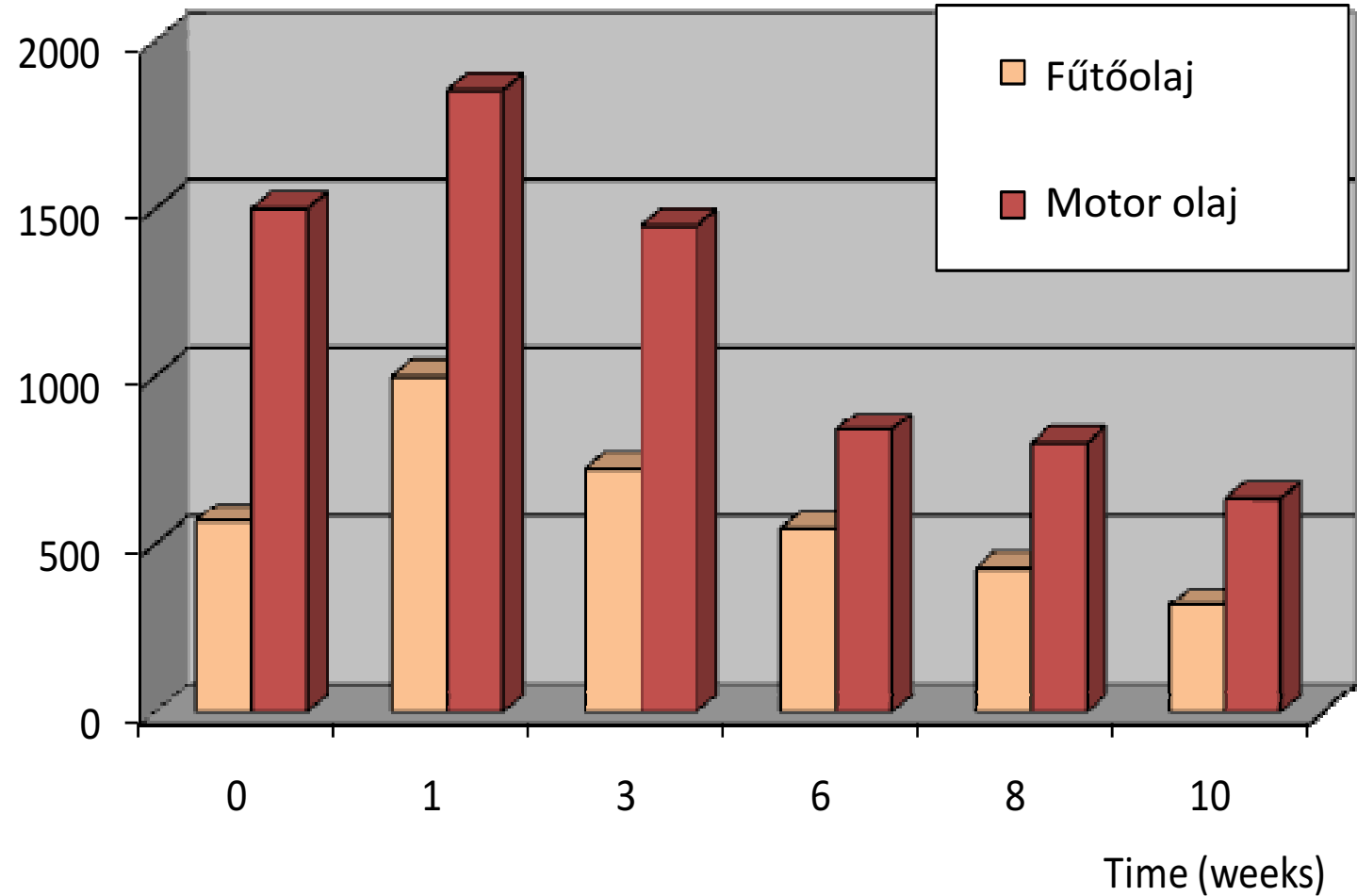




# Talajremediáció monitorozása

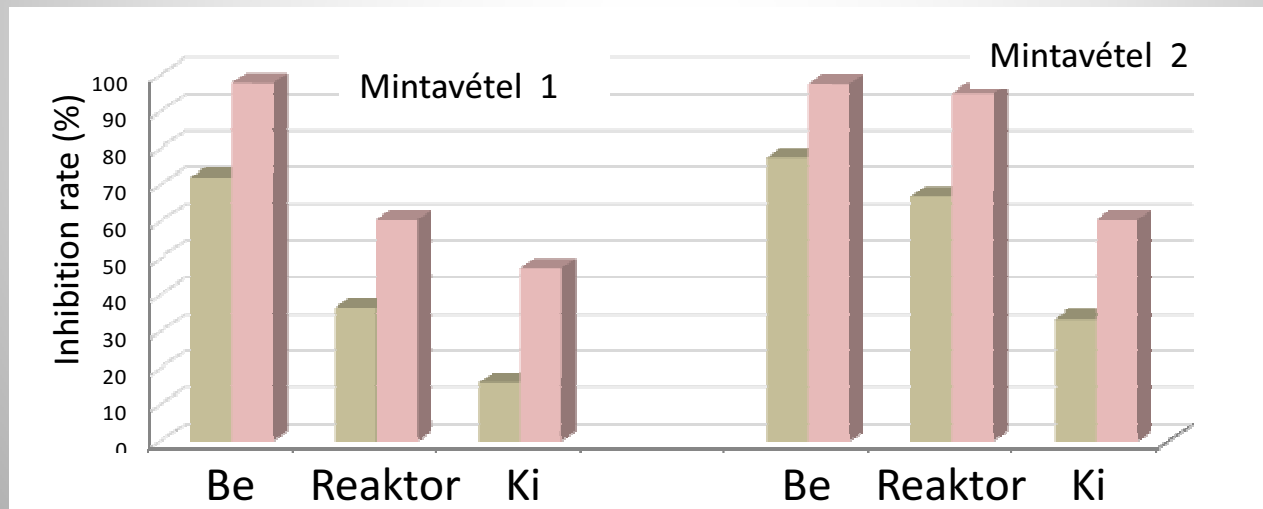


Toxicity  
(Equivalent  
mg/kg)



# Innovatív szennyvízkezelési technológia monitorozása

- 72 mikroszennyező anyagot azonosítottak (Helenkár et al., 2010);
  - 26 komponens kimutatási határhoz közel: eltávolítási hatások bizonytalan;
  - 20 komponens eltávolítása 95–100%-os volt;
  - 13 eltávolítása: 80–95%-os
  - 10 komponens nem bomlik, nem csökken;
  - 4-nél nagyobb koncentrációt mértek a kifolyóban mint a befolyóban.
- Akkor most vajon a befogadóba ereszthető a kezelt víz?



|                    | ESP (%) |    | RCR |     | RRR <sub>20</sub> |      |
|--------------------|---------|----|-----|-----|-------------------|------|
| Mintavétel (Ki)    | 1       | 2  | 1   | 2   | 1                 | 2    |
| Levélke szám       | 84      | 67 | 1.2 | 1.5 | 1.0x              | 1.2x |
| Klorofill tartalom | 53      | 40 | 1.9 | 2.5 | 1.5x              | 2x   |



# Mesterséges takaróréteg a vörösiszaptározón

Átlagminták a múltbéli takarórétegből  
Collembola a legérzékenyebb tesztorganizmus eredményei

| Minta | Collembola letalitás |  | Hatásos mintahányad (ESP)                        | Többlet kockázat                 |
|-------|----------------------|--|--|----------------------------------|
|       | Gátlás [%]           | 20% gátlást okozó mintatömeg: $LsM_{20}$ [g] | 20% gátlást okozó ESP: $LsM_{20} \times 100$ [%] | Hányszorosa a referencia ESP-nek |
| 1     | 70                   | 1,2  | 6  | 17                               |
| 2     | 68                   | 6,3  | 32   | 3                                |
| 3     | 13                   | >20  | >100   | <1.0                             |
| 4     | 28                   | 17,0   | 85   | 1.2                              |
| 5     | 23                   | 19,0   | 95   | 1.1                              |
| 6     | 40                   | 15   | 75   | 1.3                              |

Következő lépés: a pozitív minták további vizsgálata, kémiai analitikai eredményekkel való összehasonlítás

## Új mesterséges takaróréteg ellenőrzése DTA-val felhasználás előtt

| Talajminta | 20% gátlást okozó talajhányad<br>(ESP <sub>20</sub> %) |                            |                             | Átlag ESP <sub>20</sub><br>% | RCR                        |
|------------|--|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
|            | Lumineszcencia   | Növényi szár-<br>növekedés | Collem<br>bola<br>letalitás |                              | Minta SP/<br>referencia SP |
| 1          | 23   | 68                         | 5,5                         | 35                           | 3                          |
| 2          | 4  | 4,4                        | 3,5                         | 3,3                          | 30                         |
| 3          | >100   | 54                         | 38                          | 49                           | 2                          |
| 4          | >100   | 4,0                        | 2                           | 27                           | 4                          |
| 5          | 85   | >100                       | >100                        | 96                           | 1                          |
| 6          | >100   | >100                       | >100                        | 100                          | 1                          |
| 7          | 38   | 80                         | >100                        | 60                           | 2                          |
| 8          | 23   | 64                         | 2,5                         | 29                           | 3                          |
| 9          | 22   | 64                         | 9                           | 30                           | 3                          |
| 10         | 95   | >100                       | 90                          | 96                           | 1                          |
| 11         | 90   | 64                         | 50                          | 61                           | 2                          |
| 12         | >100   | >100                       | 85                          | 96                           | 1                          |

# DTA és kémiai analitikai (CA) eredmények összehasonlítása

| Talaj minta | Többletkockázat: RCR                |                                    |                                      |
|-------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
|             | DTA                                 | CA (EPH, PAH, M10)                 |                                      |
| Kód         | A cél EsD <sub>20</sub> hányszorosa | Az SQC <sub>ecol</sub> hányszorosa | Az SQC <sub>indust</sub> hányszorosa |
| 1           | 3                                   | 2                                  | <1                                   |
| 2           | 30                                  | 10                                 | 3                                    |
| 3           | 2                                   | 2                                  | <1                                   |
| 4           | 4                                   | 3                                  | 1.5                                  |
| 5           | 1                                   | 1                                  | <<1                                  |
| 6           | 1                                   | 1                                  | <<1                                  |
| 7           | 2                                   | 1                                  | <1                                   |
| 8           | 3                                   | 3                                  | 1.1                                  |
| 9           | 3                                   | 3                                  | 1.2                                  |
| 10          | 1                                   | 3                                  | 1.8                                  |
| 11          | 2                                   | 10                                 | 3.5                                  |
| 12          | 1                                   | 1                                  | <<1                                  |

## Interpretáció:

Egyetértés a DTA és a CA között:

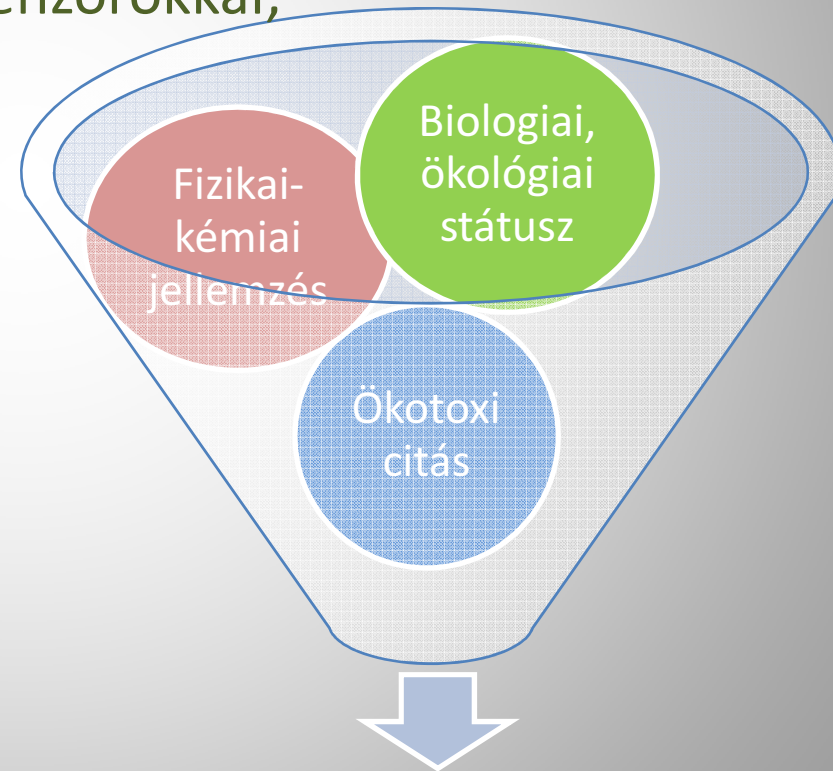
- mindkettő +
- mindkettő –

Ellentmondás DTA és CA között:

- DTA+/CA–: nem analizáltak;
- DTA–/CA+: nem toxikus, biológiailag nem hozzáférhető;

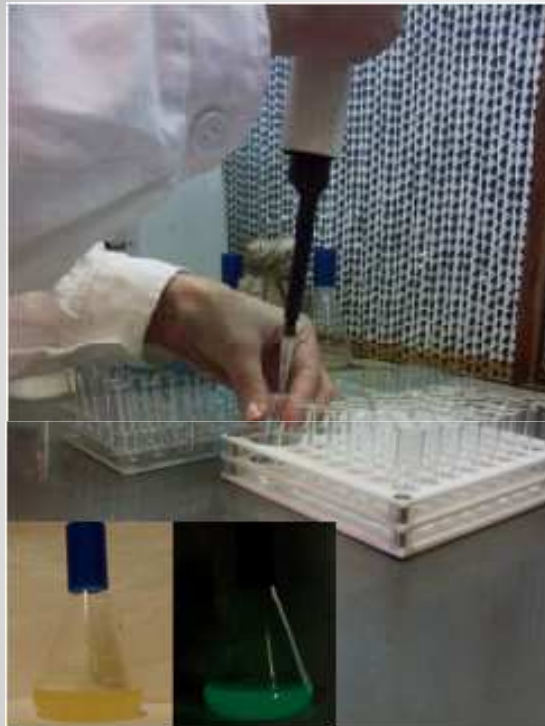
# DTA tipikus és hatékony alkalmazása

1. Nem célzott szűrővizsgálat: ismeretlen terület, bizonytalan szennyezőanyagok;
2. Célzott szűrés: ismert szennyezőanyag jellemző hatása, szennyezőanyag-specifikus bioszenzorokkal;
3. Negatív kémiai eredmények validálása;
4. Integrált értékelés: együttes toxicitás mérés, kémiai analízis és biológiai / ökológiai jellemzés.



# Hordozható luminometer *in situ* / on site mérésekhez

Terepen  
alkalmazható  
eszközök



MÖTT 2015



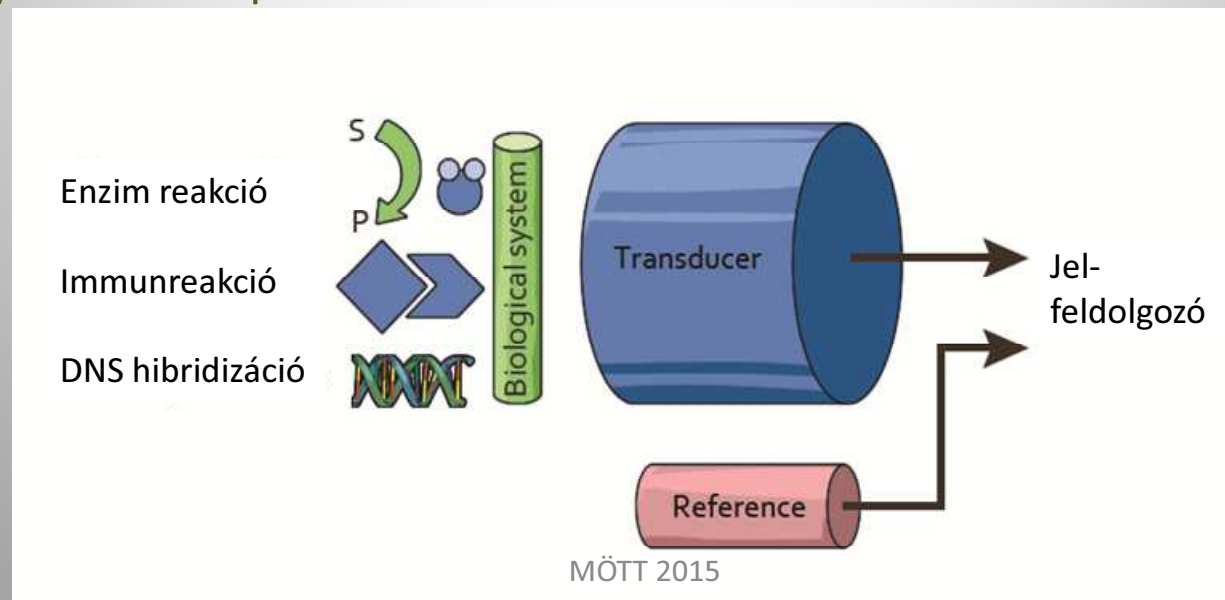


# *In situ*/valós idejű toxicitás-mérés

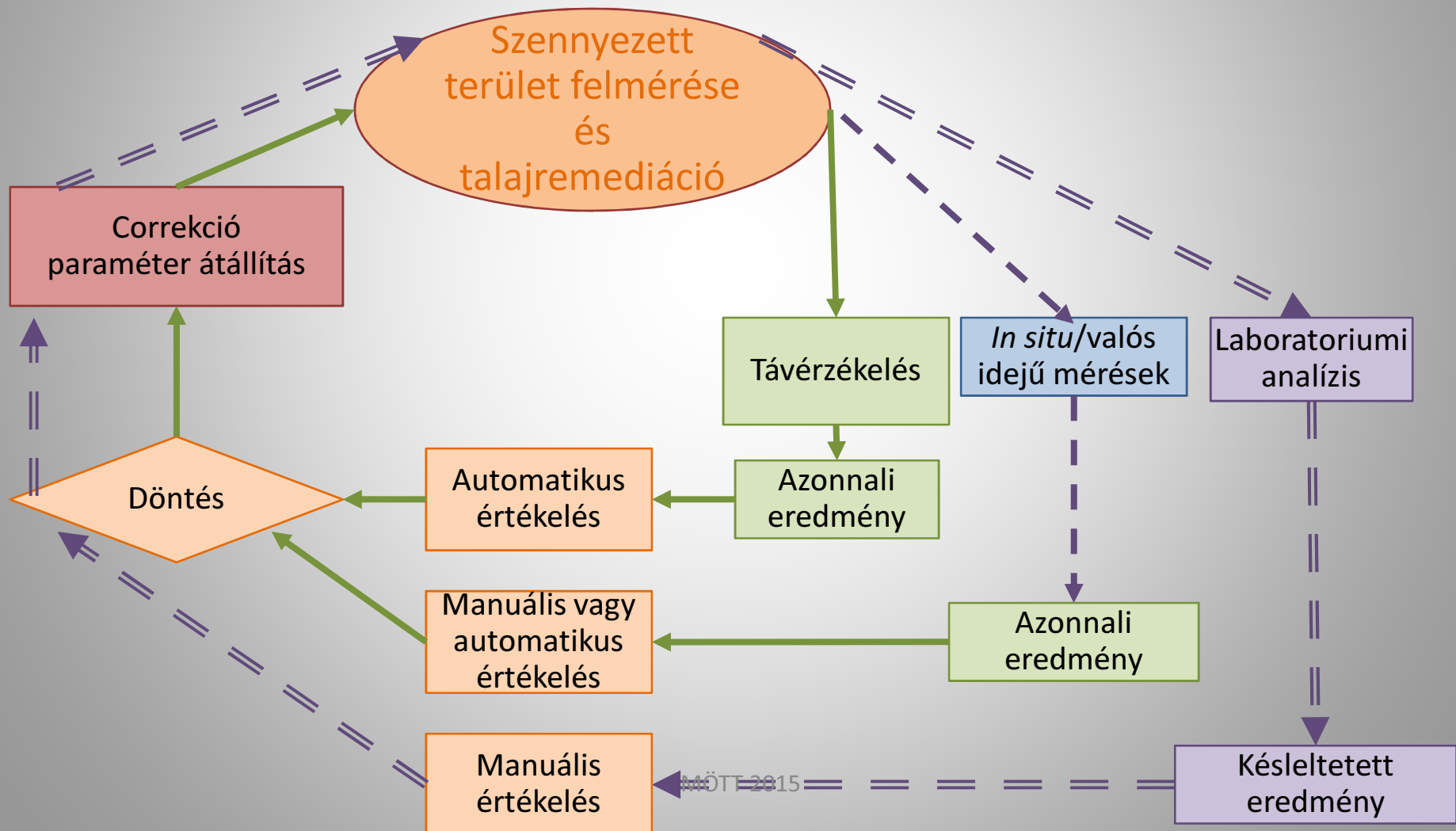
Szennyezett területek *in situ* felmérése nagyfokú flexibilitást eredményez a szabadföldi munkában. A valós-idejű toxicitás adatok pedig lehetővé teszik az automatizálást, a technológiák érzékeny szabályozását.

## *In situ* toxicitásmérés eszközei:

- Laboratóriumi tesztek hordozható változata, teszt készletek (kittek), tartósított tesztorganizmusok;
- Bioszenzorok microszenzorok a légzés, szennyezőanyag-specifikus biokémiai jelek, biospecifikus metabolitok;
- DNS és egyéb omikok pl. a biodiverzitás direkt tesztelésére.



# Biológiai válaszon alapuló környezetmetszment Laboratóriumi, *in situ* / valós idejű mérés és távérzékelés segítségével – összehasonlítás



# A DTA előnyei és a bizonytalanságok

**Előnyös**, mert anélkül is jellemzi a környezeti minták káros hatását / kockázatát, hogy azonosítani kéne a szennyezőanyagokat és a kölcsönhatásokat. Negatív minták!!!

**Alkalmazás:** – A módszerek és eszközök elérhetőek;

- Az értékelés és az eredmények interpretálása még nincs eléggé megalapozva;
- Az eredmény közvetlenül használhatja a kockázatmenedzsment és döntéshozatal;
- Toxicitáson alapuló határértékek és az ekvivalens toxicitás érték segítségével a mechanikusan gondolkodó szakemberek is tudják alkalmazni.

**Mérés és értékelés:**

- Mérhető a gátlási %, vagy a dózis–válasz összefüggés;
- Egy vagy több faj is alkalmazható párhuzamosan;
- Több fajt alkalmazó tesztek és mikrokozmoszok is alkalmazhatóak.

**Bizonytalanságok:**

- A környezet változékonyságából adódó és a mintavétel szórása;
- A módszerek bizonytalanságai: kevés DTA tesztmódszer van szabványosítva;
- Az interpretáció és a megértés bizonytalanságai.

**Statisztikai értékelés:**

- Hipotézis tesztelés használható a NOESV/NOEsM meghatározására;
- Regressziós módszerek az  $EsM_5$ ,  $EsM_{20}$ ,  $EsM_{50}$  értékek meghatározásához.

Köszönöm a figyelmet!

