

**A Budapesti Vegyiművek Rt., Budapest, IX.ker. Illatos úti telepének
vegyi szennyezettségéből eredő
környezeti- és egészségkockázat
részletes, mennyiségi felmérése**

Készítette: Dr. Dura Gyula

környezetegészségügyi toxikológus szakértő

Budapest, 2003. október

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
A feladat meghatározása	4
A környezetegészségügyi kockázatfelmérés célja.....	5
Az alkalmazott kockázatfelmérési koncepció	5
A környezetegészségügyi kockázatfelmérés módszere	6
<i>A szennyező anyagok veszélyességének bemutatása.....</i>	7
<i>Az expozíció és a kockázat számszerű kifejezése</i>	9
<i>A kockázati mutató és a daganat-kockázat kiszámítása; az elfogadható kockázati szint.....</i>	10
Az expozíció és az egészségkockázat felméréséhez használt adatok.....	11
<i>A szennyezettségi adatok és azok feldolgozása.....</i>	11
<i>Az expozíció (kítettség) mértékét meghatározó adatok.....</i>	14
<i>Terület-specifikus adatok.....</i>	16
Modell-számítások megtervezése.....	16
<i>A szennyezett talajból és a talajvízből eredő egészségkockázat felmérése.....</i>	16
<i>A szennyezés terjedés figyelembe vétele</i>	16
EREDMÉNYEK	19
<i>A talajvíz átlagos szennyezettségével számolt kockázatok</i>	19
Az átlagos BTEX szennyezettségből eredő kockázat.....	19
A klórbenzolok átlagos szennyezettségből eredő kockázat	20
A halogénezett alifás szénhidrogének átlagos szennyezettségből eredő kockázat.....	21
A fenolok átlagos szennyezettségből eredő kockázat.....	22
Az átlagos PAH szennyezettségből eredő kockázat	22
Az átlagos fenoxikarbonsavak, peszticidek, egyéb szennyezettségből eredő kockázat	23
<i>A talajvíz átlag szennyezettségből eredő kockázatok összesítése</i>	24
A hat szennyező anyag csoport egészségkockázatának eredője.....	24
<i>A környezeti közegenként (kültéri levegő, beltéri levegő, talaj, talajvíz) átlagszennyezettséggel számolt kockázatok összesítése</i>	25
<i>A talajvíz maximális szennyezettségével számolt kockázatok.....</i>	26
A maximális BTEX koncentrációkból eredő kockázat	26
A klórbenzolok maximális koncentrációiból eredő kockázat.....	27
A halogénezett alifások maximális koncentrációiból eredő kockázat.....	27
A maximális fenol szennyezettségből eredő kockázat	28
A legmagasabb PAH koncentrációk kockázata	28
A fenoxikarbonsavak, peszticidek maximális kockázata	29
<i>A talajvíz maximális szennyezettségből eredő kockázatok összesítése.....</i>	30

A hat szennyező anyag csoport legmagasabb koncentrációiból számolt egészségkockázatok eredője	30
<i>A transzport modellel számított értékek.....</i>	<i>31</i>
A KÁRMENTESÍTÉSI ÉRTÉKEK MEGÁLLAPÍTÁSA A SZENNYEZÉS TERJEDÉS ÉS AZ EGÉSZSÉGGOKKÁZAT FIGYELEMBE VÉTELÉVEL.....	32
<i>Az érzékszervi küszöbértékekhez való viszonyítás</i>	<i>34</i>
Környezeti kockázat becslése.....	35
ÖSSZEFOGLALÁS	37
Irodalom	38
Melléletek.....	40
<i>1. Melléklet Egyes szennyező anyagok megengedhető (referencia=viszonyítási) dózisa</i>	<i>40</i>

A BVM Rt., Illatos úti telepe vegyi szennyezettségéből eredő részletes, mennyiségi kockázat-felmérés

A feladat meghatározása

A BVM Rt., Budapest, IX. ker. Illatos úti (Határ út, Nagykőrösi út, Illatos út, MÁV vasúti pályatestek által határolt) telepének vegyi szennyezettségére a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség határozatában írta elő a részleges környezetvédelmi felülvizsgálat elvégzését és a környezeti tényfeltárást. A terület talaj és talajvíz vegyi szennyezettségéből eredő környezeti és egészségkockázat kvantitatív felmérését az ELGOSCAR-2000 Kft. (Budapest 1145, Columbus u.17-23.) megbízásából végeztük el. A munka alapvetően a kármentesítési szennyezettségi (D)-határérték megállapítására irányult, összhangban "A felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatokról" szóló 33/2000. (III.17.) számú Kormányrendelet előírásaival.

A feladat főbb részei:

1. A BVM Rt., Illatos úti telepe szennyezett a talajvizének és rétegvizének

1.1 *BTEX* (benzol, etilbenzol, toluol, xilolok, egyéb alkilbenzolok);

1.2 *klórbenzolok* (klórbenzol, diklórbenzolok, triklórbenzolok, tetraklórbenzolok, pentaklórbenzol, hexaklórbenzol);

1.3 *halogénezett alifás szénhidrogén* (1,2-diklóretilén, 1,1-diklóretán, kloroform, 1,1,1-triklóretán, széntetraklorid, 1,2-diklóretán, triklóretilén, 1,2-diklópropán, 1,1,2-triklóretán, tetraklóretilén);

1.4 *fenolok* szennyezettségéből (krezolok, klór-fenol, 2,4-dimetil-fenol, diklór-fenolok, 4-klór-3-metil-fenol, 2-nitro-fenol, triklór-fenolok, 4-nitro-fenol, tetraklór-fenolok, pentaklór-fenol);

1.5 *policiklusos aromás (PAH) szénhidrogének* (Acenaftilén, Acenaftén, Fluorén, Fenantrén, Antracén, Fluorantén, Pirén, Benzantracén, Krizén, Benzo(b)fluorantén, Benzo(k)fluorantén, Benz(a)pirén, Indenopirén, Dibenzantracén, Benzperilén);

1.6 *fenoxikarbonsav, növényvédőszer és egyéb vegyi anyag* (MCPA, 2,4-DP, 2,4-D, Propaklór, Simazin, Atrazin, Acetoklór, DDE, DDD, DDT, aminobenzotrifluorid) szennyezettségéből eredő egészségkockázat felmérése.

2. A vegyi szennyezettségekből eredő kockázatok összegzése.

3. A kármentesítési szennyezettségi (D) határértékek kiszámítása a BVM Rt., Illatos úti telepe szennyezett területére.

4. A környezeti kockázat rövid értékelése.

A kockázatfelmérési tanulmányban foglalt szakvélemény tartalmazza:

- a környezetegészségügyi kockázatfelmérés céljának, koncepciójának és módszerének rövid leírását,
- az expozíciós modell-vizsgálatokhoz használt adatok bemutatását,
- a szennyező forrástól a hatásviselő receptorig terjedő expozíciós utak megnevezését, az elfogadható kockázati szint indoklását,
- a környezet szennyezettségéből eredő expozíció (kitettség) becslését, a kockázatok kiszámítását valamint az elfogadható szintekkel való összevetését,
- a reverz kockázatbecslést, amely akkor végezhető el, ha a számított kockázat meghaladja az elfogadható szintet. Ez esetben az elviselhető kockázatból kiindulva számoljuk vissza a talaj és felszínalatti víz - kármentesítéssel elérendő- szennyezettségének mértékét, ami a (D) határérték-javaslatnak tekinthető.

A környezetegészségügyi kockázatfelmérés célja

A kockázatfelmérés lényege a veszélyes anyagokra vonatkozó szakmai ismeretek és a helyspecifikus szennyezettségi adatok, információk összegyűjtése, rendszerezése, feldolgozása, elemzése és integrálása, amelyek alapján a vegyi anyagok meghatározott körülmények között az emberre és a környezetre gyakorolt lehetséges káros hatása számszerűsíthető. Ha a kockázatfelmérés eredménye, megbízhatósága megfelel az elvárásoknak, akkor a műszaki lehetőségek és a társadalmi-gazdasági következmények figyelembevételével *a kármentesítés célértékének*, általánosságban a *kockázatkezelésnek* szakmai alapját képezi.

A kockázatfelmérés alapvető célja, hogy a környezeti elemeket és az ember egészségét érintő veszélyeztetés a hatóság és az érintettek számára megalapozottan kerüljön bemutatásra.

Az alkalmazott kockázatfelmérési koncepció

A koncepcionális modell alap gondolata az, hogy a szennyezett góctól a hatásviselő humán receptorig terjedő expozíciós utak és a szennyezés terjedési mechanizmusok teljeskörűen figyelembe legyenek véve.

A kockázatfelmérés koncepcióját a Megbízóval egyeztetve, a helyi viszonyok ismeretében fogalmaztuk meg. Mind a BVM Rt. ténylegesen szennyezett területére, az ott tartózkodókra, mind a talajvízzel terjedő lehetséges szennyezés miatt a 200 méter távolságra lévő ipari felhasználású területre és az 400 méter távolságra lévő lakott területen élő emberekre a kockázatfelmérést elvégeztük.

1. táblázat

Területhasználat	Szennyezett területen belül: ipari		Szennyezett területen kívül: ipari és lakossági	
	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
Szennyezett góc – receptor távolság	0 m	0 m	200 m	400 m
Expozíciós időtartam	25 év	1 év	25 év	30 év
Figyelembe vett expozíciós utak (X)				
Kültéri levegő	X	X	X	X
Beltéri levegő (napi 8 óra)	X			
Talaj (napi 100 mg lenyelése)	X	X		
Talajvíz használat	X		X	X

Kockázaton alapuló kármentesítési szennyezettségi (D)-határérték akkor állapítható meg, ha a hely-specifikus egészségkockázat meghaladja az elfogadható kockázati szintet. Ebben az esetben reverz kockázatbecsléssel kiszámoljuk a kármentesítéssel elérendő talaj és talajvíz szennyezettségi cél-koncentrációkat. A műszaki beavatkozást követően visszamaradó maradvány szennyezettségből fakadó egészségkockázatnak az elfogadható szinten belülinek kell lennie.

A környezetegészségügyi kockázatfelmérés módszere

A kockázatfelmérési munkát a Környezetvédelmi Minisztérium Környezeti Elemek Védelme Főosztálya által készített "Szennyezett területek részletes mennyiségi kockázatfelmérése" kármentesítési kézikönyv alapján végeztük [1], és figyelembe vettük az Európai Közösségek ajánlását [2] valamint az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (US EPA) expozíció becslés módszertani kézikönyvét [3].

A szennyező anyagok veszélyességének bemutatása

A 6 szennyező anyag csoport veszélyességére vonatkozó ismereteket "a 8004/2000.(EüK. 22) EüM tájékoztató az Európai Unióban osztályozott veszélyes anyagok jegyzékéről" szerint foglaltuk össze.

2. táblázat

CAS szám	BTEX	Veszély - jel	R jelmondat
71-43-2	benzol	F; T	45-11-48/23/24/25
108-88-3	toluol	F; Xn	11-20
100-41-4	etilbenzol	F; Xn	11-20
1330-20-7	össz xilol (keverékek)	Xn	10-20/21-38
98-82-8	össz egyéb alkil benzol(kumol)	Xn;N	10-37-51/53-65

CAS	KLÓRBENZOLOK	Veszély -jel	R jelmondat
108-90-7	klórbenzol	Xn; N	10-20-51/53
541-73-1	1,3-diklórbenzol	Xn;N	22-51/53
106-46-7	1,4-diklórbenzol	Xi;N	36-50/53
95-50-1	1,2-diklórbenzol	Xn; N	22-36/37/38-50/53
1198-60-3	1,3,5-triklórbenzol	Xn	20/21/22-36/37/38
120-82-1	1,2,4-triklórbenzol	Xn;N	22-38-50/53
87-61-6	1,2,3-triklórbenzol	Xn	22-36/37/38
634-90-2	1,2,3,5-tetraklórbenzol+	Xn	22-43-50/53
95-94-3	1,2,4,5-tetraklórbenzol	Xn	22-43-50/53
634-66-2	1,2,3,4-tetraklórbenzol	Xn	22-43-50/53
608-93-5	pentaklórbenzol	Xn	11-22-50/53
118-74-1	hexaklórbenzol	T;N	45-48/25-50/53

CAS	HALOGÉNEZETT ALIFÁSOK	Veszély-jel	R jelmondat
156-59-2	1,2-diklóretilén	F;Xn	11-20-52/53
75-34-3	1,1-diklóretán	F; Xn	11-22-36/37-52/53
67-66-3	kloroform	Xn	22-38-40-48/20/22
71-55-6	1,1,1-triklóretán	Xn; N	20-59
56-23-5	széntetraklorid	T; N	23/24/25-40-48/23-52/53-59
107-06-2	1,2-diklóretán	F; T	45-11-22-36/37/38
79-01-6	triklóretilén	T	45-36/38-52/53-67
78-87-5	1,2-diklórrpropán	F; Xn	11-20/22
79-00-5	1,1,2-triklóretán	Xn	20/21/22
127-18-4	tetraklóretilén	Xn; N	40-51/53

CAS	FENOLOK	Veszély -jel	R jelmondat
95-48-7	2-metil-fenol	T	24/25-34
108-39-4	3-metil-fenol	T	24/25-34
106-44-5	4-metil-fenol	T	24/25-34
95-57-8	2-klór-fenol	Xn;N	20/21/22-51/53
105-67-9	2,4-dimetil-fenol	T;N	24/25-34-51/53
120-83-2	2,4-diklór-fenol	T;N	22-24-34-51/53
59-50-7	4-klór-3-metil-fenol	Xn; N	21/22-41-43-50

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatfelmérés

87-65-0	2,6-diklór-fenol		34
88-75-5	2-nitro-fenol	Xn	20/21/22-33
933-78-8	2,3,5-triklór-fenol		
100-02-7	4-nitro-fenol	Xn	20/21/22-33
88-06-2	2,4,6-triklór-fenol	Xn;N	22-36/38-40-50/53
95-95-4	2,4,5-triklór-fenol	Xn; N	22-36/38-50/53
15950-66-0	2,3,4-triklór-fenol		20/21/22-36/37/38
933-75-5	2,3,6-triklór-fenol		22-36/38
609-19-8	3,4,5-triklór-fenol		
935-95-5	2,3,5,6-tetraklór-fenol	T	25-36/38
4901-51-3	2,3,4,5-tetraklór-fenol	T	23/24/25
58-90-2	2,3,4,6-tetraklór-fenol	T;N	25-36/38-50/53
87-86-5	pentaklór-fenol	T+; N	24/25-26-36/37/38-40-50/53

CAS	PAH-ok	Veszély -jel	R jelmondat
208-96-8	Acenaftilén	Xn	22-36/37/38
83-32-9	Acenaftén	Xi	36/37/38
86-73-7	Fluorén		
85-01-8	Fenantrén	Xn	22-36/37/38-40
120-12-7	Antracén	Xn	36/37/38-42/43
206-44-0	Fluorantén	Xn	22
129-00-0	Pirén	Xi	36/37/38
56-55-3	Benzantracén	T;N	45-50/53
218-01-9	Krizén	T;N	45-50/53
205-99-2	Benzo(b)fluorantén	T;N	45-50/53
207-08-9	Benzo(k)fluorantén	T;N	45-50/53
50-32-8	Benz(a)pirén	T;N	45-46-50/53-60-61
193-39-5	Indenopirén		
215-58-7	Dibenzantracén	Xn	20/21/22-36/37/38-40
191-24-2	Benzperilén	Xn	40

CAS	FENOXIKARBONSAVAK	Veszély -jel	R jelmondat
94-74-6	MCPA		22-38-41
120-36-5	2,4-DP		26-36/37
94-75-7	2,4-D		22-37-41-43-52/53

CAS	PESZTICIDEK	Veszély -jel	R jelmondat
1918-16-7	Propaklór	Xn;N	22-36-43-50/53
122-34-9	Simazin		
1912-24-9	Atrazin		
34256-82-1	Acetoklór		
72-55-9	DDE		4546-20/21/22
72-54-8	DDD	T	46-23/24/25
50-29-3	DDT	T;N	25-40-48/25-50/53
CAS	HALOGÉNEZETT TOLU- OL SZÁRMAZÉKOK		
98-08-8	benzotrifluorid	F; N	11-51/53
88-17-5	aminobenzotrifluorid	T	10-23/24/25-33

Vegyianyagokra vonatkozó veszély-jelek

Az EU veszélyjelek, valamint az R és S mondatok a 92/32/EGK (1992 IV.30.) Tanács irányelvvel, illetve a 92/37/EGK (1992 IV.30.) Bizottság irányelvvel módosított 67/548/EGK Tanács irányelvben foglaltakat fejezik ki. A vegyi anyagok veszélyesség szerinti osztályozását a 44/2000. (XII.27.) EüM rendelet szabályozza.

Vegyianyagokra vonatkozó veszély-jelek

Mérgező	T
Ártalmas	Xn
Ingerlő	Xi
Rendkívül gyúlékony	F+
Könnyen gyulladó	F
A környezetre veszélyes	N

A veszélyes anyagok sajátos veszélyeire/kockázataira utaló R mondatok

R 10	Gyúlékony
R 11	Nagyon gyúlékony
R 12	Rendkívül gyúlékony
R 20	Belélegezve ártalmas
R 21	Bőrrel érintkezve ártalmas
R 22	Lenyelve ártalmas
R 23	Belélegezve mérgező (toxikus)
R 24	Bőrrel érintkezve mérgező (toxikus)
R 25	Lenyelve mérgező (toxikus)
R 36	Szemizgató hatású
R 37	Izgatja a légutakat
R 38	Bőrizgató hatású
R 40	Maradandó egészségkárosodást okozhat
R 45	Rákot okozhat (karcinogén hatású lehet)
R 48	Hosszú időn át hatva súlyos egészségkárosodást okozhat
R 51	Mérgező a vízi szervezetekre
R 52	Ártalmas a vízi szervezetekre
R 53	A vízi környezetben hosszantartó károsodást okozhat
R 59	Veszélyes az ózonrétegre
R 65	Lenyelve ártalmas, aspiráció esetén tüdőkárosodást okozhat
R 66	Ismételt expozíció bőr szárazságot, repedezettséget okozhat
R 67	Gőzök álmoságot és szédülést okozhat

Az expozíció és a kockázat számszerű kifejezése

Az expozíció (kitétség) a szennyező anyag és a szervezet érintkezésével, annak mértékével, időtartamával, gyakoriságával jellemezhető.

A szennyező anyagnak - lenyeléssel, belélegzéssel vagy bőrön keresztül - szervezetbe jutott mennyisége, más szóval a *bevétel* adja meg az átlagos napi dózist (ÁND), amelynek kiszámítása az alábbi tényezők figyelembe vételével történik:

$$\text{ÁND (mg/kg -nap)} = Ck \cdot BM \cdot EG \cdot EH / TT$$

- ahol C_k az anyag koncentrációja a szennyezett közegben /talajban, talajvízben, levegőben/
BM lenyelt/belélegzett/bőrön át felszívódott mennyiség (mg/nap)
EG az expozíció gyakorisága (nap/év)
EH az expozíció időtartama (év)
TT testtömeg (kg)

Az expozíció (a kitettség) mértékegysége a mg/kg testtömeg -nap.

A kiszámított átlagos napi dózist a toxicitás szempontjából megengedhető (referencia) dózissokkal illetve koncentrációkkal vetjük össze. Az egészségkárosodást nem okozó referencia dózisokat, koncentrációkat (RfD, RfC) nemzetközi szervezetek ellenőrzött toxikológiai adatbázisaiból [4,5] vettük és a 1 sz. Mellékletben foglaltuk össze.

A kockázati mutató és a daganatkockázat kiszámítása; az elfogadható kockázati szint

A kockázat jellemzése szempontjából lényeges dolog a vegyi anyagok determinisztikus vagy stohasztikus jellegű egészségkárosító hatásának megkülönböztetése. Az előbbi esetben a dózis-hatás összefüggés egy küszöbdózissal (koncentrációval) jellemezhető, amely alatt az egyes szervek, szervrendszerek károsodása nem következik be. A másik esetben a vegyi anyagoknak a sejtek örökítő anyagát (DNS) károsító hatása (a genotoxikus, daganatkeltő hatás) valószínűséggel és nem küszöbdózissal írható le.

A küszöbdózissal rendelkező szennyező anyagok lenyelése esetében a

$$\text{Kockázati hányados} = \frac{\text{Átlagos Napi Dózis}}{\text{Referencia Dózis}}$$

összevetéséből nyerhető. Inhalációs expozíció esetében a belélegzett koncentráció / referencia koncentráció hányadost számítjuk ki.

Az *egészségkockázat* akkor ítéltető *elfogadhatónak*, ha a kockázati mutató értéke (az egyes szennyező anyagok kockázati hányadosainak összege) egynél nem nagyobb.

Az egészségkockázati mutató deskriptív jellemzővel is kifejezhető [6]. Az egészségkockázat az alábbi kategóriákra bontható a szervezetet ért átlagos napi dózis (ÁND) és egészségkárosodást nem okozó, un. referencia dózis/koncentráció aránya alapján. (A megengedhető, tolerábilis és referencia dózisok azonos értelemben, szinonimaként használatosak).

3. táblázat Az egészségkockázat leíró jellemzése

Kockázati mutató	A kockázat mértéke
0,01-nél kisebb	elhanyagolható
0,01 – 0,1	kicsi
0,1 – 1	mérsékelt
1 – 10	nagy
10 -nél nagyobb	igen nagy

A vegyi anyagok daganatképző (genotoxikus) kockázata a dózis-karcinogén hatás összefüggés meredeksége alapján ítélt meg. Általánosan elfogadott, hogy a daganatkockázat zéró expozíció mellett nulla és alacsony dózistartományban a dózis-válasz összefüggés megközelítően lineáris. Ha egy vegyi anyag lenyelve karcinogén, akkor a daganatképződés valószínűségének, azaz kockázatának mértéke az alábbi összefüggésből határozható meg:

$$\text{Daganatkockázat} = 1 - e^{-(\text{Orális meredekségi tényező} * \text{Átlagos Napi Dózis})}$$

Ha a vegyi anyag belélegezve okoz daganatot, a kockázat mértéke:

$$\text{Daganatkockázat} = 1 - e^{-(\text{Egységnyi kockázat} * \text{Koncentráció})}$$

A rák előfordulási gyakoriság háttérértéken felüli, elméleti többlet kockázatot jelent.

Az $1,0E - 6$ ($1,0 \cdot 10^{-6}$) számított kockázat azt fejezi ki, hogy egymillió ember közül egy esetben valószínűsíthető, hogy rákos megbetegedése adott vegyi expozícióra vezethető vissza mindamelllett, hogy rákot mástól is kaphat. A példában említett érték alacsony, *társadalmilag elfogadható kockázatnak* tekinthető. Az orális meredekségi tényező és az egységnyi kockázat toxikológiai adatbázisokból lekérdezhetők [4], egyes anyagok értékeit a Mellékletben mutatjuk be.

Az expozíció és az egészségkockázat felméréséhez használt adatok

A szennyezettségi adatok és azok feldolgozása

A számításokat a Megbízó által rendelkezésre bocsátott dokumentációból vett adatokkal végeztük. A talaj szennyezettsége jelentéktelen. 10 mintában a vizsgált 11 BTEX komponens közül mindössze 4 érte el az analitikai kimutatási határt. Fenolok, fenoxikarbonsavak a talajban nem voltak kimutathatók. A klórbenzolok esetében mindössze a F11/1m jelű mintában lehetett kimutatni 120 mikrogramm/kg mennyiségű hexaklórbenzolt és ezalatti penta- és tetraklórbenzolt. PAHok az F9, F10 mintákban a szennyezettségi szint (1 mg/kg) alatti meny-

nyiségben voltak, az F11 mintában az össz PAH meghaladta a C1 intézkedési (5 mg/kg) szintet.

A talajvíz és a rétegvíz erősen szennyezettek. A kockázatfelmérést az átlag és a maximális szennyezettségi adatokkal is elvégeztük.

4. táblázat Az értékelésbe bevont kutak

	talajvíz				rétegvíz	
BTEX	átl	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,102,104,105,106	max	7 kút	max	104 kút
Klórbenzolok	átl	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,102,104,105,106	max	7 kút	max	104 kút
Halogénezett alifások	átl	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,102,104,105,106	max	5,6,11 kút	max	104 kút
Fenolok	átl	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,102,104,105,106	max	7,11 kút		
PAHok	átl	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,102,104,105,106	max	7 kút		
Fenoxikarbonsavak	átl	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	max	11 kút		
Peszticidek	átl	7,11,104,106	max	11 kút		

A kockázatfelmérést a BTEX, klórbenzolok, halogénezett alifás szénhidrogének, fenolok, PAH-ok, fenoxikarbonsavak, peszticidek és egyéb szennyezők csoportjaira, de azonosított szennyező anyagoként külön-külön végeztük el:

5. táblázat Vegyi szennyezők a talajvízben és rétegvízben

BTEX	átlag	max	rétegvíz (104kút)
benzol	19269,4533	223229	44980
toluol	2161,3680	31787	540
etilbenzol	761,9600	8584	615
össz xilol (keverékek)	805,8600	3296	5600
össz egyéb alkil benzol(kumol)	139,1300	266906,75	14,07
KLÓRBENZOLOK	átlag	max	rétegvíz (104kút)
klórbenzol	9102,6680	92782	25602
1,3-diklórbenzol	14,6227	151	17
1,4-diklórbenzol	394,4387	4393	486
1,2-diklórbenzol	309,9380	3586	453
1,2,4-triklórbenzol	29,5147	243	5,9
1,2,3,5-tetraklórbenzol+	4,6133	60	0
1,2,3,4-tetraklórbenzol	48,2820	709	0,86
pentaklórbenzol	17,2860	258	0
hexaklórbenzol	1,5393	23	0

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatfelmérés

HALOGÉNEZETT ALIFÁS SZÉNHYDROGÉNEK	átlag	max	rétegvíz (104kút)
1,2-diklóretán	30,6027	141	259,00
1,1-diklóretán	35,6100	5,7	25,00
1,1,1-triklóretán	0,0400	0,6	0,00
1,1,2-triklóretán	1,1747	12	4,70
1,2-diklópropán	0,2900	0,24	3,90
kloroform	376,9060	5370	100,00
széntetraklorid	2,7680	41	0,00
1,2-diklóretilén	8,1407	70	3,10
triklóretilén	365,3687	4262	381,00
tetraklóretilén	22,2533	174	16,00
FENOLOK	átlag	max	rétegvíz (104kút)
2-metil-fenol	1,0413	6,1	0,54
3-metil-fenol	2,9893	15	1,8
4-metil-fenol	0,7800	4,9	0,97
2,4-dimetil-fenol	0,4827	3,4	0,27
2-klór-fenol	3,0833	16	13
diklór-fenol	54,7910	513	3,36
triklór-fenol	5,3157	40,01	0,67
tetraklór-fenol	1,2010	9,2	0,11
pentaklór-fenol	0,4060	2,7	0,05
nitro-fenol	2,2850	33,98	0
FENOXIKARBONSAVAK	átlag	max	rétegvíz (104kút)
MCPA	0,2993	0,8	
2,4-DP	7,205	86	
2,4-D	0,16	0,78	
Atrazin	0,1275	0,21	0,17
DDE	0,525	2,1	
DDD	1,805	7,2	
DDT	2,7525	11	
aminobenztrifluorid	32256,45	67340	
PAH-ok	átlag	max	
Acenaftilén	0,0047	0,05	
Acenaftén	0,0087	0,03	
Fluorén	0,0560	0,54	
Fenantrén	0,1107	1,2	
Antracén	0,0153	0,16	
Fluorantén	0,0860	1,2	
Pirén	0,0600	0,82	
Benzantracén	0,0287	0,43	
Krizén	0,0347	0,5	
Benzo(b)fluorantén	0,0307	0,46	
Benzo(k)fluorantén	0,0167	0,25	

Benz(a)pirén	0,0113	0,17	
Indenopirén	0,0253	0,38	
Dibenzantracén	0,0047	0,07	
Benzperilén	0,0127	0,19	

Az expozíció (kitettség) mértékét meghatározó adatok

Az expozíciós modellek arra alkalmasak, hogy a szennyezett környezeti közegekből közvetlenül (lenyeléssel) vagy közvetve (pl. kipárolgott gőzök belélegzése) az emberi szervezetbe került szennyező anyag mennyiségét a területhasználat módjától, az emberi tevékenység jellegétől függően kiszámítsák.

A releváns expozíciós útvonalak kiválasztását helyi körülmények határozzák meg. A BVM Rt. Illatos úti telepén - a tényfeltárás adatai szerint – szennyezett közegként a talajjal gyakorlatilag nem, a talajvízzel és a rétegvízzel viszont körültekintően kell foglalkozni. Az expozíciós szituációkat úgy választottuk meg, hogy azok a helyi viszonyokat jellemezzék, nevezetesen a szennyezett területen (a szennyezett gócon) tartózkodókra/dolgozókra, a telep szomszédságában fekvő, más termelő tevékenységet folytató helyi dolgozókra és a közeli, a Nagykörösi úttól Délre, a Határ út keleti oldalán fekvő lakóterületen élő emberekre határoztuk meg a kockázatot.

A szennyezett területen *belül* 2 humán receptor típust különböztettünk meg: a helyben dolgozókat, akik hosszú ideig (25 év) vannak kitéve a szennyező anyagok hatásának, de nem tartózkodnak állandóan (nem laknak) a szennyezett gócon. A szennyezett területen belül megkülönböztettünk egy másik, rövidebb ideig (1 éven át) dolgozó, pl. kármentesítést végző embereket is.

A kockázatfelmérés során nagy hangsúlyt fektetünk a lakossági expozíció ellenőrzésére. Ennek érdekében közvélemény-kutatást végeztünk a vizsgált területen, a lakossági vízfogyasztási szokások feltárására. A felmérés során külön tételként szerepelt a lakosság és talajvíz kontaktusát vizsgáló kérdések. A felmérés során az alábbi eredmények születtek:

6. táblázat

Kérdés	Válaszok			Megjegyzés
	I/N	Igen (%)	Nem (%)	
Ivóvíz ellátás				
Van-e vezetékes ivóvíz?	25/0	100%	0%	
Van-e szennyvíz csatorna?	23/2	92%	8%	
Elégedett-e az ivóvíz minőségével?	21/4	84%	16%	A nem elégedettek a vezetékes víz erős klórozottságára panaszkoznak
Van-e kútja, ha igen, akkor milyen: ásott, fúrt? Milyen mély?	12/13	48%	52%	Jellemzően ásott kutak vannak, 5-8 méteres talpmélységgel
Ivóvíz ellátását csak vezetékes víz biztosítja, vagy esetleg más forrásból (kútvíz)?	25/0	100%	0%	20% csak ásványvizet illetve üdítőt, gyümölcsleveket fogyaszt
Csapadékvizet gyűjti-e illetve felhasználja-e locsoláskor?	10/15	40%	60%	A vizsgált ingatlanok egyikén sem termelnek haszonnövényt, még zöldséges kert szintjén sem. A locsolás a kerti dísnövényeket érinti.
Kútvízzel locsol-e?	5/20	20%	80%	
Vezetékes vízzel locsol-e?	15/10	60%	40%	

A fenti eredményeket a kockázatbecslés során figyelembe vettük.

A szennyezett talajjal értelemszerűen csak a területen belül, a szennyezett gócon tevékenységet folytatók érintkezhetnek.

A szennyezett talajvízből eredő expozíció becslésénél figyelembe vettük a közvéleménykutatás eredményeit, így közvetlen talajvíz használatlalt/fogyasztással nem számoltunk. A szennyezett területen kívül 200 méter távolságban lévő ipari területre (nem lakott terület) is a helyi dolgozóra vonatkozó kitettségi helyzetet alkalmaztuk. A 400 méter távolságban viszont lakóterületi expozíciós szituációt alkalmaztuk, amelyben a valós expozíciós helyzetet modellezve az alábbi szituációkat vettük figyelembe a kockázatbecslés során:

- Helyszínen termesztett gyökeres zöldség fogyasztása
- Helyszínen termesztett leveles zöldség fogyasztása
- Talajvíz permet (locsolás) belélegzése
- Locsolás során bőrre kerülő talajvíz
- Lenyelt öntözővíz

A kültéri levegő közvetítésével történő expozíciót reális szituációnak tekintettük. Potenciális expozíciós útnak vettük a szennyezett talajból való kiporzást és a talajból és talajvízből kipárolgó szennyező anyagok belélegzését.

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatelemzés

A BVM Rt. szennyezett területén álló épületek miatt a *beltéri levegő* közvetítésével történő expozíciót is kiszámítottuk.

A humán expozíciós paramétereket, a testtömeg, a légzési térfogat, lenyelt napi talajmennyiség értékeit humánbiológiai kézikönyvből vettük [7]. A lakossági expozíció időtartamát a vonatkozó kockázatelemzési útmutatók szerint 30 évben határoztuk meg.

A *felszíni víz közvetlen* veszélyeztetésével (az 1200 méter távolságban lévő Dunával) nem foglalkoztunk, következésképpen a felszíni vízhasználatból eredő expozícióval nem számoltunk.

Terület-specifikus adatok

A szennyezett terület talajának és a talajvíznek jellemző tulajdonságait a hidrogeológiai, környezetföldtani jellemzőit a Megbízó bocsátotta rendelkezésre. Az expozíció és kockázatelemzés során valamint a modellezésben használt valamennyi input adatot a tényfeltárási záródokumentáció egyéb mellékletei tartalmazzák.

Modell-számítások megtervezése

A szennyezett talajból és a talajvízből eredő egészségkockázat elemzése

A terület-specifikus adatok, az expozíciós útvonalak, a hatásviselő receptorok és azoknak a szennyezett területtől való távolsága ismeretében az ASTM PS-104 szabványt [8] követve humán expozíciós modellezést végeztünk a szennyezett göcből származó kockázatok számszerűsítésére az RBCA szoftver használatával.

Modell-vizsgálatokkal a *különböző* környezeti *közegekből* (talaj, talajvíz, kültéri és beltéri levegő) eredő és *különböző receptorok* (szennyezett területen belüli és kívüli hatásviselők) *kitettségét* számítottuk ki a talaj és talajvíz összes BTEX, klórbenzolok, halogénezett alifás szénhidrogének, fenolok, PAHok, fenoxikarbonsavak, peszticidek és egyéb szennyezőkből eredően (mg/m^3 illetve mg/kg -nap egységekben kifejezve). Ezek alapján határoztuk meg az egészségkárosító hatásra vonatkozó kockázati mutatót ill. a daganatkockázati valószínűséget.

A szennyezés terjedés figyelembe vétele

A szennyezés talajvízzel való terjedésének elemzésére, a különböző távolságban lévő receptoroknál várható szennyező anyag koncentrációk előrejelzésére tájékoztató jellegű szimulációs-

vizsgálatokat végeztünk a Domenico modell alkalmazásával [9]. A modell az oldott fázisú szennyezés csóva mozgását prognosztizálja. A modell alkalmazásának korlátai vannak, nevezetesen az, hogy egyszerű talajvíz áramlási körülményeket feltételez. A modell, minthogy az általános tájékozódást szolgálja, egységes, azonos, folytonos környezeti és hidrogeológiai viszonyokat feltételez, tehát a tényleges helyi viszonyokat egyszerűsíti. A modell a Domenico-féle egyenleteket használja oly módon, hogy a talajvíz áramlására vertikális szennyező anyag sítot feltételez. A modell szimulálja a talajvízzel mozgó szerves anyagok terjedését, kiszámítja az egydimenziós advektív transzportot, a háromdimenziós diszperziót, a lineáris adszorpciót. Konzervatív modellezési vizsgálatot végeztünk, ezért nem vettük figyelembe a szennyező anyagok lebomlását.

Célunk a szennyező anyagok koncentráció - távolság - kijelölt receptorok elérési ideje közötti összefüggés modellezése volt. A szennyezett terület vízföldtani tulajdonságait, a talajvíz terület-specifikus jellemzőit a többi input paraméterrel a tényfeltárási záródokumentáció egyéb mellékleteiben mutatjuk be.

Ilyen módon kívántunk a 200 ill. 400 méter távolságban feltételezett receptoroknál várható szennyezettségi koncentrációból kockázatot számítani és további adatot szolgáltatni a kármentesítési szennyezettségi (D) határérték megállapításához.

SZENNYEZETT KÖZEG	KÖZVETETT EXPOZÍCIÓS ÚT	EGYIK KÖZEGBŐL A MÁSIKBA VALÓ ÁTJUTÁS TÉNYEZŐI	OLDALIRÁNYÚ TRANSPORT TÉNYEZŐI	TERMÉSZETES SZENNYEZÉS CSÖKKENÉSI TÉNYEZŐ (NAF)
LEVEGŐVEL KÖZVETÍTETT EXPOZÍCIÓ				
FELSŐ TALAJRÉTEG	KIPÁROLGÁS ÉS KIPORZÁS KÜLTÉRI LEVEGŐBE	FELSZÍNI ILLÉKONYSÁGI TÉNYEZŐ (VF _{ss}) KIPORZÁSI TÉNYEZŐ (PEF)	LATERÁLIS LEVEGŐ DISZPERZIÓS TÉNYEZŐ (ADF)	$\frac{ADF}{VF_{ss} + PEF}$
ALSÓ TALAJRÉTEG	KIPÁROLGÁS KÜLTÉRI LEVEGŐBE	FELSZÍN ALATTI MÉLYEBB TALAJRÉTEG ILLÉKONYSÁGI TÉNYEZŐJE (VF _{samb})	OLDALIRÁNYÚ LEVEGŐ DISZPERZIÓS TÉNYEZŐ (ADF)	$\frac{ADF}{VF_{samb}}$
ALSÓ TALAJRÉTEG	KIPÁROLGÁS ZÁRTTÉRI LEVEGŐBE	TALAJBÓL ZÁRTTÉRBE VALÓ KIPÁROLGÁSI TÉNYEZŐ (VF _{sepp})		1 VF _{sepp}
TALAJVÍZ	KIPÁROLGÁS KÜLTÉRI LEVEGŐBE	TALAJVÍZBŐL VALÓ ILLÉKONYSÁGI TÉNYEZŐ (VF _{wamb})	OLDALIRÁNYÚ LEVEGŐ DISZPERZIÓS TÉNYEZŐ (ADF)	$\frac{ADF}{VF_{wamb}}$
TALAJVÍZ	KIPÁROLGÁS ZÁRTTÉRI LEVEGŐBE	TALAJVÍZBŐL ZÁRTTÉRBE VALÓ KIPÁROLGÁSI TÉNYEZŐ (VF _{wesp})		1 VF _{wesp}
TALAJVÍZZEL KÖZVETÍTETT EXPOZÍCIÓ				
TALAJ	KILÚGOZÓDÁS TALAJVÍZBE	TALAJBÓL VALÓ KILÚGOZÓDÁSI TÉNYEZŐ (K _{sw}) Talaj attenuációs tényező	TALAJVÍZBE KILÚGOZÓDOTT ANYAGOK HÍGULÁSA (LDF)	$\frac{LDF \cdot DAF}{K_{sw} \cdot SAM}$
TALAJVÍZ	OLDOTT VAGY SZABAD FÁZISÚ TALAJVÍZ CSÓVA		OLDALIRÁNYÚ TALAJVÍZ HÍGULÁSI -ATTENÁCIÓS TÉNYEZŐ (DAF)	DAF

EREDMÉNYEK

A BVM Rt. Illatos úti telepe területére végzett kockázatfelmérés eredményeit külön-külön ismertetjük

- a.) szennyező anyagcsoportonként a talajvíz átlagszennyezettsége szerint,
- b.) az átlag szennyezettségből eredő kockázatok összesítését,
- c.) környezeti közegeként (kültéri levegő, beltéri levegő, talaj, talajvíz) átlagszennyezettséggel számolva
- d.) szennyező anyagcsoportonként a talajvíz maximális szennyezettsége szerint,
- e.) a maximális szennyezettségből eredő kockázatok összesítését,
- f.) a gyár területén a szennyezett rétegvíz és a dolgozók kapcsolata nem feltételezhető, a felmérés szerint a szennyezés nem lépi túl a gyár területét. Mindezek alapján a rétegvízszennyezés humánegészségügyi kockázatát nem vizsgáltuk.

A kockázati értékeket az alábbi táblázatokban foglaljuk össze. A daganatképződés valószínűségét és az egészségkárosodás lehetséges mértékét jelző kockázati mutatókat külön-külön jelenítjük meg. A vegyi expozícióból eredő összegzett egészségkockázati értékeket *környezeti közegeként* (levegő, talaj, talajvíz) és *hatásviselő receptoronként* (helyi dolgozók, kármentesítést végzők, lakosság) foglaljuk össze, figyelembe véve a szennyezett góc és a receptorok közötti távolságot is. Végezetül az összesített kockázatokat mutatjuk be.

A talajvíz átlagos szennyezettségével számolt kockázatok

Az átlagos BTEX szennyezettségből eredő kockázat

7. táblázat A BTEX expozícióból eredő egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatfelmérés

Kültéri levegő	4,36E-05	1,69E-10	1,02E-05	4,75E-06	2,4832	0,0000	0,5778	0,2252
Beltéri levegő	1,63E-04				9,2543			
Talaj	3,08E-10	9,02E-12			0,0000	0,0000		
Talajvíz	1,95E-03		2,58E-04	8,90E-006	62,85		8,3328	1,56
Összesen	2,16E-03	1,78E-10	2,68E-04	1,13E-005	74,58	0,0000	8,9107	1,78
Tolerábilis	1,0 E-06				1,0			
Minősítés	igen nagy	elhanyagolható	nagy	nagy	igen nagy	elhanyagolható	nagy	nagy

A kültéri levegő révén közvetített expozíció, amelynek eredete a talajvízből kipárolgó gőzök belélegzése, jelentős potenciális kockázati forrást jelent. Mértéke függ az aktuális szélesebségtől (alapértéknek 2,5 m/s –t vettünk) valamint a felszíntől számított magasságtól (alapértéknek a belélegzési magassághoz közeli értéket, 2 m keveredési réteget vettünk). A szennyezett réteg felett álló épületekbe a szennyező anyagok gőzei bekerülhetnek. A beltéri levegőben számolt koncentrációk a benzol szintén jelentős potenciális veszélyeztetést jelenthet (kockázati hányados 9,25). Ennek mértéke az épületek jellemzőitől függ, a kockázatfelmérés során óránként másfélszeres légcserével számoltunk, az alapterület/térfogat arányát 5-nek vettük.

Kismennyiségű talaj (por) lenyelése és bőrrel érintkezése során bekövetkező expozíció következményével nem kell számolni. A kockázati mutató a szennyezett területen intenzívebb munkát végzőkre (pl. kármentesítési beavatkozást folytató dolgozókra) vonatkozóan is jelentéktelen.

A szennyezett talajvízből eredő egészségkockázat a szennyezett területen belül dolgozók számára rendkívül magas, értéke 74,6. A szennyezett góctól 200 méter távolságban is magas (8,9). A szennyezett területen kívül 400 méter távolságra feltételezett receptor esetében kis mértékben haladja meg a tolerábilis szintet, értéke 1,78.

A klórbenzolok átlagos szennyezettségéből eredő kockázat

8. táblázat A klórbenzolok expozíciójából eredő egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatfelmérés

Kültéri levegő	1,49E-07	2,7E-09	9,13E-09	1,4E-08	0,0162	0,0003	0,0037	0,0015
Beltéri levegő	0				0,0000			
Talaj	5,54E-09	2,41E-10			0,0001	0,0001		
Talajvíz	4,13E-05		5,46E-06	5,16E-06	5,4733		0,7234	0,5693
Összesen	4,15E-05	2,94E-09	5,47E-06	5,17E-06	5,4896	0,0004	0,7271	0,5708
Tolerábilis	1,0 E-06				1,0			
Minősítés	nagy	elhanyagolható	mérsékelt	mérsékelt	nagy	elhanyagolható	mérsékelt	mérsékelt

A kül- és beltéri levegő valamint a talaj révén a klórbenzolok nem veszélyeztetik az egészséget, de a talajvízen keresztül a para-diklórbenzol és a hexaklórbenzol lehetséges daganatkeltő hatása miatt a helyi dolgozókra nézve potenciális veszélyeztetettséget jelent. A kockázat mértéke a 200 és 400 méter távolságban lévő receptorokra vonatkozóan mérsékelt.

A halogénezett alifás szénhidrogének átlagos szennyezettségéből eredő kockázat

9. táblázat A halogénezett alifások okozta egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
Kültéri levegő	1,87E-07	6,03E-10	4,31E-08	2,03E-08	0,0591	0,0005	0,0136	0,0053
Beltéri levegő	3,25E-11				0,0000			
Talaj	5,61E-09	1,63E-10			0,0001	0,0000		
Talajvíz	3,74E-05		4,94E-06	4,66E-06	1,0479		0,1385	0,1090
Összesen	3,75E-05	7,66E-10	4,98E-06	4,68E-06	1,1070	0,0005	0,1521	0,1143
Tolerábilis	1,0 E-06				1,0			
Minősítés	nagy	elhanyagolható	mérsékelt	mérsékelt	nagy	elhanyagolható	mérsékelt	mérsékelt

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatelemzés

A halogénezett alifások között a kloroform és a triklóretilén a C1 beavatkozási szennyezett-ségi szintet 1 nagyságrenddel meghaladja, erre vezethető vissza a $3,75 \cdot 10^{-5}$ daganatkockázat és a tolerábilis mértékét már meghaladó (1,1 értékű) egészségkockázati hányados.

A fenolok átlagos szennyezettségéből eredő kockázat

10. táblázat A fenolokból eredő egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
Kültéri levegő	1,8E-9	4,6E-11	8,2E-11	1,7E-10	0,000	0,0002	0,000	0,000
Beltéri levegő	1,4E-14				0,000			
Talaj	3,4E-9	1,2E-10			0,0002	0,0001		
Talajvíz	1,70E-07		2,13E-08	3,71E-07	0,117		0,015	0,012
Összesen	1,70E-07	1,16E-10	2,13E-08	3,71E-07	0,118	0,0003	0,016	0,012
Tolerábilis	1,0 E-06				1,0			
Minősítés	elhanyagolható	elhanyagolható	elhanyagolható	elhanyagolható	mérsékelt	elhanyagolható	kicsi	kicsi

A talajvíz átlagos fenol szennyezettsége nem veszélyezteti az egészséget. A krezolok 1-2 ug/L koncentrációja, a pentaklórfenol 0,4 ug/L átlagos koncentrációja, de még a diklórfenolok 54,8 ug/L koncentrációja sem eredményez többletkockázatot.

Az átlagos PAH szennyezettségéből eredő kockázat

11. táblázat A PAH expozícióból eredő egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatelemzés

Kültéri levegő	4,48E-09	8,94E-12	1,56E-11	4,49E-10	0,000317	8,79E-05	3,05E-05	2,78E-05
Beltéri levegő	8,92E-17				3,69E-11			
Talaj	2,36E-08	7,69E-10			1,54E-06	1,26E-06		
Talajvíz	8,06E-07		1,07E-07	1,01E-07	0,000108		1,43E-05	1,12E-05
Összesen	8,34E-07	7,78E-10	1,07E-07	1,01E-07	0,000426	8,92E-05	4,48E-05	3,9E-05
Tolerábilis	1,0 E-06				1,0			
Minősítés	kicsi	elhanyagolható	kicsi	kicsi	elhanyagolható	elhanyagolható	elhanyagolható	elhanyagolható

A PAHok – alacsony átlagkoncentrációban való előfordulásuk miatt - az egészséget nem veszélyeztetik.

Az átlagos fenoxykarbonsavak, peszticidek, egyéb szennyezettségből eredő kockázat

12. táblázat A fenoxykarbonsavak, peszticidek, egyéb szennyezettségből eredő egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
Kültéri levegő	1,09E-07	7,22E-11	1,42E-10	9,88E-09	0,017535	1,24E-06	0,004079	0,001591
Beltéri levegő	6,44E-15				3,56E-06			
Talaj	3,35E-09	1,79E-10			1,69E-05	1,99E-05		
Talajvíz	6,0E-6		8,0E-7	7,5E-7	1,17673		0,155528	0,122396
Összesen	1,4E-6	2,51E-10	8,0E-7	7,5E-7	1,194285	2,11E-05	0,159607	0,123986
Tolerábilis	1,0 E-06				1,0			
Minősítés	mérsékelt	elhanyagolható	kicsi	kicsi	nagy	elhanyagolható	mérsékelt	mérsékelt

A fenoxykarbonsavak, peszticidek és egyéb szennyező anyagok talajvízben előforduló átlagos koncentrációiból számolt egészségkockázat mértéke a szennyezett területen belül valamivel

túllépi a megengedhető szintet a magas aminobenztrifluorid koncentráció miatt, a szennyezett területen kívül a kockázat mérsékelt illetve kicsi.

A talajvíz átlag szennyezettségéből eredő kockázatok összesítése

A hat szennyező anyag csoport egészségkockázatának eredője

13. táblázat A BTEX, klórbenzolok, halogénezett alifás szénhidrogének, fenolok, PAHok, fenoxykarbonsavak, peszticidek és egyéb szennyezők csoportjaira számolt egészségkockázat

szennyező anyag	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
csoporthatár	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
BTEX	2,16E-03	1,78E-10	2,68E-04	1,13E-005	74,7842	0,0000	8,9107	1,78
ClBenzol	4,15E-05	2,94E-09	5,47E-06	5,17E-06	5,4896	0,0004	0,7271	0,5708
HaloAlif	3,75E-05	7,66E-10	4,98E-06	4,68E-06	1,1070	0,0005	0,1521	0,1143
Fenolok	1,70E-07	1,16E-10	2,13E-08	3,71E-07	0,1176	0,0003	0,0155	0,0122
PAH	8,34E-07	7,78E-10	1,07E-07	1,01E-07	0,0004	0,0001	0,0000	0,0000
Peszticid	1,44E-06	2,51E-10	7,98E-07	7,53E-07	1,1943	0,0000	0,1596	0,1240
Összesen	2,24E-03	5,03E-09	2,80E-04	2,23E-005	82,6931	0,0014	9,9651	2,6
Tolerábilis	1,0 E- 06				1,0			
Minősítés	igen nagy	elhanyagolható	nagy	nagy	igen nagy	elhanyagolható	nagy	nagy

A fenti táblázat azt mutatja, hogy a BVM Rt, Budapest, Illatos úti telepén a talajvíz szennyezettségének átlagkoncentrációival, a szennyezettség 10000 m² területi kiterjedésével számolva az egészség veszélyeztetés helyben igen nagy mértékű, 200 méter távolságban a többletdaganatkockázat és az egészségkárosodás lehetősége még nagy mértékű. A kockázati mutató értéke a szennyezett területen kívül 400 méterre már csak kis mértékben haladja meg (2,6) a tolerábilis szintet.

A környezeti közegenként (kültéri levegő, beltéri levegő, talaj, talajvíz) átlagszennyezettséggel számolt kockázatok összesítése

14. táblázat Környezeti közegenkénti kockázatok

Szennyezők	Góc-Receptor távolság	Daganatkockázat				Egészségkárosodás			
		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
		0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
	Közeg	helyben dolgozó	kármentesítő	dolgozó	lakosság	helyben dolgozó	kármentesítő	dolgozó	lakosság
BTEX	kültéri levegő	4,4E-05	1,7E-10	1,0E-05	4,7E-06	2,483	0,000	0,578	0,225
ClBenzolok	kültéri	5,5E-07	8,0E-09	5,3E-08	5,4E-08	0,016	0,000	0,004	0,001
HaloAlifások	kültéri	1,9E-07	6,0E-10	4,3E-08	2,0E-08	0,059	0,000	0,014	0,005
Fenolok_átl	kültéri	1,8E-09	4,6E-11	8,2E-11	1,7E-10	0,000	0,000	0,000	0,000
PAHok	kültéri	4,5E-09	8,9E-12	1,6E-11	4,5E-10	0,000	0,000	0,000	0,000
Peszticidek	kültéri	1,1E-07	7,2E-11	1,4E-10	9,9E-09	0,018	0,000	0,004	0,002
összesen	kültéri	4,4E-05	8,9E-09	1,0E-05	4,8E-06	2,577	0,001	0,599	0,234
BTEX	beltéri levegő	1,6E-04				9,254			
ClBenzolok	beltéri	3,0E-11				0,000			
HaloAlifások	beltéri	3,3E-11				0,000			
Fenolok_átl	beltéri	1,4E-14				0,000			
PAHok	beltéri	8,9E-17				0,000			
Peszticidek	beltéri	6,4E-15				0,000			
összesen	beltéri	1,6E-04				9,254			
BTEX	talaj	3,1E-10	9,0E-12			0,000	0,000		
ClBenzolok	talaj	1,1E-08	5,6E-10			0,000	0,000		
HaloAlifások	talaj	5,6E-09	1,6E-10			0,000	0,000		
Fenolok_átl	talaj	3,4E-09	1,2E-10			0,000	0,000		
PAHok	talaj	2,4E-08	7,7E-10			0,000	0,000		
Peszticidek	talaj	3,3E-09	1,8E-10			0,000	0,000		
összesen	talaj	4,7E-08	1,8E-09			0,000	0,000		
BTEX	talajvíz	2,0E-03		2,6E-04	2,4E-04	63,047		8,333	6,558
ClBenzolok	talajvíz	4,1E-05		5,5E-06	5,2E-06	5,473		0,723	0,569
HaloAlifások	talajvíz	3,7E-05		4,9E-06	4,7E-06	1,048		0,138	0,109
Fenolok_átl	talajvíz	1,7E-07		2,1E-08	3,7E-07	0,117		0,015	0,012
PAHok	talajvíz	8,1E-07		1,1E-07	1,0E-07	0,000		0,000	0,000
Peszticidek	talajvíz	1,4E-06		8,0E-07	7,5E-07	1,177		0,156	0,122
összesen	talajvíz	2,0E-03		2,7E-04	2,5E-04	70,862		9,366	7,371

A benzol talajvízből való lehetséges kipárolgása révén a 20 ug/m³ koncentrációt elérheti a kültéri levegőben – természetesen a szélességtől, és más paraméterektől függően – ezt a prognosztizált koncentrációt 25 évnyi expozíciós időt is figyelembe véve az egészséget poten-

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatfelmérés

ciálisan veszélyeztetőnek kell tekinteni. Amennyiben a kipárolgó benzol gőzök a szennyezett területen álló épület belső légtérébe jutnak, és óránként másfélszeres légcserével számolunk, akkor a beltéri levegőn keresztüli expozíciós út is növeli az egészség veszélyeztetettségét.

A talaj szennyezettsége egészségkárosodást nem okoz.

Vitathatatlanul a BTEX, a klórozott benzolszármazékok és a halogénezett alifás szénhidrogének magas koncentrációi határozzák meg az egészségkockázat mértékét.

A talajvíz maximális szennyezettségével számolt kockázatok

A maximális BTEX koncentrációkból eredő kockázat

15. táblázat A BTEX expozícióból eredő legnagyobb egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
Kültéri levegő	2,52E-04	8,46E-10			14,8679	0,0001		
Beltéri levegő	2,82E-03				166,2287			
Talaj	3,08E-09	9,02E-11			0,0001	0,0001		
Talajvíz	2,26E-02				755,8593			
Összesen	2,57E-02	9,36E-10			936,9560	0,0002		
Tolerábilis	1,0 E- 06				1,0			
Minősítés	extrém	elhanyagolható			extrém	elhanyagolható		

A 223 mg/L extrém magas talajvíz benzol koncentráció illetve a 267 mg/L össz BTEX szennyezettség rendkívül magas egészségkockázati értékeket eredményez.

A klórbenzolok maximális koncentrációjából eredő kockázat

16. táblázat A klórbenzolokra visszavezethető legnagyobb egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
Kültéri levegő	6,98E-08	4,00E-09			0,180628	0,000128		
Beltéri levegő	1,02E-11				3,24E-05			
Talaj	5,54E-09	5,63E-10			0,000138	0,000113		
Talajvíz	1,41E-04				59,66938			
Összesen	1,41E-04	4,57E-09			59,85018	0,000242		
Tolerábilis	1,0 E-06				1,0			
Minősítés	igen nagy	elhanyagolható			igen nagy	elhanyagolható		

Elsősorban a magas monoklórbenzol szennyezettség okoz problémát.

A halogénezett alifások maximális koncentrációjából eredő kockázat

17. táblázat A halogénezett alifások legnagyobb egészségkockázati értékei

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
Kültéri levegő	2,45E-06	3,01E-09			0,8114	0,0026		
Beltéri levegő	4,34E-10				0,0001			
Talaj	5,61E-08	1,63E-09			0,0007	0,0005		
Talajvíz	3,76E-04				13,0489			
Összesen	3,78E-04	4,65E-09			13,8611	0,0031		

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatfelmérés

Tolerábilis	1,0 E- 06				1,0			
Minősítés	igen nagy	elhanyagolható			igen nagy	elhanyagolható		

A magas egészségkockázat a kloroform koncentrációval magyarázható.

A maximális fenol szennyezettségből eredő kockázat

18. táblázat A fenolok legnagyobb koncentrációiból eredő egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
Kültéri levegő	3,71E-10	2,29E-11			0,0003	0,0001		
Beltéri levegő	4,35E-14				0,0000			
Talaj	3,37E-09	1,16E-10			0,0002	0,0001		
Talajvíz	2,22E-05				1,0784			
Összesen	2,22E-05	1,39E-10			1,0789	0,0002		
Tolerábilis	1,0 E- 06				1,0			
Minősítés	nagy	elhanyagolható			nagy	elhanyagolható		

A fenol szennyezettség lehetséges egészségkárosító hatása mellett figyelembe kell venni a fenolszármazékok kellemetlen érzékszervi hatásait is.

A legmagasabb PAH koncentrációk kockázata

19. táblázat A PAH expozícióból eredő legmagasabb egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság

BVM Rt. Illatos úti telepe, kockázatelemzés

Kültéri levegő	1,23E-10	4,47E-12			0,0002	0,0000		
Beltéri levegő	1,41E-15				0,0000			
Talaj	2,36E-08	7,69E-10			0,0000	0,0000		
Talajvíz	2,08E-05				0,0012			
Összesen	2,08E-05	7,73E-10			0,0014	0,0000		
Tolerábilis	1,0 E-06				1,0			
Minősítés	nagy	elhanyagolható			elhanyagolható	elhanyagolható		

A PAH expozíció a mért maximális koncentrációban toxikus hatást nem vált ki, azonban a PAH keverékek daganatkeltő hatása teljességgel nem zárható ki.

A fenoxikarbonsavak, peszticidek maximális kockázata

20. táblázat A fenoxikarbonsavak, peszticidek, aminobenzotrifluorid maximális koncentrációból eredő egészségkockázat

	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
Környezeti közeg	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
Kültéri levegő	5,47E-08	3,61E-11			0,0366	0,0000		
Beltéri levegő	1,38E-14				0,0000			
Talaj	3,35E-09	1,79E-10			0,0000	0,0000		
Talajvíz	3,59E-05				2,6349			
Összesen	3,59E-05	2,15E-10			2,6716	0,0000		
Tolerábilis	1,0 E-06				1,0			
Minősítés	nagy	elhanyagolható			nagy	elhanyagolható		

A 2-etil-4-klórfenoxi karbonsav /MCPA/ és a 2-(2,4-diklórfenoxi) propionsav /2,4DP/ koncentrációi a kockázat szempontjából nem jelentéktelenek, de e szennyező anyag csoport kockázatát az aminobenztrifluorid határozza meg.

A talajvíz maximális szennyezettségéből eredő kockázatok összesítése

A hat szennyező anyag csoport legmagasabb koncentrációiból számolt egészségkockázatok eredője

21. táblázat A BTEX, klórbenzolok, halogénezett alifás szénhidrogének, fenolok, PAHok, fенокarbonsavak, peszticidek és egyéb szennyezők csoportjainak maximális koncentrációval számolt összegzett egészségkockázat

szennyező anyag	DAGANATKOCKÁZAT valószínűsége (többletkockázat)				KOCKÁZATI MUTATÓ értéke (az egészségkárosodáshoz vezető toxikológiai küszöb [RfD] túllépése)			
	Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül		Szennyezett területen belül		Szennyezett területen kívül	
	0 m	0 m	200 m	400 m	0 m	0 m	200 m	400 m
csoporthatár	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság	helyi dolgozók	kármentesítést végzők	dolgozók	lakosság
BTEX	2,57E-02	9,36E-10			936,95	0,0002		
ClBenzol	1,41E-04	4,57E-09			59,85	0,0002		
HaloAlif	3,78E-04	4,65E-09			13,86	0,0031		
Fenolok	2,22E-05	1,39E-10			1,078	0,0002		
PAH	2,08E-05	7,73E-10			0,0014	0,0000		
Peszticid	3,59E-05	2,15E-10			2,67	0,0000		
Összesen	2,63E-02	1,13E-08			1014,41	0,0038		
<i>Tolerábilis</i>	1,0 E- 06				1,0			
Minősítés	extrém	elhanyagolható			extrém	elhanyagolható		

A fenti 21. táblázat azt mutatja, hogy a BVM Rt, Budapest, Illatos úti telepén a talajvíz szennyezettségének mért maximális koncentrációival, a szennyezettség 5000 m² területi kiterjedésével számolva az egészség veszélyeztetés helyben rendkívül magas mértékű.

A transzport modellel számított értékek

A talajvíz áramlásával közvetített, a 200 és 400 méter távolságban lévő receptoroknál várható szennyező anyag koncentrációk előrejelzésére Domenico –féle modellt használtunk. A modell külön kezeli a talajból a talajvízbe való szennyező anyag kimosódást és az elszennyezett talajvízben bekövetkező természetes szennyezés csökkenési, hígulási folyamatokat.

A transzport modellhez használt vízföldtani tulajdonságokat az összesített input-paraméter táblázatban adjuk meg a Mellékletben. A lebomlási fél-életidő figyelembe vétele nélkül, steady-state állapotot szimulálva a maximális koncentrációkra vonatkozóan az alábbi elérési időket kaptuk 200 méter és 400 méter távolságra:

benzol 14 év és 29 év

egyéb alkilbenzolok koncentrációjával a kumulra számolva 14 év és 35 év

klórbenzol > 100 év

széntetraklorid > 100 év

1,2 diklóretán 29 év és 58 év

kloroform 30 év és 61 év

triklóretilén 39 év és 78 év.

A KÁRMENTESÍTÉSI ÉRTÉKEK MEGÁLLAPÍTÁSA A SZENNYEZÉS TERJEDÉS ÉS AZ EGÉSZSÉGGOKKÁZAT FIGYELEMBE VÉTELÉVEL

A BVM Rt., Budapest, IX.ker. Illatos úti telepe területének szennyezettségét anyagcsoportonként mutatja a táblázat a szóbanforgó terület érzékenységének megfelelő C2 intézkedési szennyezettségi értékekhez viszonyítva [a 33/2000 számú, a felszín alatti vizek minőségét érintő tevékenységekkel összefüggő egyes feladatokról szóló Kormányrendeletnek végrehajtására kiadott 10/2000. (VI.2.) számú a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről szóló együttes KöM-EüM-FvM-KHVM rendeletben foglaltak szerint].

22. táblázat A 10/2000 (VI.2.) számú KöM-EüM-FvM-KHVM együttes rendeletnek a földtani közegre és a felszín alatti vizekre vonatkozó C2 intézkedési határértékeinek túllépése

<i>szennyező anyagcsoport neve</i>	<i>talaj</i>	<i>talajvíz</i>	<i>rétegvíz</i>
BTEX	-	+	+
klórozott benzolok	-	+	+
halogénezett alifás szénhidrogének	-	+	+
fenolok	-	+	+
PAHok	-	+	+
fenoxikarbonsavak, peszticidek	-	+	+

+ intézkedési határérték (C2) túllépés fennáll

- nincs intézkedési határérték (C2) túllépés

A BVM Rt. Illatos úti telepének talajára reverz kockázatbecsléssel kármentesítési szennyezettségi (D) határértéket *nem lehetett / nem kellett meghatározni*, mert a mért talaj szennyezettség koncentrációjából számított egészségkockázat a megengedhető szintet nem lépi túl.

A szennyezett talajvízre reverz kockázatbecsléssel számítottuk ki a kármentesítési szennyezettségi (D) határértékeket.

23. táblázat A talajvíz és a rétegvíz (104 kút) szennyezettsége és a számított D értékek (ug/L)

BTEX	átlag	max	rétegvíz	C2 érték	D érték
benzol	19269	223229	44980	10	100
toluol	2161	31787	540	50	300
etilbenzol	761	8584	615	50	200
össz xilol (keverékek)	805	3296	5600	50	500
össz egyéb alkil benzol(kumol)	139	266906	14,07	50	100
KLÓRBENZOLOK	átlag	max	rétegvíz	C2 érték	D érték
klórbenzol	9102	92782	25602	20	80
1,3-diklórbenzol	14,62	151	17	5	10
1,4-diklórbenzol	394,43	4393	486	5	15
1,2-diklórbenzol	309,93	3586	453	5	*
1,2,4-triklórbenzol	29,51	243	5,9	2	*
1,2,3,5-tetraklórbenzol+	4,61	60	0	1	*
1,2,3,4-tetraklórbenzol	48,28	709	0,86	1	10
pentaklórbenzol	17,28	258	0	0,5	10
hexaklórbenzol	1,53	23	0	0,2	1
HALOGÉNEZETT ALIFÁS SZÉNHYDROGÉNEK	átlag	max	rétegvíz	C2 érték	D érték
1,2-diklóretán	30,60	141	259,00	15	*
1,1-diklóretán	35,61	5,7	25,00	15	*
1,1,1-triklóretán	0,04	0,6	0,00		*
1,1,2-triklóretán	1,17	12	4,70	150	*
1,2-diklópropán	0,29	0,24	3,90	100	*
kloroform	376,90	5370	100,00	50	60,00
széntetraklorid	2,76	41	0,00	10	*
1,2-diklóretilén	8,14	70	3,10	100	*
triklóretilén	365,36	4262	381,00	150	140,00
tetraklóretilén	22,25	174	16,00	150	120,00

FENOLOK	átlag	max	rétegvíz	C2 érték	D érték
2-metil-fenol	1,04	6,1	0,54	75	*
3-metil-fenol	2,98	15	1,8	75	*
4-metil-fenol	0,78	4,9	0,97	75	*
2,4-dimetil-fenol	0,48	3,4	0,27		*
2-klór-fenol	3,08	16	13	30	*
diklór-fenol	54,79	513	3,36	5	
triklór-fenol	5,31	40,01	0,67	5	*
tetraklór-fenol	1,20	9,2	0,11	5	*
pentaklór-fenol	0,40	2,7	0,05	3	*
nitro-fenol	2,28	33,98	0		*
FENOXIKARBONSAVAK	átlag	max	rétegvíz	C2 érték	D érték
MCPA	0,29	0,8			*

2,4-DP	7,20	86			*
2,4-D	0,16	0,78			*
fenoxikarbonsavak				2,0	
Atrazin	0,12	0,21	0,17		*
triazinok				1,0	
DDE	0,52	2,1			*
DDD	1,80	7,2			*
DDT	2,75	11			*
DDT/DDD/DDE				0,1	
aminobenztrifluorid	32256	67340			3200
PAH-ok	átlag	max		C2 érték	D érték
Acenaftilén	0,0047	0,05		2,0	*
Acenaftén	0,0087	0,03		2,0	*
Fluorén	0,0560	0,54		2,0	*
Fenantrén	0,1107	1,2		2,0	*
Antracén	0,0153	0,16		2,0	*
Fluorantén	0,0860	1,2		0,5	*
Pirén	0,0600	0,82		0,5	*
Benzantracén	0,0287	0,43		0,2	*
Krizén	0,0347	0,5		0,1	*
Benzo(b)fluorantén	0,0307	0,46		0,05	*
Benzo(k)fluorantén	0,0167	0,25		0,05	*
Benz(a)pirén	0,0113	0,17		0,05	*
Indenopirén	0,0253	0,38		0,05	*
Dibenzantracén	0,0047	0,07		0,05	*
Benzperilén	0,0127	0,19		0,05	*

* a kármentesítési szennyezettségi (D) határérték a jelenlegi átlagkoncentrációnál nem lehet magasabb (az átlagkoncentrációval számolt egészségkockázati érték még a megengedett határon belül van)

A 23.táblázat mutatja a talajra és a talajvízre vonatkozó *D* kármentesítési határértékeknek (célértéknek) tekintendő koncentrációkat, amelyek biztosítják azt, hogy a (kármentesítés utáni) lehetséges expozíció egészségkárosodáshoz ne vezessen, az egészségkockázat az elfogadható szintet ne lépje túl.

A D értékek a toxikológiai szempontból való megengedhetőségen alapulnak.

Az érzékszervi küszöbértékekhez való viszonyítás

A szennyezettségi koncentrációknak, különösképpen a BTEX és fenol származékoknak az érzékszervi (szag, íz) küszöbértékhez történő viszonyítása is fontos lehet. Ugyanis a szag és íz-hatást kiváltó koncentrációk alacsonyabbak lehetnek az egészségkárosodást nem okozó,

toxikológiai szempontból elviselhető napi megengedhető dózisokhoz képest. A szag- és íz hatás kellemetlen, diszkomfort érzést válthat ki. Az alábbiakban bemutatjuk az érzékszervi hatás küszöbkoncentrációinak tartományait.

24. táblázat A BTEX vegyületek érzékszervi küszöbkoncentrációi és a mért adatok

Szennyező anyag	érzékszervi hatás	szag-küszöb mg/L	íz-küszöb mg/L
Benzol	jellegetes	10,0	
Toluol	édes, átható, benzol-szerű	0,024 – 0,17	0,04 – 0,12
Etilbenzol	aromás	0,002 – 0,13	0,072 – 0,2
xilolok		0,02 – 1,8	0,3 – 1,0
egyéb alkilbenzolok (kumol, pszeudokumol)		0,1 mg/m ³ levegőben	

A 24. táblázatból látható, hogy a toluol és a xilolok 20 ug/L koncentrációban szaghatást váltanak ki, az etilbenzol már néhány ug/L koncentrációban érezhető. A talajvíz BTEX koncentrációi a szennyezett területen az érzékszervi küszöbkoncentrációkat nagyságrendekkel meghaladó értéket mutatnak. Az érzékszervi hatások okozta kellemetlen érzés előfordulásának küszöbértékeit kézikönyvből vettük [10].

Környezeti kockázat becslése

Az elszennyezett terület elhelyezkedése alapján a környezeti/ökológiai kockázat becslése is hasznos információt szolgálhat. A környezeti kockázat szempontjából csak a legjelentősebb szennyező anyag csoporttal, a BTEX vegyületekkel foglalkozunk.

Az analitikai vizsgálatokban meghatározott szennyezettségi koncentrációkhoz ökotoxikológiai értékeket mutatunk be. Az Európai Unió IUCLID adatbázisát [11] tekintettük mérvadónak az ökotoxikológiai értékek kiválasztása szempontjából, ugyanis a szennyezőkre vonatkozó adatok között igen nagymértékű eltérések figyelhetők meg a szakirodalomban. A benzolra kézikönyvből vettük az adatokat [12].

25. táblázat A BTEX vegyületekre vonatkozó ökotoxikológiai értékek

Szennyező anyag	Fajok	Toxicitás (LC, TLM)	talajvíz maximális szennyezettsége
benzol	baktérium toxicitás	92 mg/L	223 mg/L
	(Pseudomonas putida)	>1400 mg/L	
	alga (Microcystis aeruginosa)	36.6 mg/L	
etilbenzol	baktérium toxicitás	12 mg/L	8,5 mg/L
	(Pseudomonas putida)	33 mg/L	
	alga (Microcystis aeruginosa)	97 mg/L	
xilolok	egysejtűek	>160 mg/L	3,3 mg/L
	alga (Microcystis aeruginosa)	55 mg/L	

Szennyező anyag	felszíni vízre – halakra vonatkozó, toxikus (de nem letális hatást) okozó koncentrációk mg/L
benzol	5,3
toluol	6,3
etilbenzol	4,2
xilolok	8,2
egyéb alkilbenzolok,össz. (kumol)	2,7

A nyers irodalmi értékekhez való viszonyítás alapján nem zárható ki, hogy a környezeti kockázat szempontjából a talajvíz jelenlegi BTEX szennyezettsége a talajbaktériumokra, a talajlakókra, az egysejtűekre veszélyt jelent.

A környezeti kockázat számszerűen a prognosztizált környezet koncentráció és a prognosztizált no effect koncentráció hányadossal (PEC/PNEC) fejezhető ki. A PNEC érték úgy vezethető le, ha az ökotoxikológiai no effect koncentrációkhoz (általában) 100-szoros biztonsági tényezőt rendelünk. Így arra a következtetésre jutnánk, hogy a talajvíz BTEX szennyezettségének csökkentése a környezeti kockázat szempontjából is indokolt. A feltételes mód használatát azért indokolt, mert a szóban forgó területen ökológiailag releváns célszervezetet csak körültekintő terepvizsgálatokkal lehetne kijelölni.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szennyezettségnek a beavatkozási C2 határértékekhez való viszonyításból és a számított egészségkockázati értékekből egyaránt következik, hogy

a BVM Rt., Budapest, IX- ker. Illatos úti telepe területén a talajvíz és a rétegvíz BTEX, klórbenzolok, halogénezett alifás szénhidrogének, fenolok, PAHok, fenoxikarbonsavak, peszticidek szennyezettsége jelentősen meghaladja a szóban forgó terület érzékenységének megfelelő intézkedési szennyezettségi értéket. A talaj szennyezettsége jelentéktelen.

A részletes, kvantitatív kockázatelemzés eredménye szerint a kritikus expozíciós utat a szennyezett talajvíz jelenti.

A talajvíz szennyezettségének átlagos és maximális koncentrációival, a szennyezettség 10000 - 5000 m² területi kiterjedésével számolva az egészség veszélyeztetés helyben extrém mértékben magas, 200 méter távolságban a többlet-daganatkockázat és az egészségkárosodás lehetősége még mindig magas értéket mutat. 400 m távolságban a humánegészségügyi kockázat kis mértékben meghaladja a tolerábilis szintet.

Az elvégzett mennyiségi kockázatelemzés részben konzervatívnak tekinthető, mert a szennyező anyagok lebomlását nem vettük figyelembe, de a szennyező anyagok terjedésével, hígulásával, a természetes szennyezés csökkenés tényezőivel számoltunk.

Az elfogadható szintet több nagyságrenddel meghaladó lehetséges egészségkockázat miatt reverz kockázatbecsléssel állapítottuk meg a kármentesítési szennyezettségi D határértékeket. Ezek a kármentesítési célértékek biztosítják azt, hogy a műszaki beavatkozást követően visszamaradó maradványszennyezettségből eredő expozíció egészségkárosodáshoz ne vezessen, az egészségkockázat az elfogadható szintet ne lépje túl.

A kapott értékek humán egészségügyi értelmezésekor nem szabad megfedkezni az alábbiakról:

1. Az elemzés azon a feltételezésen alapul, hogy a modellezésben használt szennyezettségi koncentrációk reprezentatív módon tükrözik azt a szennyezettséget, amivel a szennyezett gócon és környezetében tartózkodó emberek érintkeznek a megjelölt expozíciós idő alatt.

2. A kockázatfelmérési tanulmányban foglalt megállapítások, következtetések a rendelkezésre álló, a Megbízó által rendelkezésünkre bocsátott adatokon alapulnak és a felsorolt (BTEX, klórbenzolok, halogénezett alifás szénhidrogének, fenolok, PAHok, fenoxikarbonsavak, peszticidek szennyezettsége) szennyező anyagok csoportjaira vonatkoznak.

3. Az expozíció mértékét befolyásolja a megválasztott expozíciós szituáció. Az emberek tényleges expozíciója - a napi tevékenység függvényében - együtt változik az expozíciós szituációban való részvételükkel (szennyezett területen töltött idő, szennyezett területen kívüli lakossági expozíció).

A szennyezett talajvíz használata konzervatív (a legkedvezőtlenebb helyzeteket feltételező) szemléletet tükröz. A felnőtt, egészséges populáció vonatkozásában bizonyára ez eltúlozza a kockázatot, de a sérülékeny lakossági csoportok (kisgyermek, terhes anyák, krónikus betegségben szenvedők) védelme ezt szükségessé teszi.

A konzervatív megközelítés az expozíció becslés során használt feltételezések, egyszerűsítések miatti bizonytalanságokat, továbbá a mérési hibákból (mintavételezésből) adódó variabilitást is ellensúlyozza.

4. A modellezésben jelentős szerepet tulajdonítottunk a szennyező anyagok környezeti közegek közötti megoszlásának. Ezért a modellezési eredmények mérésekkel való *ellenőrzését, különös tekintettel a magas BTEX szennyezettségű gócokban a kültéri és a beltéri levegőben a benzol koncentrációk mérését valamint a talajvízzel való terjedés késlekedés nélküli megfigyelését a lakott területeken lényegesnek és elengedhetetlennek tartjuk.*

Irodalom

1. Szennyezett területek részletes mennyiségi kockázatfelmérése. Kármentesítési kézikönyv. KöM, 2001
2. Technikai útmutató az újonnan bejelentett anyagok kockázatbecsléséről szóló 93/67/EGK számú Bizottsági irányelv és a meglévő anyagok kockázatbecsléséről szóló (EK) 1488/94 számú Bizottsági rendelet alkalmazásához. Környezetvédelmi Minisztérium, 2002
3. Risk Assessment Guidance for Superfund. Vol.1. Human Health Evaluation Manual (Part A.) US EPA Washington, 1989
4. IRIS (US EPA's Integrated Risk Information System). 1999

5. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updateing of IARC Monographs Vol. 1 to 69 (a total of 836 agents, mixtures and exposures). Lyon, 1997
6. Linders J.: Update of the role of modeling in risk assessment. In: Environmental and human health risk assessment for agrochemicals.10-11 July, 1996. London, IBC UK Conference.
7. Bálint P.: Orvosi élettan I. - II. Medicina könyvkiadó, Budapest, 1979
8. ASTM American Society for Testing and Materials: Standard guide for risk-based corrective action. ASTM PS-104, Philadelphia, PA, USA 1998
9. Domenico P.A.: An analytical model for multidimensional transport of a decaying contaminant species. J.Hydrol. 91.49-58. 1987
10. Guidelines for drinking water quality. 2nd edition. Vol. 1. Reccomendations. WHO, Geneva, 1996
11. IUCLID: International Uniform Chemical Information Database, European Commission Joint Research Centre, European Chemicals Bureau, 1996
12. Verschueren K.: Handbook of environmental data on organic chemicals. Van Nostrand Reinhold, N.Y. 1983

Mellékletek

1. Melléklet

Egyes szennyező anyagok megengedhető (referencia=viszonyítási) dózisa

A szennyezők napi tolerábilis/megengedhető bevitelének értékei *belélegezve* (RfC, Unit Risk)

Szennyező anyag	RfC mg/m ³	Karcinogenitási osztály WHO IARC	Karcinogenitási osztály US EPA	Karcinogenitási egységnyi kockázat 1/(ug/m ³)
Benzol	5,95E-3	1	A	8,3E-6
Toluol	0,4	3	D	nincs
Etilbenzol	1,0	-	D	nincs
Xilolok	7	3	D	nincs
Benz(a)pirén	11	B2	B2	0,00209
Benz(g,h,i)perilén	-	3	D	-
Benz(k)fluorantén	0,1	B2	B2	8,8E-06
Benz(b)fluorantén	1	B2	B2	0,000088
Benz(a)antracén	1	B2	B2	0,000088
Fenantrén	-	3	D	-
Fluorantén	-	3	D	-
Naftalin	-	3	C	-
Fluorén	-	3	D	-

lenyelve (RfD, Slope Factor)

Vegyület	RfD mg/kg tt/nap	Karcinogenitási meredekségi tényező 1/(mg/kg/nap)
Benzol	3E-3	0,029
Toluol	0,2	nincs
Etilbenzol	0,1	nincs
Xilolok	2,0	nincs
Benz(a)pirén	-	7,3
Benz(g,h,i)perilén	0,03	-
Benz(k)fluorantén	-	0,073
Benz(b)fluorantén	-	0,73
Benz(a)antracén	-	0,73
Fenantrén	0,03	-
Fluorantén	0,04	
Naftalin		
Fluorén		-

Jelölés:

RfD Reference Dose (megengedhetőnek tartott, referencia = viszonyítási dózis)

RfC Reference Concentration (megengedhetőnek tartott, viszonyítási koncentráció)

Slope Factor: meredekségi tényező, a lenyelt daganatkeltő hatású vegyi anyag daganatkozó képessége

Unit Risk: egységnyi kockázat, a belélegzett daganatkeltő hatású vegyi anyag daganatkozó képessége

Az Egészségügyi Világszervezet Nemzetközi Rákkutató Központja (IARC) szerinti besorolás:

- 1 osztály** a bizonyítottan humán karcinogének (daganatkeltő anyagok),
 - 2A osztály** valószínűleg humán karcinogén anyagok, humán bizonyítékok korlátozottan állnak rendelkezésre, az állatkísérletes bizonyítékok elégségesek
 - 2B osztály** lehetséges humán karcinogén anyagok humán bizonyítékok korlátozottan állnak rendelkezésre, de nincs elégséges állatkísérletes bizonyíték; nincs humán adat, az állatkísérletes bizonyíték elégséges; esetenként ide sorolják azokat az anyagokat, melyekre nincs humán adat és csak korlátozott evidenciájú az állatkísérletes adat.
 - 3 osztály** az anyag humán karcinogenitás szerint nem osztályozható
 - 4 osztály** az anyag valószínű nem karcinogén az emberre.
- Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Hivatala (EPA) az anyagok karcinogén hatásának nyilvánvalósága szerint (weight of evidence) az alábbi kategorizálást használja:
- A csoport** a bizonyítottan humán karcinogének
 - B1 csoport** valószínűleg humán karcinogén anyagok, humán adatok korlátozottan állnak rendelkezésre
 - B2 csoport** valószínűleg humán karcinogén anyagok, elégséges állatkísérletes bizonyíték, de a humán bizonyíték nem-adekvát vagy nem evidens
 - C csoport** lehetséges humán karcinogén anyagok.
 - D csoport** nem osztályozható humán karcinogenitás szerint
 - E csoport** bizonyítottan nem humán karcinogén.