

Talaj/talajvíz védelem

IX.

- Talaj és talajvíz szennyezés
környezeti és
humánegészségügyi
kockázata



Környezeti kockázat becslés



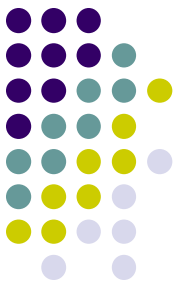
Célja: A környezetbe jutó vegyi anyagok ökoszisztémára (emberre) gyakorolt kockázatának nagyságát mérőszámmal jellemezni.

- Ez nyújt alapot a gyakorlati **környezetvédelemhez**, pl. az alkalmazandó **remediálási technológia** kiválasztásához, határérték kialakításhoz.

A kockázat mérőszámmal való jellemzéséhez **szükséges adat:**

- Környezeti koncentráció
- Környezeti hatás (csak közelítő számítással adható meg)

Kockázat felmérés lépcsőzetes elve



1. Leíró, *kvalitatív kockázatbecslés* (Pl. a leíró kockázatbecslések szövegesen értékelik a kockázati tényezőket)
2. A kockázatbecsléseket *kvantitatív, de általános kockázatfelmérés* követi, amely standardizált expozíciós körülményekre vonatkozóan készül.

Kockázat felmérés lépcsőzetes elve foly.

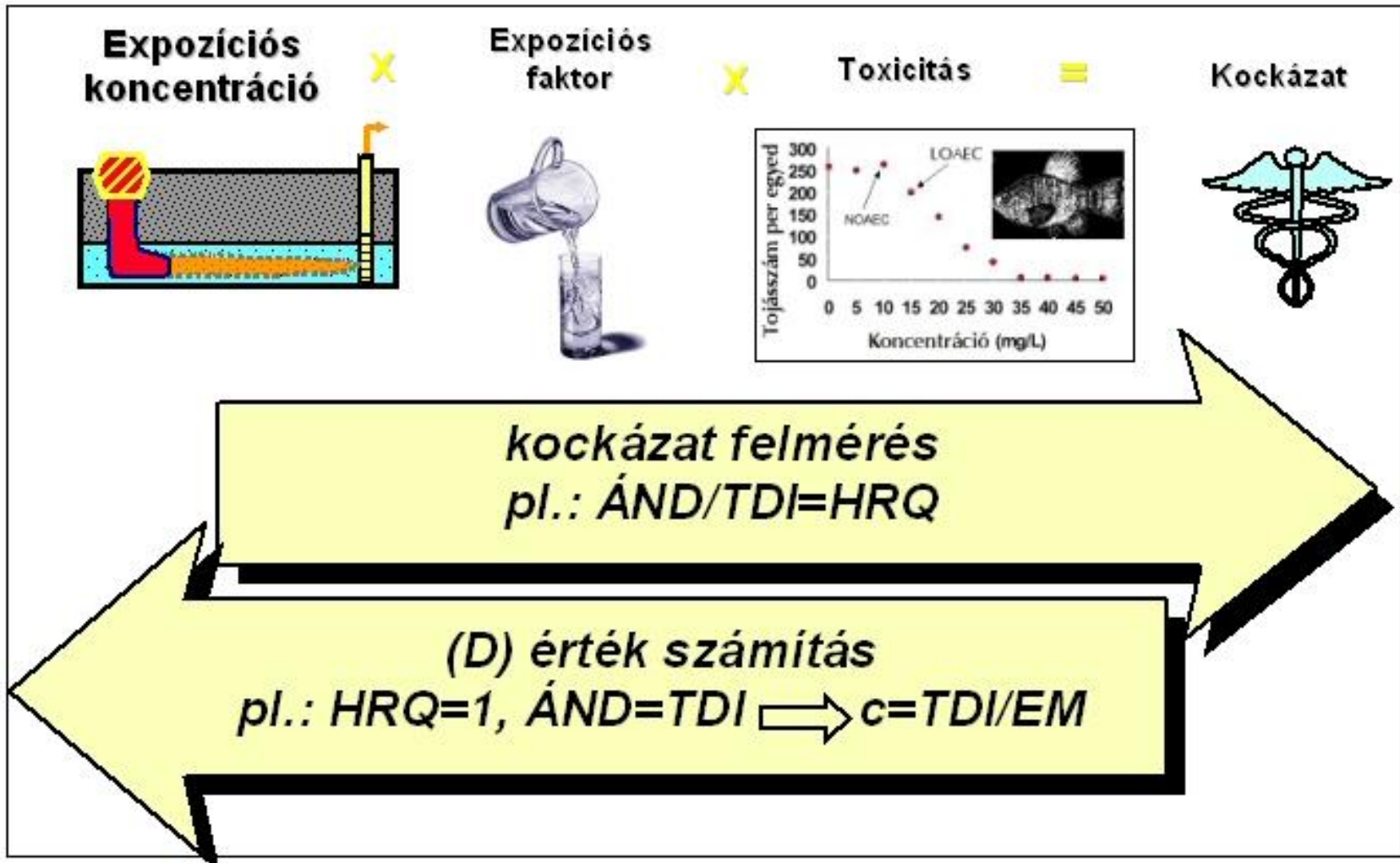
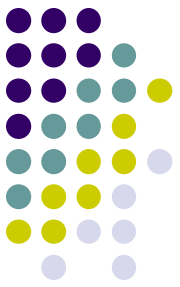
3. *Kvantitatív, hely-specifikus kockázatfelmérést*

Ehhez **hely-specifikus vizsgálatokat** kell végezni. Gyakorlati szempontból a számításokat kétféle módon végzik.

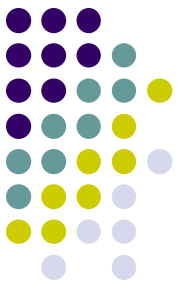
- Az **“Előre haladó számítás”** során a környezeti elemekben mért szennyezettségből kiindulva határozzák meg a **kockázati szintet** az expozíció helyén a hatásviselőre.
- A **“Visszafelé haladó”** számítással a hatásviselőnél a megengedhető kockázati szintből – és az ehhez tartozó tolerálható kockázatos anyag koncentrációjából – számítják ki a **szennyező forrásnál megengedhető kockázatos anyag koncentrációját (mentesítési célérték: D érték).**



A kockázatelemzés és a kockázati alapú célkoncentráció-képzés



A mennyiségi kockázatbecslés során figyelembe veendő hatásviselők:



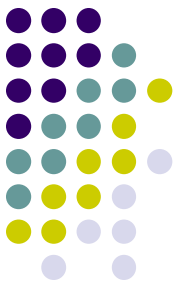
- az emberek,
 - az ökoszisztéma,
 - az épített környezet,
 - a vízbázisok.
-
- A kockázat felmérések általában humán egészségügy centrikusak.

Négy fázisra osztjuk az emberi egészségkockázat számítását.



- A **veszély azonosítása (1)**, az adatgyűjtés és a kémiai analitika fázisaiban a szennyezett területet jellemzik úgy, hogy meghatározzák a kockázatos anyagok koncentrációját és kiterjedését a környezeti elemekben. Ebben a fázisban a területhasználatok és a releváns humán hatásviselők azonosítását is el kell végezni.
- A **kitettség (expozíció) felmérésekor (2)** a mért vagy becsült környezeti koncentrációk felhasználásával az **előre jelezhető átlagos napi szennyezőanyag bevitelt/dózist** határozzák meg, azon emberi populációra, amelynek expozíciója valószínű.
- A **hatás (dózis-válasz összefüggés) vizsgálatokor (3)** az egyes szennyezőanyag dózisokra **toxikológiai kísérletek eredményei alapján határozzák meg a hatásviselők által adott választ (halál, stb.). Megadják a károsan még nem ható dózisokat**, valamint a daganatképződés kockázatát leíró mennyiségeket.
- Végül a **kockázat felmérésekor (4)** összevetik a kitettség-felmérés és dózis-válasz vizsgálatok eredményeként kapott dózisokat, és megállapítják, hogy a számított kockázat milyen mértékű.

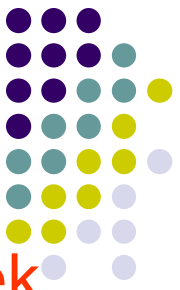
Egy anyag veszélyességének azonosítása:



Két véglet:

- **A/ az adott anyag egy-egy fizikai (pl. robbanásveszély), vagy kémiai (pl. maró hatás), vagy biológiai (pl. heveny mérgezőképesség) tulajdonsága alapján osztályoz. → DE a veszélyesség nem azonos a vegyi anyag egy-egy tulajdonságával.**
- **B/ meg kell határozni az adott anyag környezetben való viselkedését, lebomlását, átalakulását, a környezeti közegek közti mozgását, kötődést stb., majd összevetni a környezetben várható koncentrációt az élőlényekre már káros hatást gyakorló koncentrációval-> tudományos és körülményes.**

Keverékek kockázata



- Pl. ásványolaj típusú szénhidrogén szennyezettsegek kockázatfelmérése
- a szennyező szénhidrogén típusától (pl. kőolaj vagy benzin) függően több száz vegyi anyag különböző arányú keveréke együttesen alakítja ki a mérgező vagy daganatképző hatást
- A teljes/összes ásványolaj szénhidrogén szennyezetttség (TPH) mérése önmagában nem elegendő a szénhidrogén szennyezés okozta kockázat becsléséhez
- a TPH koncentráció semmilyen információt nem ad a szénhidrogén elegy összetételéről, az elegyet alkotó egyes vegyületek arányáról (pl. az olyan egyedi alkotókról, mint a benzol, BTEX, PAH, alifások).

Keverékek kockázata

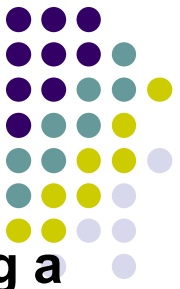


Három alapvető megközelítés létezik, amelyet a keverékek (pl. TPH) szennyezettség egészségkockázat becslésére használnak.

- A legáltalánosabban használt megközelítés az **“indikátor” módszer**. Ez az eljárás feltételezi, hogy a TPH várható kockázati szintjét **kisszámú indikátor vegyülettel** (pl. BTEX, PAH-ok, stb.) lehet jellemezni.
- A **“helyettesítő” módszer** azt feltételezi, hogy a TPH-t **egyetlen helyettesítő vegyülettel** (pl. benzollal) lehet jellemezni. Ez az eljárás azonban **túlértékelheti** a tényleges kockázatot.
- A **“helyettesítő”** eljárás egyik változata a **“teljes termék” módszer**, amelyben a teljes TPH-t olyan frakciókra (aromás és alifás) osztják föl, amelyek toxicitási és mobilitási tulajdonságai hasonlóak.

A leggyakrabban alkalmazott **kompromisszumos megoldás a fenti módszerek ötvözete**. Vagyis a daganatképző hatást az **“indikátor”** (pl. benzol és PAH-ok) módszer alapján becslik, míg a nem-karcinogén kockázatot a **“teljes termék”** módszerrel jelzik előre.

A TPH szennyezés kockázata tehát az egyes csoportok vagy frakciók egyedi kockázatának összegzéséből adódik!



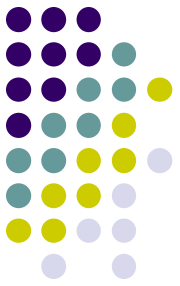
Talajba kerülő szennyező anyag veszélyességének megítélése: „relatív veszélyesség”

A veszélyesség abszolút értékben nehezen kifejezhető, meghatározása körülményes. Gyakran van azonban szükség a relatív veszélyesség megállapítására, több anyag veszélyesség szerinti rangsorolására. Az egyes tulajdonságokhoz rendelt pontszámokat összeadva ill. összeszorozva kialakítható az adott anyagot jellemző szám, ami a prioritásokat könnyen meghatározza:

$$\text{Veszélyesség} = (\text{fiz.kém} + \text{tox} + \text{ökotox}) * Q * BC * PoP * P * D,$$

ahol

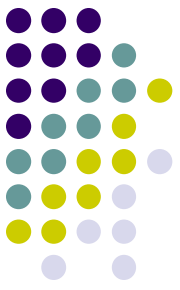
- Fiz.kém a fizikai kémiai tulajdonságok
- Tox toxikológiai tulajdonságok*
- Ökotox ökotoxikológiai tulajdonságok**
- Q gyártott/forgalomban lévő mennyiség
- BC biológiai felhalmozódás (kumuláció, biokoncentráció)
- PoP kockáztatott populáció nagysága
- P perzisztencia
- D az expozíció lehetséges formái***



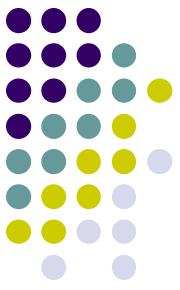
*: Toxikológiai mutatók:

- **Heveny toxicitás**
- **Irritáló hatás**
- **Maró hatás**
- **Allergizáló hatás**
- **Mutagenitás**
- **Karcinogenitás**
- **Reprodukciós toxicitás.**

** : Ökotoxikológiai tulajdonságok vizsgálata lehet



- **egyed szintjén** (egyed élettani viselkedése, növekedése, pusztulása)
- **populáció szintjén** (szaporodás, egyed sűrűség és eloszlás)
- **társulás szintjén** (fajszám, fajok közötti kapcsolatok, indikátor fajok jelenléte stb.)
- **ökoszisztéma szintjén** (a rendszer egészének anyag- és energia forgalma áll a vizsgálat középpontjában).



***: Környezeti expozíció:

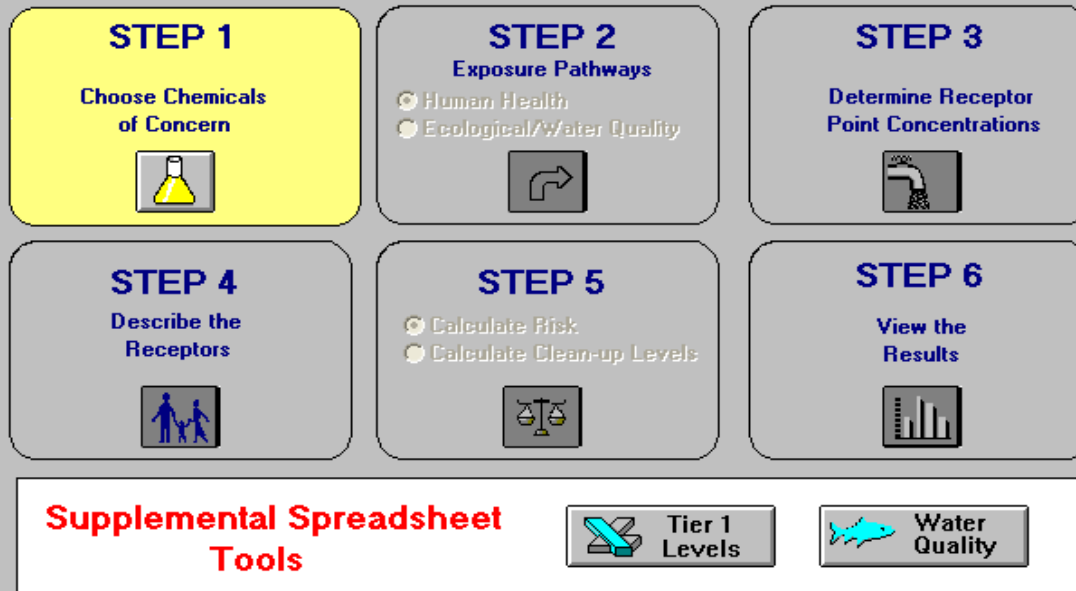
- Az **expozíció** a szervezet és valamely vegyi anyag kapcsolataként, kontaktusaként definiálható. **A célszervezet akkor tekinthető exponáltnak, ha az anyag átjut a környezet/szervezet határán.**

Expozíció meghatározása három módon történhet:

- biológiai mintákból, szövetekből történő kémiai analitikai kimutatás
- a levegő, víz, talaj és élelmiszerek környezeti monitorozásával, szennyezettségi szintek mérésével
- a vegyi anyag a szennyezőforrástól a célszervezetig megtett útjának vizsgálatával, modellezésével. (HESP modell: Human exposure to soil pollutants, **RISC modell**)

RISC 4.0

Complete the Steps Shown Below to Perform a Risk Analysis



Egyes területhasználatoknál figyelembe vett expozíciók

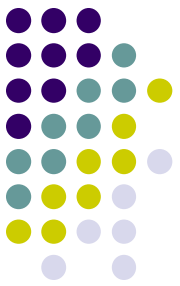


Területhasználat / Expozíció	A talaj lenyelése	Belégzéses felvétel (szennyezett por)	Bőrön keresztüli felvétel
Játszóterek	×	×	×
Lakóövezet	×	×	×
Park és üdülőterület	×	×	×
Ipari- /kereskedelmi övezet		×	



A kockázat értékek kiszámítása

	Kitettség oldal	Hatás oldal	Humán	Ökológiai
			kockázat	
<i>Rákkeltő vegyi anyagokra</i>	ÁND: átlagos napi dózis	SF: A rákkeltő potenciál meredekségi tényezője	CR= ÁND × SF	
<i>Nem rákkeltő vegyi anyagokra</i>	ÁND	TDI : tolerálható napi bevitel	HRQ= ÁND / TDI	
	PEC	PNEC		ERQ= PEC / PNEC

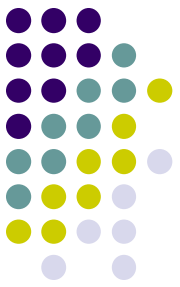


Jelölések:

- \overline{AND} =Átlagos napi dózis (bevétel) [$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{nap})$]
- PEC =Előre jelezhető környezeti koncentráció [mg/l , mg/kg , mg/m^3]
- C =Belégzési koncentráció [mg/m^3]
- TDI =Tolerálható napi bevétel [$\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{nap})$]
- PNEC =Előre jelezhetően még károsan nem ható koncentráció [mg/l , mg/kg , mg/m^3]
- SF =A rákkeltő potenciál meredekségi tényezője [$1/(\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{nap})$]
- HRQ, ERQ =Kockázati hányados [-]
- CR =Daganatkockázat [-]
- EM= expozíciós szorzó, vagy összegzett beviteli gyakoriság

Kockázati hányados (Risk quotient) = RQ

$$RQ = PEC/PNEC$$



Ahol

- **PEC: vegyi anyag előre jelezhető koncentráció (Predicted Environmental Concentration)**
- **PNEC: Ökoszisztémát károsan nem befolyásoló előre jelezhető konc. (Predicted No Effect Conc.)**

RQ < 0.01 -> elhanyagolható kockázat

RQ=0.01-0.1 kicsi kockázat

RQ = 0.1-1.0 -> mérsékelt kockázat

RQ = 1 –10 -> nagy kockázat

RQ>10 igen nagy kockázat

Tolerálható kockázati szintek



Elfogadható kockázati szintként a humán kockázatok értékelésekor javasolt az igen szigorú

- **10^{-4} - 10^{-6} rák kockázatnövekmény (CR)** illetve
- **HRQ=1 értéket figyelembe venni**, míg
- **ökológiai kockázatok értékelésekor javasolt az ERQ=1 arány alkalmazása.**

A 10^{-6} rák számított kockázati érték azt fejezi ki, hogy egymillió ember közül egy esetben valószínűsíthető, hogy rákos megbetegedése az adott vegyi expozícióra vezethető vissza.

Kockázat jellemzése



Környezetbe került vegyi anyag kockázatának becslésénél figyelembe kell venni:

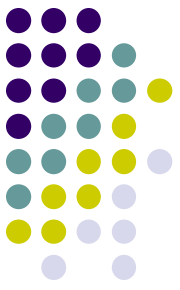
- **Átlagos kibocsátás**
- **Terjedés (a vegyi anyag potenciális forrásától a lehetséges terjedési utakon végig menve hogy jutunk el a kockázat tárgyáig, figyelembe véve a terjedés sebességét, hígulás stb.)**
- **Környezet jellemzése (talaj fizikai, kémiai tulajd., k tényező, talajvíz mélysége, áramlási irányok, klíma, uralkodó szél iránya, csapadék, hőm., területhasználatstb.)**
- **Átl. Fogyasztás**
- **Vegyi anyag fiz., kémiai, biol. tulajdonságai.**

A kockázat becslésekor előforduló hibalehetőségek:



- A szennyeződés gyakran ún. **vegyes szennyeződés**. Elvi lehetőség minden komponens egyedi kockázatának becslésére, DE analizálni a prioritást élvező, toxikusságukról ismert ún. **Fekete listás komponenseket** szokták. Ezen elemek, vegyületek a vegyes szennyeződést tartalmazó hulladékok, szennyezett talajok, szennyvíziszapok esetén mindössze 20 %-át teszik ki a lehetséges szennyezőknek.
- **Ökotoxikológiai kockázat** ill. hatás becslése nehéz, hiszen az ökológiai közösség egyes tagjai, fajai háttérbe szorulnak, kipusztulhatnak, mások ugyanakkor előnyhöz jutnak (tág és szűktűrésű fajok), felborul az ökoszisztéma egyensúlya.

Ökotoxikológiai tesztrendszer PNEC meghatározáshoz



A szennyezett területek ökológiai kockázatfelmérésével kapcsolatban az egyik legfontosabb feladat standardizált, nemzetközileg is elfogadott ökotoxikológiai tesztek kidolgozása, hasonlóan az új vegyi anyagok kockázatfelmérése során alkalmazott eljárásokhoz.

Jelenleg kevés ilyen eljárás áll rendelkezésre.

A legtöbb standardizált ökotoxikológiai teszt vízi környezetre vonatkozik, a szárazföldi tesztszervezetek használata még nem elterjedt.

Az ökológiai kockázatfelmérés egyik legnagyobb feladata az, hogy meghatározza az EU-ban használt, több mint százezer vegyületnél a szárazföldi élőlényekre vonatkozó, várható kockázatokat.

Az ökotoxikológiai hatás vizsgálatának módszerei

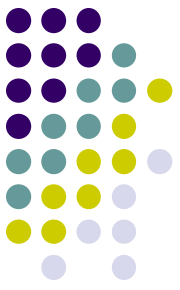


- **Bioindikáció** (a vizsgált ökológiai rendszer legérzékenyebb tagjának megléte v. nem léte)
- **Biomonitoring** (monitor szervezetekben lejátszódó változások nyomon követése)
- **Biotesztek** (teszt organizmus válaszának tanulmányozása toxikus anyag tartalmú környezeti mintára)

A vizsgálat irányulhat rövid idejű un. akut toxicitás kimutatására, vagy krónikus hatás vizsgálatára.

Rövid idejű, un. akut toxicitás vizsgálatára bevezették az LC50 (lethal concentration 50) használatát: az a dózis, konc., amelynél a kísérleti egyedek 50 %-a elpusztul.

Tesztek mikroorganizmusokkal



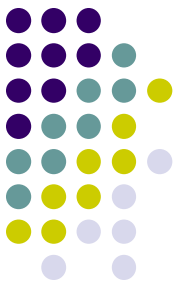
- A talajbiomassza több, mint 2/3-át mikroorganizmusok alkotják, melyek a talaj toxikus vegyi anyagainak lebontásában jelentős szerepet töltenek be.
- Egy felszín alatti szennyezettség teljes talaj mikroflórára gyakorolt hatását nem egyszerű meghatározni, hiszen az egyes mikroba fajok visszaszorulása mellett más fajok előtérbe kerülhetnek anélkül, hogy a talaj általános funkciói kárt szenvednének. DE a talaj mikroorganizmusainak változatosságbeli (faji diverzitás) csökkenése azt eredményezheti, hogy a “talaj egésze” nem lesz képes tolerálni a további kémiai stresszt.
- A vegyi anyagok mikroflórára gyakorolt hatását a gyakorlatban több eltérő vizsgálati végponttal követik. Ilyenek a szén-dioxid termelődés vagy az enzimaktivitás (dehidrogenáz, foszfatáz) változása.
- Igen fontos olyan mikroorganizmusok és vizsgálati végpontok kiválasztása, melyek érzékenyek a kémiai stresszre. Például az ammónium oxidációért felelős nitrifikáló baktériumot érzékeny tesztstrategetnek tekintik.

Tesztek növényekkel

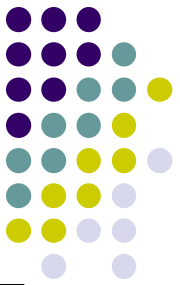


- A talajban található **növényi gyökerek hatalmas, biológiailag aktív felületet jelentenek**. A növényekkel végzett tesztek széles skálája áll rendelkezésre vegyi anyagok hatásának vizsgálatára.
- A vizsgálatokhoz ajánlott fajok köre jól definiált, amelyek **általában gyors növekedésűek** (pl. káposzta, bab, zsálya, saláta, repce) és **nem mutatnak jelentős életmódbeli és genetikai változatosságot**.
- A növényi testszervezeteknél a leggyakoribb **vizsgálati végpont a gyökérnek, valamint a csírázásnak és a föld feletti részek növekedésének vizsgálata**.
- Igen fontos olyan vizsgálatok kidolgozása is, melyek egy vagy több krónikus teszt segítségével **a növények teljes életciklusára vonatkozóan adják meg az ökotoxicitás mértékét**. A vadmustár egyik alfajánál a 35 napos **“magtól-magig” életciklus** alatt mind a vegetatív és virágos, mind a reprodukzív (csírázás, magzás) fázisban vizsgálható a toxikus hatás.

Talajfauna tesztek



- A talajfauna kifejezés élőlények széles skáláját takarja. Ezen élőlények expozíciójának mértéke pedig éppen a **különböző élettani, életmódbeli tulajdonságaik** és táplálékláncbeli helyük miatt jelentősen eltérő lehet.
- Például a **nematodák (fonalférgesek) főként a pórusvízben élnek**, így a talajszemcsékkel gyakorlatilag csekély mértékben érintkeznek.
- Ezzel szemben a **földigiliszta nagy mennyiségű talajt nyel le**, mellyel a talajhoz kötött szennyezőanyagokat közvetlenül felveszi.
- Néhány rovarnak puha kültakarója van, míg másoknak kemény kitinpáncélja van, amely a vízoldható szennyezőanyagok közül többet visszatart bőrkontaktus során.
- Sok gerinctelen állat soha nem hagyja el a talajt, más fajok a felszínen táplálkoznak de a talajban fejlődnek ki, míg megint mások a felszín feletti növényzeten élnek, ezáltal csak indirekt módon érintkeznek a talaj szennyezettségével.

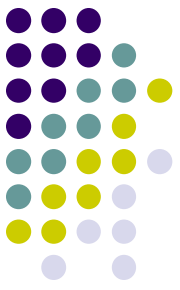


- Gyakran alkalmazott **tesztorganizmusok** a **földigiliszta** és a szintén talajlakó **ugróvillások** (*Collembola*), melyekre különféle célokra szabványosított tesztrendszerek állnak rendelkezésre.
- Az OECD (207), az ISO (11268-1) és az EU (TM C.8) által is szabványosított, földigilisztára vonatkozó akut toxikológiai vizsgálat nemzetközileg is elfogadott.
- A **pórusvízben élő protozoák és fonalférgek** szintén érzékeny és gyakran használt tesztorganizmusok, de ezen élőlényekre nem állnak rendelkezésre szabványosított tesztek.



Collembolák - ugróvillások

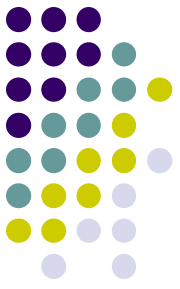




- **BIOAKKUMULÁCIÓ:** környezetből (talaj/talajvíz) való szennyezék felvétel nettó eredménye (az organizmus által felvett és leadott érték különbsége)
- **BIOAKKUMULÁCIÓS FAKTOR (BCF):** az organizmusban mérhető konc. és a környezeti elemben (talaj/talajvíz) mérhető szennyező konc. aránya:

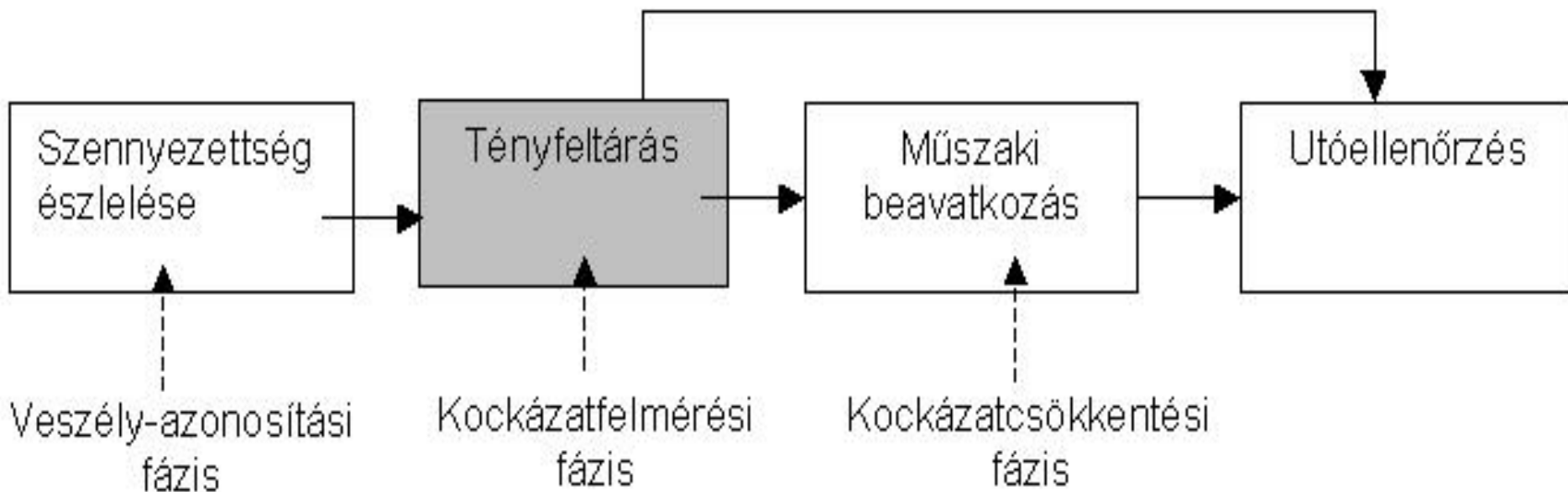
$$BCF_{\text{növény}} = C_{\text{növény}} / C_{\text{talaj}}$$

Szennyezett terület kockázat felmérésének lépései



- **Veszélyforrás azonosítása, veszélyes anyag mennyiségének becslése**
- **Veszélyt jelentő anyag fizikai, kémiai, biol. jellemzése**
- **Környezetbe kerülés módjainak feltárása**
- **Környezet, környezeti elemek jellemzése**
- **Terjedési útvonalak feltárása, terjedés modellezése**
- **Környezeti konc. felmérése, hely és idő szerinti eloszlás jellemzése**
- **Vegyí anyag lehetséges hatásainak megismerése (irodalom, tesztek)**
- **Kockázat megítélése, jellemzése, kvantitatív kockázat felmérés.**

A „magyar módszer”



- A mennyiségi kockázatelemzés alkalmazásának **szükséges előfeltétele a szennyezett terület részletes feltérési eredményeinek ismerete**, amelyben a 10/2000. (VI. 2.) KöM–EüM–FVM–KHVM együttes rendelet (B) szennyezettségi határértékeit figyelembe véve a szennyezettség lehatárolása megtörtént.

Új!!! 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet



- A kockázatfelmérés módszere kiemelt fontosságúnak tekinti és úgy is kezeli a **humán kockázatokat** és azok értékelését, de az eljárás védendő értéként, hatásviselőként kezeli az **emberi egészségen kívül az ökoszisztémát és a felszín alatti vizet is.**
- A hatásviselők kitettségének (expozíciójának) mértékét az expozíció helyére és időtartamára vonatkozóan mérni kell, vagy számítással becsülni.

- *Amennyiben tényleges receptor nem, vagy csak a szennyezettség forrásától nagy távolságban lelhető fel, elvileg előállhatna az az eset, hogy “hagyományos” kockázati megközelítéssel élve a felszín alatti víz és földtani közeg jelentős volumenű elszennyeződése is tolerálhatóvá válna.*
- Ennek elkerülése érdekében, szem előtt tartva a hazai vízföldtani sajátosságokat, a kockázatelemzés során **megfelelőségi pontokat kell alkalmazni**. A felvett megfelelelőségi pontban pedig teljesíteni kell a kívánatos vízminőségi (pl. ivóvíz, felszín alatti víz (A) vagy (B) érték) kritériumot.
- *A megfelelelőségi pontok alkalmazásával biztosítható, hogy ne csak a tényleges hatásviselő (ember) esetlegesen nagy távolságban történő elhelyezkedése határozza meg a kockázatos anyagok migrációjának földrajzi kereteit.*





A **megfelelőségi pont helyét** tehát úgy kell megválasztani, hogy az alábbi szempontok teljesüljenek:

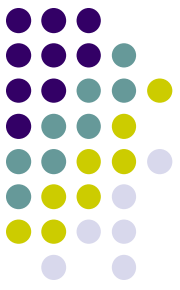
- **a szennyezettség ne tevődjön át a szennyezett közegről másik környezeti elemre,**
- **a szennyezőanyagok terjedését korlátok között kell tartani, vagyis a szennyezetlen környezeti közegek elszennyeződése nem megengedett.**

- A nem természetes eredetű, tehát emberi tevékenységhez kapcsolható szennyezettségek jellemzően **felszíni, illetve felszín-közeli eredetűek**. A talajba jutott szennyezőanyagok – a csapadék beszivárgásával – **elsősorban lefelé terjednek**, vagyis az esetek döntő többségében, a háromfázisú zónán keresztül leszivárgó vizek a szennyezőanyagokat kioldják, majd a talajvizet elérve elszennyezik azt.

Meg kell akadályozni:

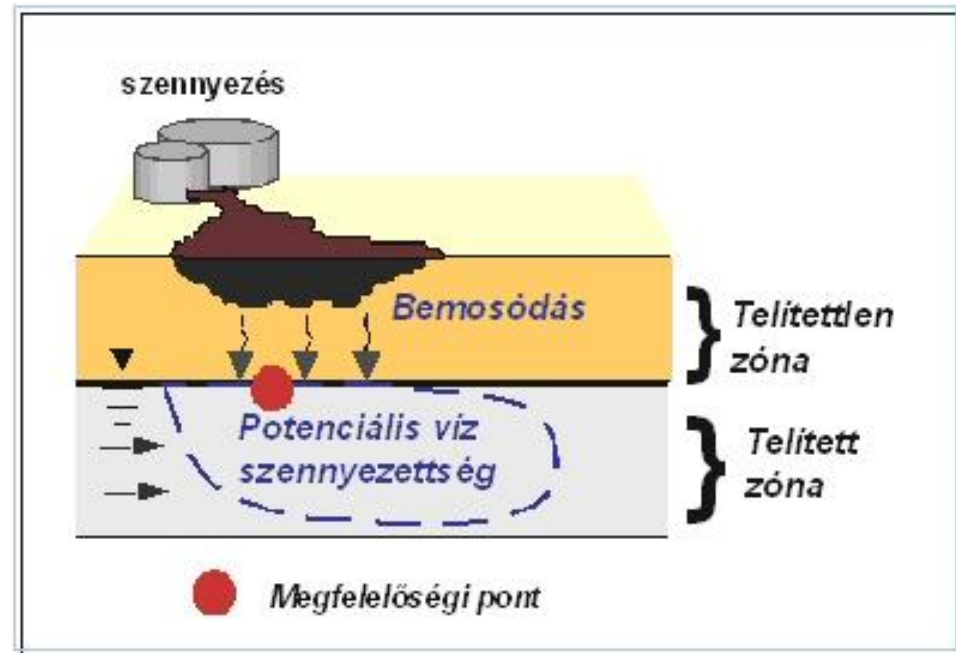
- hogy a felszíni/felszín közeli talajszennyezettség a talajból a talajvízbe jusson, és
- hogy a talajvíz szennyezettsége a mélyebb vízadókra is kiterjedjen.





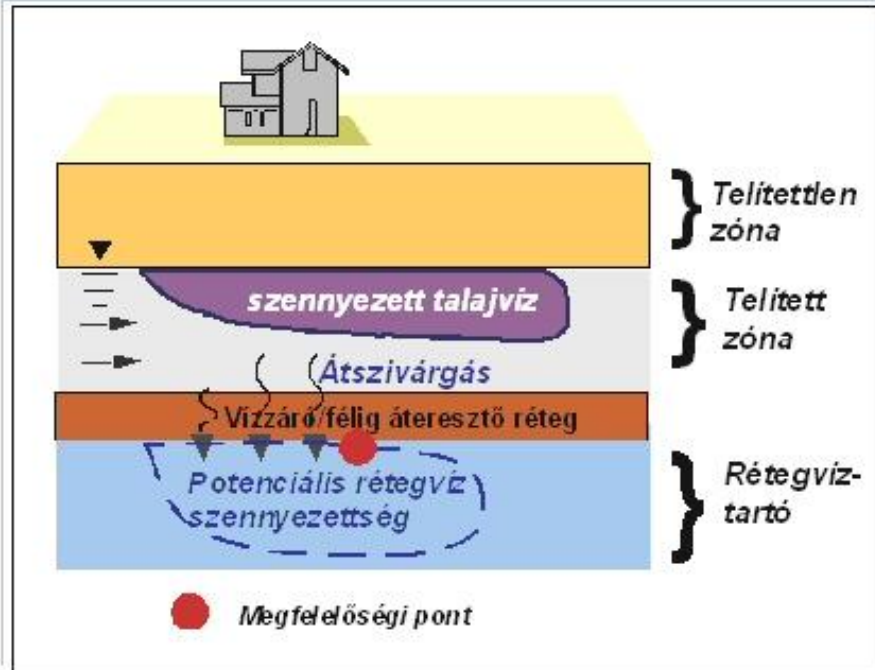
- Ezek az elvek úgy érvényesíthetők a javasolt kockázatelemzési módszerben, ha **a szennyezett közeg alá potenciális hatásviselőt (megfelelőségi pontot) helyeznek, és a (D) kármentesítési határértéket úgy határozzák meg a forrásra, hogy a megfelelés már erre a pontra teljesüljön.**

A megfelelési pont helye csak talajszennyezettség esetén

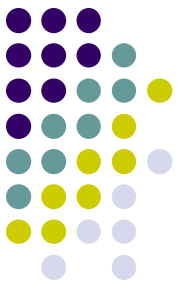




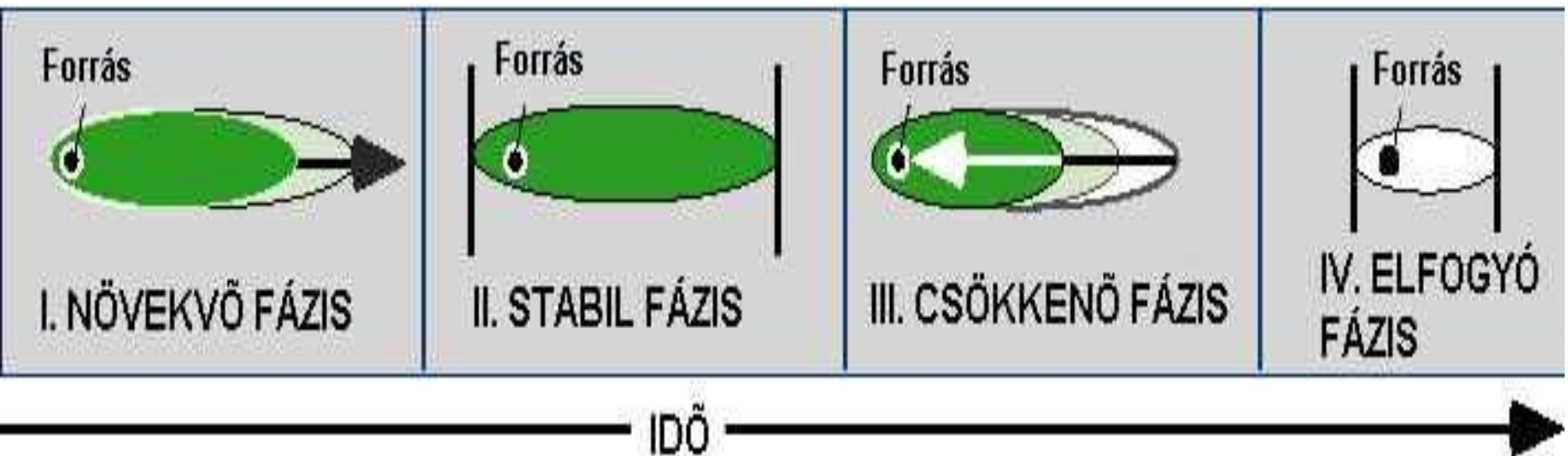
- A talajvíz szennyezettsége esetén a megfelelőségi pontot a szennyezettség alá, az első rétegvízádába kell helyezni.
- Az első vízadó (talajvíz) szennyezettségének lecsökkentése – legalább olyan mértékig, hogy a vertikális irányú terjedés során a második vízadó felszínén elhelyezett megfelelőségi ponton ne alakulhasson ki az elfogadhatónál nagyobb szennyezőanyag koncentráció – különösen olyan szennyezett területeken fontos, ahol leáramlás valószínű, illetve a víznél nagyobb sűrűségű vegyi anyagokkal (pl. klórozott szénhidrogének, tömény sóoldatok) szennyezett a talajvíz.
- A mélyebb vízadó rétegek védelme nagyon fontos, hiszen a rétegvizek sok helyen az ivóvízellátás bázisát képezik.



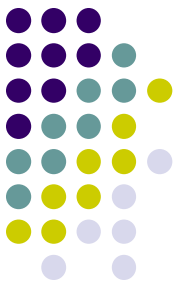
Szennyezőanyag csóvák életciklusa



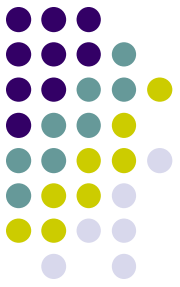
- A felszín alatti környezetbe került szennyezőanyagok **egyszeri állapotfelmérésének eredménye csak “pillanatsfelvétel”**.
- Az állapot felmérési vizsgálatok egyszeri vizsgálati eredményei alapján legtöbb esetben **nem lehet eldönteni** azt, hogy a feltárt szennyezett felszín alatti víz, azaz a felszín alatti vízben oldott **szennyezőanyag csóva terjedő (növekvő), stabil vagy pedig csökkenő stádiumban van-e**.



Horizontális terjedésű szennyezőanyag csóva



- A szennyezett csóva dinamikája nagyon jelentős konzekvenciákat hordoz magában. A növekedési stádium vagy a stagnáló-csökkenő stádium **más és más környezeti kockázatokat hordoz**, ezért a szükséges intézkedések, és a szükséges anyagi ráfordítások szempontjából rendkívül nagy jelentőségű.
- A bizonyíthatóan stabil-csökkenő szennyezőanyag csóva esetében megfelelő és elegendő intézkedés lehet a **rendszeres monitoring**, míg a terjedő-növekvő stádiumban lévő szennyezőanyag csóva esetén az **aktív műszaki beavatkozás** szükséges.



VEG!