

Dr. Lente Gábor és Dr. Ósz Katalin

## John Travolta és a triklóretilén

Az igazságnak ára van. Ez a lényegi tanulsága az 1998-ban bemutatott, *Zavaros vizeken* című amerikai mozifilmnek (1. ábra, eredeti angol címe 'A Civil Action'). A film főhősét a világhírű John Travolta alakítja (más, ismert filmjei a *Szombat esti láz*, *Ponyvaregény*, *Ál/Arc*, *A vér kötelez*, *Nicsak, ki beszél*), a szereplők között pedig Robert Duvall (*Sztálin*, *A Keresztapa*, *Tolvajtempó*, *Deep Impact*) és Tony Shalhoub

(*Monk*, *a flúgos nyomozó*) arca és neve is valószínűleg mindenki számára ismerős. A film Jonathan Harr író 1996-ban megjelent, azonos című regényén alapul, amely valós, az 1980-as években a Massachusetts államban lévő Woburn városkában megtörtént eseményeket dolgoz fel. A *Zavaros vizeken* cím egyébként, úgy tűnik, a filmkészítők között elég népszerűnek számít, ugyanez



1. ábra A *Zavaros vizeken* című mozifilm posztere

a címe a Columbo (4. évad, 1975) és a JAG (7. évad, 2001) televíziós sorozat egy-egy epizódjának is. Ez utóbbiakban azonban ama bizonyos víz zavarosságának egészen más, nem kémiai okai vannak.

A filmnek még egy főszereplője van, és ez elég váratlan módon nem egy személy, hanem egy vegyület: a triklóretilén ( $C_2Cl_3H$ , angol nevének elterjedt rövidítése TCE). Első ránézésre nem lehet sok különlegességet találni ebben a molekulában, leszámítva talán azt, hogy rengeteg különböző kereskedelmi néven hozzák forgalomba (az 1. táblázat 69-et sorol fel ezek közül, néhány kémiai szempontból szabálytalan is van köztük). Hogyan kaphatott hát mégis főszerepet egy filmben? Aligha kell mondani, hogy ez a szerep nem kimondottan pozitív. A film ugyanis a

triklóretilénnel szennyezett ivóvíz egészségre káros hatásairól, és az ezzel kapcsolatos amerikai perekről szól.

1. táblázat. A triklóretilén különböző tudományos és kereskedelmi nevei.

etén, triklór- (9CI)	Flock Flip	Trichloran
etilén, triklór- (8CI)	Fluate	Trichloren
acetilén triklorid	Gemalgene	triklóretilén
Algylen	Germalgen	triklórétén
Anamenth	Germalgene	1,1,2-triklórétén
Benzinol	Lanadin	1,1,2-triklóretilén
Blacosolv	Lethurin	1,2,2-triklóretilén
Blancosolv	Narcogen	triklóretilén (CAN)
Cecolene	Narkogen	Tri-Clene
Chlorilen	Narkosoid	Trielene
1-klór-2,2-diklóretilén	Nialk	Trielin
Chlorylea	Perm-A-Chlor	Trieline
Chlorylen	Perm-a-Clor	Triklone
Chorylen	Petzinol	Trilen
Circosolv	Philex	Trilene
Crawhaspol	TCE	Triline
Densinfluat	Threthylen	Trimar
1,1-diklór-2-klóretilén	Threthylene	Triol
Dow-Tri	Trethylen	Tri-plus
Dukeron	Trethylene	Vestrol
etinil triklorid	Tri	Vitran
etilén triklorid	Triad	Fleck-Flip
etilén, 1,1,2-triklór-	Trial	Westrosol

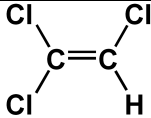

A film története azzal indul, hogy egy fehérvérűség miatt kezelt gyermek édesanyjának feltűnik, hogy Woburn-ben meglepően gyakran fordul elő ez a betegség, noha az Amerikai Egyesült Államokban általában igen ritka. Ezért több érintett családdal összefogva Jan Schlichtmann (John Travolta) sztárügyvéd segítségét kéri. Ő először arra a belátásra jut, hogy sem bizonyíték, sem egyértelmű felelős nincs az ügyben, ezért aligha várható belőle haszon. Később azonban fény derül arra, hogy két nagy vegyi és élelmiszeripari üzem is triklóretilénnel szennyezte a város ivóvizét, így peres eljárásban nagy összegű kártérítést lehet követelni tőlük

– ami már jogi szempontból is érdekessé teszi az ügyet, és persze a vegyületet.

De mire is használhatták vajon ezek a cégek a triklóretilént? A vegyületet eredetileg egy brit cég, az Imperial Chemical Industries fejlesztette ki abból a célból, hogy műtételnél az altatásra és érzéstelenítésre használt, de májkárosító hatású kloroformot és a könnyen meggyulladó, kellemetlen szagú étert modernebb, kevésbé veszélyes anyag váltsa fel. 1956-ig, a halotán bevezetéséig használták is a triklóretilént a gyógyászatban. Addigra azonban több problémára is fény derült vele kapcsolatban: néha szívritmuszavarokat okozott, a kloroformhoz hasonló májkárosító hatása is bebizonyosodott, illékonyága pedig nem volt elég nagy a gyors altatáshoz. Ezért az egészségügy ma már egyáltalán nem használja a TCE-t. Az iparban azonban, elsősorban fémalkatrészek zsírtmentesítéséhez, még mindig elég nagy mennyiségben alkalmazzák. Egy ideig a kevésbé mérgező 1,1,1-triklóretánt tartották jobbnak erre a célra, erről viszont bebizonyosodott, hogy jelentős mértékben hozzájárul az ózonréteg lebontásához, ezért az 1987-ben aláírt Montreáli Egyezmény megtiltotta a használatát. Emiatt az ipar visszatért a triklóretilénhez, amelynek néhány fizikai tulajdonságát a 2. táblázat foglalja össze. Ezen tulajdonságok közül az ipar számára a legfontosabb, hogy a TCE széles hőmérséklet-tartományban folyadék, kicsi a reakciókészsége, de sok szerves anyagnak igen jó oldószere.

Minden bizonnyal ezen jó tulajdonságok miatt használták a Woburn-i gyárak is ezt a vegyületet. Jan Schlichtmann-nak alaposan meg is gyűlik a baja a filmben a jogi procedúrákkal. A per egyre több ember közreműködését és növekvő anyagi áldozatokat követel, és persze egyre

2. táblázat. A triklóretilén néhány tulajdonsága

	
sűrűség	1,46 g/cm <sup>3</sup> (20 °C-on)
olvadáspont	-85 °C
forráspont	87 °C
vízoldhatóság	1,28 g/dm <sup>3</sup> (25 °C-on)

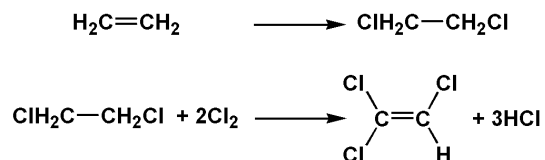
kritikus hőmérséklet	271 °C
kritikus nyomás	5,0 MPa

nagyobb jogi csapatot is igényel, ennek a csapatnak a tagja Kevin Conway (Tony Shalhoub) is. Az alperes sem engedheti meg magának a tétlenséget, a két cég jogászai közül Jerome Facher (Robert Duvall, ezért az alakításért Oscar-díjra is jelölték) a legaktívabb. Habár az alperes hajlandó lenne peren kívüli megállapodással jelentős kártérítést fizetni, Jan Schlichtmann ezt nem fogadja el, mert kevesli az ajánlatokat.

Az egyik legfontosabb kérdés persze az, hogy lehet-e bizonyítani a szennyezés és a leukémiás esetek közötti kapcsolatot. De miért is ennyire nehéz ezekre a kérdésekre válaszolni? Azt viszonylag jól ismert, hogy nagy mennyiségű triklóretilén hatására hogyan viselkedik az emberi szervezet, hiszen a TCE-t altatószerként használták. Az elsődleges hatása a központi idegrendszer gátlása. Még nagyobb mennyiségek esetén előbb részegségrzerű állapot, fejfájás, szédülés alakul ki, majd eszméletvesztés után a fellépő légzési és keringési rendellenességek akár halált is okozhatnak. Azonban ezek mind egyszeri alkalommal, nagy mennyiségben alkalmazott TCE-re vonatkoznak. A kis mennyiségekkel, de folyamatos és hosszan tartó érintkezés egészen más. Ennek a tudományos igényű tanulmányozása is sokkal nehezebb. Ez az oka például annak is, hogy soha nem lehet majd pontosan megmondani, hány halálesetet okozott a csernobili atomerőmű-baleset. Ugyanis a katasztrófa fő egészségügyi kockázata az volt, hogy sok radioaktív sugárzó anyag jutott a környezetbe, ezért – főleg Fehéroroszország területén – az emberek jelentős részét a természetesnél nagyobb mennyiségű sugárzás érte. A sugárzás dózisa még nem érte el azt az értéket, hogy közvetlen sugárbetegséget okozzon, de ez a kisebb mennyiségű sugárzás is megnöveli a daganatos betegségek kialakulásának valószínűségét. Rákos megbetegedések azonban sugárzásnak ki nem tett emberek között is előfordulnak, s a kialakulás egyértelmű oka legtöbbször nem állapítható meg. Így az áldozatok számának becslésére az egyetlen módszer a statisztikai kockázatelemzés. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség legfrissebb, ilyen módszerekkel készített becslései kb. 4000-re teszik a csernobili baleset áldozatainak számát, bár név szerint felsorolni őket elvileg sem lehet.

A statisztikai becslésekhez persze etikai okokból nem lehet embereken kísérleteket végezni. Így az adatok forrása csak az állatkísérletekből történő extrapoláció és az emberi egészségügyi adatok gondos elemzése lehet. A triklóretilén esetében például nyomon követték a

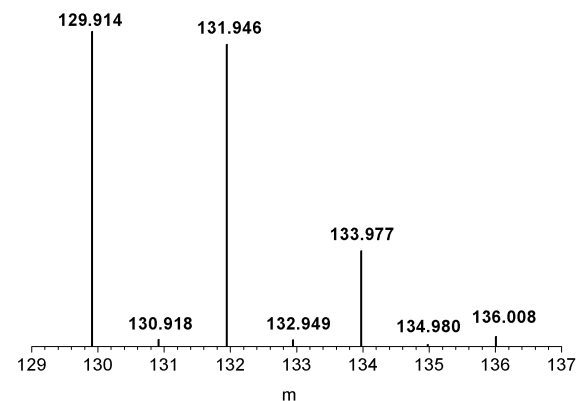
TCE-t előállító gyárakban dolgozó munkások egészségét. Az ilyen gyárakban az 1970-es évekig acetilénből indult ki a szokásos eljárás, a későbbiekben viszont inkább etilént használtak alapanyagnak. A reakciót két lépésben viszik végbe, az elsőben klórral telítik az etilén kettőskötését, majd a keletkező terméket további klórral 400 °C-ra melegítik:



Ez persze azonnal felveti a problémát, hogy a TCE-gyárakban dolgozó munkásokon a klór, az etilén és az 1,2-diklóretán esetleges hosszú távú hatásai is együtt jelentkeznek a TCE által okozott károsodásokkal. Gondos elemzéssel, különböző csoportok összehasonlításával a bizonytalanságok jelentősen csökkenthetők, de soha nem szüntethetők meg teljesen.

A TCE-vel kapcsolatos vizsgálatok egér- és patkánykísérletekben a veserák és a májrák kialakulási valószínűségének megnövekedését mutatták ki. Ez alapján persze még nem lehet azt állítani, hogy a triklóretilénnel szennyezett vizet fogyasztók biztosan megbetegednek, mert a patkányok és egerek szervezete nem ugyanúgy működik, mint az embereké, és az egyes emberek közötti különbségek is nagyon nagyok lehetnek. Még az sem ad egyértelmű okot az aggodalomra, ha valahol TCE jelenlétét mutatják ki. Egy anyagot ugyanis önmagában nem lehet mérgezőnek vagy károsnak nevezni, ehhez mindig meg kell adni a mennyiséget is (nagyon nagy mennyiségben fogyasztva például a konyhasó is káros az emberi szervezetre). A szennyezőanyagok kimutatásához használt módszerek általában nagyon érzékenyek, többnyire a károsnak gyanított mennyiség töredék részét is képesek érzékelni.

A triklóretilén esetében a tömegspektrometriás módszerek igen előnyösen használhatók kimutatásra. Ennek az az oka, hogy a TCE egy molekulájában három klóratom van. A klór kétféle izotóp, a  $^{35}\text{Cl}$  és a  $^{37}\text{Cl}$  nagyjából 3:1 arányú elegye, így a TCE-molekulában nagyon jellemző izotópmintázat jön létre (2. ábra), ezért jelenlétét könnyű felismerni. (A tömegspektrometria módszerének részletesebb ismertetése megtalálható Sztáray Judit írásában, amely a Középiskolai Kémiai Lapok 2006. évi 1. számában jelent meg az 1-12. oldalon.)



2. ábra A triklóretilén tömegspektruma

Sok-sok kísérlet és megfigyelés együttes elemzése sem bizonyította azt, hogy a triklóretilén-szennyezés és a leukémia kialakulása között egyértelmű kapcsolat lenne. Így a filmbeli per végén (a valós eseményeknek megfelelően) az ítélet az alpereseket felmenti, vagyis nem találják őket közvetlenül felelősnek a betegségekért. Ettől persze a szennyezés léte, valamint a gyáraknak a valós tények elkendőzésében mutatott igyekezete még vitathatatlan, így Jan Schlichtmann – jogi cége és saját anyagi jóléte feláldozásával – mégis szerez valamennyi kártérítést a beteg gyermekek családjainak.

A *Zavaros vizeken* a neves színészek, Robert Duvall Oscar-jelölése és a kedvező filmkritikák ellenére sem lett népszerű. Az amerikai mozikban mindössze 56 millió dollár bevételt hozott, ami a film előállítási költségeit (kb. 75 millió dollár) sem fedezte. Az igazságnak, úgy tűnik, tényleg ára van, de ezt ebben az esetben nem a mozilátogatók, hanem a filmkészítők fizették.

A cikk elkészültét a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség által kiírt Társadalmi Megújulás Operatív Program CHEMIKUT projektje (TÁMOP-4.2.2-08/1-2008-0012) és a TEVA Magyarország Zrt. támogatta.