

ÖKO Zrt. vezette Konzorcium

„Vízgyűjtő-gazdálkodási tervek készítése” című KEOP-2.5.0. A kódszámú projekt megvalósítása a tervezési alegységekre, valamint részvízgyűjtőkre, továbbá ezek alapján az országos vízgyűjtő-gazdálkodási terv, valamint a terv környezeti vizsgálatának elkészítése (TED [2008/S 169-226955])

Háttéranyag az országos VGT 5. fejezetéhez

5-3. háttéranyag

Veszélyes anyagokból származó terhelések és vízminőségi hatások

Dátum: Budapest, 2009. március



ÖKO Zrt.
Környezeti, Gazdasági, Technológiai,
Kereskedelmi, szolgáltató és Fejlesztési
Zártkörűen Működő Részvénytársaság



VTK Innosystem
Víz, Természet- és Környezetvédelmi Kft.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék



VIZITERV Environ
Környezetvédelmi és Vízügyi Tervező, Tanácsadó
és Szolgáltató Kft.



RESPECT
Tanácsadó és Szolgáltató Kft.

ÖKO Zrt. vezette Konzorcium

„Vízgyűjtő-gazdálkodási tervek készítése” című KEOP-2.5.0. A kódszámú projekt megvalósítása a tervezési alegységekre, valamint részvízgyűjtőkre, továbbá ezek alapján az országos vízgyűjtő-gazdálkodási terv, valamint a terv környezeti vizsgálatának elkészítése (TED [2008/S 169-226955])

Háttéranyag az országos VGT 5. fejezetéhez

5-3. háttéranyag

Veszélyes anyagokból származó terhelések és vízminőségi hatások

Készítette:
Bácskai György
ENVI-QUA Bt.

Dátum: Budapest, 2009. március



ÖKO Zrt.
Környezeti, Gazdasági, Technológiai,
Kereskedelmi, szolgáltató és Fejlesztési
Zártkörűen Működő Részvénytársaság

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék



VTK Innosystem
Víz, Természet- és Környezetvédelmi Kft.

VIZITERV Environ
Környezetvédelmi és Vízügyi Tervező, Tanácsadó
és Szolgáltató Kft.



RESPECT
Tanácsadó és Szolgáltató Kft.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. A vízminőségi mérések értékelése, a kritikus komponensek meghatározása... 4	
3. A lehetséges emisszió források meghatározása.....	8
4. A hazai emisszió források vizsgálata.....	9
5. Egyéb határértékkal szabályozott komponensek vizsgálata	10
6. A diffúz terhelés részletes vizsgálata.....	12
6.1. Fémek vizsgálata.....	12
Koncentráció mg/kg	15
6.2. Növényvédőszeresek vizsgálata	20

1. Bevezetés

A Víz Keretirányelv előírja az EU tagállamok részére valamennyi felszíni vízben a jó kémiai és biológiai állapot, illetve ökológiai potenciál elérését. A megvalósítás kulcsfontosságú része a minden tagállam számára kötelezően elkészítendő Vízgyűjtő-gazdálkodási terv (VGT), amely komplex módon szabályozza a felszíni- és felszín alatti vizek vízminőségi-, ökológiai-vízhasználati szempontú értékelését, és annak alapján a szükséges intézkedések megtételét. A VGT elkészítésének első fázisa tehát a vizek állapotának megismerése, jellemzése a kritikus víztestek beazonosítása. A vízminőségi jellemzők közül kiemelt szerepet kapott a veszélyes anyagok okozta terhelések, vízminőségi problémák megismerése, feltárása. Ennek fontosságát bizonyítja, hogy az Európai Parlament és a Tanács meghatározta azokat az irányelveket, amelyek a veszélyes anyagok vonatkozásában szükséges intézkedéseket, cselekvési programot írja elő. Így született meg az un. 33 anyagnak vagy anyagcsoportnak a jegyzéke, amely komponensek tekintetében a közösségi szintű fellépés elsőbbséget élvez, és amely többszöri módosítás és kiegészítés után – bár még nem emelkedett jogerőre – meghatározza a felszíni vizekben e szennyező anyagokra vonatkozó környezetminőségi előírásokat. Ez a határértékrendszer, amely definiálja a listában szereplő anyagok, illetve anyagcsoportok megengedhető éves átlagkoncentrációját (AA-EQS), továbbá bizonyos komponensekre a maximálisan megengedhető koncentrációt (MAC-EQS), adja meg azt a bázist, viszonyítási alapot, amely a felszíni vizeink állapotának jellemzéséhez, a kritikus víztestek beazonosításához szükséges. A határértéket meghaladó szennyezetté váló víztestek kiszűrését követően a következő fontos feladat, a szennyező források lehetőség szerinti beazonosítása illetve térbeni behatárolása. Ez azért rendkívül szükséges, mivel ennek eredménye határozza meg a további kiegészítő mérések (vizsgálati monitoring) szükségességét, és végső soron alapul szolgál az intézkedési programok tervezéséhez.

Alapvetően tehát a VGT elkészítéséhez a veszélyes anyagok vonatkozásában az alábbi feladatok elvégzése szükséges:

- A monitoring adatok (célzott immissziós mérések) értékelése, a határérték túllépések beazonosítása mind komponens, mind mérőpont vonatkozásában;
- A rendelkezésre álló emissziós adatbázis alapján annak megállapítása, hogy származhat-e a szennyezés valamely ismert kibocsátótól, vagy ennek hiányában egyéb lehetséges szennyező forrás prognosztizálása;
- Becslés készítése arra vonatkozóan, hogy a feltárt szennyezések, és azok vélhető forrásainak ismeretében, lehet-e hasonló probléma más víztesteken;
- A fentiek alapján javaslat készítése arra nézve, hogy mely víztestek esetén szükséges vizsgálati monitoringot indítani;

- A veszélyes anyagokkal kapcsolatos alapintézkedések hatásának értékelése illetve egyéb szükséges kiegészítő intézkedések meghatározása.

Jelen összeállításunk az első három feladatra vonatkozóan elvégzett munka eredményét tartalmazza.

2. A vízminőségi mérések értékelése, a kritikus komponensek meghatározása

A EU közösségi szinten szabályozott veszélyes anyagok (33-as lista) koncentrációjának hazai vizekben történő meghatározása céljából 2007-2008. során, 66 mérőponton egy éven keresztül havi gyakorisággal történtek mérések, amelyek kiindulási alapul szolgáltak a vízminőségi problémák feltárásához. A mérési adatokat tartalmazó adatbázis (FEVI), azután megfelelő értékelésen ment keresztül, ahol megtörtént az irracionális adatok kiszűrése, a méréshatár alatti eredmények előírás szerinti értékelése, az éves átlagkoncentrációk- illetve maximális koncentrációk meghatározása, amely már összehasonlítási alapot képezett a vonatkozó határértékekkel való összevetésre. A határértékek illetve a mért átlag- és maximális koncentrációk alapján meghatározásra kerültek azok a mérési pontok (víztestek) és komponensek, ahol, és amelyek esetében határérték túllépés következett be.

Az éves határértékek (AA-) tekintetében az alábbi komponensek esetében volt határérték túllépés:

- DDT
- DEHP (di(2-ethylhexil)-ftalát)
- Diuron
- Endosulfán
- Hexaklór-butadién
- Hígany
- Kadmium
- Kloroform
- Trifluralin

Az anyagcsoportok esetében határérték túllépés volt:

- PAH (2) [benzo(g,h,i)perilén + Indeno(1,2,3-cd)pirén]
- Triklór-benzolok

A MAC-EQS túllépés pedig a következő komponenseknél fordult elő:

- Hexaklór-ciklohexán (gamma lindán)
- Hígany
- Izoproturon
- Kadmium

Ha a határértéket meghaladó koncentrációban mutakozó komponenseket vizsgáljuk, akkor látható, hogy relatíve a növényvédőszer (DDT, lindán, diuron, endosulfán, trifluralin, izoproturon) szerepelnek viszonylag legnagyobb számban, majd azt követi a szerves vegyületek- és végül a fémek csoportja.

A kritikus komponenseken kívül informatív jellegű annak vizsgálata, hogy az egyes komponensek tekintetében hány mérőponton volt határérték túllépés. Az alábbi 2.1

táblázatban összefoglalva megadjuk a határérték túllépések mérőpontenkénti számát oly módon, hogy az összes mellett feltüntettük, hogy ezen belül hány esik határszélvényre, amelyek az országba belépő vizek minőségét reprezentálják.

2.1 táblázat: A határértéket túllépő mérőpontok száma

Komponens	Határérték túllépések száma (mérőpont)			
	AA-EQS		MAC-EQS	
	összesen	határszélvény	összesen	határszélvény
DDT	1			
DEHP	1			
Diuron	2			
Endosulfán	2			
Hexaklór-butadién	2			
Higany	1		4	1
Kadmium	20	10	4	2
Kloroform	2			
Trifluralin	1			
Lindán			2	2
Izoproturon			3	
PAH (2)	7	2		
Triklór-benzolok	2			

Az AA-EQS-t meghaladó mérőpontok az esetek zömében az országon belül helyezkedtek el, a kadmium illetve a PAH esetében azonban a határszélvénynél is volt határérték túllépés. Különösen kiugró értéket jelez a kadmium, ahol a többi komponenshez képest jóval több volt a kifogásolható szennyezettsgű helyek száma, melynek fele a határszélvényeknél jelentkezett. Számarányát tekintve ezt követi a PAH, ahol a határszélvények esetében szintén volt túllépés.

A MAC-EQS már vegyesebb képet mutat, míg a lindán csak a határszélvényeknél volt kifogásolható, az izoproturon ellenkezőleg, csak az országon belül jelentkezett.

Összességében látható, hogy a kadmium tekinthető a legkritikusabb komponensnek, amely a mérések tanúsága szerint nem csak hazai probléma, hanem általánosnak tekinthető, mivel az országhatáron átlépő felszíni vizek legnagyobb hányadánál a koncentráció meghaladta a határszélvénynél a határértéket.

A következő három táblázatban bemutatjuk azokat a mérőpontokat, ahol határérték túllépés következett be, feltüntetve a vonatkozó határértéket is, valamint annak mérőszámát, hogy a túllépés milyen mértékű volt. Ez tulajdonképpen a mért koncentráció és a határérték aránya.

A 2.2 táblázat az AA-EQS, a 2.3 táblázat a MAC-EQS, míg a 2.4 táblázat az anyagcsoportokra vonatkozó AA-EQS túllépéseket mutatja.

2.2 táblázat: Az AA-EQS-t túllépő mérőhelyek

Név	Hely	Komponens	Koncentráció	AA-EQS	Dimenzió	Arány
Mosoni-Duna	Győr, Vének átkelő rév	4,4'-DDT	21	10.00	ng/L	2.1
Koppány (Törökkoppány)	Törökkoppány; vízmérce	DEHP	1.53	1.30	ug/L	1.2
Koppány (Törökkoppány)	Törökkoppány; vízmérce	Diuron	0.266	0.20	ug/L	1.3
Rába (Árpás)		Diuron	0.258	0.20	ug/L	1.3
Nádor-csatorna (Sárvíz)	Cece; vízmérce	Endosulfán	7.5	5.00	ng/L	1.5
Tapolca-patak (Hegymagas)		Endosulfán	7.5	5.00	ng/L	1.5
Nádor-csatorna (Sárvíz)	Cece; vízmérce	Hexaklór-butadién	0.2	0.10	ug/L	2.0
Tapolca-patak (Hegymagas)		Hexaklór-butadién	0.2	0.10	ug/L	2.0
Koppány (Törökkoppány)	Törökkoppány; vízmérce	Higany	39.025	1.00	ug/L	39.0
Berettyó	Pocsaj, közúti híd	Kadmium	0.55	0.15	ug/L	3.7
Bódva alsó (Borsodszirák)	Borsodszirák; vízmű	Kadmium	0.5	0.25	ug/L	2.0
Duna	Győrzámoly - Medve, híd	Kadmium	0.55	0.09	ug/L	6.1
Duna	Rajka, vízmérce	Kadmium	0.58	0.09	ug/L	6.4
Élővíz-csatorna	Békés, torkolati zsilip	Kadmium	1.115	0.15	ug/L	7.4
Fehér-körös	Gyulavári	Kadmium	0.255	0.15	ug/L	1.7
Fertő tó	Fertőrákos, vízmérce	Kadmium	0.35	0.09	ug/L	3.9
Gyöngyös-patak (Gyöngyös)	Gyöngyössolymos közúti híd	Kadmium	0.6	0.09	ug/L	6.7
Kraszna	Mérk, közúti híd	Kadmium	0.495	0.15	ug/L	3.3
Lajta-főág	Hegyeshalom, vízmérce	Kadmium	0.6	0.15	ug/L	4.0
Maros	Nagylak, országhatár	Kadmium	0.271	0.15	ug/L	1.8
Mosoni-Duna	Győr, Vének átkelő rév	Kadmium	0.566	0.15	ug/L	3.8
Rába (Szentgothárd)		Kadmium	0.2	0.15	ug/L	1.3
Sebes-Körös	Körösszakál	Kadmium	0.236	0.09	ug/L	2.6
Szamos	Csenger, közúti híd	Kadmium	0.376	0.15	ug/L	2.5
Tisza	Tiszabecs, rajzoló vízmérce	Kadmium	0.25	0.09	ug/L	2.8
Tisza	Tiszasziget, országhatár	Kadmium	0.16	0.15	ug/L	1.1
Tisza (Kisköre)	Kiskörei-tározó alatt; közúti h	Kadmium	0.38	0.15	ug/L	2.5
Tisza (Szged)	Tápé; pontonhíd	Kadmium	0.2	0.15	ug/L	1.3
Túr	Kishódos, közúti híd	Kadmium	0.4675	0.09	ug/L	5.2
Duna	Nagytétény	Kloroform	3.74	2.50	ug/L	1.5
Sajó	Kesznyéten, közúti híd	Kloroform	367	2.50	ug/L	146.8
Sajó	Kesznyéten, közúti híd	Trifluralin	110	30.00	ng/L	3.7

2.3 táblázat: MAC-EQS-t túllépő mérőhelyek

Név	Hely	Komponens	Koncentráció	MAC-EQS	Dimenzió	Arány
Berettyó	Pocsaj, közúti híd	Higany	1.42	1.00	ug/L	1.4
Duna	Rajka, vízmérce	Gamma lindán	64	40.00	ng/L	1.6
Duna (Komárom)	Komárom; Vág torkolat felett	Izoproturon	1.5	1.00	ug/L	1.5
Élővíz-csatorna	Békés, torkolati zsilip	Higany	3.63	1.00	ug/L	3.6
Hortobágy-Berettyó (Apavára)	Apavára; közúti híd	Izoproturon	1.1	1.00	ug/L	1.1
Koppány (Törökkoppány)	Törökkoppány; vízmérce	Higany	117	1.00	ug/L	117.0
Lajta-főág	Hegyeshalom, vízmérce	Gamma lindán	42	40.00	ng/L	1.1
Mosoni-Duna	Győr, Vének átkelő rév	Izoproturon	1.7	1.00	ug/L	1.7
Zagyva (Újszász)	Újszász; közúti híd	Higany	1.05	1.00	ug/L	1.1
Duna	Rajka, vízmérce	Kadmium	1.1	0.60	ug/L	1.8
Duna	Győrzámoly - Medve, híd	Kadmium	0.9	0.60	ug/L	1.5
Túr	Kishódos, közúti híd	Kadmium	0.82	0.60	ug/L	1.4
Élővíz-csatorna	Békés, torkolati zsilip	Kadmium	1.85	0.90	ug/L	2.1

2.4 táblázat: Anyagcsoport AA-EQS-t túllépő mérőhelyek

Név	Hely	Komponens	Koncentráció	EQS AA	Dimenzió	Arány
Ipoly	Ipolytarnóc, Partizán emlékmű	PAH2	2.5	2	ng/L	1.3
Lajta-főág	Hegyeshalom, vízmérce	PAH2	2.98	2	ng/L	1.5
Mosoni-Duna	Győr, Vének átkelő rév	PAH2	2.33	2	ng/L	1.2
Sajó	Kesznyéten, közúti híd	PAH2	2.97	2	ng/L	1.5
Tisza	Tiszasziget, országhatár	PAH2	9.55	2	ng/L	4.8
Tisza (Kisköre)	Kiskörei-tározó közúti híd alatt;	PAH2	2.11	2	ng/L	1.1
Tisza (Tiszújváros)	Polgár; közúti híd	PAH2	6.29	2	ng/L	3.1
Nádor-csatorna (Sárvíz)	Cece; vízmérce	T3CB	1.33	0.4	ug/L	3.3
Tapolca-patak (Hegymagas)		T3CB	1.33	0.4	ug/L	3.3

Ha megvizsgáljuk az AA-EQS-t túllépő mérőpontoknál a túllépés arányát, akkor megállapítható, hogy két kiugróan magas érték szerepel, az egyik a higany esetében, ahol az arány 39, míg a másik a kloroformnál, ahol a mért koncentrációk átlaga majdnem a határérték 150-szerese. A többi komponensnél az arányszám mindenütt 10 alatt marad. A MAC-EQS túllépések tekintetében egy kiugró koncentráció mutatkozott, szintén a higanynál, ahol az arány 117. A higany esetében ez a nagyarányú túllépés ugyanannál a mérőpontnál jelentkezett. A többi komponensnél a túllépés mértéke általában alacsony. Az anyagcsoportokra vonatkozó AA-EQS esetében az arány kiegyenlítettebb, a legnagyobb koncentrációt a határszélvénynél mérték.

3. A lehetséges emisszió források meghatározása

A vízminőségi célkitűzések megvalósítása szempontjából különösen fontos annak megállapítása, hogy a szennyezőanyag terhelés milyen forrásból származik. Alapvetően a kibocsátásokat pont- illetve diffúz forrás kategóriákba soroljuk, attól függően, hogy a kibocsátás földrajzilag mennyire határolható be. A különböző szennyező anyagok lehetséges forrásainak feltárása EU szinten már a vízre veszélyes anyagok körének behatárolásával egyidejűleg megtörtént, melynek során egységes szerkezetben - emisszióforrások szerinti felosztásban - jelenítették meg a különböző tevékenységek lehetséges hatását a vízminőségi célkitűzések megvalósítása szempontjából. A különböző tevékenységekből eredő emissziók minősítésére három kategóriát hoztak létre:

1. kategória: az illető forrás/tevékenység megakadályozhatja a vízminőségi célkitűzések megvalósítását, illetve hozzájárulhat annak kudarcához;
2. kategória: jelenleg nincs elég információ ahhoz, hogy el lehessen dönteni, vajon az illető forrás/tevékenység az 1-es vagy a 3-as kategóriába tartozik,
3. kategória: nincs az illető forrásból/tevékenységből kibocsátás vagy annak hatása nem jelentős a vízminőségi célkitűzések megvalósítása szempontjából.

A 33-as listás anyagokra kidolgozott elemzés (Source screening of priority substances under the WFD) több revízió ment keresztül, melyek során az újabb adatok birtokában módosították bizonyos források/tevékenységek besorolását.

Ezen kívül a Hollandiában közzétettek egy olyan irodalmi összeállítást (Discharges of priority substances from households, 26-5-2000), amelyben néhány listás anyagra (Cd, Hg, Pb, lindán, pentaklórfenol, dioxinok, PAH, nonilfenol/etoxilátok) meghatározták a háztartásokból származó kibocsátásokat, az ún. emisszió faktorokat (mg/person, year).

A fent említett összeállítások alapján a hazai kibocsátások tekintetében az alábbi általános megállapítások tehetők:

- A határértéket meghaladó fémek (Hg, Cd) esetében azok a lehetséges források/tevékenységek amelyek az 1. kategóriába tartoznak Magyarországon is jelen vannak: fémipar, olajfinomítók, papíripar, textilipar, műtrágyagyártás, szerves és szervetlen vegyipar, veszélyes illetve nem veszélyes hulladékok kezelés deponálása, mész, cement, ásványi anyagok illetve kerámiatermékek gyártása, nagy teljesítményű égetőberendezések, stb., illetve diffúz forrásként a légköri kiülepedés, mezőgazdasági tevékenységek (Cd), illetve közlekedés (Cd).
- A határértéket meghaladó komponensek másik csoportja a peszticidek, melyek közül a HCH (lindán) illetve DDT használata Magyarországon már régóta tiltott, ezek forrása külföldi eredetű, és a talajban meglévő szennyezettségből származik (DDT) illetve a HCH esetében az olajfinomítók illetve szervetlen vegyipar és műtrágyagyártás szerepel még potenciális kibocsátóként. A többi peszticid (endosulfán, diuron, izoproturon, trifluralin) esetében több potenciális forrás is lehetséges: légköri kiülepedés (endosulfán, izoproturon, trifluralin), talajvíz illetve dréncsövezés, a mezőgazdasági felhasználás következtében létrejövő szennyezés (talajerózió, lefolyás, közvetlen kibocsátás, kiömlés) illetve a burkolt területekről lefolyó csapadékvíz /vagy közcsatornába bocsátás által.
- A PAH vegyületek forrása rendkívül sokféle, mind a pontforrások mind pedig a diffúz források tekintetében. E tevékenységek mindegyike jelen van Magyarországon.

- Az egyéb szerves anyagok (kloroform, DEHP, hexaklórbutadién, triklórbenzolok) esetében szintén számos potenciális forrás lehetséges, amelyek hazánkban is jelen vannak, azonban néhány meghatározó emisszióforrással nem kell számolni:
 - Kloroform: közvetlen kloroform gyártás nincs, azonban a diklóretánból történő vinilklorid gyártás folyamán keletkezik. Oldószerkénti felhasználás lehetséges, illetve fontos emisszióforrás még a hűtővizek klórozása;
 - Triklórbenzolok: a klórbenzolok hazai gyártása megszűnt, intermedierekénti felhasználása viszont lehetséges;
 - Hexaklórbutadién: olyan nagyüzemi gyártás, amelynek során keletkezik (szénteraklorid, perklóretilén, triklóretilén) kizárható, de az ásványolaj finomítás során keletkezhet;
 - DEHP: a PVC-ben lágyítószerként használatos, PVC gyártás van Magyarországon, illetve minden olyan tevékenység szintén jelen van, amelyben PVC fordul elő.

4. A hazai emisszió források vizsgálata

Az előző fejezetben leírtak alapján megállapítható, hogy a kritikus komponensek (határértéket meghaladó) emissziója számos forrásból származhat, ami megnehezíti konkrét kibocsátások beazonosítását. A rendelkezésünkre álló hazai adatbázis, amely a pontforrások adatait tartalmazza, a fémek kivételével e komponensek emisszióira nem ad meg értékeket, tekintettel arra, hogy a hazai kibocsátási határértékeket szabályozó rendelet a szerves anyagok esetében inkább szumma paramétereket alkalmaz, és nem konkrét vegyületekre ad meg határértéket (pl. BTEX, AOX, TPH stb.).

Az ipari létesítmények közül a közvetlen felszíni vízbe kibocsátókat szabályozza részletesen, a közvetett kibocsátóknál az emissziók már nem jelennek meg az adatbázisban, a települési szennyvizek illetve szabadkiömlők adatai még szegényesebbek. Végző soron az adathiány következtében az emissziós adatbázis csak közvetetten használható, az abban szereplő emisszióforrások mint potenciális kibocsátók vehetők csupán figyelembe. A pontforrásokon felül a diffúz források tekintetében még kevesebb a támpont, itt nincsenek adatok, a mezőgazdasági felhasználásból- illetve talajszennyezettségből származó terheléseket számítógépes modellezéssel lehet prognosztizálni. A különböző hulladéklerakók potenciális forrásként szintén számba vehetők, erre vonatkozóan készült országos felmérés, melyet fel is használtunk.

A határértéket meghaladó koncentrációban jelen lévő szennyező anyagok lehetséges forrásainak megállapítása céljából az adatbázisokat (monitoring állomások, pontforrások, hulladéklerakók) térinformatikai eszközökkel (ArcView GIS modell) megjelenítve kíséreltük meg prognosztizálni a potenciális forrásokat. Az adatbázisokon felül felhasználtuk a különböző területhasználati, vízhálózati térképeket. A határérték túllépésekre vonatkozó általános megállapítások az alábbiak:

- A határérték túllépés számos esetben határszelvényénél mutatkozott, így ott a szennyezés külföldi eredetű;
- A nem határszelvények esetében voltak olyan mérőhelyek, ahol a külföldi eredetű szennyezésre szuperponálódtak a hazaiak, ezekben az esetekben az anyagmérleg alapján lehetett ezt minősíteni;
- A határérték túllépést egy esetben sem lehetett konkrét kibocsátóra visszavezetni. Azoknál a víztesteknél, ahol túllépés jelentkezett, nem találtunk olyan ipari

létesítményt, amelyet meghatározó szennyezőnek lehetett volna tekinteni. Nagyon kevés olyan nagy volumenű ipari létesítmény van, amely közvetlen felszíni vízbe bocsátó lenne, többségük szennyvize a települési szennyvizekben jelentkezik. A közvetlen kibocsátókat befogadó víztesteknél viszont nem volt határérték túllépés, ezért sokkal inkább a településeken lévő kis-közepes ipari létesítmények illetve kommunális kibocsátás határozza meg a terhelést. Ezekre vonatkozóan azonban nincsenek adatok;

- Voltak olyan víztestek, ahol irracionálisan magas koncentrációt mértek, ugyanakkor nincs semmiféle olyan létesítmény a közelben, melyre ezt vissza lehetne vezetni (pl. Törökkoppány – Hg, Kesznyéten – kloroform). A távolabbi mérőállomások mérési adatai illetve a modellszámítások azt mutatták, hogy inkább mérési problémára kell gyanakodni, nem tényleges ilyen volumenű kibocsátásra;
- A hexaklórbutadién és triklórbenzol túllépések okára egyelőre nincs magyarázat, mint említettük olyan gyártás nincs Magyarországon, amelynek során keletkezne, a települési szennyvizekre meg nem jellemző;
- A növényvédőszeres tekintetében a határérték túllépés oka feltehetően a mezőgazdasági felhasználásból származik. A növényvédőszer hatóanyag gyártás hazánkban gyakorlatilag megszűnt, legfeljebb kiszerezési tevékenység folyhat, ezért kicsi a valószínűsége annak, hogy a szennyezés pontforrásból származik. Az elvégzett modellszámítások (lásd. később) azt mutatták, hogy normál felhasználás (dózis) esetén kis vízfolyásokban kialakulhatnak határértéket meghaladó koncentrációk, valamennyi felhasznált hatóanyag esetében. A DDT - mivel a bomlási sebessége a talajokban rendkívül kicsi - a felhasználás során a talajban kumulálódott, így a határérték túllépés oka a meglévő talajszennyezettségből származtatható;
- Határérték túllépés a legtöbb mérőponton kadmiumnál fordult elő. Annak ellenére, hogy kadmium kibocsátás rendkívül sokféle forrásból származhat, a határértéket meghaladó koncentráció kialakulásához hozzájárulhat a meglévő talajszennyezettségből származó diffúz terhelés is, amely alapterhelésre szuperponálódnak az egyéb pont- illetve diffúz források. A meglévő talajszennyezettség hatását számítógépes modellezéssel szimuláltuk (lásd. később).

5. Egyéb határértékekkel szabályozott komponensek vizsgálata

Az egységes EU szinten szabályozott listás anyagokon felül, felmerült egyéb komponensek immissziós határértékkel való szabályozásának szükségessége, amely azonban a tagállamok hatáskörébe tartozik. Négy fém (As, Cu, Cr és Zn) vizsgálata történt meg, amelyeket a listás anyagokhoz hasonlóan a tervezett határértékekhez viszonyítva minősítettek, megjelölve azokat a víztesteket, ahol határérték túllépés következett be. A határértékek az oldott fémtartalomra vonatkoznak, azonban a listás anyagoktól eltérően nem az átlagos, hanem a 90 %-os tartósságú értékekre vetítve.

A tervezett határértékek:

Arzén 20 µg/l

Réz: 10 µg/l

Króm 20 µg/l

Cink 75 µg/l

A négy vizsgált fém közül a Zn, Cu és As esetén fordultak elő határérték túllépések. A kifogásolt víztestek esetén beazonosítottuk azokat a pontforrásokat, amelyeknél vagy elsődleges, vagy másodlagos befogadó az érintett vízfolyás. Annak ellenére, hogy a fémek esetében az emissziós adatbázis már inkább tartalmaz kibocsátási adatokat, oly kevés helyen mutatkozik tényleges emisszió, hogy ennek alapján nem lehet a víztesteket minősíteni, illetve a szennyező forrást beazonosítani.

A mért 90 %-os tartósságú koncentrációk, illetve a becsült vízhozamok alapján (ahol ilyen adat volt) kiszámítottuk a szennyezőanyag terheléseket a víztestekben. Tekintettel arra, hogy csak a 90 %-os értékek álltak rendelkezésünkre, és nem az átlagos koncentrációk, az így kapott terhelési értékek nem pontosak, mivel a 90 %-os koncentrációk általában magasabbak az átlagkoncentrációknál. Ugyanakkor azt is figyelembe kell venni, hogy a mért koncentrációk az oldott fázisra vonatkoznak és nem az összes koncentrációra, tehát az ebből számított terhelés kisebb, mint a tényleges. Az összes/oldott arány a hazai felszíni vizeinkben meglehetősen széles skálán mozog, egy korábbi felmérés alapján a három érintett fémre min. – max.:1,0-5,6, átlagosan 1,3-2,7. Összességében tehát a 90 %-os tartósságú értékek alapján számított terhelés jó közelítéssel a teljes terhelést mutatja.

A vizsgálatok szerint az emissziós adatbázis gyakorlatilag nem használható a kibocsátások megítélésére, mivel a legtöbb pontforrás települési szennyvíztisztító, ahol nem mérik ezeket a komponenseket. Az a kevés adat - amely tényleges kibocsátást jelez - pedig nagyságrendekkel kisebb, mint a számított terhelés. Van néhány olyan víztest, ahova nincs pontforrás bekötve, ennek ellenére határértéket meghaladó a koncentráció.

A szennyezett vizek jó része külföldi eredetű, a bejövő szennyezőanyag terheléshez hozzáadódnak a hazai források, amelyek azonban jelentéktelenek a bejövő terheléshez képest.

A vizsgálataink alapján annyi biztonsággal megállapítható, hogy a vizek szennyezettsége többnyire nem pontforrásokból származik, az emissziós adatbázisban egyetlen egy pontforrást sem találtunk, amelyhez komolyabb kibocsátás társulna. Ezt az is megerősíti, hogy a vizek szennyezettsége kevés kivétellel nem az iparosodottabb területeken jelentkezik, hanem éppen fordítva. Azt szintén nehéz elképzelni, hogy ennyi illegális tevékenység, be nem jelentett pontforrás, hulladéklerakó stb. létezne, amelynek kibocsátására vonatkozóan nincsenek adatok.

Korábbi tanulmányok - ENVI-QUA Bt.: A hazai felszíni vizeinket érő diffúz szennyezés felmérése (2002), illetve A hazai felszíni vizeinket érő diffúz szennyezés felméréseinek folytatása (2003) - már rámutattak arra, hogy a vizek fémterhelése csak kis mértékben ered pontforrásoktól, a meghatározó jelentőségű a meglévő talajszennyezettségből eredő diffúz szennyezés a lefolyás, szivárgás illetve talajerózió következtében. A korábbi és a mostani számításink egyaránt arra utalnak, hogy a meglévő talajszennyezettség, amelyet a TIM rendszeren belül tártak föl, kedvezőtlen környezeti feltételek esetén (fokozott erózió, lefolyás, savanyú, alacsony humusztartalmú talaj) határértéket meghaladó koncentrációt produkálhat, tehát a terhelés zöme diffúz eredetű, amelyre szuperponálódnak a pontforrások. Ez adhat

magyarázatot az olyan jelenségekre, ahol magas fémtartalmat mértek olyan víztestekben is (pl. szikes tavak), amelyek közelében semmiféle kibocsátó forrás nem ismert.

6. A diffúz terhelés részletes vizsgálata

A határérték túllépés - elsősorban a fémek illetve a növényvédőszeres esetében - nem vezethető vissza a pontforrások hatására, annak ellenére, hogy a fémeknél a tényleges emisszió feltehetőleg jóval nagyobb, mint ami az adatbázisokban szerepel. A mért koncentráció a háttérkoncentráció, és az erre adcionálódó terhelések eredőjeként alakul ki. Felmerült annak szükségessége, hogy megvizsgáljuk van-e reális esélye annak, hogy a fémeknél a talajok fémszennyezettsége okoz olyan szennyezést a felszíni vizeinkben, amely határértéket vagy esetleg még annál nagyobb koncentrációt eredményez. A növényvédőszeres tekintetében pedig arra kerestük a választ, hogy normál dózis alkalmazása mellett lehetséges-e hasonlóan határérték túllépés.

Mindkét esetben a diffúz terhelések hatását számítógépes modellezéssel végeztük el.

6.1. Fémek vizsgálata

A fémeknél a számításokhoz az Egyesült Államokban kidolgozott és az US EPA által elfogadott CALTOX program legújabb verzióját, a CALTOX 4.0 "Eight-Compartment Multimedia Exposure Model" (2002) használtuk fel, amely tulajdonképpen egy humán-egészségügyi kockázatelemzési modell, ami kapcsolatot teremt egy szennyező anyag valamilyen környezeti elemében lévő koncentrációja, vagy folyamatos kibocsátása és az ebből származó humán-egészségügyi kockázat között. A CALTOX 4.0 tartalmaz egy multimédia fugacitási transzport és transzformációs modellt, amely az anyagmérleget és kémiai egyensúlyt leíró matematikai összefüggések segítségével prognosztizálja egy adott szennyező anyagnak, a környezeti elemek nyolc összetevőjében (compartment) kialakuló koncentrációját.

Mivel az egész környezetet, mint egy egységes rendszert vizsgálja, szemléletes módon bemutatja egy adott szennyező anyagnak a környezeti elemek összetevői közötti megoszlását, az anyagátadás és a lebomlás eredőjeként kialakuló koncentrációkat, anyagmérleget tartózkodási időt stb.

A CALTOX 4.0 a környezeti elemek nyolc összetevőjét vizsgálja:

- levegő (gáz + aeroszol)
- felszíni talajréteg
- gyökérszóna
- vadózus zóna
- telített zóna (talajvíz)
- felszíni víz (víz + lebegő anyag)
- felszíni víz üledéke
- növényzet

A modell meglehetősen nagy számú input paraméterrel dolgozik, amelyek alapvetően három csoportra oszthatók:

- a vizsgált szennyező anyagot jellemző fizikai-, fizikai-kémiai- és toxikológiai paraméterek
- a vizsgált területet leíró paraméterek

- humán- és expozíciós paraméterek

A paraméterek egy részét a felhasználó adja meg, jelentős részére a modell saját adatbázissal rendelkezik, illetve mérési adatok hiányában, tudományosan igazolt, alkalmas összefüggések segítségével maga számítja ki.

A számításokhoz a toxikológiai, a humán- és expozíciós paraméterekre esetünkben nincs szükség, mivel nem a szennyezettségből eredő humán-egészségügyi kockázat kiszámítása a cél.

Az anyagok többi jellemzőjére vonatkozóan vagy van kísérleti adat, vagy a modell alkalmas összefüggések segítségével maga számítja ki, a fenti paraméterekből.

A modell továbbá tartalmaz egy olyan saját adatbázist, amelyben mintegy 350 db. komponens megfelelő paraméterei szerepelnek, így közvetlenül felhasználhatók a számításokhoz.

A számításokhoz egy olyan vízgyűjtőt választottunk, amely többnyire hazai területre esik, jellemzően síkvidéki, és szerepel azon víztestetek között, ahol határérték túllépést regisztráltak. A másik fontos kritérium volt, hogy a gyakorlatilag ne legyen jelentős pontforrás a vízgyűjtő területén, amely befolyásolhatná a koncentrációkat. A választott vízgyűjtő a Kálló ér, melynél 2004-ben és 2006-2007 folyamán is történtek mérések, a mért illetve becsült vízhozama, lebegőanyag tartalma ismert, továbbá 2004-ben nemcsak az oldott, hanem az összes fémkoncentráció meghatározására is sor került.

A számításokhoz szükséges talajszennyezettség meghatározásához a Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer adatait használtuk fel, amely több mint 1200 mérőpont mérési eredményeit mutatja be térképi megjelenítésben, az As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb és Zn komponensekre. Az eredmények a következőket mutatták:

Arzén (As)

A magyarországi talajok összes arzén tartalma 1-15 mg/kg a felső genetikai szintben. Az arzén a talajban nehezen mozog, és nem lúgozódik ki. Az arzén elsősorban szulfidok, oxidok és fém arzenátok ill. arzenitek formájában fordul elő a természetes talajokban.

Kadmium (Cd)

A magyarországi talajok össze kadmium tartalma elsősorban az alapkőzettől függ. A genetikai felső szintben 0,1-1 mg/kg közötti értékek a gyakoriak. Magasabb mennyiségek – amelyek nem emberi tevékenységektől származnak – az Északi-középhegységben, a Felső-Tisza árterületein, a Szatmár-Beregi síkságon, valamint a Bodrogek, Rétköz térségében fordulnak elő. A kadmium a talajban a viszonylag mozgékony nehézfémek közé tartozik. A kadmium mozgékonyasága a talaj pH-jának csökkenésével nő. A nagyobb szervesanyag tartalom csökkenti a mobilizációt.

Króm (Cr)

A magyarországi talajok összes króm tartalma 2-50 mg/kg a genetikai felső szintben, eloszlása egyenletes. A talajokban Cr(III) és Cr(VI) vegyületek formájában fordul elő, amelyek átalakulnak egymásba a talajok redox viszonyaitól függően. Semleges vagy gyengén savanyú talajokban a króm vegyületek oldhatósága kicsi, csak erősen savanyú talajokban (pH<5,5) válnak oldhatóvá. Egyes ásványi foszfor műtrágyák nagy mennyiségben (30-3000 mg/kg) tartalmazhatnak krómot.

Réz (Cu)

A magyarországi talajok összes réz tartalma 1-50 mg/kg a felső genetikai szintekben. Eloszlása egyenletesnek tekinthető. A talajban való mozgékonyasága kicsi, a kétértékű kationok közül a réz adszorbeálódik a legerősebben az agyagásványok felületén, valamint erősen kötődik a szerves anyagokhoz. A talaj pH-jának csökkenése növeli a réz stabilitását. A humuszanyagok erősen megkötik a rézionokat.

Higany (Hg)

A magyarországi talajok összes higanytartalma 0,01-0,1 mg/kg. Magasabb értékek az Északi-középhegységben fordulnak elő. A higany mobilizációja csak kis mértékben pH függő. A higany a talajban különböző formákban lehet jelen a kémiai-biológiai átalakulásoktól függően. A különböző kötési formákban (atomos, ionos, kovalens) előforduló elem felvehetősége változó.

Ólom (Pb)

A magyarországi talajok összes ólomtartalma 2-50 mg/kg a genetikai felső szintben, amely a mélységgel csökken. A nem szennyezett területek ólomkoncentrációja rendkívül egyenletes, 10-30 mg/kg közötti sávban van. Magasabb értékek az Északi-középhegységben, valamint a Sajó és a Felső-Tisza árterein fordulnak elő. Az ólom a talajban csapadékként, vagy különböző szerves és kolloid anyaghoz erősen kötve található. Más fémekkel összehasonlítva kicsi az oldékonysága, ezért kisebb a kicserélhető vagy a növények számára felvehető frakció is. A pH növelése csökkenti az ólom felvehetőségét. Az adszorpciós folyamatok miatt a nagyobb adszorpciós kapacitású talajokon kisebb az ólom felvehetősége. A Fe-, Mn-, Al-oxidokon erősen adszorbeálódik az ólom. A talaj nagyobb szervesanyag tartalma következtében szintén csökken az ólom felvehetősége. Az ólommentes benzinnel terjedésével a talajok ólomterhelése csökken.

Cink (Zn)

A magyarországi talajok összes cinktartalma 5-150 mg/kg a genetikai felső szintben. Magasabb értékek az ólomhoz hasonlóan az Északi-középhegységben valamint a Sajó és a Felső Tisza árterein fordulnak elő. A talajok összes cinktartalmának csak kis része - a vízoldható és kicserélhető - hozzáférhető a növények számára, amely a pH csökkenésével növekszik.

A talajok átlagos fémtartalmát az alábbi 6.1 táblázat mutatja be, a fizikai talajféleségek szerinti bontásban.

6.1 táblázat: A talajok átlagos fémtartalma a fizikai talajfélések szerint

Komponens	Koncentráció mg/kg		
	homok	vályog	agyag
Arzén (As)	5,9	7,2	6,8
Kadmium (Cd)	0,3	0,5	0,6
Króm (Cr)	7	17	26
Réz (Cu)	10	18	26
Higany (Hg)	0,02	0,03	0,05
Ólom (Pb)	9	16	26
Cink (Zn)	19	44	71

A Magyarország fizikai talajfésülés kartogramja alapján a három fő kategória kb. egyforma arányban található, ezért a modellszámításhoz felvett átlagos talajkoncentrációkat a 6.2 táblázatban mutatjuk be.

6.2 táblázat: A modellszámításokhoz felvett átlagos talajkoncentrációk

Komponens	Koncentráció mg/kg
Arzén (As)	6,63
Kadmium (Cd)	0,47
Króm (Cr)	16,57
Réz (Cu)	17,92
Higany (Hg)	0,033
Ólom (Pb)	16,92
Cink (Zn)	44,41

A számításokhoz a fenti táblázatban található és átlagosnak tekinthető koncentrációkat használtuk fel, mivel elsősorban arra kerestük a választ, hogy ilyen szennyezettségi szint mellett milyen koncentrációk alakulhatnak ki a felszíni vizekben, és ezek mely paramétereiktől függnek leginkább.

A kialakuló koncentrációk tekintetében talán a legfontosabb paraméterek a talajra-, lebegőanyag- és üledékre vonatkozó megoszlási hányadosok. Egy amerikai tanulmányban összegyűjtötték a megoszlási hányadosok (Kd) világirodalomban fellelhető kísérleti adatait illetve a hiányzókat számítógépes modellezéssel generálták és a matematikai statisztikai eszközökkel megállapították a Kd értékek min, max, medián és átlag értékeit mindhárom közege.

Az alábbi 6.3 - 6.5 táblázatokban ezeket az adatokat mutatjuk be.

6.3 táblázat: Log Kd (l/kg) értékek a talajokban

Komponens	medián	átlag	min	max
As	3,4	3,2	0,3	4,3
Cr	3,9	3,8	1,0	4,7
Cu	2,7	2,5	0,1	3,6
Zn	3,1	2,7	-1,0	5,0
Cd	2,9	2,7	0,1	5,0
Pb	4,1	3,7	0,7	5,0
Hg	3,8	3,6	2,2	5,8

6.4 táblázat: Log Kd (l/kg) értékek az üledékben

Komponens	medián	átlag	min	max
As	2,2	2,4	1,6	4,3
Cr	-	4,9	1,9	5,9
Cu	4,1	3,5	0,7	6,2
Zn	4,8	4,1	1,5	6,2
Cd	3,7	3,3	0,5	7,3
Pb	5,1	4,6	2,0	7,0
Hg	-	4,9	3,8	6,0

6.5 táblázat: Log Kd(l/kg) értékek lebegő anyagra

Komponens	medián	átlag	min	max
As	4,0	3,9	2,0	6,0
Cr	5,1	5,1	3,9	6,0
Cu	4,7	4,7	3,1	6,1
Zn	5,1	5,0	3,5	6,9
Cd	5,0	4,9	2,8	6,3
Pb	5,7	5,7	3,4	6,5
Hg	5,3	5,3	4,2	6,9

A táblázatok adatai jól mutatják, hogy a lehetséges Kd értékek rendkívül nagy intervallumon belül mozoghatnak, értéküket számos paraméter befolyásolhatja (pH, redox viszonyok, agyagásvány illetve humusz tartalom, ionerősség stb.). A három közeget vizsgálva a legkisebb értékek a talajban, azt követően az üledékben és a legnagyobbak a lebegő anyagban fordulnak elő.

A Kd értékeken kívül számos egyéb paraméter is befolyásolhatja a felszíni vizekben kialakuló koncentrációkat, mint a lefolyás illetve erózió mértéke, az ülepedési-, eltemetődési- és reszuszpenzió sebesség, illetve hidrológiai paraméterek.

A vizsgált vízgyűjtő területet leíró legfontosabb jellemzők:

- A vízgyűjtő terület nagysága: 1,265E+09
- A kilépő ponton az átlagos vízhozam becsült értéke: 4,5 m³/s, 2004-ben mért vízhozam 9,71 m³/s
- Lebegőanyag tartalom: 10 mg/l
- Áramlási sebesség becsült értéke: 0,5 m/s
- Átlagos vízmélység becsült értéke: 0,51 m
- Az összes vízfelszín és vízgyűjtő terület aránya: 0,0054
- Erózió: 1,09E-04 kg/m²d
- Lefolyás a vízhozamhoz iterációval megállapítva átlagos csapadék, beszivárgás és párolgás feltételezésével: 4,14E-04 m/d (4,5 m³/s vízhozamhoz) illetve 7,7E-04 m/d (9,71 m³/s) vízhozamhoz
- Csapadék: 1,7E-03 m/d
- Párolgás: 1,16E-04 m/d
- Beszivárgás: 1,15E-04 m/d
- Ülepedés: 5,0E-03 kg/m²d
- Eltemetődési sebesség: 1,0E-06 m/d

A számításokat több scenárióban végeztük. Az első scenáriónál a becsült vízhozamhoz (4,5 m³/s) tartozó lefolyás értékkel számolva, a talajok átlagos szennyezettségi koncentrációja (lásd 6.2 táblázat) mellett, kiszámítottuk a várható koncentrációkat arra az esetre, ha mindhárom közegre (talaj, üledék és lebegőanyag) a 6.3 - 6.5 táblázatokban megadott átlagos Kd értékeket vesszük fel.

A számítási eredményeket az alábbi 6.6 táblázatban mutatjuk be. A táblázatban szerepeltetjük a 2006-2007 évi mért 90 %-os tartósságú értékhez tartozó koncentrációkat, a 2004-ben mért átlag-, oldott- illetve összes koncentrációt valamint a ciánszennyezés után a Tiszában illetve néhány mellékfolyó torkolati szelvényében mért üledékkoncentráció átlag-, min.- és max. értékeit.

6.6 táblázat: Modellszámítási eredmények (átlagos Kd értékek mellett)

Komponens	Számított koncentrációk			Mért koncentrációk				
				2006-2007 év	2004 év		Üledék (ciánszennyezés után)	
	Víz összes (µg/l)	Víz oldott (µg/l)	Üledék (mg/kg)	Víz oldott 90 %-tart. (µg/l)	Víz összes (µg/l)	Víz oldott (µg/l)	Átlag (mg/kg)	Min – max (mg/kg)
Zn	48	13,6	305	48,5	644	135	440	141- 1151
Cu	32	13,8	81	44,5	49,8	15,5	91	41-205
As	4,4	3,7	1,9	19,5	16,3	12,5	20	10,1- 46,5
Cr	2,9	0,69	94	1,15	1,48	1,06	50	33-183
Cd	0,48	0,157	0,61	-	0,37	0,24	2,6	0,44- 7,0
Pb	3,8	0,27	19,1	-	8,37	3,8	65	27-107
Hg	2,4E-04	3,9E-05	0,005		1,01	0,88	0,11	0,03- 0,74

A számítási eredmények azt mutatták, hogy átlagos Kd értékek mellett a prognosztizált koncentrációk alacsonyabbak a mért koncentrációknál, a legnagyobb különbség az As, Pb és Hg esetén mutatkozott. Ugyanezen komponenseknél a számított üledékkoncentráció is jelentősen eltért a mért értékektől, azoknál jóval kisebbnek adódott.

Mint említettük, a kialakuló koncentrációk tekintetében legdöntőbb szerepe a Kd értékeknek van, ezért a továbbiakban megvizsgáltuk, hogy az egyes paraméterek változékonyságának milyen hatása van a koncentrációkra. A vizsgált paraméterek: a Kd megoszlási hányadosok talajban, üledékben és lebegő anyagban (Kd_{soil}, Kd_{sed}, Kd_{susp}), ülepedés, erózió és lefolyás. Az érzékenységi vizsgálatokat úgy végeztük, hogy a vizsgált paramétert a lehetséges intervallumon belül változtattuk, miközben a többi paramétert az átlagos értéknél rögzítettük. A valóságban az egyes paraméterek érzékenysége nem független a többitől, ezért megvizsgáltuk azt is, hogy az erózióknak illetve lefolyásnak a hatása miképpen változik, a különböző Kd_{soil} (talaj megoszlási hányados) függvényében. Az érzékenységi vizsgálatokat Zn-re végeztük el.

Megjegyezzük, hogy a modell input adatként nem log K_d (l/kg) értékekkel számol, hanem annak dimenziómentes változatával, ami esetünkben $2,6 \cdot K_d$, az ábrákon ezek az értékek szerepelnek. A számítások alapján a következő megállapításokat tehetjük:

- A Zn talajra vonatkozó megoszlási hányadosának (K_d_{soil}) hatása nagyon jelentős. Az átlagos értékhez ($K_d_{soil} = 1300$) képest a csökkenés rohamosan növeli a vízben illetve az üledékben a koncentrációkat. $K_d_{soil} = 200$ értéknél már az oldott Zn koncentráció 69 $\mu\text{g/l}$ és az üledékkoncentráció is 1500 mg/kg fölé emelkedik;
- Az üledékre vonatkozó megoszlási hányados (K_d_{sed}) elsősorban az üledékkoncentrációra hat, azonban az átlagos értéknél ($K_d_{sed} = 32800$) nagyobb megoszlási hányados már csökkenti a vízben lévő koncentrációt (oldott és összes egyaránt);
- A lebegő anyag esetében a K_d_{susp} értékek változékonyságának kettős hatása van. Egyrészt befolyásolja az összes/oldott arányt, oly módon, hogy minél nagyobb a K_d_{susp} értéke annál nagyobb lesz ez az arány, másrészt ezzel párhuzamosan csökken az üledékben várható koncentráció is;
- Az ülepedési sebesség változtatása csak kis mértékben befolyásolja a vízfázisban lévő koncentrációt, viszont növeli az üledék koncentrációját;
- Az erózió sebességével lineárisan nő mind a vízfázisban, mind az üledékben várható koncentráció;
- A lefolyás növekedése kezdetben meredeken csökkenti a koncentrációkat, majd tovább növelve a görbék ellaposodnak, a változás már elhanyagolható mértékű lesz;
- A kombinált hatás tekintetében (K_d_{soil} - lefolyás illetve K_d_{soil} - erózió) megfigyelhető, hogy kis K_d_{soil} értékeknél sem a lefolyás, sem az erózió sebességének nincs jelentős hatása a kialakuló Zn koncentrációra, ahogy azonban a megoszlási hányados értékét növeljük, úgy válik mind jelentősebbé a lefolyás illetve az erózió szerepe.

Az átlagos megoszlási hányadosokat használva a prognosztizált koncentrációk alacsonyabbak voltak a mérteknél. Felvetődik az a kérdés, hogy a megadott talajszennyezettségi szintekből kiindulva kialakulhatnak-e határérték körüli koncentrációk, illetve akár ennél is nagyobb értékek, amely számos esetben be is következett. Ennek a kérdésnek az eldöntése azért fontos, mert a vizsgálatok azt valószínűsítik, hogy a pontforrások szerepe a fémek esetén jóval kisebb - még abban az esetben is, ha elfogadjuk azt a tényt, hogy a tényleges kibocsátások jóval magasabbak, mint ami az emissziós adatbázisból feltételezhető lenne – mint a háttér koncentrációé.

Ennek érdekében a számítógépes programot oly módon futtattuk, hogy generálja az előre megadott oldott koncentráció értékeket számos korlátozó peremfeltétel egyidejű teljesítése közben. Amennyiben van valós megoldás, ez azt jelenti, hogy a megadott talajszennyezettség mellett ki tud alakulni ilyen koncentráció, amennyiben nincs akkor értelemszerűen nem alakulhat ki. Az első sorozatban a kijelölt koncentrációk megfeleltek a 2004-évi mért oldott koncentrációknak, amelyet azért választottuk, mivel valamennyi vizsgált fémre történtek vizsgálatok, és nemcsak az oldott-, hanem az összes koncentrációt is mérték, és az adatok az átlagkoncentrációra vonatkoznak. A korlátozó peremfeltételek az alábbiak voltak:

- Az előre megadott oldott koncentráció mellett az összes koncentráció is teljesüljön, vagyis a prognosztizált összes/oldott arány megfelelően a mért koncentrációk arányának;
- A prognosztizált üledék koncentráció lehetőleg az átlag körül alakuljon, de mindenképpen a lehetséges intervallumon belül;

- A program a fenti peremfeltételek mellett a három Kd értékét változtathatta iterációs eljárással oly módon, hogy mindhárom Kd értékének a lehetséges intervallumon belül kellett maradnia.

A számítógépes futtatások eredménye azt mutatta, hogy a Hg kivételével valamennyi fém esetén volt valós megoldás, tehát elvileg lehetséges a meglévő átlagos talajszennyezettség mellett ilyen koncentrációk kialakulása. A számítások eredményét a 6.7 táblázatban adjuk meg, ahol a modell által generált Kd értékeket átszámítottuk log és l/kg dimenziójú formába, megadva mellette a lehetséges intervallumot is a 6.3 – 6.5 táblázatok szerint, illetve a prognosztizált koncentrációkat.

6.7 táblázat: Modellszámítási eredmények (a mért koncentrációkhoz generált Kd értékek)

	Zn	Cu	As	Cr	Cd	Pb
Víz összes (µg/l)	644	49,8	16,3	1,48	0,37	8,4
Víz oldott (µg/l)	135	15,5	12,5	1,06	0,24	3,8
Üledék (mg/kg)	474	100	19	71	2,9	60
Mért üledék intervallum (mg/kg)	141 - 1151	41 - 205	10,1– 46,5	33 - 183	0,44 – 7,0	27 - 107
Log Kd_soil (l/kg)	1,47	2,21	2,27	4,45	2,77	3,04
Log Kd_soil intervallum (l/kg)	-1,0 – 5,0	0,1 – 3,6	0,3 – 4,3	1,0 – 4,7	0,1 – 5,0	0,7 – 5,0
Log Kd_sed (l/kg)	3,24	3,53	2,91	4,59	3,82	3,96
Log Kd_sed intervallum (l/kg)	1,5 – 6,2	0,7 – 6,2	1,6 – 4,3	1,9 – 5,9	0,5 – 7,3	2,0 – 7,0
Log Kd_susp (l/kg)	4,17	4,93	4,08	4,18	4,31	4,66
Log Kd_susp intervallum (l/kg)	3,5 – 6,9	3,1 – 6,1	2,0 – 6,0	3,9 – 6,0	2,8 – 6,3	3,4 – 6,5

A következőkben pedig azt vizsgáltuk, hogy a határértékeknek megfelelő oldott koncentráció milyen Kd értékek mellett tud kialakulni. A peremfeltételek megegyeztek a korábbiakkal, a különbség csupán az volt, hogy nem a 2004 évi vízhozamot, hanem a prognosztizált vízhozamot (4,5 m³/s) vettük fel a számításokhoz. A határértékek a listás anyagok esetében (Cd és Pb) az átlagkoncentrációkra, a többi fémnél (Zn, Cu, As és Cr) a 90 %-os tartósságú koncentrációkra vonatkoznak, azonban ez utóbbi esetben a modell számára ezeket az értékeket adtuk meg átlagkoncentrációként. A számítási eredményeket a 6.8 táblázatban mutatjuk be.

6.8 táblázat: Modellszámítási eredmények (határértékekhez generált Kd értékek)

	Zn	Cu	As	Cr	Cd	Pb
Határérték (µg/l)	75	10	20	20	0,25	7,2
Víz összes (µg/l)	360	32	26	28	0,38	16
Víz oldott (µg/l)	75	10	20	20	0,25	7,2
Üledék (mg/kg)	437	85	21	45	2,8	70
Log Kd_soil (l/kg)	1,80	2,49	2,14	2,55	2,85	2,82
Log Kd_sed (l/kg)	3,48	3,67	2,73	3,07	3,80	3,74
Log Kd_susp (l/kg)	4,17	4,93	4,08	4,18	4,31	4,66

Az előzőekhez hasonlóan a határértékek teljesülésére a Hg kivételével minden vizsgált komponensre volt valós megoldás. Ha megvizsgáljuk a táblázatokban szereplő Kd értékeket a lehetséges intervallumokkal összevetve, akkor látható, hogy a modell által generált Kd értékek jóval az intervallumon belül helyezkednek el, több esetben viszonylag közel az átlagértékhez. Ez annyit jelent, hogy nem is szükségesek szélsőségesen kedvezőtlen környezeti feltételek ahhoz, hogy ilyen koncentrációk kialakulhassanak. A fenti számítások arra mutatnak rá, hogy a mért - esetenként határértéket meghaladó - koncentrációk származhatnak háttérterhelésből is, amelyhez képest a pontforrásoknak csak csekély szerepe van. Ha figyelembe vesszük, hogy a fémek esetében a határérték túllépések azokon a területeken jelentkeztek, ahol a talajszennyezettség magasabb az átlagosnál, továbbá a talajparaméterek is kedvezőtlenek (savanyú talajok, alacsony humusz illetve agyagásvány tartalom), akkor reális az a feltételezés, hogy a koncentrációk kialakulását a környezeti feltételek szabják meg elsősorban, és nem a közvetlen kibocsátások. Azt nem állíthatjuk, hogy ténylegesen is ez a helyzet, mivel ennek bizonyításához kísérletileg megállapított Kd értékekre és még több egyéb paraméter ismeretére lenne szükség, azonban ennek potenciális lehetősége mindenképpen fenn áll.

6.2. Növényvédőszer vizsgálat

A peszticidek esetében több mérőponton, volt vagy AA-EQS vagy MAC-EQS túllépés, amely feltételezhetően diffúz szennyezés következménye. Magyarországon a növényvédőszer hatóanyag gyártás gyakorlatilag megszűnt, legfeljebb csak kiszerezés, formálás történhet. A korábbi növényvédőszereket előállító üzemek vagy megszűntek, vagy leállították a gyártást, így a túllépések oka feltételezhetően nem pontforrásból, hanem diffúz forrásból eredő szennyezéssel magyarázható. A DDT illetve lindán esetében - amennyiben a mérések megbízhatóak - a meglévő talajszennyezés, illetve egyéb használat okozhat túllépést, mivel ezek a növényvédőszer már régóta tiltottak hazánkban. A növényvédőszer másik csoportjánál feltételezhetően a mezőgazdasági felhasználás a szennyezés fő okozója, azonban ennek igazolása igen nehéz. Felvetődik tehát a fémekhez hasonlóan az a kérdés, hogy normál felhasználás (dózis illetve technológia) esetén kialakulhatnak-e határértéket meghaladó koncentrációk. Ennek a kérdésnek a megválaszolására számítógépes modellezést alkalmaztunk, amelyhez egy nemrég kifejlesztett amerikai szoftvert - **Express 1.03.02** - használtuk fel. A modell az alkalmazott peszticid fiziko-kémiai tulajdonságai, a felhasználás módja (dózis, technológia, kijuttatási időpontok) alapján un. standard scenáriókra prognosztizálja, hogy az ökológiai szempontból érzékeny víztestek (tavak és kis vízhozamú vízfolyások) illetve ivóvíz kivételre alkalmas víztestek (pl tározók) esetén milyen különböző átlagolási idejű koncentrációk tudnak kialakulni a felszíni vizekben.

A standard scenáriók alatt azt kell érteni, hogy a modell adatbázisa olyan előre meghatározott és a felhasználó által nem változtatható scenáriókat tartalmaz, amelyek a különböző növényi kultúrák és termőhelyek, és a hozzájuk tartozó meteorológiai-, hidrológiai-, talaj- és egyéb paraméterek (pl. a növények paraméterei stb.) együttesét illetve mindazon változók adatait (pl. a kijuttatás módja) foglalja magába, amelyek befolyásolják a felszíni vizek peszticid tartamát. A modell tehát különböző scenáriók választásával futtatható, (pl. azonos termőhely és különböző növények vagy azonos növény és különböző termőhely, illetve ezek kombinációja stb.) és végeredményben megadja, hogy a választott peszticid, felhasználási mód, dózis, kezelt növény illetve termőhely esetében milyen különböző átlagolási idejű koncentrációk várhatók az ökológiai- és ivóvíz kivételi szempontból releváns standard víztestekben. A modell 30 éves meteorológiai adatsorokat használ a prognózishoz, mivel a kialakuló koncentrációk számos paraméter mellett különösen érzékenyek a kijuttatást követő

meteorológiai körülményekre (pl., csapadék mennyiség illetve intenzitás, valamint a kijuttatás óta eltelt idő).

A számításokhoz felhasználtuk az e tárgykörben korábban készült tanulmányt, ENVI-QUA Bt.: A mezőgazdasági peszticid felhasználásból származó hazai felszíni vizeinket érő diffúz szennyezés felmérése (2004), amelyben a vizsgált peszticidek felhasználási területeire, dózisára és fizikai-kémiai adataira vonatkozó paraméterek találhatóak, és hasonló számítások történtek egyéb számítógépes modellekkel.

Az alábbi 6.9 táblázatban megadjuk a határértéket túllépő peszticidekre vonatkozó legfontosabb adatokat. A táblázatban a felhasználás oszlopban azokat a növényi kultúrákat szerepeltetjük, amelyekre a számításokat elvégeztük (standard scenáriók). A dózis a hatóanyagra vonatkozik, megjelölve a kezelések számát illetve, hogy a kijuttatás a kelés előtt vagy után történik. Ahol egy kezelt növényi kultúránál több termőhelyre is voltak standard scenáriók, ott azokat is bevettük a modellezésbe, feltéve, hogy nem tértek el nagyon a hazai viszonyainktól.

6.9 táblázat: A vizsgált peszticidek legfontosabb adatai

Név	Felhasználás	Dózis (kg/ha)	Molekulatömeg	Oldhatóság (mg/l)	Talaj		Víz	Gőznyomás (mPa)
					Koc	Felezési idő (nap)	Felezési idő (nap)	
Diuron	Lucerna, bab, burgonya, zöldség, gyümölcs, kukorica	1*2,4 preemergens	233	42	480	372	90	0,0092
Endosulfán	Lucerna, gabona, burgonya, alma, zöldség	2*0,43 postemergens	407	0,32	12400	50	28	0,5
Izoproturon	gabonafélék	1*1,03 preemergens	206	65	100	30	30	0,0033
Trifluralin	Bab, paradicsom, répa, zöldborsó, paprika, szójabab	1*1,3 preemergens	335	0,3	8000	153	31,5	13,7

A 6.10 táblázatban bemutatjuk a számítási eredményeket, amelyek az ökológiailag releváns kis vízfolyásokra, tavakra prognosztizálható peszticid koncentrációkat tartalmazza, maximális illetve éves átlagolásban megadva. A táblázatban szerepeltetjük a vonatkozó határértékeket is. A modell minden választott scenárióhoz a különböző átlagolási idejű koncentrációkat különböző előfordulási valószínűséghez rendelve sorolja fel, minek alapján a táblázatban két előfordulási valószínűséghez tartozó értékeket, (90 % illetve 50 %.) adunk meg. Tekintettel arra, hogy minden peszticidnél több standard scenárió vizsgáltunk, a táblázatban a vizsgált scenáriókra kapott legkisebb illetve legnagyobb koncentrációt szerepeltetjük.

6.10 táblázat: Számítási eredmények

Komponens	Előfordulási valószínűség (%)	Max. konc (µg/l)		Éves átl. konc. (µg/l)		Határérték (µg/l)	
		Min.	Max.	Min.	Max.	MAC-EQS	AA-EQS
Diuron	90	4,0	93,5	2,05	28,0		
	50	2,2	29,0	1,18	20,6	1,8	0,2
Endosulfán	90	0,26	1,39	0,041	0,22		
	50	0,246	0,5	0,039	0,14	0,01	0,005
Izoproturon	90	6,4	49,4	1,37	9,52		
	50	2,35	10,0	0,64	2,2	1,0	0,3
Trifluralin	90	0,64	3,97	0,014	0,2		
	50	0,64	1,27	0,013	0,087	-	0,03

A táblázatban szereplő adatok értékelésénél figyelembe kell venni azt a tényt, hogy csak a termőhelyi adottság illetve kezelt növényi kultúrák közötti különbséget mutatják a min és max koncentrációk a Koc, felezési idők (talaj és víz) különböző értékei közötti különbségből eredőt nem. Ez utóbbi paraméterekre az irodalomban egymástól lényegesen eltérő értékek találhatóak.

A számítások eredménye összességében azt mutatja, hogy igen nagy különbség származik abból, hogy milyen növényi kultúrát kezelünk illetve milyenek a termőhely adottságai (meteorológiai-, hidrológiai-, talaj jellemzők stb.) Az ebből eredő eltérés adott esetben egy nagyságrendi különbséget is jelenthet a koncentrációban, azonos dózis és kijuttatási körülmények között. Ha a koncentrációkat a határértékekhez viszonyítjuk, akkor szembetűnő, hogy a trifluralin kivételével még a min. koncentrációk is meghaladják a MAC-EQS illetve AA-EQS értékeket, 50 %-os bekövetkezési valószínűségnél is. Ez annyit jelent, hogy igen nagy valószínűséggel a kezelt területek szomszédságában húzódó kis tavak illetve vízfolyások esetén határértéket meghaladó koncentrációk alakulhatnak ki. Nagyobb vízfolyásoknál a hígító hatás különböző mértékben (peszticidtól függően) csökkenti a koncentrációt (lásd. 2004 évi tanulmány). A mérések általában nagyobb vízfolyásoknál történtek, az ökológiailag sérülékeny víztestekre vonatkozóan nincsenek adataink, így nem zárható ki, hogy lényegesen több víztest veszélyeztetett, mint amennyi a felmérésben szerepelt.