

A szerves mikroszennyezők kockázatbecslése

A kockázatbecslés, kockázatkezelés a nukleáris iparban, a katonai és polgári légi közlekedésben, valamint az űrtechnológia területén jelent meg először, hiszen ezek olyan területek, ahol viszonylag magas potenciális baleseti veszély áll fenn, a következmények pedig igen súlyosak lehetnek. Manapság már igen elterjedt módszer a veszélyek, kockázatok felmérésére, rangsorolására és kezelésére. Mindezek, a kockázatmenedzsment részterületei napjainkban a minőségirányítás szerves részét képezik.

A kockázatbecslés alapjai

Szerves mikroszennyezők esetében (más szennyezésekhez hasonlóan) a veszély mértékét a kockázati tényezővel (RQ , *risk quotient*, más megnevezésekben HQ , *hazard quotient*) jellemezhetjük. Ezzel egy olyan dimenzió nélküli számot kapunk, amely magában foglalja egy szennyező anyag mért környezeti koncentrációját és azt a becsült, számított értéket, amely negatív hatást nem fejt ki. Környezetre, illetve egy ökoszisztémára ez az alábbiak szerint alakul:

$$RQ = \frac{PEC}{PNEC}$$

A kockázati tényező tehát a becsült környezeti szennyezőanyag-koncentráció (PEC , *predicted environmental concentration*) és az ökoszisztémára még nem ható becsült koncentráció ($PNEC$, *predicted no effect concentration*) hányadosa. Egyes esetekben a PEC helyettesíthető az MEC (*measured environmental concentration*), azaz a mért környezeti koncentráció értékével, amennyiben ezek az adatok rendelkezésre állnak. Minél nagyobb az RQ értéke, annál nagyobb a kockázat, amelyet a környezetbe került szerves mikroszennyező jelent. Ha az RQ értéke kisebb, mint 1, akkor nincs szükség beavatkozásra, hiszen a koncentráció kisebb a káros hatást kifejtő koncentrációnál, ám ha ez az érték nagyobb, mint 1, akkor további lépések, kockázatsökkentő intézkedések szükségesek.

A kockázatbecslő mátrix használata elsősorban munkahelyi kockázatbecslés készítésénél elterjedt módszer. Lényege, hogy egy esemény bekövetkezésének valószínűségét és az esemény súlyát összesíti, számszerűsíti, így az egyes események kockázatuk alapján jól prioritizálhatók [108]. Környezeti, ökológiai kockázatbecslés esetén kevésbé terjedt el.

A kockázatbecslés módszerei szerves mikroszennyezők esetében

A kockázatbecslés akkor lesz teljes, illetve a kockázatok csökkentésére irányuló lépések akkor lesznek hatékonyak, ha megelőzőleg az információszerzés alapos és részletes volt. Mindenekelőtt a kockázatbecslés célját és hatókörét szükséges meghatározni. Szerves mikroszennyezők kockázatát vizsgálhatjuk többek között

- a környezetre,
- a vízi ökoszisztémákra,
- a talajra,
- a légkörre,
- az emberi egészségre,
- az ivóvízbiztonságra,
- egy konkrét, jól körülhatárolható területre.

A különböző gyógyszermaradványok egyik legismertebb emissziója a kommunális szennyvizek kibocsátása. A gyógyszerkészítmények elfogyasztásukat követően elsősorban vizelettel és széklettel ürülnek változatlanul, vagy metabolitok, illetve glükuronsav és kénsav konjugátumai formájában. E szennyező anyagok környezetben történő megjelenése általában a hiányos vagy nem megfelelő hatásfokú szennyvíztisztítás következménye. A kórházak és egyéb egészségügyi intézmények szennyvizében a vegyületek koncentrációja különösen magas [109]. A jelenlegi egyesült államokbeli és európai szabályozás előírja, hogy az új gyógyszerekre a szokásos akut toxicitási teszteket kell elvégezni (algákra, *Daphnia magna*-ra és halakra), ha a hatóanyag becsült vagy mért környezeti koncentrációja (PEC vagy MEC) meghaladja az 1 µg/L értéket az Egyesült Államokban, vagy a 10 ng/L az Európai Gyógyszerügynökség (EMA) által meghatározott biztonsági küszöbértéknek megfelelően. Azoknál a vegyületeknél, amelyek esetében a PEC meghaladja ezeket az értékeket, kockázatbecslést szükséges lefolytatni a kockázati tényező számításával. Ez a PEC vagy MEC és a PNEC hányadosából számítható [110].

A NORMAN-hálózat az új szennyezők (CEC) környezeti kockázatának meghatározására egyedi módszert fejlesztett ki, és mára a legkiterjedtebb működő rendszer, amely az Európai Bizottság támogatásával 2005 óta működik [111]. A hálózat célja, hogy ellenőrzött információkat gyűjtsön az új szennyezők környezeti jelenlétéről, egységesítse az adatgyűjtés módszereit, és biztosítsa az információcserét a szennyező anyagok környezeti jelenlétét és kockázatát illetően. Fontos cél és szempont a mérési módszerek és a monitoringeszközök validálása és harmonizációja, ezáltal a kockázatértékelések minőségének növelése. A NORMAN-hálózat egyfajta kapocsként működik a politika és a tudomány területe között, amely elősegíti az összehangolt fellépést az új szennyezők azonosításának és kockázatcsökkentésének érdekében.

Az adatgyűjtés és az olyan adatbázisok fejlesztése, mint az EMPODAT a projekt kezdete óta a NORMAN fő tevékenységei közé sorolható [112]. Az EMPODAT mára a legnagyobb nemzetközi adatbázis lett, 500 új szennyező mintegy tízmillió adatát rögzíti [113]. Az egyes kategóriákon belüli prioritást olyan speciális mutatók alapján értékeli, mint a perzisztencia, a bioakkumulációs tulajdonság, a toxikológiai vagy ökotoxikológiai hatások, valamint olyan kockázatértékelési mutatók, mint a hatás nélküli koncentráció (PNEC) túllépésének gyakorisága és kiterjedtsége.

A NORMAN-módszertan döntéstámogató keretet biztosít azon anyagok listájának folyamatos frissítéséhez, amelyek esetében valamilyen intézkedést (csökkentést, kutatást, monitorozást) szükséges végrehajtani [114].

A szerves mikroszennyezők kockázatértékelésére a *pontozás- és rangsorolás-alapú kockázatbecslés módszerét* célzottan a felszíni vizek és az ivóvíz minőségének paramétereit figyelembe véve fejlesztették ki, a környezettel és az emberi egészséggel összefüggésben [115]. A módszer bemutatásához kapcsolódó kutatáshoz 58 szerves mikroszennyezőt választottak ki, figyelembe véve azok jellemző előfordulását a felszíni vizekben, a Duna folyóban és a kezelt szennyvízben, valamint a termelt és felhasznált mennyiségüket. A vizsgált szerves mikroszennyezők között gyógyszerek, ipari vegyületek, rovarirtók, nanoanyagok, égésgátlók, felületaktív anyagok, testápolási termékek (PPCPs), valamint a koffein és a nikotin szerepeltek.

Az egyes szerves mikroszennyezőket kategóriánként értékelték, majd az összegzett eredmény alapján készült el a prioritási lista. Ezek alapján a lista első 3 helyére a nikotin, a biszfenol-A és a szulfametoxazol került. Ezek a szennyező anyagok gyakran fordulnak elő az édesvízi környezetben, és mind a környezetre, mind pedig az emberi egészségre kockázatot jelentenek.

A *SAR* (*structure-activity relationship* – szerkezetaktivitási összefüggés) és *QSAR* (*quantitative structure-activity relationship* – mennyiségi szerkezetaktivitási összefüggés) modellek olyan matematikai modellek, amelyeket a vegyületek fizikokémiai, biológiai, ökotoxikológiai és környezeti hatására, sorsára vonatkozó becslésére használnak azok kémiai szerkezetének és tulajdonságainak ismeretében [116].

A SAR minőségi összefüggés, amely egy rendszert egy adott tulajdonság vagy hatás meglétével vagy éppen hiányával kapcsol össze. A QSAR pedig egy matematikai modellel, amely a kémiai szerkezetből levezetett egy vagy több mennyiségi paramétert kapcsol össze egy tulajdonság vagy hatás mennyiségi mérőszámával.

Az ökológiai szerkezetaktivitási összefüggés (ECOSAR) egy gyakran használt QSAR-eszköz, amelyet az USA EPA fejlesztett ki egy vegyi anyag akut, azaz rövid távú és krónikus, azaz hosszú távú toxicitásának előrejelzésére. Az ECOSAR elsősorban a vízi szervezetekre, például halakra, gerinctelen víziállatokra és vízinövényekre alkalmazható. A digitális felületen futó program főbb jellemzői a következők:

- A szerkezetileg hasonló szerves vegyi anyagok csoportosítása a rendelkezésre álló, kísérletileg igazolt hatásdózisértékek felhasználásával.
- Az új vagy még nem tesztelt vegyi anyagok toxicitásának előrejelzése az adatbázisban szereplő vegyi anyagok fizikai-kémiai tulajdonságai alapján.
- Az új vagy még nem vizsgált vegyi anyagok legrepresentatívabb osztályának meghatározása.
- Az adatbázis folyamatos frissítése az elérhető forrásokból összegyűjtött adatsorok vagy benyújtott kutatások, tanulmányok alapján.

Az ECOSAR-szoftver ingyenesen elérhető és használható bárki számára [117].

A felszín alatti vizek peszticidszennyezéssel szembeni védelme prioritást élvez a globális környezetpolitikában. A felszín alatti víztesteket érintő peszticidszennyezés Svédországon kívül az összes EU-tagállamban kimutatható [118]. Különösen problematikus a szennyezés a mediterrán térségben, ahol a száraz évszakban a felszín alatti vízkészletek is jelentősen csökkenhetnek. Fontos hangsúlyozni azt a tényt, hogy a felszín alatti víztesteket általában nem egyetlen peszticid szennyezi, hanem bennük különböző szennyező anyagok keveréke mutatható ki. E szennyezőanyag-keverékek gyakori előfordulása ellenére a jelenlegi EU-szabályozások szinte kizárólag az egyes vegyi anyagok kockázatértékelésére fókuszálnak. A peszticidkeverékek toxicitása azonban általában magasabb, mint az egyes komponensek toxicitása [119]. Ez azt jelenti, hogy a különböző vegyületek még akkor is hozzájárulhatnak a keverék teljes toxicitásához, ha külön-külön olyan alacsony koncentrációban fordulnak elő, amely nem vált ki káros hatást az édesvízi élővilágra.

Összefoglalás

A szerves mikroszennyezők kockázatbecslése meglehetősen szerteágazó terület. Összességében megállapítható, hogy a szerves mikroszennyezők kockázatértékelésére nincs általánosan elterjedt, elfogadott módszertan, jellemző, hogy hasonló alapokra építkezve egy-egy kutatás

céljára továbbfejlesztett, optimalizált módszer használatos. A kockázatbecslési módszerek gyakori hiányossága, hogy nem minden esetben rendelkezik megfelelő mennyiségű és elegendően részletes kiindulási információval. Általában előre kiválasztott 20-, 30-, esetleg 50-féle vegyületre fókuszálva végzik a vizsgálatokat, így természetesen átfogó kép a vizsgált területről nem kapható. Ellenben a vizsgált csoporton belül pontos priorizálás végezhető, így megállapítható, mely vegyületek, vegyületcsoportok igényelnek nagyobb figyelmet, illetve – lehetőség szerint – kockázatcsökkentő intézkedéseket.

Fejezetzáró kérdések

1. Mi az RQ, PEC, MEC, **PNEC**, és milyen összefüggésben állnak egymással?
2. Milyen szempontokat érdemes figyelembe venni egy szennyező anyag pontozás- és rangsorolás-alapú kockázatbecslésénél?
3. Mi a NORMAN-hálózat, és milyen munkacsoportokban működik?
4. Hogyan és milyen célra használhatók a SAR-/QSAR-modellek?
5. Milyen kockázatbecslő módszert alkalmazna peszticidkeverékek ökológiai kockázatának meghatározásához?