بررسی پتانسیل خطر آلودگی آبهای زیر زمینی توسط شیرابه مراکز دفن زباله شهری

داود اویسی، کارشناس ارشد مهندسی عمران و محیط زیست، شرکت آب و فاضلاب استان قم

oveysi.eng@gmail.com

چکیده:

دلیل اصلی و بنیادی توجه مجامع علمی به موضوع آلودگی شیرابه و تصفیهٔ آن، خطر احتمالی آلوده شدن منابع آبی و خاک و تا حدودی هوا، توسط شیرابه و گازهای متصاعد شده از آن می باشد که تبعات خطرناک و مرگبار این آلودگی موضوعی بدیهی است، چرا که شیرابهٔ مراکز دفن زباله درحقیقت فاضلابی پیچیده با آلودگی بالا می‌باشد و منشاء این آلودگی، حاصل از فعالیت‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در زبالهٔ مراکز دفن و موازنهٔ آب در این مراکز می‌باشد.[۱]

بخش عمده ای از نیازهای آبهای آشامیدنی، کشاورزی و صنعتی جوامع از طریق منابع آبهای زیر زمینی تأمین می گردد. آب دومین نیاز انسان بعد از هوا است. با توجه به این موضوع و همچنین پیامدهای مصرف آب آشامیدنی غیر بهداشتی و ناسالم، ضرورت ایجاب می نماید مسئولین تهیه و تأمین آب شرب به عواملی که می تواند موجب تهدید منابع آب آشامیدنی گردند توجه کامل داشته باشند.

در این مقاله پتانسیل خطر شیرابه در آلوده نمودن منابع آب شرب بیان می گردد.

کلمات کلیدی: شیرابه، آلودگی، منابع آب آشامیدنی

مقدمه:

با آغاز زندگی اجتماعی، بشر همواره درگیر با مشکلات خاص این نوع زندگی بوده است. نیاز به وجود قوانین و مقررات اجتماعی و التزام به آن، تأمین نیازهای اولیه و ثانویه جوامع مانند آب، مسکن، غذا، کار، تفریحات از جمله این مشکلات است. به موازات آن معضلاتی نظیر تولید فاضلابها و پسماندها، ایجاد آلودگی هوا، خاک و ...، از جمله مواردی است که انسان همواره با آن مواجه بوده، گاه به حل آن همت گمارده و بیشتر با مسامحه این میراث را برای نسلهای بعد بجای گذاشته است.

سوابق تاریخی گویای این واقعیت است که در ۹۰۰۰-۸۰۰۰ سال پیش انسان، زباله های خود را جمع آوری و دور از محل مسکونی خویش دفع می کرده است. [۲] طبق شواهد موجود، علت اصلی توجه به این امر، اشاعه بیماری، هجوم حیوانات وحشی به اماکن مسکونی و تعفن حاصل از تلمبار شدن زباله در محیط زندگی بوده است. ترکیب بسیاری از مواد زائد شیمیایی و خطرناک که به شکل های گوناگون از صنایع و حتی منازل مسکونی دفع می گردد، با زباله های شهری، موجب گردیده که مشکلات جمع آوری و دفع زباله دو چندان شود. وجود بیش از ۴۸۰۰۰ نوع مواد زائد شیمیایی در زباله های

شهری و تأیید سرطانزایی حدود ۳۰۰ نوع از این مواد [۲]، بر این مدعا صحه می گذارد که تنوع مواد متشکله زباله، خود مشکلات زیست محیطی خاصی را در بر دارد.

یک مطالعه کلی توسط سازمان بهداشت جهانی موید این نکته است که، عدم توجه به جمع آوری و دفع اصولی مواد زائد جامد، حدود ۳۲ معضل زیست محیطی را بوجود می آورد که با گذشت زمان، مقابله با آن به سادگی امکان پذیر نیست [۲]. این موضوع حتی در کشورهای پیشرفته سبب تخریب محیط زیست و صرف هزینه های گزاف به منظور رفع آلودگی شده است. توده آلودگی در سفره آب زمینی ناشی از شیرابه محل دفن Borden در کانادا سبب آلودگی فضایی به طول ۷۰۰ متر و پهنای ۶۰۰ متر و عمق حدود ۲۰ متر شده بود. همچنین توده آلودگی ناشی از محل دفن Bavarian در آلمان که به شکل باریکه ای (طول حدود ۳۰۰۰ متر) سبب آلودگی خاک منطقه شده بود.

آلودگی محل دفن در دانمارک نیز منطقه هایی به طول ۴۰ متر و حداکثر عمق ۲۰ متر سفره آبهای زیرزمینی را آلوده کرده است که رفع آلودگی علاوه بر صرف هزینه های سرسام آور، چندین سال وقت لازم خواهد داشت[۱]. بروز چنین مشکلاتی سبب گردیده که موضوع تصفیه شیرابه دارای اهمیت باشد.

شیرابه مایعی است آلوده حاوی مواد محلول و معلق، که از حرکت و تراوش آب موجود در زباله‌های درون یک مرکز دفن زباله نتیجه می‌شود.

منابع تولید این مایع عبارتند از، آب ناشی از باران و برف، زهکشی آبهای سطحی، آبهای زیرزمینی، رطوبت، مایعات دیگری که در زباله‌های دفن شده وجود دارند و مایعات تولید شده ناشی از تجزیه بیولوژیکی زباله‌ها. مقدار زیادی از شیرابهٔ یک مرکز دفن جدیدالتاسیس تا زمان رسیدن به ظرفیت محوطه[1] توسط زباله‌ها نگهداری می‌شود. ظرفیت محوطه حداکثر مقدار آبی است که زباله می‌تواند در مقابل نیروی ثقل در خود نگه دارد و با تولید شیرابه، بیشتر از ظرفیت محوطه، شیرابه به سمت کف مرکز دفن جاری می شود و در آنجا جمع می گردد.

ترکیبات شیرابه

خصوصیات شیمیایی و بیولوژیکی شیرابه، به طور کلی به نوع زباله‌های دفن شده در مرکز دفن و میزان تجزیه پذیری زباله‌ها بستگی دارد. با اندازه گیریهایی که تا کنون از شیرابهٔ مراکز دفن مختلف انجام شده، مواد معدنی و آلی بسیاری شناسایی شده اند که آلودگی شیرابه را باعث می‌گردند. در زیر، این مواد به دو گروه معدنی و آلی طبقه بندی شده اند. اجزاء شیمیایی موجود در شیرابه بدون در نظر گرفتن درصد وزنی، در جدول (۱) آمده است.

خطر و تهدید اصلی شیرابه حاصل از مراکز دفن، نفوذ این مایع آلوده به آبهای زیرزمینی، خاک و چاهها ی اطراف می‌باشد. وجود موادی چون فلزات و مواد سمی دیگر و مواد ارگانیکی با غلظت‌های زیاد، از عوامل آلودگی شیرابه هستند.

[1]- Field Capacity

جدول (۱) اجزاء شیمیای موجود در شیرابهء مراکز دفن [Ehrig, 1989; Andreottola et al 1990] [۱]

	Parameter	Range
1	COD (mg/L)	150 - 100 000
2	BOD_5 (mg/L)	100 - 90 000
3	pH	5.3 – 8.5
4	Alkalinity CO_3 (mg Ca/L)	300 – 11 500
5	Hardness CO_3 (mg Ca/L)	500 – 8900
6	NH_4 (mg/L)	1 – 1500
7	N_{org} (mg/L)	1 – 2000
8	N_{tot} (mg/L)	50 – 5000
9	NO_3 (mg/L)	0.1 – 50
10	NO_2 (mg/L)	0 – 25
11	P_{tot} (mg/L)	0.1 – 30
12	PO_4 (mg/L)	0.3 – 25
13	Ca (mg/L)	10 – 2500
14	Mg (mg/L)	50 – 1150
15	Na (mg/L)	50 – 4000
16	K (mg/L)	10 – 2500
17	SO_4 (mg/L)	10 – 1200
18	Cl (mg/L)	30 – 4000
19	Fe (mg/L)	0.4 – 2200
20	Zn (mg/L)	0.05 – 170
21	Mn (mg/L)	0.4 – 50
22	Na (mg/L)	50 – 4000
23	CN (mg/L)	0.04 – 90
24	AOX[a](Cl/L) μg	320 – 3500
25	Phenol (mg/L)	0.04 – 44
26	As (μg /L)	5 – 1600
27	Cd (μg /L)	0.5 – 140
28	Co (μg /L)	4 – 950
29	Ni (μg /L)	20 – 2050
30	Pb (μg /L)	8 – 1020
31	Cr (μg /L)	30 – 1600
32	Cu (μg /L)	4 – 1400
33	Hg (μg /L)	0.2 – 50

a) Absorbable Organic halogen

اجزاء آلی و ارگانیکی شناخته شده در شیرابهٔ مراکز دفن نیز در جدول (۲) آمده است که بیشتر، ازگروه مواد سمی می باشند و مقادیر آنها نیز اغلب ناچیز است.

جدول (۲) ترکیبات آلی موجود در شیرابهء مراکزدفن [Shridharan & Didier 1988] **[۱]**

	Parameter	Range	Unit
1	Acenaphthene	13.9-21.3	(µg /L)
2	Benzen	1-1630	(mg/L)
3	Bis-2-ethylhexyl phthalate	91-7900	(µg /L)
4	Butyl benzyl phthalate	10-64.1	(µg /L)
5	Carbon tetrachloride	3-995	(µg /L)
6	Chlorobenzen	3-188	(µg /L)
7	Chloroethane	2-730	(µg /L)
8	Chloroform	4.4-16	(µg /L)
9	Di-N-butyl phthalene	13-540	(µg /L)
10	Di-N-octyl phthalene	16.1-542	(µg /L)
11	Dibromochloromethane	22-160	(µg /L)
12	Dichlorodifluoromethane	100-242.1	(µg /L)
13	Dichloromethane	27.6-58200	(µg /L)
14	Diethyl phthalate	12-230	(µg /L)
15	Ethylbenzene	1-1680	(µg /L)
16	Fluoranthene	9.56-723	(µg /L)
17	Fluorene	21-32.6	(µg /L)
18	Fluorotrichloromethane	1-183	(µg /L)
19	Formaldehyde	1-1.4	(mg/L)
20	Halogen,totel organic	0.0039-33400	(µg /L)
21	Isophorone	3.18-520	(µg /L)
22	Methyl ethyl ketone	2100-37000	(µg /L)
23	Naphthalene	4.6-186	(µg /L)
24	p-dichlorobenzene	2-250	(µg /L)
25	Phenanthrene	8.1-1220	(µg /L)
26	Phenol	1.1-2170	(µg /L)
27	Phenolics,total	0.052-19000	(µg /L)
28	Tannin and lignin,combined	0.2-264	(mg/L)
29	Tetrachloroethylene	1-232	(µg /L)
30	Tetrahydrofuran	410-1400	(µg /L)
31	Toluene	1-11800	(µg /L)
32	Trichloroethylene	1-372.2	(µg /L)
33	Vinyl chloride	10-3000	(µg /L)
34	Xylene	9.4-240	(µg /L)

سمیت شیرابه مراکز دفن زباله شهری

همانطور که در جداول بالا مشاهده می گردد بسیاری از ترکیبات آلی و غیر آلی در شیرابه وجود دارد که برخی از این مواد دارای سمیت بالقوه می باشند. فقدان عمومی کنترل های مهندسی در اکثر مراکز دفن زباله موجود و این واقعیت که بسیاری از مراکز دفن زباله در کشور از گذشته به صورت غیر مهندسی راهبری شده و هنوز هم مواد زاید خطرناک و صنعتی نیز در آنها دفن می گردد، پتانسیل انتشار مواد سمی را افزایش می دهد. این انتشار از سه طریق رخ می دهد:

۱- حرکت شیرابه به سمت آبهای زیر زمینی
۲- نفوذ شیرابه به رواناب و آبهای سطحی
۳- انتشار گازهای فرار به اتمسفر

در نتیجه غلظت های بالای بسیاری از ترکیبات سمی مراکز دفن، بواسطه پتانسیل آنها در آلوده نمودن آب می تواند تهدیدی برای سلامتی انسان باشد.

Brown در سال ۱۹۹۱ سمیت حاد و ژنتیکی شیرابه مراکز دفن زباله شهری را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه مراکز دفن زباله شهری ای که شامل بسیاری از ترکیبات شبه خطرناک بود مورد تحقیق قرار گرفت. این انتخاب به دلیل مطرح شدن اینکه تعداد زیادی از مراکز دفن زباله شهری یک سری تهدیدات زیست محیطی را برای آبهای زیر زمینی ایجاد کرده اند، صورت گرفت. چهار نمونه از شیرابه و یک نمونه از آب زیرزمینی بالا دست از مراکز دفن منتخب که دارای سن ها و نوع زباله متفاوت بودند، جمع آوری شد. هر نمونه از طریق سه آزمایش سمیت ژنتیکی در تاثیر هریک در رشد ارگانیسم ها (آزمایش دیپلوئید قارچ Aspergillus و آزمایش Salmonella/microsome)مورد بررسی قرار گرفت. علاوه بر این سه آزمایش، سمیت ژنتیکی هر نمونه در آزمایش Microtox برای اندازه گیری سمیت حاد مورد آزمایش قرار گرفت. سه آزمایش رشد ارگانیسم، توانایی هر نمونه در تحریک جهش ژنتیکی در باکتریها، محصور کردن DNA میکروبی، یا آسیب کروموزومی در دیپلوئید قارچ را مورد اندازه گیری قرار می داد. به طور ژنتیکی مواد شیمیایی سمی ممکن است باعث ایجاد سرطان، بیماریهای ژنتیکی، عقیم شدن، سقط جنین، بیماریهای قلبی یا انواعی از اثرات مزمن دیگر گردند. این اثرات مزمن می توانند پنهان باشند و دهها سال پس از عارضه قابل تشخیص نباشند.**[۳]**

نتایج آزمایشات سمیت حاد و ژنتیکی در رشد ارگانیسم ها همراه با آنالیز های شیمیایی و ارزیابی خطر سرطان به طور واضح نشان داد که شیرابه مراکز دفن زباله شهری عیناً از نظر سمیت به مانند شیرابه حاصل از مراکز دفنی که مواد زاید شهری و خطرناک را با هم دفع کرده اند، می باشد.**[۳]**

مهمترین مواردی که در خصوص اثر یک ماده شیمیایی بر انسان اهمیت دارد، میزان ورود آن به بدن و چگونگی در معرض قرار گرفتن آن با ماده شیمیایی است. مواد شیمیایی می توانند از طرق مختلف از جمله تنفسی (ورود از راه دستگاه تنفسی)، گوارشی (ورود از راه دستگاه گوارش) و تماس پوستی وارد بدن انسان شوند. بجز مواد خورنده (اسیدها و بازها)، اغلب مواد سمی اثر مضری در قسمت ورودی شان ایجاد نمی نمایند، در عوض می توانند در فرآیندهای فیزیولوژیکی بدن انسان که شامل جذب، توزیع و نگهداری، انتقال و حذف یک ماده می باشند شرکت نمایند. برای ایجاد سمیت، ضروری است که ماده

شیمیایی و یا محصولات ناشی از نقل و انتقالات بیولوژیکی آن، در غلظت و زمان مشخصی به نقاط بحرانی بدن (عضوهای خاصی در بدن)، برسند.**[۴]**

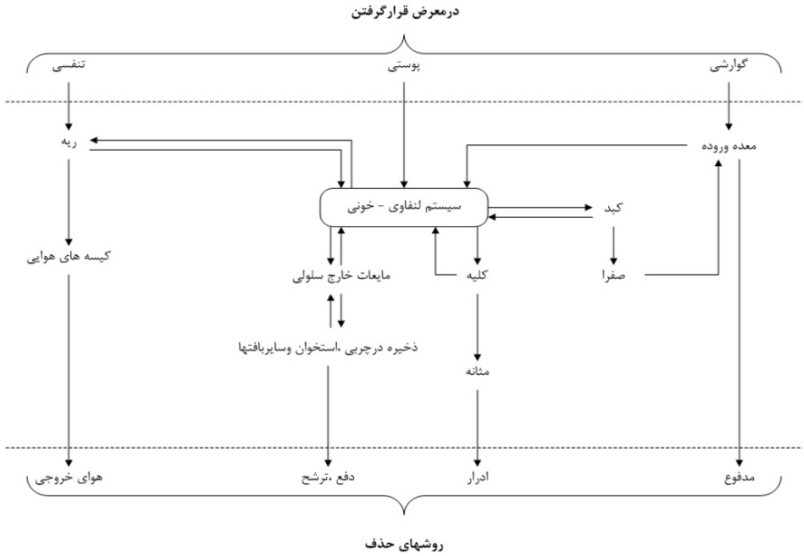
درفرآیندجذب، ماده شیمیایی می بایست ازطریق غشاءهای موجود درسلولهای مختلف (ریه، پوست و...) عبور نماید تا به سیستم گردش خون برسد. میزان جذب هر ماده به پارامترهای مختلفی بستگی دارد که می توان به خواص ماده شیمیایی، روش در معرض قرارگیری با ماده سمی (پوستی، تنفسی، گوارشی) و وضعیت فیزیولوژیکی افراد اشاره نمود.**[۴]**

پس از اینکه ماده سمی وارد جریان خون شد، می تواند به قسمتهای مختلف بدن راه پیدا نماید که اصطلاحاً به آن فرآیند توزیع و نگهداری گفته می شود. عوامل مهمی در توزیع ماده سمی در بدن موثر می باشند که می توان به میزان جذب، جاری شدن، مسیر در معرض قرارگیری و تمایل بافتها اشاره نمود. مقدار جریان خون در یک بافت اهمیت زیادی در این خصوص دارد. به عنوان نمونه کبد عضوی است که مقدار جریان خون در آن بالا بوده و لذا توانایی جذب بالایی از مواد شیمیایی را دارا می باشد.

به دلیل تمایل بافتهای مختلف، بسیاری از مواد ممکن است در محل های مشخصی از بدن تجمع یابند. به عنوان نمونه ارگانوکلریدها مثل PCB در چربی ها تجمع می کنند بدون اینکه بر روی خود سلولهای چربی اثر منفی داشته باشند

مثالهای زیر محل های مهم نگهداری مواد شیمیایی مختلف را نشان می دهد**[۴] [۵]** :

- چربی برای مواد غیر قطبی یا لیپوفیلیک (مثل آفت کش های کلره آلی، PCBs)؛
- پلاسمای خون برای ترکیباتی که با پروتئین خون ترکیب می شوند (مانند یونهای جیوه)؛
- استخوان برای سرب، رادیوم و فلورید؛
- کلیه برای کادمیوم؛
- غده تیروئید برای ید.



شکل ۱- نحوه ورود مواد سمی به بدن انسان[۴]

با توجه به اثرات انواع مواد زائد خطرناک براساس اطلاعات سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، درجدول ۱ خلاصه ای از این اثرات ارائه شده است.

جدول۲ـ۳- خلاصه ای از لیست مواد زائد خطرناک اولویت دار براساس سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا[۴] [۶]

ردیف	نام ماده	موارد مصرف	وضعیت فیزیکی	روشهای سرایت به انسان	توضیحات
۱	۴و۲و۱ تری کلرو بنزن	تولیدعلف کش ها و چربی گیر	مایع	تنفس هوای آلوده، جذب از طریق پوست و آبهای آشامیدنی	باعث ایجاد تومور می گردد
۲	۲و۴و۵ تری کلرو فنل	تولید آفت کشها و قارچ کشها	جامد	تنفس هوای آلوده، آشامیدن آب آلوده، جذب از طریق پوست	باعث تحریک چشم و بینی، حلق و ریه ها می شود
۳	آسنافتن	ساخت رنگها، پلاستیکها، آفت کشها	جامد	تنفس هوای آلوده،خوردن مواد غذایی و یا آشامیدن آبهای آلوده، تماس با خاکهای آلوده ویا محصولاتی مانندروغنهای سنگین، قطران، زغال سنگ، قیر	باعث ایجاد مشکلاتی در پوست و غشاهای مخاطی می نماید
۴	کادمیوم	فرآیندهای آبکاری فلزات ساخت رنگها، باتری ها و پلاستیکها	جامد	خوردن مواد غذایی نظیر حلزون، صدف، جگر، قلوه، آب آلوده، تنفس هوای آلوده	باعث نرمی استخوان و دردهای عضلانی شدیدید می شود
۵	اندوسولفان	تولید حشره کش ها و ماده محافظ چوب	جامد ـ کریستالی	جذب پوست، تنفس هوای آلوده، خوردن، آشامیدن	باعث آسیب اعصاب مرکزی وتشنج شدید و مشکلات کبدی و کلیوی می شود.
۶	هپتاکلر و هپتا کلرو اپوکسی	درگذشته بعنوان آفت کش استفاده می شد	جامد	آشامیدن آبهای آلوده، مواد غذایی، شیر آلوده	جزء مواد احتمالاً سرطان زا است
۷	هگزاکلرو بوتادی ان	ساخت لاستیک و روانسازها	مایع	غذای آلوده (ماهی)، آشامیدن آب آلوده	باعث ایجاد سرطان می شود
۸	سرب	صنایع نظامی و لوله سازی	جامد	تنفس هوای آلوده، غذای آلوده	ایجاد کم هوشی، رشد کم، مشکلات مغزی و کلیوی می نماید
۹	جیوه	باطری ها و لامپها، دماسنجها	مایع	تنفس هوای آلوده، غذای آلوده (ماهی، صدف)، آشامیدن آب، جذب پوست	باعث آسیب اعصاب مرکزی، کاهش حافظه، مشکلات تنفسی و کلیه هامی شود

نتایج

با در نظر گرفتن مطالب ذکر شده و توجه به این نکته که تاکنون در زمینه مدیریت زیست محیطی محلهای دفن زباله در ایران اقدامات ناچیزی صورت پذیرفته، با تأکید بر یکی از مهمترین وجوه ایجاد نگرانی در محلهای دفن،که آلودگی آبهای زیر زمینی است بایستی در خصوص طراحی مهندسی مراکز دفن زباله شهری اقدامات عاجلی صورت پذیرد. دراین میان،گذشته از ضوابط و معیارهای مربوط به طراحی اصولی محل های دفن مواد زائد،مسئله جمع آوری و دفع بهداشتی شیرابه در این محلها،همواره از جمله مهمترین مسائلی بوده که علیرغم اهمیت زیاد آن (به دلیل خصوصیات ویژه،از جمله بالا بودن مواد آلی،وجود ترکیبات شیمیایی مختلف،فلزات سنگین،انواع مواد سمی و سخت تجزیه پذیر) کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

از جمله مهمترین تفاوتها در ماهیت زباله در ایران در مقایسه با سایر کشورها وجود درصد بالایی از رطوبت (بیش از ۶۰ درصد) در زباله های ایران در مقابل در حدود ۲۰ درصد رطوبت زباله در بسیاری از کشورهای دیگر می باشد.این امر در تفاوت مهم دیگری مستتر است و آن میزان بالای مواد فسادپذیری زیستی (پسماندهای غذایی و نظایر آن) می باشد که سایر کشورها فاقد چنین درصد بالایی از اینگونه زائدات می باشند.

روش دفن مهندسی که عملا" در ایران هنوز کاربرد نیافته است از دیگر پارامترهای موثر در محاسبه کمیت شیرابه می باشد، به این ترتیب که وجود یا فقدان خاک پوششی روزانه مناسب و همچنین پوشش نهایی غیر قابل نفوذ به همراه زهکش های آب سطحی و در مواردی پوشش گیاهی، در روند نفوذ رواناب حاصل از بارندگی و همچنین میزان تبخیر از سطح محل دفن و متعاقبا" بر میزان شیرابه تولیدی تاثیر گذار خواهد بود. کلیه عوامل موثر بر کمیت شیرابه در واقع به طور غیر مستقیم بر کیفیت شیرابه نیز تاثیر گذار خواهند بود. بروز چنین مشکلاتی سبب می گردد به لحاظ پتانسیل خطر آلودگی آبهای زیر زمینی توسط شیرابه مراکز دفن زباله که رابطه مستقیم با سلامتی انسان دارد، نسبت به مدیریت مواد زاید جامد شهری در شهرها توجه بیشتری گردد.

مراجع

[1]- T.H.Christensen, R. Cossu (1992), Landfilling of waste: Leachate, , ELSEVIER SCIENCE Publishers,UK

[۲] – عبدلی .م.ن ، (۱۳۷۲) ، مدیریت مواد زاید جامد ، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی, ایران

[3]-Brown, K.W.,G.E. Schrab and K.C. Donnelly(1991), "Acute and Genetic Toxicity of Municipal Landfill Leachate, TR-153, Texas Water Resource Institute, Texas A & M University.

[۴] – مختارانی.ن ، علوی مقدم.س، مختارانی.ب، (۱۳۸۶) ، مدیریت مواد زاید خطرناک ، انتشارات جهاد دانشگاهی شریف, ایران

[5]-LaGrega M.D., P.L. Buckingham, J.C. Evans, Hazardous Waste Management, 2nd Edition, McGraw-Hill, New York, 2001.

[6]- US Environmental Protection Agency, Health Information on Waste Minimization Priority Chemicals, adopted from www.epa.gov