



CYCLOLAB

Cyclodextrin Research & Development Laboratory Ltd.
Mail address: Budapest, P.O.Box 435, H-1525 Hungary
Location: Illatos út 7., Budapest, H-1097-Hungary
TEL: (361) 347-60-60 or -70, FAX: (361) 347-60-68
E-mail: cyclolab@cyclolab.hu
Homepage: www.cyclolab.hu

A 3D ball-and-stick model of a cyclodextrin molecule, showing a ring-like structure composed of carbon (grey), oxygen (red), and hydrogen (white) atoms. The model is centered on the page.

SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK
TRIKLÓRETELÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN II.

NKFP-3/020/2005


MOKKA

III/4c-6b

Készítették: Fenyvesi Éva, Gruiz Katalin, Atkári Ágota, Balogh Klára, Varga Erzsébet, Molnár Mónika, Oláh Eszter, Martinek Andrea


Ellenőrizte: Dr. Sente Lajos

2008. november 30.

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETIÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 2 of 42

TARTALOM

Rövid kivonat.....	3
Bevezetés	4
2. Kísérleti rész	5
2.1. Felhasznált anyagok.....	5
2.2. Technológiai kísérletek	5
2.2.1. Szabadföldi kísérlet hidrogén-peroxid alkalmazásával teljes méretben	5
2.3. Vizsgálati módszerek	6
2.3.1. Klórozott szénhidrogének meghatározása GC-MS módszerrel.....	6
2.3.2. TCE koncentráció meghatározása göztéranalízises gázkromatográfiával.....	6
2.3.3. Klorid-, szulfát-, nitrát-, karbonát- és foszfát-ionok meghatározása kapilláris elektroforézissel	7
2.4. A technológia verifikálása.....	7
3. Eredmények	7
3.1. Szabadföldi kísérlet hidrogén-peroxid alkalmazásával teljes méretben	7
3.4. A technológia verifikálása.....	24
3.4.1. Anyagmérleg:.....	24
3.4.2. Költség-hatékonyság elemzés.....	28
3.4.3. Kvantitatív kockázatfelmérés	29
3.4.4. SWOT analízis	29
Mellékletek	31
1. melléklet Térképek.....	31
1.1. melléklet A triklóretilén szennyezettséget mutató térkép az összes kúttal	31
1.2. melléklet A teljes léptékű szabadföldi kísérletben használt kutak.....	31
2. melléklet Kísérleti terv.....	32
3. melléklet Kísérleti jegyzőkönyv	35

	<p style="text-align: center;">SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK</p> <p style="text-align: center;">TRIKLÓRETELÉNNEK SZENNYEZETT TERÜLETEN</p>	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 3 of 42

Rövid kivonat


A szabadföldi kísérleteket a mezőlaki triklóretilén (TCE) régóta szennyezett modellterületen, a BME csoportjával közösen összeállított kísérleti terv alapján a Weprot Kft végezte. Technológiamonitorként a vízminták klórozott szénhidrogén (triklóretilén) szennyezőanyag-tartalmán, pH-ján, vezetőképességén kívül a szerves anionokat (klorid, nitrit, nitát, szulfát, karbonát, foszfát) koncentrációját vizsgáltuk. Feladatunk a minták analízise és ennek alapján a kísérletek értékelése, a technológia verifikálása volt.

Két félüzemi méretű és egy teljes méretű szabadföldi kísérletre került sor.

A teljes méretű technológiai kísérletben az utóbbi technológia méretnövelését végeztük el két viszonylag elkülöníthető területen. A szennyezettebb területen hat kutat kezeltünk naponta egyszer (a kiszivattyúzott vízhez kevertük a hidrogén-peroxidot és ezúttal foszforsavval állítottuk be a pH-t), és éjszakánként egy kutat folyamatosan termeltettünk (szivattyúztuk a vizet), és a kitermelt vizet sztrippelőbe vezettük. A kevésbé szennyezett területen különféle kezelési, szivattyúzási stratégiákat valósítottunk meg további 7 kút bevonásával (kutak naponta váltott kezelése és termeltetése, négy nap termeltetés majd két nap kezelés, folyamatos termeltetés, folyamatos kezelés).

A kezelések hatására minden esetben jelentősen csökkent a víz TCE-tartalma. Különösen látványos volt az MK-19 jelű kút kezelése: a kiindulási 13000 µg/l koncentráció az első kezelés hatására 1000 µg/l érték alá csökkent. Az MK-22 kútban is kb. tized részére csökkent a TCE-koncentráció egyetlen hidrogénperoxid-adagolás után. A legszennyezettebb kút (MK-16) vizében 35000 µg/l koncentráció kb. a felére csökkent egy hét után. Egyes kutaknál az oxidációs kezeléseket után visszanőtt a koncentráció, ami arra utal, hogy még jelentős TCE tartalékok maradtak a területen.

A technológiát a MOKKA projektben kidolgozott 4 lépcsős verifikációs rendszer alkalmazásával értékeltük. Az *anyagmérleg* felállítását nehezíti, hogy nem becsülhető a területen lévő összes TCE mennyisége. Összehasonlítva a szivattyúzással (termeltetéssel) kivont TCE mennyiségét és a keletkező klorid-koncentrációból számított eloxidálódott TCE mennyiségét, azt láttuk, hogy az utóbbi a szennyezett területen 1,5-szerese, a kevésbé

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETIÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 4 of 42

szennyezett területen 3-szorosa az előbbinek, igazolva az *in situ* oxidációs technológia hatékonyságát.

A *költség-hatékonyság* becslésekor az új, kombinált technológia alkalmazásakor többletköltséggént jelentkező vegyszer- és munkaerőköltséget vettük figyelembe. Ezt ellensúlyozza az időnyereség, ami megtakarítást jelent energiaköltségben, esetleg vegszerköltségben is, hiszen a drága aktív szénből kevesebbet kell használni, esetleg analízisköltségben is.

A *kvantitatív kockázatbecslés* eredményei egyértelműen mutatják, hogy a kezelés hatására csökkent a terület kockázata.

A *SWOT analízis* során összefoglaltuk a technológia erősségeit, gyenge pontjait, lehetőségeit és veszélyeit.


Bevezetés

A mezőlaki kísérleti terület klórozott szénhidrogénekkal szennyezett. Triklóretilén (TCE) a fő szennyező komponens, amit korábban fémek zsírtalanítására használtak. Kisebb koncentrációban magasabban és alacsonyabban klórozott etilén és etán is kimutatható a talajvízben. A terület részletes felmérése, a jelenleg működő remediációs technológia (a talajvíz szivattyúzása és *ex situ* kezelése sztrippeléssel) leírása és az irodalomban fellelhető lehetséges technológiák elemzése korábbi tanulmányunkban található¹.

Laboratóriumi kísérleteink eredménye szerint, melyeket egy tanulmányban foglaltunk össze², szolubilizálószerrek, pl. ciklodextrin és tenzid segítik a triklóretilén oldódását a talajvízben. Ezekkel az adalékokkal a területen ma alkalmazott, a talajvíz kitermelésén és felszíni kezelésén (pump and treat) alapuló technológia intenzívebbé tehető. A Mezőlakról

¹ MOKKA tanulmány: BME III/4b – 1.c. Gruiz Katalin-Fenyvesi Éva: TCE és más klórozott szénhidrogénekkal szennyezett talajvíz remediálása. Esettanulmány: Mezőlak az innovatív remediáció modellterülete

² MOKKA tanulmány: CycloLab III/4c-6a Fenyvesi Éva, Balogh Klára, Oláh Eszter, Varga Erzsébet, Bártai Borbála, Molina Csaba, Molnár Mónika, Gruiz Katalin: Szabadsföldi technológiák laboratóriumi

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETELÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 5 of 42

származó talajjal és talajvízzel végzett laboratóriumi technológiai modellkísérleteink azt mutatták, hogy a Fenton reakció (kémiai oxidáció hidrogén-peroxiddal vas jelenlétében) *in situ* alkalmazása is jó megoldás lehet a triklóretilén-tartalom csökkentésére.

A szabadföldi kísérletben azt vizsgáltuk, hogyan változik a klórozott szénhidrogén-koncentráció *in situ* oxidációs technológia során.

Fontos, innovatív technológiai lépés volt a talajvíz mozgatása (kiszivattúzása és visszatöltése) a fázisok intenzívebb érintkeztetése érdekében.

Technológiamonitoringra vízmintákat vettünk, és vizsgáltuk a klórozott szénhidrogén (triklóretilén)-tartalmat, valamint a pH-n, vezetőképességen kívül a szerves anionokat (klorid, nitrit, nitát, szulfát, karbonát, foszfát).

A kísérletek értékelésére a MOKKA négy lépcsős verifikációs rendszerét alkalmaztuk³.

2. Kísérleti rész

2.1. Felhasznált anyagok

RAMEB: Random metilezett β -ciklodextrin (CYL 1859) Wacker Chemie (München, Németország)

Kénsav (Molar), foszforsav (Reanal), hidrogén-peroxid (Reanal).

A többi vegyszert a Reanaltól és a Molartól szereztük be.


2.2. Technológiai kísérletek

2.2.1. Szabadföldi kísérlet hidrogén-peroxid alkalmazásával teljes méretben

A kísérlet tervét a 2. mellékletben találjuk, a kísérleti jegyzőkönyvet a 3. számú mellékletben. A kísérletben használt kutak elhelyezkedését a 1.2. térképen a 2. mellékletben tekinthetjük meg.

megalapozása technológiai kísérletekkel. Triklóretilén eltávolítása talajmosással, *in situ* oxidációval és UV besugárzással. Szolubilizálószeres és koszolvenszek hatása, 2008

³ MOKKA tanulmány: BME III/3a – 1.c. Gruiz, K., Molnár, M., Fenyvesi, É.: Evaluation and verification of soil remediation, 2007

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETELÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 6 of 42

A területet két részre osztottuk. A szennyezettebb területen kezeltük az MK-16, MK-19, MK-22, MK-23, MK-24 és M-3 kutakat, termelőként az MTE-1 kutat használtuk. A kevésbé szennyezett területen kezeltük az MTE-4, MMF-3 és MMF-4 kutakat, termelőként az MTE-5 és MTE-7 kutakat használtuk. Az MTE-5 kutat 4 nap termeltetés után 2-szer kezeltük. Az MTE-3 és MTE-2 kutakat felváltva kezeltük vagy termeltettük. A kezelés foszforsavval savanyított talajvízbe kevert hidrogénperoxid oldat adagolását jelentette. A kezelés ideje alatt a termelőkutakat nem szivattyúztuk.

2.3. Vizsgálati módszerek

2.3.1. Klórozott szénhidrogének meghatározása GC-MS módszerrel

A vizsgálatokat a Bálint Analitika Kft végezte az „Illékony halogénezett szénhidrogének meghatározása” című MSZ 1484-5:1998 számú szabvány szerint.

2.3.2. TCE koncentráció meghatározása göztéranalízises gázkromatográfiával

A TCE koncentrációt göztéranalízissel mértük a következőképpen:

1 ml talajvíz mintát és 50 µl DMF-t mértünk a HS edénybe (19,5 ml), jól lezártuk, majd 90°C-on 20 perc inkubálás után a göztérből 95°C-os tüvel 1 ml mintát vettünk.


Kromatográfiás körülmények:

Gázkromatográf:	Shimadzu GC-17A
Detektor:	Lángionizációs detektor (FID)
Injektor:	Shimadzu AOC-5000 automata injektor
Szoftver:	Class VP 7.4

Gázok:

Vivőgáz:	Hélium (99,999 %)
Segédgázok:	Nitrogén (99,999%)
	Szintetikus levegő (99,999%)
	Hidrogén (Whatman Hidrogén generátorból)

Oszlop: Rtx-624 (30m x 0,32mm x 1,8µm)

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETIÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 7 of 42

Hőfokprogram: A kolonnát 60°C-on tartjuk 9 percig, majd 220°C-ra fűtjük 40°C/min-es felfűtési sebességgel, ezen a hőmérsékleten tartjuk 2 percig.

Injektor hőmérséklete: 200°C

Detektor hőmérséklete: 220°C

Split/splitless: Split 20:1

Lineáris áramlási sebesség: 34 cm/s

Injektált térfogat: 1 ml

2.3.3. Klorid-, szulfát-, nitrát-, karbonát- és foszfát-ionok meghatározása kapilláris elektroforézissel

A mintákat higítás nélkül használtuk. A méréseket HP 3D CE típusú készüléken végeztük 33 cm hosszúságú szilika kapillárist alkalmazva 25 °C –on. Az injektálás 50 mbar nyomáson történt 4 másodpercig. A háttérelektrolit diamino-propán:Trisz:benzol-dikarbonsav puffer volt (pH 8). A kalibrációt megfelelő nátrium-sókkal végeztük.

2.4. A technológia verifikálása


A MOKKA projekt keretében kidolgozott verifikációs módszert alkalmaztuk, melynek 4 fő eleme az anyagmérleg, a kivantitatív kockázatfelmérés, költség-hatékonyság felmérés és SWOT analízis. A verifikációt a teljes méretben végzett demonstrációs kísérlet adataival végeztük.

3. Eredmények

3.1. Szabadszíri kísérlet hidrogén-peroxid alkalmazásával teljes méretben

A kísérletet a teljes területen összesen 14 kút bevonásával végeztük (5. melléklet kísérleti terv, 6. melléklet jegyzőkönyv). Jól elkülöníthető a 3.3. melléklet térképén a szennyezettebb terület az MK-16-24, M3 és MTE-1 kutakkal a kevésbé szennyezett területtől az MTE-2-7 és MMF3-4 kutakkal.

A szennyezettebb területen az első 4 napon végeztük a kezelést (a kitermelt 180 l vízhez kevertük a hidrogén-peroxidot és a foszforsavat, majd ezt visszajuttattuk a kútba). Ezt

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETIÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 8 of 42

követően még három napon kiszivattyúztuk a 180 l vizet mintavétel céljából. A kevésbé szennyezett területen többféle kezelési stratégiát követtünk.

A minták TCE tartalmát gőztéranalízissel, a szervesetlen ionokat kapilláris elektroforézissel határoztuk meg. Az utolsó napon vett minták klórozott szénhidrogén-tartalmát a Bálint Analitika mérte az MSZ 1484-5:1998 számú szabvány szerint GC-MS technikával.

A gőztéranalízis és a szabványos mérés jó egyezést mutatott (1. táblázat). Jelentős eltérést csak egy esetben tapasztaltunk (MK-24/7). Ezt a mintát gőztéranalízissel újraelemelve ugyanaz a közel 6000 µg/l érték adódott.


A kezelések hatását a TCE koncentrációra az 1. és 2. ábrák mutatják.

A legszennyezettebb MK-16 kútban az első kezelés után a szivattyúzás hatására megduplázódott a TCE-koncentráció, majd fokozatosan csökkent a peroxidos kezelések befejezése után is. (Ebben szerepet játszhat az is, hogy a szintén rendkívül nagy kiindulási TCE koncentrációjú MK-19-es (illetve az MK-24-es) felől természetesen időben eltolódva, de kevesebb szennyezőanyag érkezik.) A kísérlet végére sikerült elérni a kezdeti koncentrációt.

Az MK-19 és MK-22 kútban rendkívül hatásos volt az *in situ* oxidációs kezelés: a kezdeti koncentráció már az első kezelés hatására tizedére csökkent, és a kezelések abbahagyása után sem nőtt. Valószínűleg a kiemelt szennyezőforrástól való nagyobb távolságuknak, illetve az ahhoz képesti helyzetüknek köszönhető – nem esnek sem a nyugalmi talajvízáramlás irányába sem az MTE-1 szívóhatásának közvetlen környezetébe (depressziós tölcserébe), kisebb lehet a szennyezett víz utánpótlásuk.

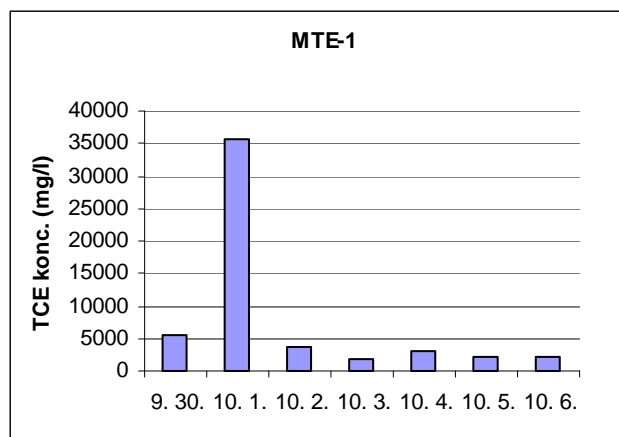
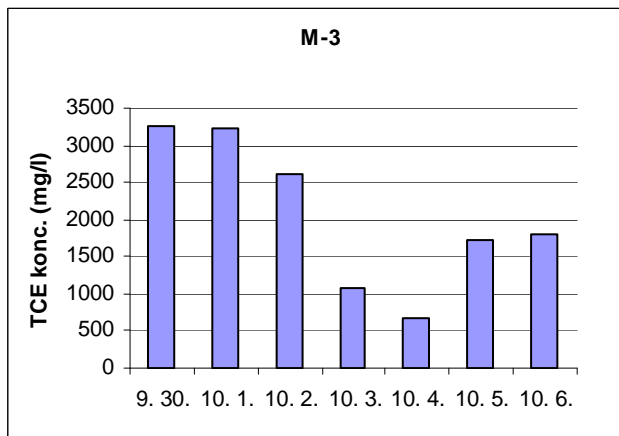
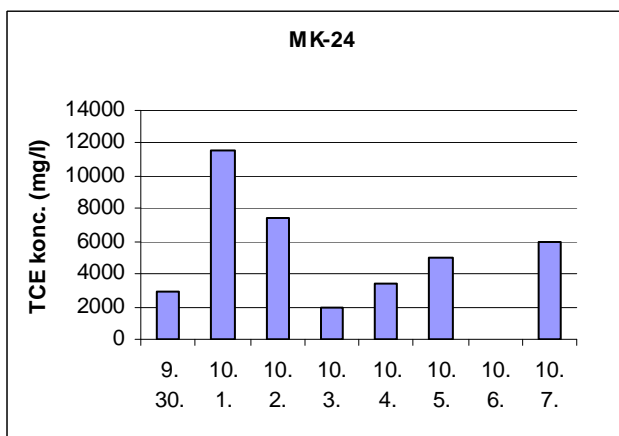
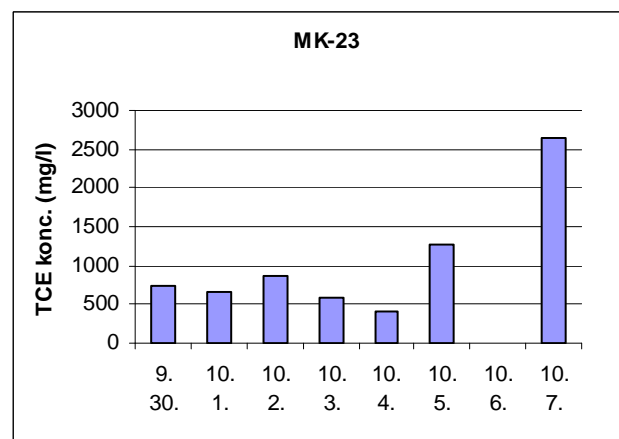
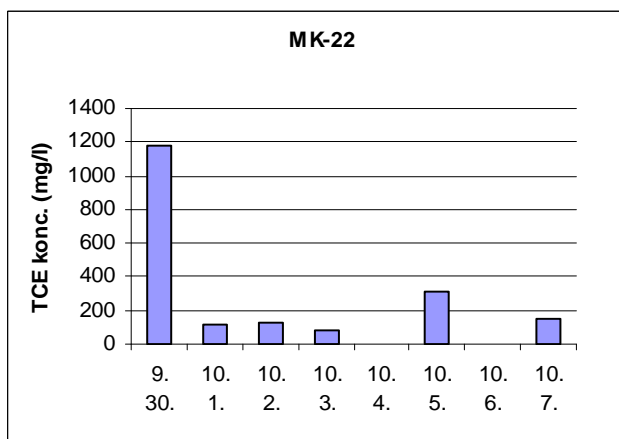
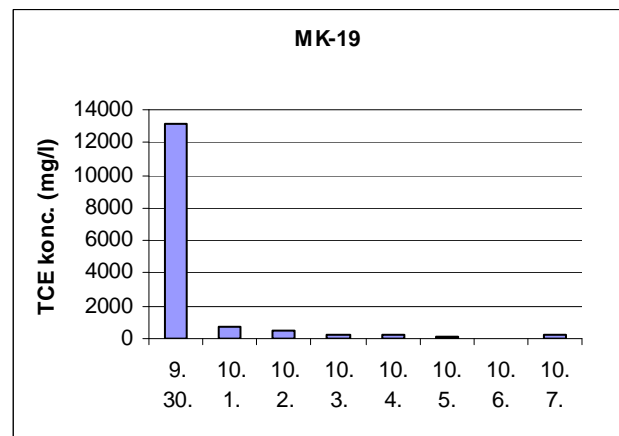
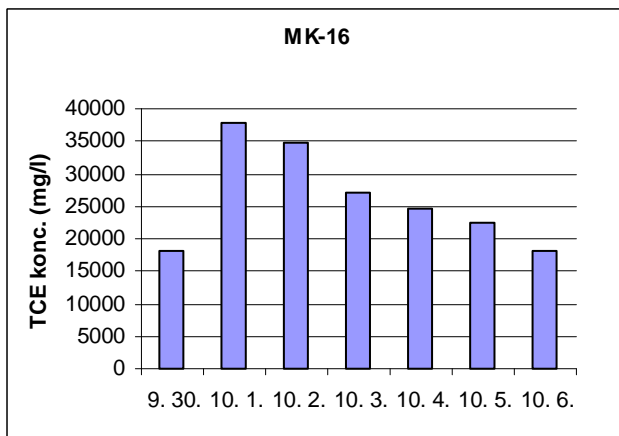
Az MK-23 kútban a kezeléseknek nem volt különösebb hatása, de a vegyszeradagolás abbahagyása után nőni kezdett a kútban a TCE koncentráció.

Ezek a növekedések azt jelentik, hogy a kutakon kívül eső lencséből megindulhatott a TCE a kutak felé.


	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK	Report No: CYL III/4c-6b
	TRIKLÓRETELÉNNEK SZENNYEZETT TERÜLETEN	Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 9 of 42

1. táblázat A gőztéranalízis és a szabványos GC-MS módszer eredményeinek összehasonlítása

A minta száma	Mintavétel dátum	TCE Gőztéranalízis (µg/l)	TCE (µg/l)	PCE (µg/l)	1,2-DCE (µg/l)	1,1-DCE (µg/l)	Triklóretán (µg/l)	Tetraklór-etán (µg/l)	Összes klórozott alifás (µg/l)
MK-16/7	2008.10.06	18209	17600	2050	12,7	2,36	10,4	< 0,01	19700
MK-19/7	2008.10.07	232	175	23,9	4,33	< 0,01	0,23	< 0,01	203
MK-22/7	2008.10.07	155	116	22,3	0,61	< 0,01	0,89	< 0,01	140
MK-23/7	2008.10.07	2637	1800	184	1,79	< 0,01	5,9	< 0,01	1990
MK-24/7	2008.10.07	5999	1510	323	1,05	< 0,01	5,92	< 0,01	1840
MTE-1/7	2008.10.06	2292	1980	161	8,03	< 0,01	4,18	< 0,01	2180
MTE-2/7	2008.10.06	93	127	22	0,24	< 0,01	0,88	< 0,01	150
MTE-3/7	2008.10.07	257	226	26,5	1,01	< 0,01	2,43	< 0,01	256
MTE-4/6	2008.10.07	566	436	21,8	3,21	< 0,01	20,8	< 0,01	482
MTE-5/7	2008.10.07	118	110	6,33	6,63	< 0,01	3,47	< 0,01	123
MTE-7/7	2008.10.06	317	283	12,4	10,7	< 0,01	2,2	< 0,01	308
MMF-3/6	2008.10.07	106	78,2	6,43	5,03	0,09	2,45	< 0,01	92,2
MMF-4/6	2008.10.07	< 20	17,5	4,05	0,56	< 0,01	0,27	< 0,01	22,4
Medence 06	2008.10.06	600	627	44,3	7,9	0,15	2,28	< 0,01	682



1. ábra A TCE koncentráció változása a szennyezettebb területen az MK-16, MK-19, MK-22, MK-23, MK-24 és M-3 kezelt kutakban (a kezelés az első négy napon történt) és az MTE-1 termelőkútban

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETIÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 11 of 42

Az MK-24 és M-3 kutakban a kezelések hatására fokozatosan csökkent a TCE-koncentráció, majd lassan újra nőni kezdett.

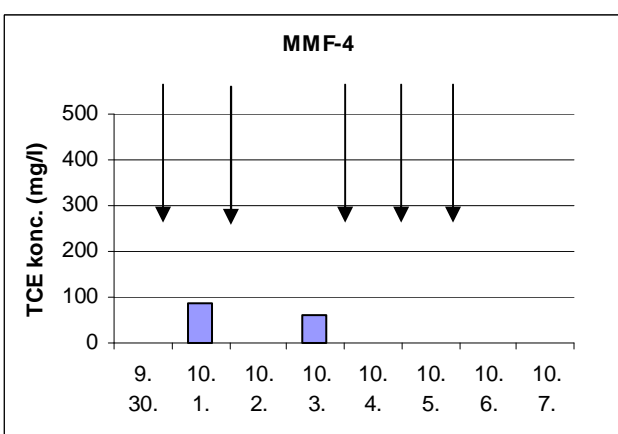
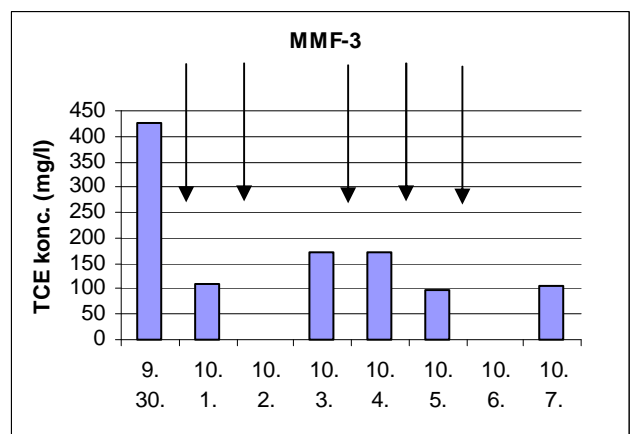
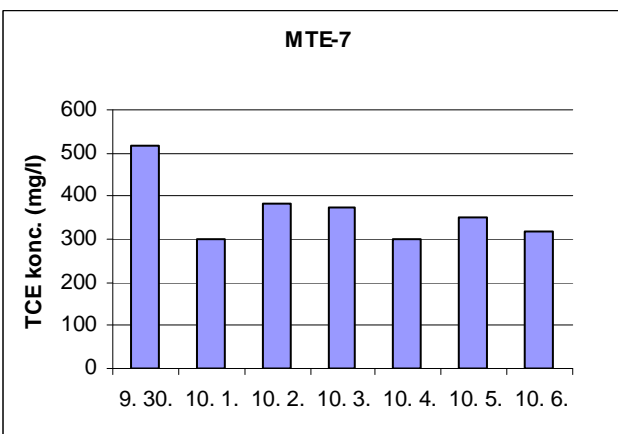
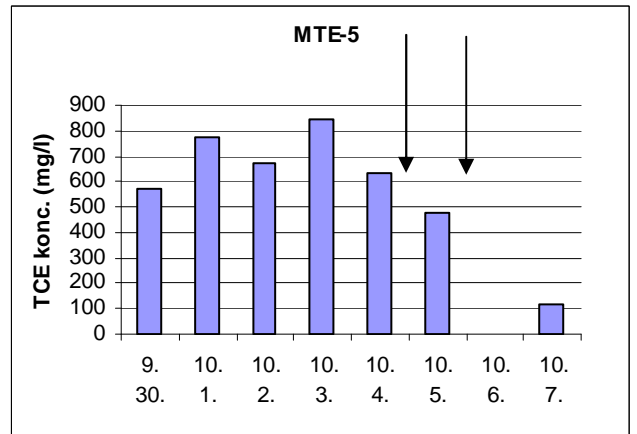
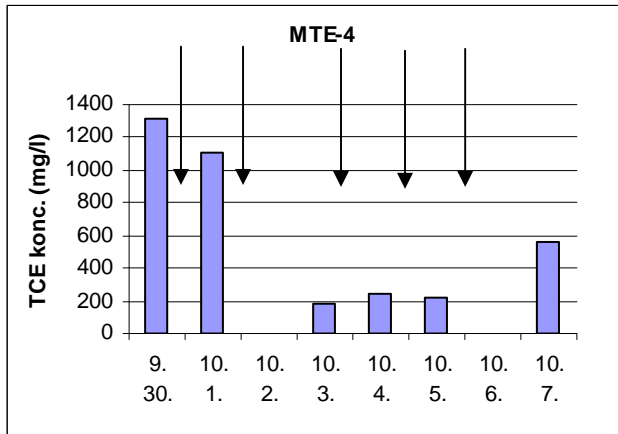
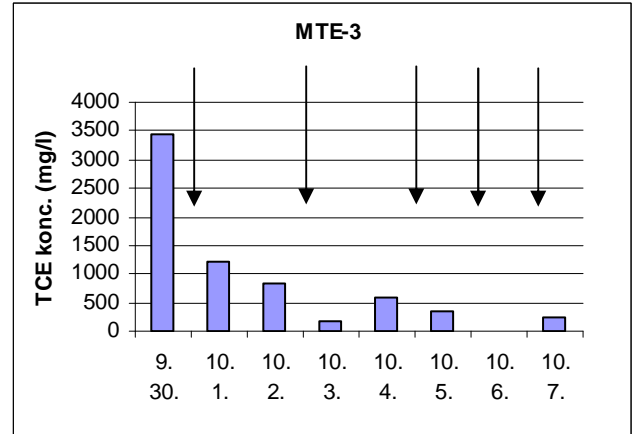
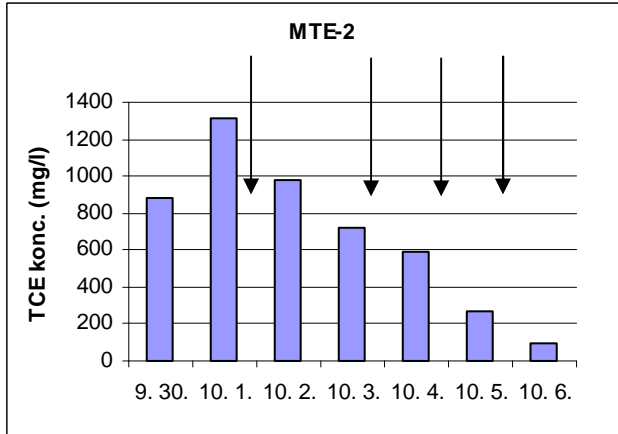
A szennyezettebb terület vizének kitermelésére használt, nem kezelt MTE-1 kútban is megjelent a szivattyúzás megkezdésekor a rendkívül nagy TCE-koncentráció (hasonlóan az MK-16 kúthoz), majd a többi kútban végzett kezelések hatására kb. tizedére csökkent, ami nem is nőtt vissza az oxidációs kezelések befejezése után. A kitermelt víz mennyisége összesen a 8 nap alatt 8100 l, a vízkitermeléssel eltávolított TCE mennyisége kb. 70 g.

A kevésbé szennyezett területen különböző szivattyúzási/kezelési stratégiákat valósítottunk meg.

Az MTE-2 és MTE-3 kutakat felváltva termeltettük és kezeltük. Az MTE-2 kútban a termeltetés megindításával nőtt a TCE koncentráció, majd a kezelés hatására csökkent. Az MTE-3 kútban a kezelések hatására csökkent a TCE-koncentráció.

Az MTE-4 kutat ötször kezeltük (a 3. napon a szivattyú elromlott, ezért nem tudtuk sem kezelni, sem mintát venni). A kezelések hatására jelentősen csökkent a TCE-koncentráció, majd a kezelések abbahagyása után újra nőni kezdett.

Az MTE-5 kutat 5 napig termeltettük, majd kétszer kezeltük. A termeltetés során kis mértékben nőtt a TCE-koncentráció, majd a kezelés hatására jelentősen lecsökkent.



2. ábra A TCE koncentráció változása a kevésbé szennyezett területen az MTE-2, MTE-3, MTE-4, MTE-5, MTE-7, MMF-3 és MMF-4 kutakban (a kezeléseket nyíl mutatja)

	terepen mért pH	laborban mért pH	terepen mért vezkép (μ S)	laborban vez.kép. (μ S)	Cl ⁻ (mg/l) CE	SO ₄ ²⁻ (mg/l) CE	NO ₃ ⁻ (mg/l) CE	HCO ₃ ⁻ (mg/l) CE	PO ₄ (mg/l)	TCE (μ g/l)
MMF-4/1	7,72	7,05	856	848	14,19	220	7,81	404	0	0
MMF-4/2	6,69	6,44	1036	1031	16,91	294	7,10	226	304	87
MMF-4/3	6,6	6,38	1061	1062	16,60	179	8,44	264	239	61
MMF-4/4	6,32	6,02	1139	1139	15,70	149	9,58	91	428	0
MMF-4/5	6,2	5,90	1222	1179	15,40	137	10,53	58	571	0
MMF-4/6	6,49	6,16	1068	1083	14,82	120	9,67	167	417	0
M-3/1	7,52	6,96	1274	1304	9,69	299	38,33	706	0	3256
M-3/2	7,16	6,95	1296	1325	18,17	410	32,90	404	105	3234
M-3/3	6,73	6,49	1316	1284	18,96	393	35,52	285	267	2605
M-3/4	6,38	6,06	1375	1282	21,38	224	35,12	225	611	1090
M-3/5	6,24	5,95	1383	1374	19,89	208	37,13	153	660	677
M-3/6	6,56	6,31	1228	1262	21,66	222	31,66	362	337	1725
M-3/7	6,87	6,48	1207	1164	17,23	186	26,47	318	223	1792
Sztrippelő Be/1		7,19		1240	23,40	310	23,34	629	0	599
Medence 01		7,35		1228	29,40	428	10,58	481	3	573
Medence 02		7,28		1243	30,44	437	7,15	465	5	525
Medence 03		7,08		1227	31,07	245	11,31	676	13	492
Medence 04		7,02		1217	24,24	221	23,39	1171	55	332
Medence 05		7,12		1244	27,96	234	16,27	664	15	582
Medence 06	7,66	6,92	1230	1245	22,31	199	12,53	511	5	600

A 2. táblázat adatait a 3-16. ábrákon szemléltetjük.

A terepen és laborban mért pH és vezetőképesség értékek jó egyezést mutatnak. A kezelőkutakban a foszforsav-adagolás miatt nőtt a vezetőképesség, a pH nem változott.

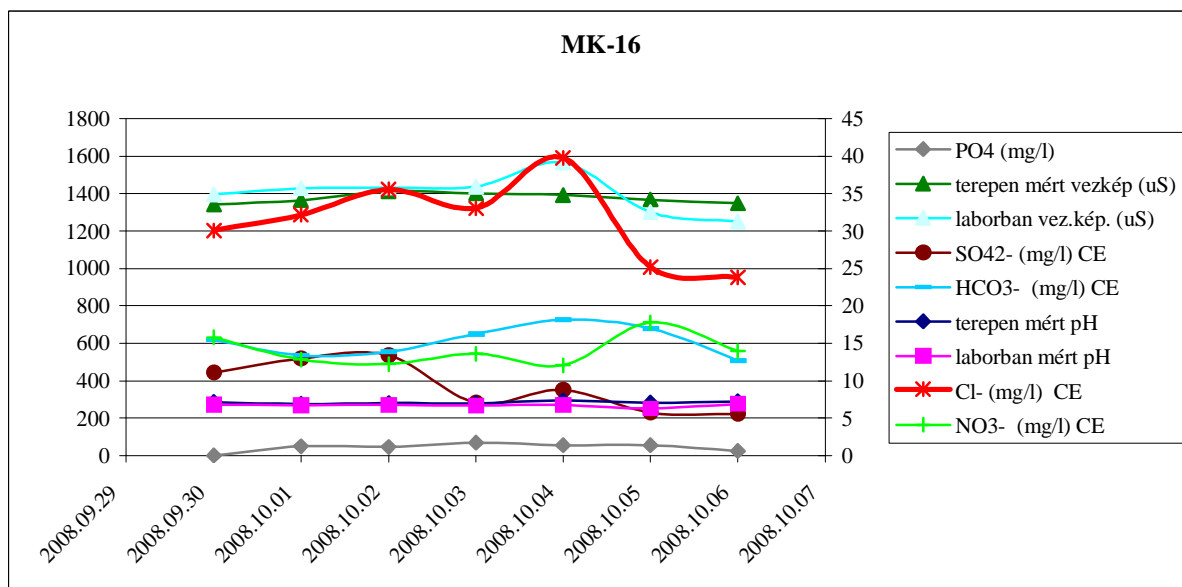
A foszfát-tartalom a kezelésekkel nőtt, kivéve az MK-16 kútból származó mintákat. Az MTE-1 és MTE-7 termelőkutakban nem jelent meg a foszfát. Az MTE-5 kútban csak az utolsó két napon, amikor termeltetésből kezelésbe váltottunk. Érdekes módon az MTE-2 kútból származó minták foszfát-tartalma is hasonló lefutású görbét adott.

A szulfát-koncentráció nem mutatott jelentős változást. Az MTE-5 és MTE-7 termelő kutakban csökkent.

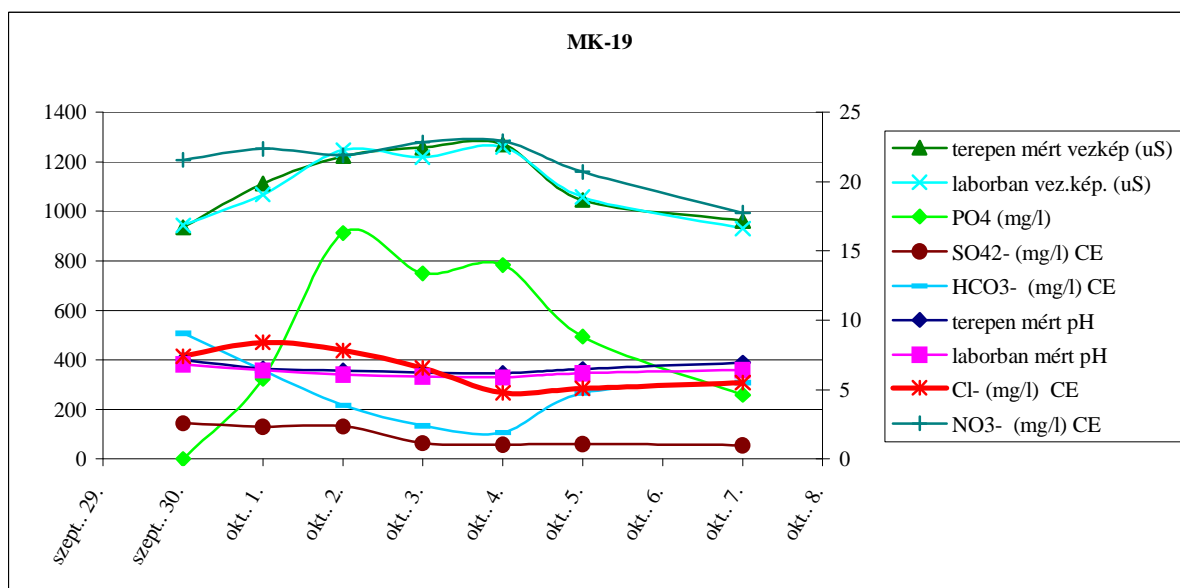
A karbonát-koncentráció egyes kutakból, pl. MTE-3, MTE-5, MTE-7 vett mintákban nagyon ingadozott.

A nitrát-tartalom a kísérlet folyamán nem változott, de az egyes kutak között jellemző eltéréseket tapasztaltunk. Például, az MTE-4 és MMF-3 kútban nem volt kimutatható nitrát, míg az M-3, MTE-2 és MTE-3 kutakban 40 mg/l körüli értékeket mértünk.

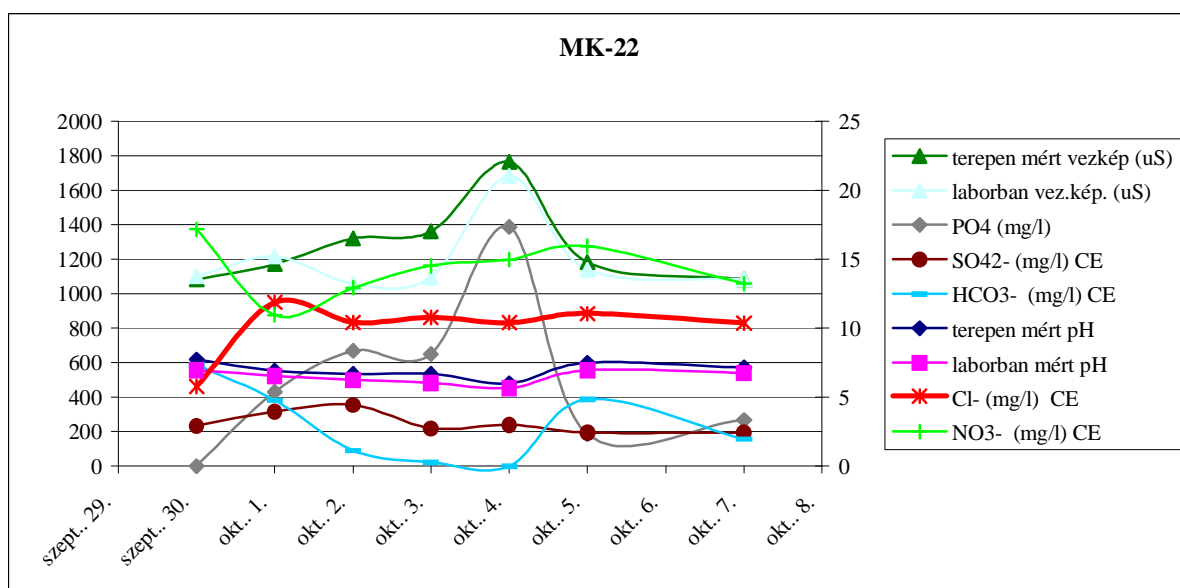
Az MK-16 kútban a klorid-koncentráció nőtt a kezelés alatt, majd a kezelés abbahagyása után lecsökkent (3. ábra). Az MK-19 kútban a klorid tartalom csökkent, ahogy a TCE-tartalom is, majd beállt (4. ábra).



3. ábra Az MK-16 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

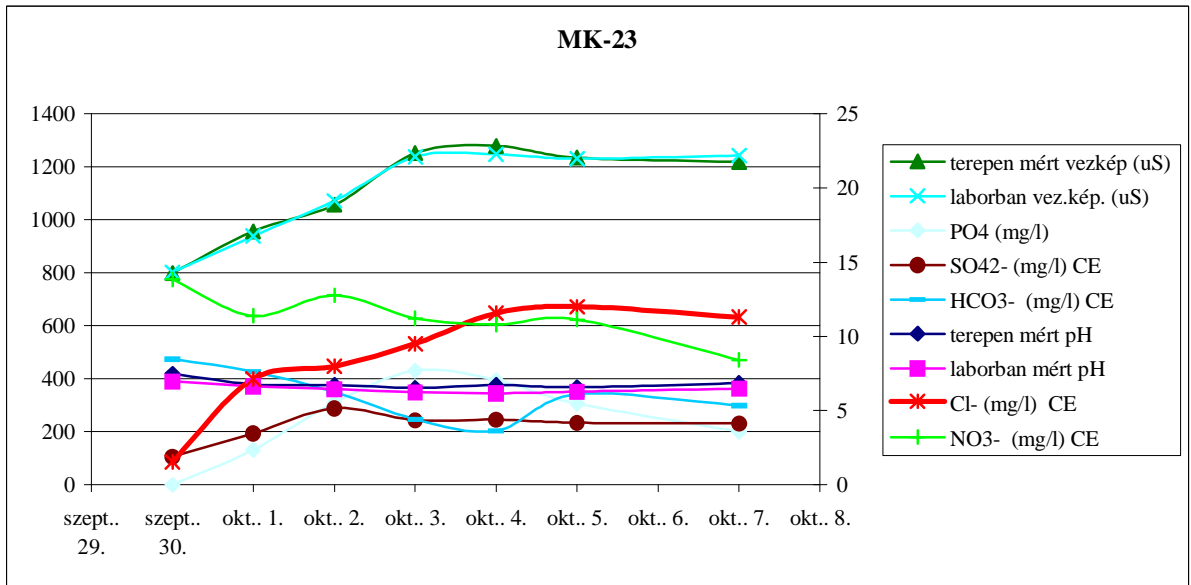


4. ábra Az MK-19 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

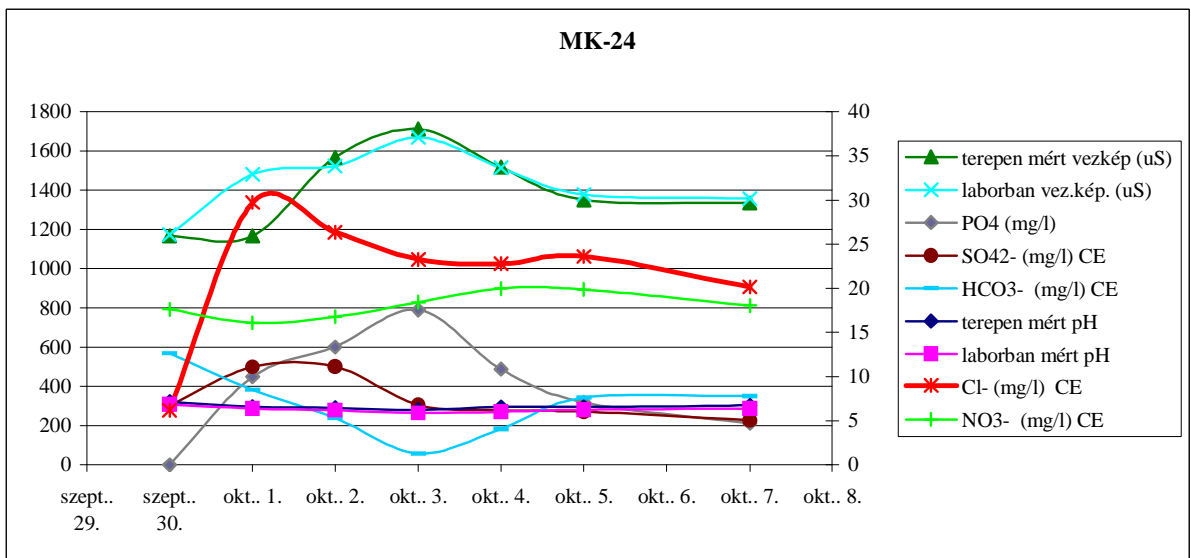


5. ábra Az MK-22 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

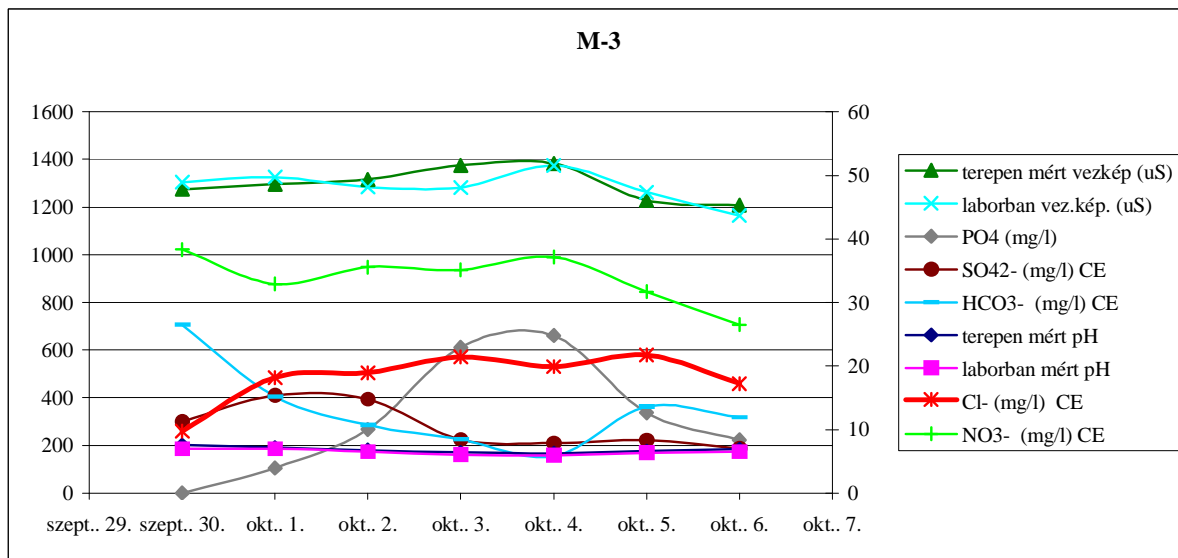
Az MK-22 és MK-24 kútban a TCE-tartalomhoz hasonlóan, a klorid-tartalom is kicsit magasabb volt az elején, majd kicsit csökkent, az MK-23 és M-3 kútban pedig fokozatosan nőtt (5.-8. ábra).



6. ábra Az MK-23 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

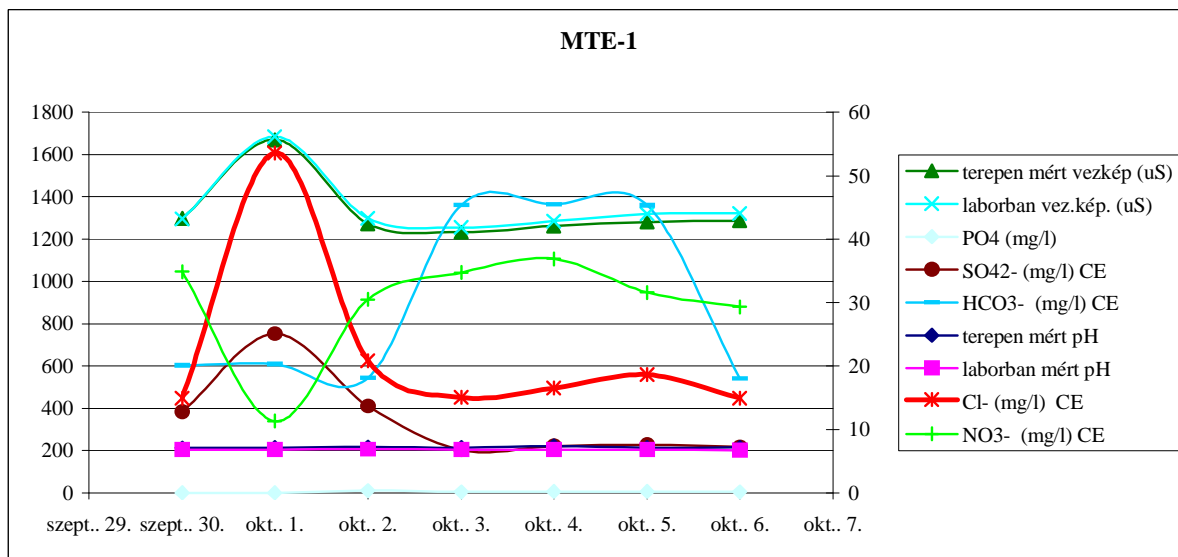


7. ábra Az MK-24 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)



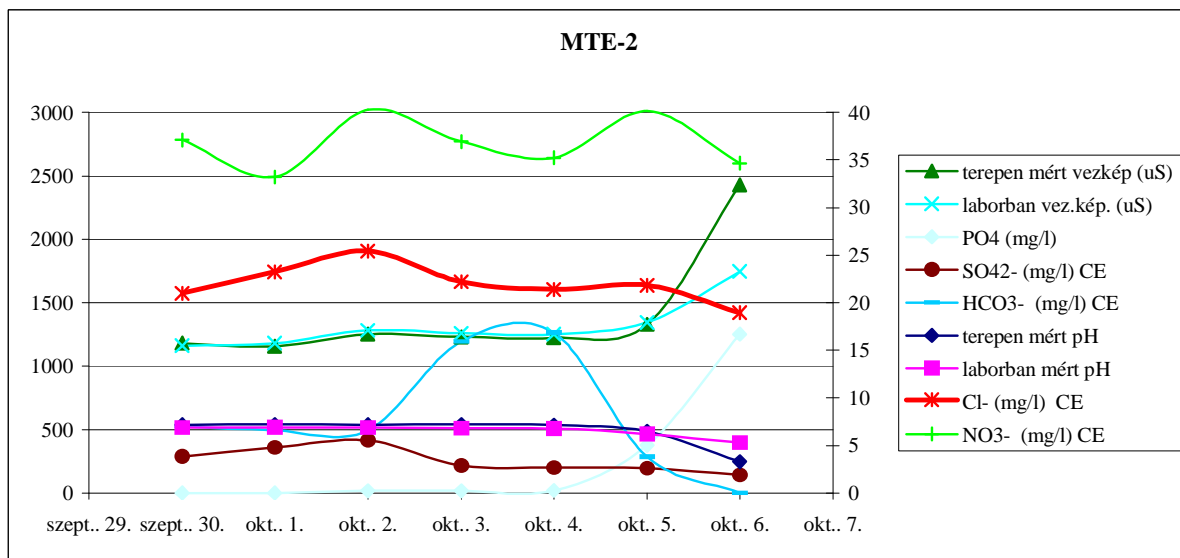
8. ábra Az M-3 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

Az MTE-1 kútban a TCE tartalommal párhuzamosan változott a klorid-tartalom: a 2. napon kiugróan magas érték volt (9. ábra).

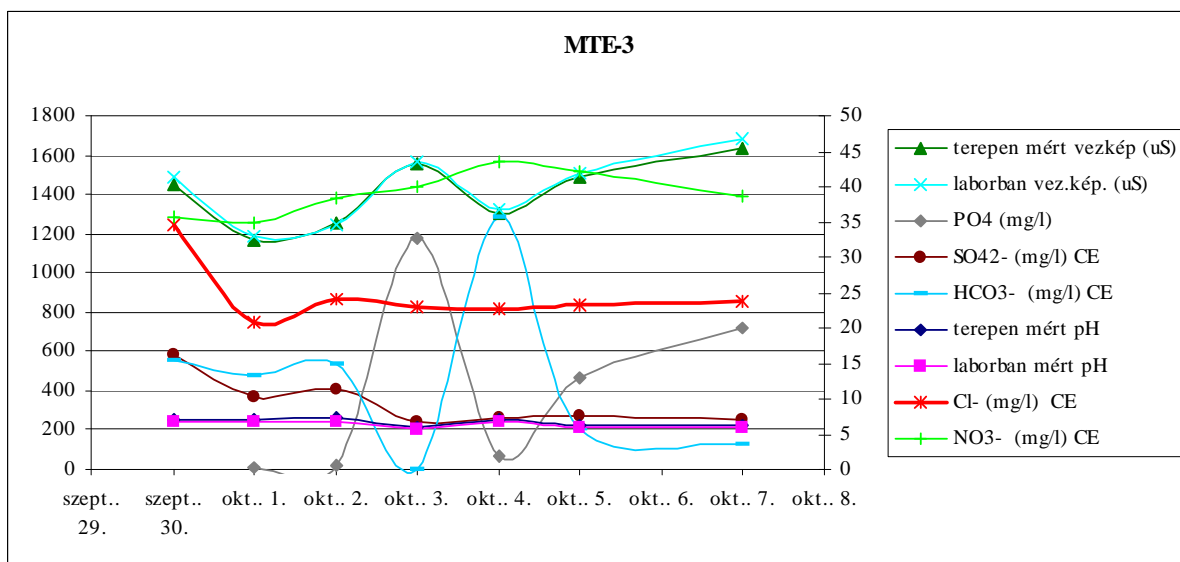


9. ábra Az MTE-1 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

Az MTE-2 kútban a 2. napon végzett kezelés után emelkedett a klorid koncentráció, majd egy kisebb értékre állt be, és a végén csökkent (10. ábra). Az MTE-3 kútban első nap történt a kezelés, ennek ellenére jelentősen csökkent a klorid-koncentráció, majd beállt 25 mg/l körüli értékre(11. ábra).

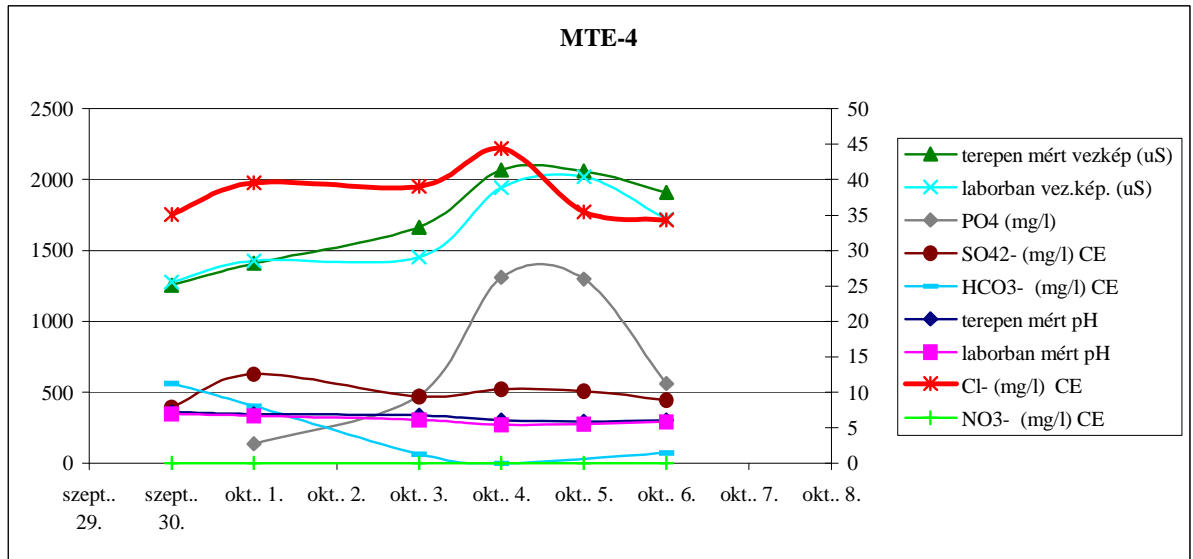


10. ábra Az MTE-2 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

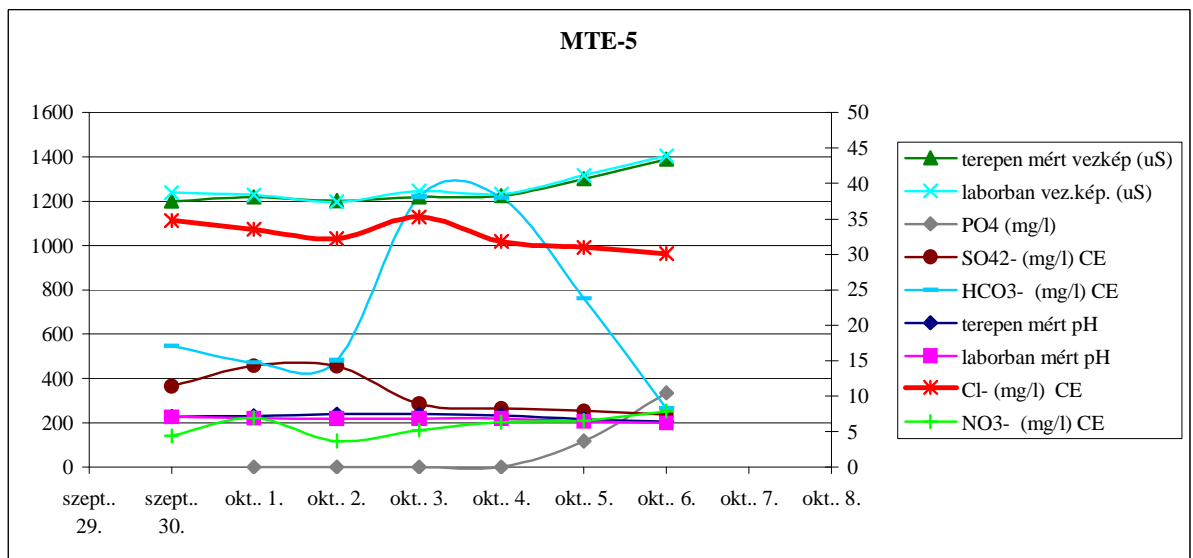


11. ábra Az MTE-3 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

Az MTE-4 kútban a kezelések végén tapasztaltunk kis mértékű klorid-koncentráció-emelkedést, majd ez lecsökkent, amikor abbahagytuk a kezelést (12. ábra). Az 5 napig termeltetett, majd kétszer kezelt MTE-5 kútban a klorid-koncentráció nem mutatott jelentős változást (13. ábra).

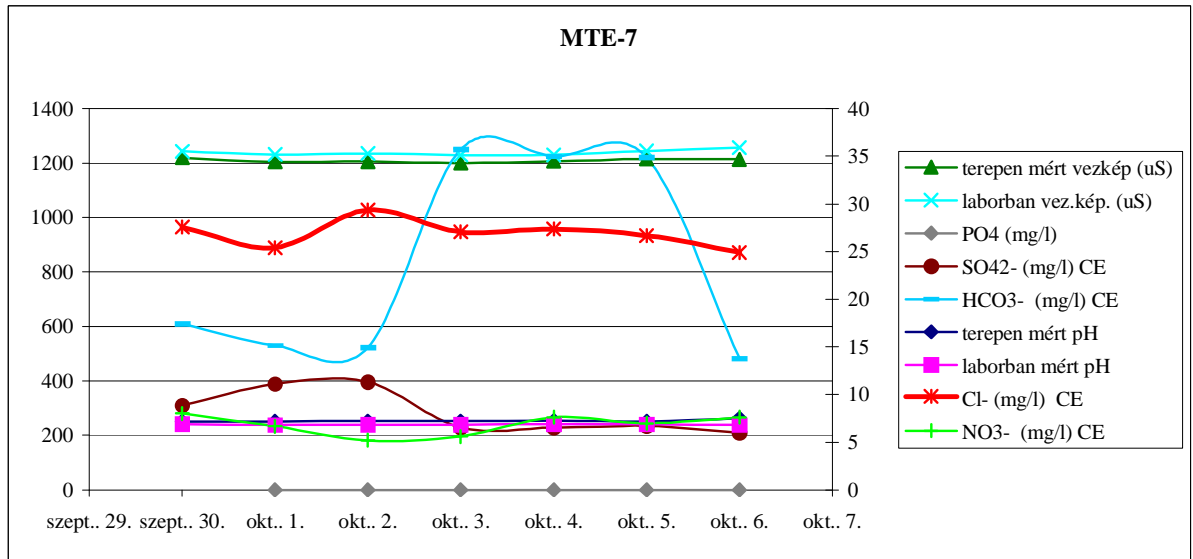


12. ábra Az MTE-4 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

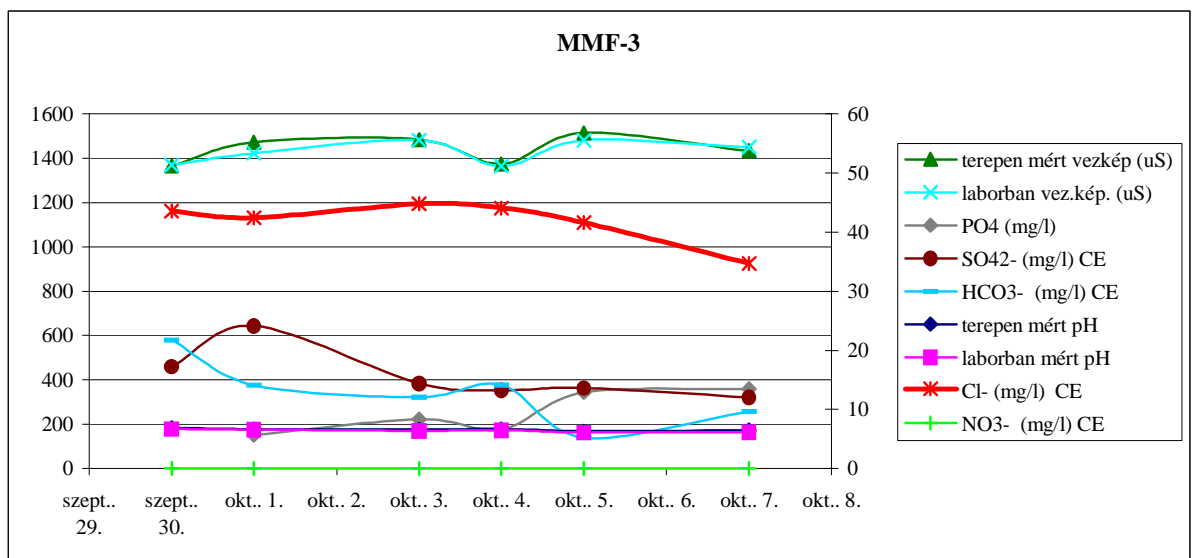


13. ábra Az MTE-5 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

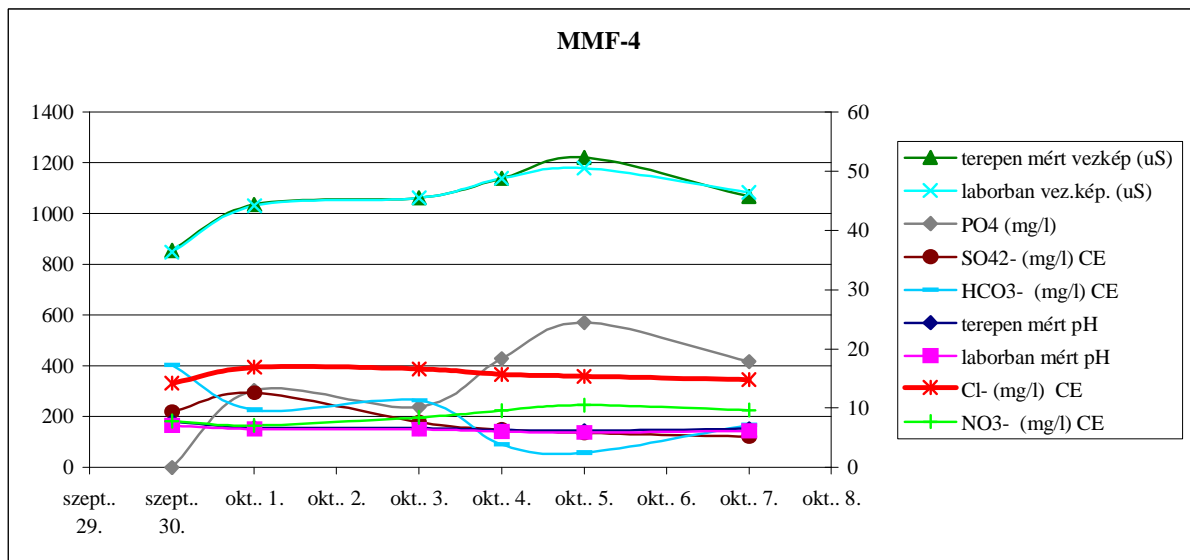
Az MTE-7 kutat végig termeltetésre használtuk. Vízének klorid-tartalma kis ingadozásokkal állandónak mondható (14. ábra). A kevésbé szennyezett vizű MMF-3 kútbán csökkenő, és az MMF-4 kutakban állandó klorid-koncentrációt mértünk (15. és 16. ábra).



14. ábra Az MTE-7 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)



15. ábra Az MMF-3 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)



16. ábra Az MMF-4 kútból vett minták pH-ja, vezetőképessége és anion-koncentrációi (vezetőképesség és foszfát a baloldali, a többi a jobboldali tengelyen ábrázolva)

3.4. A technológia verifikálása


3.4.1. Anyagmérleg:

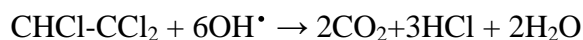
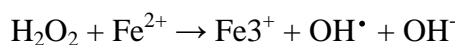
Az anyagmérleg felállításakor azt vesszük figyelembe, hogy a kombinált technológia során a szennyezőanyag (TCE) egy része az *in situ* oxidáció révén kloriddá és széndioxidá alakult, más része pedig a kitermelt vízzel a sztrippelőbe került, majd aktív szénen elnyelődött. Utóbbi folyamat során kinyert TCE mennyiségét a vízminták TCE-koncentrációjából számítottuk (3. táblázat).

3. táblázat A termelőkutakból szivattyúzással eltávolított (sztrippelt) TCE mennyisége

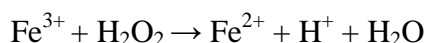
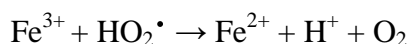
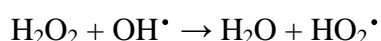
	MTE-1	MTE-2	MTE-3	MTE-5	MTE-7
Kitermelt víz (m ³)	8,1	14,4	14,4	14,4	43,2
Kitermelt TCE (g)	69,8	13,4	9,9	10,3	16,0

Az *in situ* oxidációs eljárás során lebomlott TCE mennyiségére a keletkezett klorid-ion koncentrációjából következtettünk (4. táblázat) a következő reakcióegyenletek alapján:

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETELÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 25 of 42



A Fe^{2+} ionok folyamatosan keletkeznek a talajban lévő Fe^{3+} ionokból a következő reakcióegyenletek szerint⁴:




A kezelőkutak esetében, mivel újra és újra visszatöltöttük a kiszívott vizet a maximális klorid-koncentrációból számítottuk a TCE bomlást úgy, hogy a kezelés előtti mintára mért klorid-koncentrációhoz viszonyítottuk. Ezzel figyelembe vettük, hogy a víz klorid-tartalma kutanként eltérő részben az eltérő lokális geológiai környezet miatt, részben az esetleges mikrobiológiai lebomlási folyamatok következtében.

A RAMEB-et alkalmazó félüzemi kísérlet során az MK-24 kútban 7 mintavételből számított klorid-tartalom szórása kevesebb volt $\pm 10\%$ -nál, így a jelen kísérletben a klorid-koncentrációból számított TCE mennyiség értékeket is ilyen pontosságúnak tekinthetjük.

A számítások főbb adatait a 4. táblázatban láthatjuk.

⁴ Chen, G., Hoag, G.E., Chedda, P., Nadim, F., Woody, B.A., Dobbs, G.M.: The mechanism and applicability of in situ oxidation of trichloroethylene with Fenton's reagent. J. Hazard. Mater. B87, 171-186, 2001

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETIÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 26 of 42


4. táblázat A lebomlott TCE számítása a keletkezett klorid-koncentrációból a szennyezettebb területre (a kezelő kutak esetén a maximális klorid-koncentrációval számoltunk, a termelő kút esetén a kitermelt vízben mért klorid-koncentrációkat vettük figyelembe)

Kezelő kutak	Klorid konc. a kezelés előtti mintavételnél (mg/l)	Max. klorid-konc. a kezelés alatt (mg/l)	Kitermelt víz (l)	Keletkezett klorid (g)	Lebomlott TCE (g)
MK-16	30,09	39,78	180	1,7	2,2
MK-19	7,40	8,40	180	0,2	0,2
MK-22	5,78	11,07	90	0,5	0,6
MK-23	1,56	12,00	180	1,9	2,3
MK-24	6,20	29,69	180	4,2	5,2
M-3	9,69	21,66	180	2,2	2,7
Összesen a szennyezettebb területen					13,2
Termelő kút			Összes kitermelt víz (l)	Összes kitermelt keletkezett klorid (g)	Összes lebomlott TCE (g)
MTE-1			8 100	67,7	83,5

Megállapíthatjuk, hogy a kezelőkutakra számított TCE bomlás 1/6-od része az MTE-1 kútból kitermelt víz *klorid-koncentráció-növekményéből* számított értéknek. Az MTE-1 kút éjszakánkénti szivattyúzásával elszívjuk a kezelőkutak nagyobb klorid-tartalmú vizét. Az MK-16 kút eleve nagyobb klorid-tartalma összefüggésben lehet a kiugró TCE-tartalommal, és mikrobiológiai lebomlási folyamatra utal.

Az alkalmazott kombinált technológiával (hat kút *in situ* oxidációs kezelésével és egy kút szivattyúzásával, sztrippeléssel) eltávolított TCE mennyisége összesen

Termelő kútban kémiai kezeléssel lebomlott TCE (7. táblázat)	83,5 g
Termelő kútból sztrippeléssel eltávolított TCE (6. táblázat)	69,8 g
Összesen:	153,3 g.


	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETIÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 27 of 42

A kevésbé szennyezett területen a kísérlet egy hetes tartama során több-kevesebb ideig 6 kutat kezeltünk és 4 kutat termeltettünk. A szivattyúzással, sztrippeléssel eltávolított TCE mennyiséget kutanként a 6. táblázat, a klorid-koncentráció növekedéséből számított, az *in situ* oxidációs kezeléssel eltávolított TCE mennyiségét a 5. táblázat adatai mutatják.

5. táblázat A lebomlott TCE számítása a keletkezett klorid-koncentrációból a kevésbé szennyezett területre (a kezelő kutak esetén a maximális klorid-koncentrációval számoltunk, a termelő kutak esetén a kitermelt vízben mért klorid-koncentrációkat vettük figyelembe)

Kezelő kutak	Klorid konc. a kezelés előtti mintavételnél (mg/l)	Max. klorid-konc. a kezelés alatt (mg/l)	Kitermelt víz (l)	Keletkezett klorid (g)	Lebomlott TCE (g)
MTE-2	21,01	23,24	180	0,4	0,5
MTE-3	20,9	24,12	180	0,6	0,7
MTE-4	35,05	44,39	180	1,7	2,1
MTE-5	35,28	31,82	180	Csökkent a klorid konc.	
MMF-3	43,53	44,09	180	0,1	0,1
MMF-4	14,19	16,91	180	0,5	0,6
Összesen a kevésbé szennyezett területen					4,0
Termelő kutak			Összes kitermelt víz (l)	Összes kitermelt keletkezett klorid (g)	Összes lebomlott TCE (g)
MTE-2			14400	31,7	39,2
MTE-3			14400	Csökkent a klorid konc.	
MTE-5			14400	10,9	13,5
MTE-7			43200	63,0	77,8
Összesen a kevésbé szennyezett területen					130,5

A kevésbé szennyezett területen alkalmazott kombinált technológiával (hat kút *in situ* oxidációs kezelésével és négy kút váltott szivattyúzásával, és sztrippeléssel) eltávolított TCE mennyisége összesen:

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETIÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 28 of 42


Termelő kútban lebomlott TCE (8. táblázat)	130,5 g
Termelő kútból sztrippeléssel eltávolított TCE (6. táblázat)	49,6 g
Összesen:	180,1 g.

A szennyezettebb területen 1,2-szer, a kevésbé szennyezett területen kb. 2,5-szer több TCE-t távolítottunk el az *in situ* kezelésekkel, mint a szivattyúzással, sztrippeléssel.

3.4.2. Költség-hatékonyság elemzés

A szennyezettebb területen alkalmazott kombinált technológiával (hat kút *in situ* oxidációs kezelésével és egy kút szivattyúzásával, sztrippeléssel) eltávolított TCE mennyisége összesen (69,8 g + 83,5 g) **153,3 g**. Ehhez összesen 112 l hidrogén-peroxid oldatot (28 560 Ft) és 8,8 l foszforsavat (25 520 Ft) használtunk. A teljes vegyszerköltség 54 080 Ft. A 2 ember munkaerőköltsége a 8 napra 96 000 Ft (ugyannezen idő alatt kezelték a kevésbé szennyezett területet is). A teljes anyag- és munkaerőköltség a kitermelt TCE-re vonatkoztatva: 150 080 Ft/153,3 g = 979 Ft/g TCE. Figyelembe véve, hogy finom vegyszerként szereztük be az anyagokat és, hogy a munkaerőköltség is talán túlzott (Valójában a két területen egyszerre végeztük a kísérletet, így a munkaerőköltség megosztható a két kísérleti terület között) a kb. **300-350 Ft/g TCE** fajlagos költség tűnik reálisnak.

A kevésbé szennyezett területen alkalmazott kombinált technológiával (hat kút *in situ* oxidációs kezelésével és négy kút váltott szivattyúzásával, sztrippeléssel) eltávolított TCE mennyisége összesen (49,6 g + 130,5 g) **180,1 g**. Ehhez összesen 118 l hidrogén-peroxid oldatot (30090 Ft) és 10,4 l foszforsavat (30160 Ft) használtunk. A teljes vegyszerköltség 60250 Ft. A 2 ember munkaerőköltsége a 8 napra 96000 Ft (ugyannezen idő alatt kezelték a szennyezettebb területet is). A teljes anyag- és munkaerőköltség a kitermelt TCE-re vonatkoztatva: 160250 Ft/180,1 g = 890 Ft/g TCE. A vegyszereket nagy tételben beszerezve és reálisabb munkaerőköltséggel számolva a fajlagos költség kb. **250-300 Ft/g TCE**.

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETELÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 29 of 42

A technológia gazdaságosságát a területen folyó *ex situ* vízkezeléshez viszonyítva figyelembe kell venni, hogy a víz termeltetés ideje jelentősen csökken a kombinált technológiával. A sztrippeléssel 40 hónap alatt kb. 25 kg TCE-t távolítottak el. A kísérlet során 1 hét alatt összesen 153,3 + 180,1 = 333,4 g–ot, ami 1 hónap alatt 1,33 kg, 40 hónap alatt 53,3 kg. Az idő tehát kb. felére csökken.

3.4.3. *Kvantitatív kockázatelemzés*

A területre vonatkozó Felügyelőségi határozatokban előírt célállapotú határértékeket a 6. táblázatban adjuk meg.

6. táblázat „D” határértékek

Kockázatos anyag	„D” Határérték talajra [mg/kg]	D" Határérték felszín alatti vízre [µg/l]
Tetraklór-etilén	-	150
Triklór-etilén	0,57	150
Diklór-etilén	-	100
Összes klórozott alifás szénhidrogén	0,57	300

A kísérlet végén az MK-19, MK-22, MTE-2, MTE-5, MMF-3 és MMF-4 kút vizének TCE-tartalma már nem haladta meg a területre érvényes „D” határértéket, de az összes többi esetben igen. Ez azt jelenti, hogy jelentősen csökkent a kezelés hatására a terület kockázata.


A technológia lehetséges kockázata:

Az erős oxidálószer átmenetileg ártalmas lehet a talaj mikroflóra számára.

A helyesen vezetett reakcióban káros melléktermékek nem keletkeznek (klórgáz fejlődésével savas pH-n nem kell számolni).

3.4.4. *SWOT analízis*

A SWOT analízis összefoglalja a technológia erősségeit (Strengths), gyenge pontjait (Weaknesses), lehetőségeit (Opportunities) és veszélyeit (Threats).

	SZABADFÖLDI KÍSÉRLETEK TRIKLÓRETIÉNNEL SZENNYEZETT TERÜLETEN	Report No: CYL III/4c-6b
		Compiled by: Fenyvesi É.
		File: CYL III4c6b TCE
		Date: 2008. 11. 30.
		Page : 30 of 42

Az *in situ* kémiai kezeléssel kombinált *ex situ* vízkezelés erősségei:

- Hatékonyan csökkenti a szennyezőanyag-koncentrációt.
- Megmozdítja a szennyezőanyag lencsét (a kiszívott víz visszatöltése miatt a fázisok jobban keverednek).
- A Fenton reakcióban nem keletkeznek toxikus melléktermékek
- A reakció végtermékei (szén-dioxid, klorid és víz) nem szennyezik a környezetet

A technológia gyenge pontjai:

- Nagy a munkaerőigény, ami automatizálással csökkenthető
- A reagensek veszélyesek, szükség van szakképzett személyzetre.
- Átmenetileg káros lehet a mikroflórára az erős oxidálószer jelenléte, bár a talaj mélyebb rétegét semmiféle törvény nem védi, még ettől sem.

A technológia lehetőségei:

- Nagy terület egyidejű kezelésére van lehetőség.
- Bármilyen oxidálható szennyezőanyag kezelésére alkalmas, így vegyes szennyezettségű (pl. klórozott és nem klórozott vegyületekkel egyidejűleg szennyezett) területeken is alkalmazható
- Ha sikerül azonosítani a szennyezőanyag forrását, a feltételezett lencsét, akkor *in situ* kezeléssel rövid időn belül megszüntethető a szennyezettség a forrásban.

A technológia veszélyei:

- Veszélyes reagenseket alkalmaz.

Mellékletek

1. melléklet Térképek

1.1. melléklet A triklóretilén szennyezettséget mutató térkép az összes kúttal

Projekt: Johnson Controls Mezőlak Kft.
Talajvíz kármentesítés

Monitoring vizsgálat
2008. május 5-6.

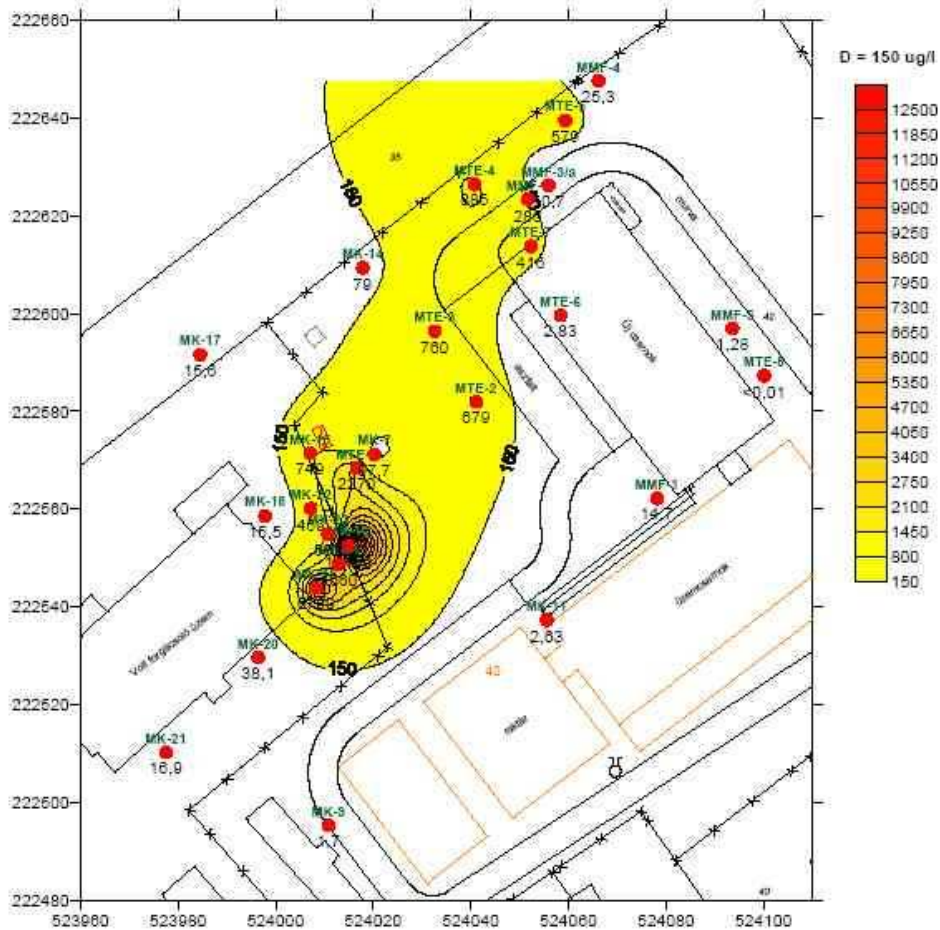
Felszín alatti víz
Triklór-etilén
szennyezettsége

Jelmagyarázat

- MK, MMF - Talajvíz monitoring kutak (19 db)
- MTE - Termelő kutak (8 db)

42 Mért koncentráció

Egységes Országos Vetületi Rendszer
Balti tengerszint
M= 1 : 1000



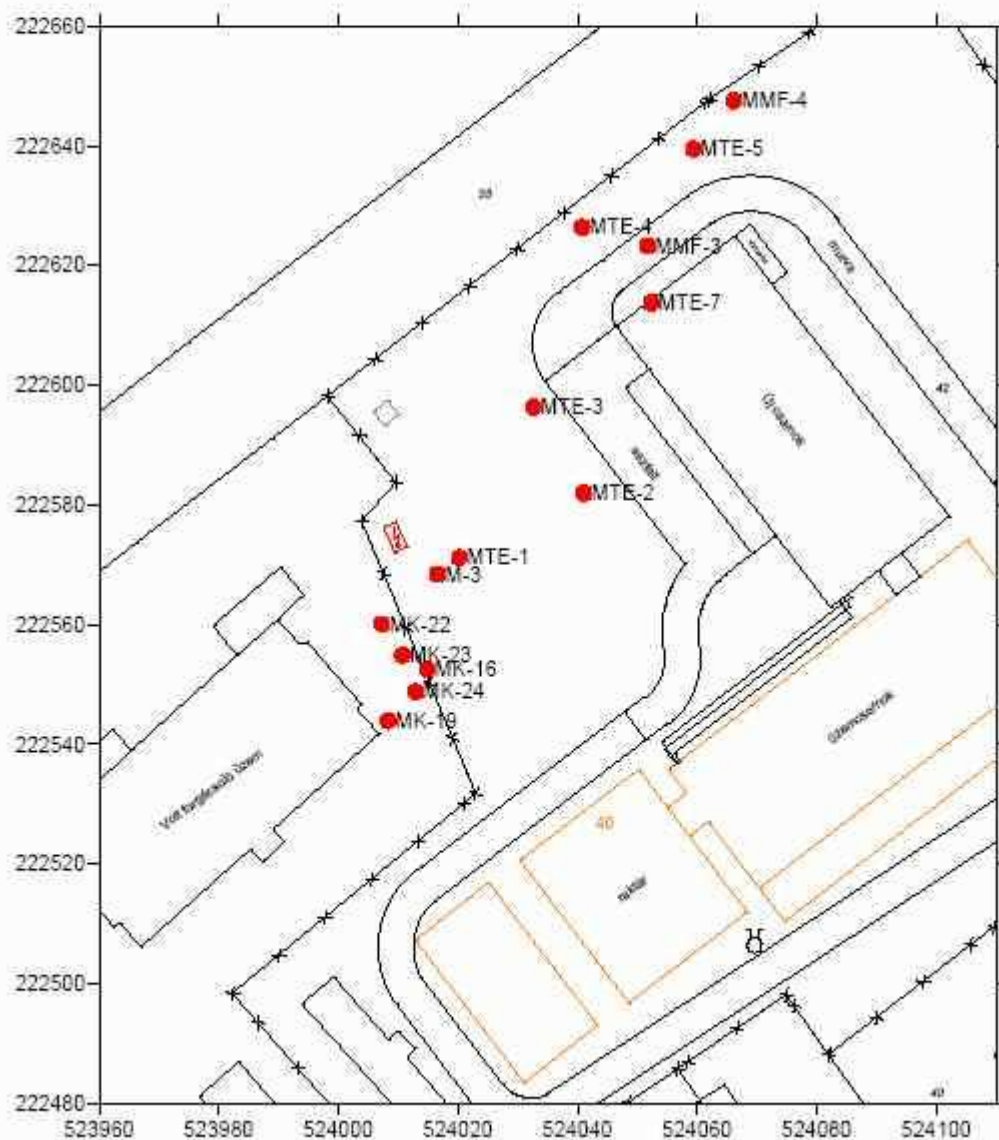
1.2. melléklet A teljes léptékű szabadföldi kísérletben használt kutak

Projekt: MOKKA
Modern Mérnöki Eszköztár Kockázat
Alapú Környezetmenedzsmenthez

Szabadsföldi kísérletek
2008.09.30. - 2008.10.07.

Egységes Országos Vetületi Rendszer
Balti tengerszint
M= 1 : 1000

● Kísérletekben felhasznált kutak



2. melléklet Kísérleti terv

Kísérleti terv – végleges

A kísérlet az előzetesen megbeszéltek szerint a szinte a teljes területen folya (ld. mellékelt térkép).

Kezelő kutak (szennyezettebb) terület: MK-16, MK-19; MK-22; MK-23; MK-24; M-3

Szívó kút (szennyezettebb) terület: MTE-1

Kezelő kutak (kevésbé szennyezett) terület: MTE-4, MMF-4, MMF-3, MTE-3

Szívó kút (kevésbé szennyezett) terület: MTE-5, MTE-7, MTE-2

Az MTE-3 és az MTE-2 szerepe naponta felcserélődne, hisz a közelükben nincs kezelőkút.

Mintavételek, kezelések (1-4 nap) napi egy alkalommal, az alábbiak szerint:

1. Mintavétel a vízkezelő előtti gyűjtőtartályból

A szívó kutakból

2. Mintavétel a szívó kutakból (180 l víz kitermelés után), cső végéről (a rétegbeli állapot jellemzésére), víz kiöntése

A kezelő kutakból:

3. 180 liter víz kitermelése

4. Mintavétel a cső végéről (a rétegbeli állapot jellemzésére)

5. 5 liter hidrogén-peroxid adagolása (0,84 m/m%-os lenne az oldat) + pH állítás előreláthatólag foszforsavval (bekeverés, visszaöntés)

Ha minden kútban megtörtént a kezelés, akkor (kb 17 óra körül):

6. A szívókutak elindítása (vízhozamuk: 2-8 l/perc)

Reggel szívókutak leállítása és

1. Mintavétel a vízkezelő előtti gyűjtőtartályból

majd folytatódik ismét minden a 2. ponttól.

4 nap elteltével leállnánk a szennyezettebb terület kezelésével leállunk, de a szívást folytatjuk.

Csak a szennyezetlenebb területen folya a kezelés, de mintavétel lenne a szennyezettebb területről is.

6. nap kezelés befejezése a kevésbé szennyezett területen is

A kísérlet teljes hidrogén-peroxid igénye: 240 l

A kísérlet teljes foszforsav igénye (85 m/m%): 12 l

7. nap, reggel szivattyúk leállítása, akkreditált mintavétel a szennyezettebb területről (minták a Bálint Analitikába)

8. nap akkreditált mintavétel a kevésbé szennyezett területről (minták a Bálint Analitikába), mintavétel után szivattyúk beindítása.

Kísérlet követése:

Kísérlet követése helyszínen:

- pH, vezkép

Kísérlet követése laboratóriumban:

- Általános vízkémiai paraméterek, TCE: Cyclolab
- Összes klórozott szénhidrogén: Bálint (csak a végállapot 7-8. nap)

Minták érkezése a Cyclolab laboratóriumába (2 db 40 ml-es fiola):

- **szeptember 30. (kedd) este**
- **október 2. (csütörtök) este**
- **október 5. (vasárnap) este**
- **október 8 (szerda) reggel**

A kísérlet ideje: 2008.09.30. – 2008.10.07.

Atkári Ágota

Weprot Kft

3. melléklet Kísérleti jegyzőkönyv

Kísérleti jegyzőkönyv – teljes területre

I. A szennyezett terület elhelyezkedése és a kísérleti koncepció

A kísérleti helyszín a terület szennyezettségét tekintve mind a kármentesítési munkák archív adatai alapján, mind a korábbi (Bakony Művek idején folytatott) vegyszerfelhasználási-, és tárolási technológiának megfelelően két gócban helyezkedik el a volt Bakony Művek területén.

Az I. (kevésbé szennyezett) góc a Johnson Controls Mezőlak Kft. telephelyén a hajdani veszélyes hulladék üzemi gyűjtőhely területén fekszik (ahol 1986-ig kavicsos történt a veszélyes hulladék gyűjtő konténerek tárolása).

A II. (szennyezettebb) góc a Sokoró Kft. területén a hajdani zsírtalanító kád környezetében található.

A nyugalmi talajvíz áramlási irány ÉK-i. Ennek megfelelően a terület D-DK-i részéről – ahol a II. góc található – folyamatosan (lassan) szennyezett víz érkezik az I. góc megfigyelő és termelő kútjaihoz.

Mind a két gócban a kísérlethez kezelő és termelő kutak kijelölésére került sor.

A II. góc (szennyezettebb terület):

- kezelő kútjai: MK-16, MK-19, MK-22, MK-23, MK-24, M-3
- termelő kútja: MTE-1

A termelő kúthoz legközelebbi kezelő kút az M-3 (távolságuk 0,9 m), mely biztosan hat az MTE-1-re.

A termelő kút ÉK-re fekszik a kezelő kutaktól, így elviekben nyugalmi talajvíz áramlási viszonyok esetén is mindegyik kút gyakorolhat rá hatást.

A kísérlet alatt ezt a kutat folyamatosan termeltettük a kút vízáadó képességének megfelelő 1,5 l/perces vízhozammal (mely meglehetősen csekélynek tekinthető).

Az I. góc (kevésbé szennyezettebb terület):

- kezelő kútjai: MTE-4, MMF-4, MMF-3, MTE-3
- termelő kútja: MTE-5, MTE-7, MTE-2

Az MTE-3 és az MTE-2 szerepe naponta felcserélődött (, hisz a közelükben nincs kifejezetten jól elhelyezkedő kezelésre alkalmas kút) a kísérlet első négy napján, majd a kísérlet 5., 6., 7. napjain folyamatosan kezeltük mind a kettőt.

Az MTE-5 kutat a kísérlet 5., 6. napján kezelő kútként használtuk.

A termelő kutak vízhozama:

MTE-2, MTE-3, MTE-7: 8 l/perc

MTE-5: 4 l/perc

II. A kutak mintázásának, kezelésének, termeltetésének általános folyamata

Mintavételek, kezeléseik rendje napi egy alkalommal, az alábbiak szerint:

1. Mintavétel a vízkezelő előtti gyűjtőtartályból (teljes térfogata 3 m³)

2. Mintavétel a termelő kutakból (180 l víz kitermelés után), cső végéről (a rétegbeli állapot jellemzésére), víz kiöntése

A 180 l-es vízmennyiség a háromszoros kúttérfogatot reprezentálja (ez mindegyik kezelő kút esetében meghaladja a háromszoros kúttérfogatot, tehát kielégítjük akkreditált mintavétel ezen feltételét). A termelő kutak esetében a háromszoros kúttérfogatot kb. 280 l, ezeket azonban egész éjszaka termeltettük.

A kezelő kutakból:

7. 180 liter víz kitermelése

8. Mintavétel a cső végéről (a rétegbeli állapot jellemzésére)

9. 5 liter hidrogén-peroxid adagolása a kitermelt 180 l vízhez (0,84 m/m%-os oldat készítése), majd ezt követően pH állítás foszforsavval (400 ml adagolása 180 l vízhez) és a keverék azonnali visszaöntése a kútba.

10. A termelő kutak elindítása

A kutak lekezelése és a mintavételek után (kb. 17 óra körül)

Reggel a termelő kutak leállítása (kb. 8 óra körül)

1. Mintavétel a vízkezelő előtti gyűjtőtartályból
majd folytatódik ismét minden a 2. ponttól.

Első nap (2008.09.30.):

Az alábbi kutak kezelése és termeltetése történt.

Az I. góc (kevésbé szennyezett terület):

- kezelő kútjai: MTE-4, MMF-4, MMF-3, MTE-3
- termelő kútja: MTE-5, MTE-7, MTE-2

A II. góc (szennyezettebb terület):

- kezelő kútjai: MK-16, MK-19, MK-22, MK-23, MK-24, M-3
- termelő kútja: MTE-1

Megjegyzés:

- *MTE-3-at kezeltük, az MTE-2-öt termeltettük*

- *MK-16 vize még mindig habzott a 2008. augusztus 25-én végrehajtott egy napos RAMEB-es kezelés hatására*

- *MK-22 rosszul adta a vizet így csak 90 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (3 l H₂O₂-vel és 200 ml foszforsavval)*

- *MTE-4 rosszul adta a vizet így csak 150 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (5 l H₂O₂-vel és 400 ml foszforsavval)*

- *M-3 rosszul adta a vizet így csak 120 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (5 l H₂O₂-vel és 400 ml foszforsavval)*

Második nap (2008.10.01.):

Az első napot követő éjszaka alatt kitermelt becsült vízmennyiség kutanként:

MTE-1: 1350 l, MTE-2: 7200 l, MTE-7: 7200 l, MTE-5: 3600 l

Az alábbi kutak kezelése és termeltetése történt.

Az I. góc (kevésbé szennyezett terület):

- kezelő kútjai: MTE-4, MMF-4, MMF-3, MTE-2

- termelő kútja: MTE-5, MTE-7, MTE-3

A II. góc (szennyezettebb terület):

- kezelő kútjai: MK-16, MK-19, MK-22, MK-23, MK-24, M-3
- termelő kútja: MTE-1

Megjegyzés:

- MTE-2-öt kezeltük, az MTE-3-at termeltettük
- MK-16 vize még mindig habzott a 2008. augusztus 25-én végrehajtott egy napos RAMEB-es kezelés hatására
- MK-22 rosszul adta a vizet így csak 90 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (3 l H₂O₂-vel és 200 ml foszforsavval)

Harmadik nap (2008.10.02.):

A második napot követő éjszaka alatt kitermelt becsült vízmennyiség kutanként:

MTE-1: 1350 l, MTE-3: 7200 l, MTE-7: 7200 l, MTE-5: 3600 l

Az alábbi kutak kezelése és termeltetése történt.

Az I. góc (kevésbé szennyezett terület):

- kezelő kútjai: MTE-3
- termelő kútja: MTE-5, MTE-7, MTE-2

A II. góc (szennyezettebb terület):

- kezelő kútjai: MK-16, MK-19, MK-22, MK-23, MK-24, M-3
- termelő kútja: MTE-1

Megjegyzés:

- Sem kezelni, sem mintát venni nem tudtunk az MMF-3, MMF-4, MTE-4 kutakból, mert szivattyúnk tönkrement
- MTE-3-at kezeltük, az MTE-2-öt termeltettük
- MK-16 vize még mindig habzott a 2008. augusztus 25-én végrehajtott egy napos RAMEB-es kezelés hatására

- MK-22 rosszul adta a vizet így csak 90 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (3 l H₂O₂-vel és 200 ml foszforsavval)

- M-3 rosszul adta a vizet így csak 140 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (5 l H₂O₂-vel és 400 ml foszforsavval)

Negyedik nap (2008.10.03.):

A harmadik napot követő éjszaka alatt kitermelt becsült vízmennyiség kutanként:

MTE-1: 1350 l, MTE-2: 7200 l, MTE-7: 7200 l, MTE-5: 3600 l

Az alábbi kutak kezelése és termeltetése történt.

Az I. góc (kevésbé szennyezett terület):

- kezelő kútjai: MTE-4, MMF-4, MMF-3, MTE-2
- termelő kútja: MTE-5, MTE-7, MTE-3

A II. góc (szennyezettebb terület):

- kezelő kútjai: MK-16, MK-19, MK-22, MK-23, MK-24, M-3
- termelő kútja: MTE-1

Megjegyzés:

- MTE-2-öt kezeltük, az MTE-3-at termeltettük

- MK-22 rosszul adta a vizet így csak 90 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (3 l H₂O₂-vel és 200 ml foszforsavval)

- M-3 rosszul adta a vizet így csak 120 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (5 l H₂O₂-vel és 400 ml foszforsavval)

Ötödik nap (2008.10.04.):

A negyedik napot követő éjszaka alatt kitermelt becsült vízmennyiség kutanként:

MTE-1: 1350 l, MTE-3: 7200 l, MTE-7: 7200 l, MTE-5: 3600 l

Az alábbi kutak kezelése és termeltetése történt.

Az I. góc (kevésbé szennyezett terület):

- kezelő kútjai: MTE-4, MMF-4, MMF-3, MTE-2, MTE-3, MTE-5*
- termelő kútja: MTE-7

A II. góc (szennyezettebb terület):

- kezelő kútjai: leálltunk a kezeléssel
- termelő kútja: MTE-1

Megjegyzés:

- * **A kezelő kutakba adagolt peroxid mennyiségét 4 l/nap-ra csökkentettük**
- MTE-2-öt, MTE-3-at, MTE-5-öt kezeltük
- MTE-4 rosszul adta a vizet így csak 130 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (4 l H₂O₂-vel és 400 ml foszforsavval)

Hatodik nap (2008.10.05.):

Az ötödik napot követő éjszaka alatt kitermelt becsült vízmennyiség kutanként:

MTE-1: 1350 l, MTE-7: 7200 l

Az alábbi kutak kezelése és termeltetése történt.

Az I. góc (kevésbé szennyezett terület):

- kezelő kútjai: MTE-4, MMF-4, MMF-3, MTE-2, MTE-3, MTE-5*
- termelő kútja: MTE-7

A II. góc (szennyezettebb terület):

- kezelő kútjai: leálltunk a kezeléssel
- termelő kútja: MTE-1

Megjegyzés:

- * **A kezelő kutakba adagolt peroxid mennyiségét 4 l/nap-ra csökkentettük**
- MTE-2-öt, MTE-3-at, MTE-5-öt kezeltük
- MTE-4 rosszul adta a vizet így csak 120 l víz kitermelésére és kezelésére volt lehetőség (4 l H₂O₂-vel és 400 ml foszforsavval)

Hetedik nap (2008.10.06.):

A hatodik napot követő éjszaka alatt kitermelt becsült vízmennyiség kutanként:

MTE-1: 1350 l, MTE-7: 7200 l

Akkreditált vízmintavétel 180 l víz kitermelésével:

MTE-1, MTE-7

Az alábbi kutak kezelése és termeltetése történt.

Az I. góc (kevésbé szennyezett terület):

- kezelő kútjai: MTE-2, MTE-3*
- termelő kútja: MTE-7

A II. góc (szennyezettebb terület):

- kezelő kútjai: leálltunk a kezeléssel
- termelő kútja: MTE-1

Megjegyzés:

- * *A kezelő kutakba adagolt peroxid mennyiségét 5 l/nap-ra növeltük*

- *MTE-2-öt, MTE-3-at kezeltük (5 l H₂O₂-vel és 400 ml foszforsavval)*

Nyolcadik nap (2008.10.07.):

A hatodik napot követő éjszaka alatt kitermelt becsült vízmennyiség kutanként:

MTE-1: 1350 l, MTE-7: 7200 l

Akkreditált vízmintavétel 180 l víz kitermelésével:

MTE-2, MTE-3, MTE-4, MTE-5, MMF-3, MMF-4, MK-16, MK-19, MK-22, MK-23,
MK-24

Kísérlet követése:

Kísérlet követése helyszínen:

- pH, vezkép

Kísérlet követése laboratóriumban:

- Általános vízkémiai paraméterek, TCE: Cyclolab
- Összes klórozott szénhidrogén: Bálint (csak a végállapot 7-8. nap)

Az eredmények elemzésénél mindenképpen érdemes vizsgálni bizonyos kút párokat (MTE-1 és M-3) mivel ezek például rendkívül közel vannak egymáshoz, s véleményem szerint kifejezetten inkább csak az M-3 kezelésének köszönhető az MTE-1-nél tapasztalható koncentráció csökkenés.

Illetve kútcsoport szempontjából vizsgálható az MK-24, MK-23, MTE-1, M-3, hiszen rendkívül érdekes hogy nagyon hasonlóan változik, azaz csökken és áll vissza a TCE koncentrációja.

A gócot jelentő MK-16 a fentiektől eltérően viselkedik.

Atkári Ágota

Weprot Kft