

## A Study on the leachate treatment by using electrochemical process

### Elahe Rezaie

MSc Student of Environmental Engineering, Environmental Health Research Center, School of Health, Lorstan University of Medical Sciences, Khoramabad, Iran.

### Mahdi Sadeghi

\* Assistant professor of Environmental Health Engineering, Cereal Research Center, School of Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran. (Corresponding Author) mahdikargar1@gmail.com

### Ghodratollah Shams Khoramabadi

Associated professor of Environmental Health Engineering, School of Health, Lorstan University of Medical Sciences, Khoramabad, Iran

Received: 8 November 2015

Accepted: 30 December 2015

### ABSTRACT

**Background & objective:** One of the major environmental problems of municipal landfill is leachate. Electrochemical methods are considered for the treatment of leachate. This study aimed at the treatment of landfill leachate electrochemical method using a platinum electrode and graphite based on a laboratory scale.

**Materials & Methods:** In this study, the equipment for electrochemical reactor included an anode electrode made of platinum and a cathode electrode made of graphite. Chromium and organic matter removal percentage in the electric current density range of 1, 2, 3, 4 A and reaction time of 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, and 8 hours were surveyed.

**Results:** The results showed that electrical coagulation process can increase removal of organic matter and heavy metals and by increasing the time the removal of COD and BOD and chromium will increase. Meanwhile, the rate of degradation wills elevates. By increasing the intensity of electric current, the time required to achieve the same removal efficiency is reduced and by reducing the amount of electrical current, the required time increases.

**Conclusion:** The results indicated that electrochemical process, by using a platinum electrode and graphite is a method for treating wastewater containing heavy metals, BOD and COD. Electrochemical process as a pre-treatment process can remove organic matters, heavy metals. It also reduces the organic load and increases the degradation of sewage. The method can be used as an effective option for the treatment of sewage, prevention of environmental pollution, and protection of water supplies.

**Keywords:** Solid waste, Leachate, Electrochemical process, Chromium, Organic

► **Citation:** Rezaie E, Sadeghi M, Shams Khoramabadi Gh. A Study on the leachate treatment by using electrochemical process. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Winter 2015;1 (4) : 297-305.

## بررسی تصفیه شیرابه پسماندهای شهری به وسیله فرایند الکتروشیمیایی

### چکیده

**زمینه و هدف:** شیرابه زمین‌های دفن پسماند شهری، یکی از مشکلات مهم محیط‌زیستی است. انعقاد الکتریکی از جمله روش‌هایی است که برای تصفیه شیرابه به آن توجه می‌شود. هدف از این مطالعه، تصفیه پذیری شیرابه محل دفن پسماند به روش الکتروشیمیایی با استفاده از الکترودهای پلاتین و گرافیت در مقیاس آزمایشگاهی بوده است

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه، تجهیزات مربوط به راکتور الکتروشیمیایی شامل الکتروود آند صفحه‌ای از جنس پلاتین تجاری و کاتد از جنس گرافیت به کار رفته است. درصد حذف کروم و مواد آلی در گستره شدت جریان الکتریکی، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ ساعت تعیین مقدار شد. **یافته‌ها:** نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش زمان سبب افزایش حذف COD و BOD و کروم می‌شود؛ همچنین، میزان تجزیه‌پذیری نیز افزایش می‌یابد. با افزایش میزان شدت جریان الکتریکی، زمان مورد نیاز برای رسیدن به راندمان‌های حذف مشابه کاهش می‌یابد و با کم شدن میزان شدت جریان الکتریکی، زمان مورد نیاز افزایش می‌یابد.

**نتیجه‌گیری:** فرایند الکتروشیمیایی به‌عنوان فرایند پیش‌تصفیه می‌تواند سبب حذف مواد آلی، فلزات سنگین، کاهش بار آلی و افزایش تجزیه‌پذیری فاضلاب شود. همچنین، می‌تواند به‌عنوان گزینه‌ای مؤثر برای تصفیه مؤثر فاضلاب‌ها، جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست، منابع آب و حفاظت از آنها مدنظر قرار گیرد.

**کلیدواژه‌ها:** پسماند، شیرابه، فرایند الکتروشیمیایی، کروم، مواد آلی.

### اله رضایی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم‌آباد، ایران.

### مهدی صادقی

\* دکترای مهندسی بهداشت محیط، استادیار دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات غلات، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران. (نویسنده مسئول)

mahdikargar1@gmail.com,

### قدرت‌الله شمس خرم‌آبادی

دکترای مهندسی بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم‌آباد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۰۹

◀ **استناد:** رضایی، ا. صادقی، م. شمس خرم‌آبادی، ق. بررسی تصفیه شیرابه پسماندهای شهری به‌وسیله فرایند الکتروشیمیایی. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. زمستان ۱۳۹۴؛ ۱(۴): ۲۹۷-۳۰۵.

تولید شیرابه، یکی از مشکلات عمده دفن زائدات شهری در زمین است (۱). شیرابه مایعی بدبو به رنگ قهوه‌ای تیره است که از داخل مواد زائد به خارج تراوش می‌کند و حاوی مواد محلول و معلق است (۲). ترکیب شیرابه محل دفن از محلی به محل دیگر با توجه به ترکیب مواد زائد، ساختار و هیدرولوژی محل دفن آب‌وهوا و سن محل دفن، متغیر است (۳،۴). طبق تخمین‌های انجام‌شده به ازای هر تن پسماند، بین ۷۰ تا ۱۰۰ لیتر شیرابه تولید می‌شود که منابع تولید این مایع شامل آب ناشی از باران و برف، زهکشی آب‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، رطوبت، مایعات دیگری که در پسماندهای دفن شده وجود دارند و مایعات تولیدشده ناشی از تجزیه بیولوژیکی پسماندهاست (۵). شیرابه محل دفن بسیار آلوده است و می‌تواند افزون بر آلودگی آب‌های زیرزمینی، تبعات زیست‌محیطی دیگری از جمله آلودگی آب‌های سطحی، تغییر هدایت هیدرولیکی آبخوان و آلودگی منابع معدنی را نیز در پی داشته باشد (۶-۳). بنابراین، شیرابه پیش از دفع یا استفاده باید به طریق مناسب تصفیه شود تا شدت آلودگی آن کاهش یابد. یکی از پارامترهایی که باید پیش از دفع به آن توجه کرد، غلظت فلزات سنگین و مواد آلی است (۷).

پارامتر اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD) در واقع میزان اکسیژن مصرفی به وسیله میکروارگانیسم‌ها به منظور تجزیه ترکیبات آلی است که هر چه میزان اکسیژن مورد استفاده بیشتر باشد، نشانه بالا بودن ترکیبات آلی خواهد بود.

اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) میزان اکسیژن مورد استفاده برای تجزیه و اکسیداسیون مواد آلی است که به وسیله ترکیبات اکسیدکننده قوی نظیر دی‌کرومات و پرمنگنات پتاسیم انجام می‌شود. مواد آلی که با عنوان BOD، COD اندازه‌گیری می‌شوند، می‌توانند سبب ایجاد مشکلات بو یا مزه و تقلیل اکسیژن در آب‌های زیرزمینی شوند (۸). فلزات سنگین آلاینده‌های ناخواسته‌ای هستند که از طریق تخلیه پساب‌های صنعتی، به طور مستقیم و غیرمستقیم وارد محیط‌های زیستی و

جریان‌ات اکولوژیکی می‌شوند. فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری هستند که برخلاف ترکیبات آلی، از طریق فرایندهای شیمیایی یا زیستی در طبیعت تجزیه نمی‌شوند و تأثیرات زیان‌بار فراوانی بر محیط‌زیست گیاهی و جانوری می‌گذارند. از نتایج مهم پایداری فلزات سنگین، وسعت زیستی زیاد در زنجیره غذایی است؛ به طوری که در نتیجه این فرایند، مقدار آنها در زنجیره غذایی می‌تواند تا چندین برابر مقدار آنها که در آب یا هوا پیدا می‌شوند، افزایش یابد. کروم یکی از فلزات پرکاربرد در دنیای امروزی و فرایندهای صنعتی است که می‌تواند در پسماندها دفع شود و در محیط‌زیست تجمع پیدا کند. (۹، ۱۰)

امروزه فرآیندهای گوناگون بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی برای تصفیه شیرابه زمین دفن‌ها به کار گرفته شده‌اند. روش انعقاد الکتریکی یکی از روش‌هایی است که امروزه برای تصفیه آب و پساب به آن توجه می‌شود. الکتروکواگولاسیون یا انعقاد الکتریکی، فرایند تولید مواد منعقد کننده در محل با استفاده از تجزیه الکتریکی الکترودهای آلومینیوم یا آهن و تولید یون‌های فلزی در آند و گاز هیدروژن در کاتد است. در این روش، با استفاده از جریان الکتریکی و نصب الکترودهای شیمیایی از جنس آلومینیوم، آهن و ... که به صورت آند و کاتد عمل می‌کنند، ذرات کلوئیدی موجود در محیط آب یا فاضلاب از طریق تولید بارهای مثبت الکتریکی، از لحاظ الکتریکی خنثی می‌شوند. در نتیجه تولید  $Al^{3+}$  و  $Fe^{3+}$  و ... فرآیند لخته سازی فراهم می‌شود و از لحاظ راندمان تصفیه و حذف انواع آلاینده‌های محیط زیستی، از بازده بسیار مطلوبی برخوردار است (۱۱). مطالعات متعددی در زمینه کاربرد الکتروکواگولاسیون در حذف آلاینده‌های گوناگون انجام شده است. از جمله، «رحمانی» و همکاران کاربرد روش الکتروشیمیایی در حذف COD از پساب را بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد که در ولتاژ ۳۰ ولت و زمان ۶۰ دقیقه، درصد حذف COD برابر ۷۴ درصد است (۱۲). کاربرد فرایند الکتروکواگولاسیون در حذف فلزات سنگین نیز کاربرد دارد که در این زمینه، می‌توان به مطالعه «آخوندی» با عنوان

کارایی روش الکتروکواگولاسیون در حذف فلز سنگین کادمیوم موجود در محیط‌های آبی اشاره کرد. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین راندمان حذف کادمیم هنگامی صورت می‌گیرد که مساحت الکتروود ۴۲۰۰ سانتی‌متر مربع و فاصله آنها از یکدیگر ۱ سانتی‌متر، توان الکتریکی ورودی ۱۸۵ وات و زمان ماند محلول ۴۰ دقیقه باشد (۱۳).

در مطالعات انجام شده، مزایای متعددی برای الکتروکواگولاسیون گزارش شده است. مهم‌ترین این مزایا، راهبری و نگهداری آسان، بهره‌برداری کاملاً خودکار و پیوسته، هزینه پایین بهره‌برداری، بازیافت و استفاده دوباره فاضلاب، حجم کم لجن (مگر برای مقادیر اضافی)، نبود نیاز pH تولیدی، عدم نیاز به کنترل در افزودن مواد شیمیایی، مؤثر و سریع بودن در تجزیه مواد آلی با راندمان رایج (نزدیک ۹۰ درصد)، کاهش تعداد واحدهای فرایندی تصفیه‌خانه و در نتیجه کاهش شدید سطح زمین مورد نیاز تصفیه‌خانه می‌باشد. فاضلاب تصفیه شده با این روش، بی‌رنگ، شفاف و بی‌بو (۱۲-۱۴) است. معایب بیان شده برای این فرایند نیز شامل تولید گاز هیدروژن (ممکن است از لحاظ ایمنی خطرناک باشد)، خوردگی آند و رسوب لجن روی الکتروودها (که می‌تواند فرایند را محدود کند)، افزایش غلظت یون‌های آهن و آلومینیوم در خروجی، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه نسبتاً بالا و گرانی استفاده از برق در برخی مناطق می‌باشد (۱۵ و ۱۶).

با توجه به میزان آلودگی بالای شیرابه ناشی از پسماندهای شهری، تصفیه متداول کارایی مناسبی ندارد؛ بنابراین، برای تصفیه آن باید از روش‌های نوین استفاده کرد. از این رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی حذف مواد آلی و کروم شش ظرفیتی از شیرابه پسماندهای شهری، با استفاده از فرآیند الکتروکواگولاسیون طراحی و اجرا شد.

## روش کار

این مطالعه، مطالعه‌ای آزمایشگاهی بوده و در محل آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی

لرستان انجام شده است. نمونه شیرابه آزمایش شده، از مرکز دفن کهریزک در تهران تهیه گردیده است. در شهر تهران، روزانه بالغ بر ۶۴۰۰ تن پسماند تولید می‌شود که به محل دفن کهریزک منتقل می‌گردد. طبق تخمین‌های انجام شده، به ازای هر تن پسماند ۷۰ تا ۱۰۰ لیتر شیرابه به وجود می‌آید که به با توجه به میزان پسماند، حدوداً ۵۰۰ متر مکعب شیرابه در روز تولید می‌شود (۵). برای کمتر کردن احتمال تغییر در نمونه‌ها، از اسید نیتریک غلیظ استفاده شد. با افزودن ۱/۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک به ازای هر لیتر نمونه، نمونه را می‌توان حداکثر به مدت شش ماه نگهداری کرد. این روش برای اندازه‌گیری فلزات سنگین به کار می‌رود (۱۷). از آنجاکه در ترکیب شیمیایی نمونه‌ها نباید تغییری صورت گیرد، نمونه‌ها به سرعت آزمایش شدند. مشخصات نمونه شیرابه خام استفاده شده، در جدول ۱ ارائه گردیده است. متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق شامل تأثیر جریان الکتریکی، زمان ماند، کروم و میزان مواد آلی بوده‌اند.

در این مطالعه از الکتروودهای گرافیت و پلاتین استفاده شد که این نوع الکتروود، پیش‌تر برای تصفیه فاضلاب نساجی استفاده شده بود. یکی از مشکلات اساسی فرآیند الکتروشیمیایی، مصرف آند است و نیاز به تعویض آن و تشکیل یک لایه ممانعت‌کننده بر سطح الکتروود که از انحلال فلز و انتقال الکترون جلوگیری می‌کند و با گذشت زمان، موجب کاهش بازده فرآیند می‌شود. مزیت استفاده از این نوع الکتروود، نبود خوردگی به وسیله سیستم و کارایی در pHهای گوناگون است. تجهیزات مربوط به راکتور الکتروشیمیایی استفاده شده، الکتروود آند صفحه‌ای از جنس پلاتین تجاری در ابعاد ۳×۲ cm و الکتروود کاتد از جنس گرافیت در ابعاد ۳×۶×۸ cm را شامل می‌شد. برای تأمین جریان الکتریکی مستقیم، از منبع تغذیه دیجیتال مدل Central StoresPS-305D استفاده شد (۲۰-۱۸).

شکل ۱ شماتیک راکتور استفاده شده را نشان می‌دهد. در شکل ۱ شماره‌های ۱ تا ۶ به ترتیب منبع تولید انرژی الکتریکی، الکتروود کاتد (گرافیت)، الکتروود آند (پلاتین)، آهن‌ربای

واکنش گوناگون، کارایی فرایند انعقاد شیمیایی مطالعه شد (شکل ۱). pH نمونه شیرابه در همه آزمایش‌ها تعدیل و در محدوده خنثی تنظیم شد. جدول ۲ مقدار و میزان حذف مواد آلی و کروم از شیرابه، در شدت جریان و زمان‌ماندهای گوناگون را نشان می‌دهد. جدول ۳ مقدار و میزان حذف مواد آلی و کروم از شیرابه، در زمان بهینه و شدت جریان‌های گوناگون را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده، بالاترین راندمان حذف در زمان واکنش ۸ ساعت برای کروم، BOD و COD به دست آمده است که این میزان غلظت باقیمانده پس‌ازاین مدت‌زمان، برای کروم، BOD و COD به ترتیب برابر با ۰/۰۱، ۵۰۰۰ و ۲۱۷۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است. کمترین نسبت BOD/COD برابر ۰/۱۵ در زمان‌ماند ۱ ساعت و بیشترین نسبت در زمان‌ماند ۶ ساعت برابر ۰/۲۹ (مشاهده و ثبت گردید) شکل‌های ۱ تا ۴). در شدت جریان ۴ آمپر، میزان غلظت باقیمانده کروم، BOD و COD به ترتیب برابر ۰/۰۰۹، ۵۹۰۰ و ۱۷۷۰۰ میلی‌گرم بر لیتر ثبت گردید. کمترین و بیشترین میزان نسبت BOD/COD به ترتیب در شدت جریان یک آمپر (نسبت ۰/۲۵) و ۴ آمپر (نسبت ۰/۳۳) به دست آمد. (شکل‌های ۵ تا ۷)

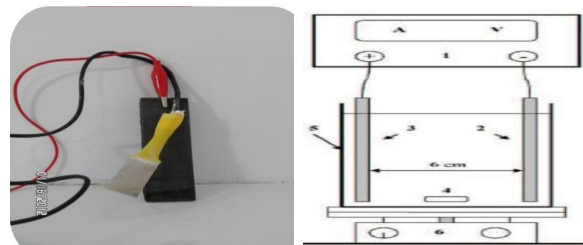
جدول ۲: نتایج به دست آمده از ارزیابی پارامترهای مورد مطالعه در زمان‌ماندهای گوناگون

زمان(ساعت)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
BOD(mg/L)	۶۱۰۰	۶۵۰۰	۶۳۰۰	۷۲۰۰	۷۰۰۰	۷۸۰۰	۶۵۰۰	۵۰۰۰
COD(mg/L)	۴۲۰۰۰	۳۶۹۰۰	۳۲۴۵۰	۲۸۴۰۰	۲۶۹۰۰	۲۶۵۰۰	۲۵۵۰۰	۲۱۷۰۰
BOD/COD	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۳
COD%	۱۵/۳	۲۵/۶	۳۴/۵	۴۲/۷	۴۵/۷	۴۶/۵	۴۸/۵	۵۶/۲
کروم(mg/L)	۰/۰۲۱	۰/۰۲۰	۰/۰۲۵	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۲۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱۰
%کروم	۵۸	۶۰	۵۰	۵۸	۵۴	۶۰	۷۲	۸۰

مغناطیسی، سلول الکتروشیمیایی و همزن مغناطیسی را نشان می‌دهند. حجم نمونه شیرابه برداشته شده ۱۰۰۰ سی‌سی بود. نمونه‌ها به داخل راکتور تزریق شدند. سپس در شرایط گوناگون عملکردی زمان‌ماند (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ ساعت) و شدت جریان الکتریکی (۱، ۲، ۳، ۴ و ۴ آمپر)، از شیرابه داخل راکتور نمونه‌گیری شد (۲۱، ۲۲). نمونه‌ها با اسید نیتریک غلیظ هضم شدند و مقدار کروم در نمونه‌های یادشده، با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۱۹-۱۷). میزان کروم و مواد آلی (BOD، COD) مطابق با کتاب روش‌های استاندارد برای آزمایش آب و فاضلاب انجام شد (۱۷). نتایج با استفاده از Excel و SPSS تجزیه و تحلیل شدند.

جدول ۱: ویژگی‌های کلی شیرابه خام مورد مطالعه

آلاینده	واحد	مقدار
COD	mg/L	۴۹۶۱۰
BOD	mg/L	۵۵۰۰
TSS	mg/L	۳۰۲۴۹
pH	-	۷/۸
BOD/COD	-	۰/۱۱
دما	درجه سانتی‌گراد	۲۲/۴
کروم	mg/L	۰/۰۵
TSS	mg/L	۳۸۵۰
EC	μs/cm	۳۶۴۰۰



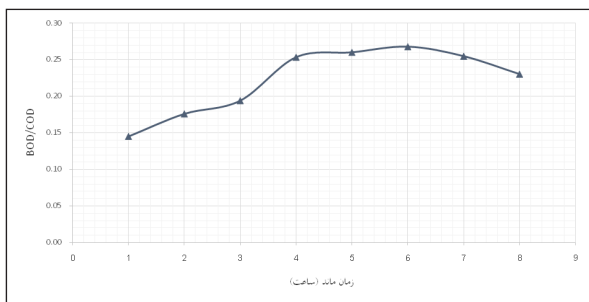
شکل ۱: راکتور الکتروشیمیایی و الکترودهای مورد استفاده

### یافته‌ها

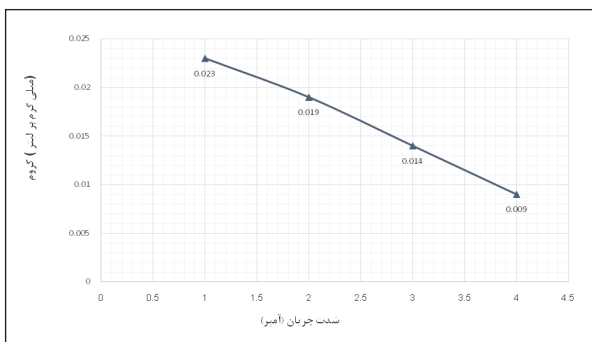
در این پژوهش، با استفاده از الکترودهای پلاتین و گرافیت در حذف کروم و مواد آلی از شیرابه در شدت جریان و زمان‌های

جدول ۳: نتایج به دست آمده از تأثیر شدت جریان‌های گوناگون بر پارامترهای مورد مطالعه

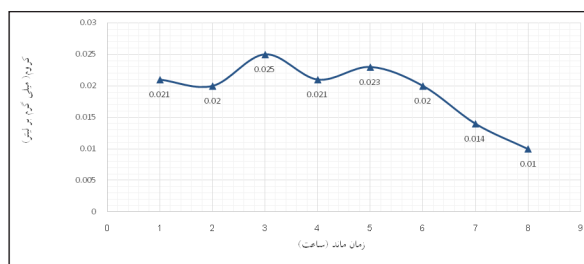
آمپر	۱	۲	۳	۴
BOD(mg/L)	۸۳۰۰	۷۳۵۰	۶۵۵۰	۵۹۰۰
COD(mg/L)	۳۲۶۵۰	۲۶۷۰۰	۲۲۱۰۰	۱۷۷۰۰
BOD/COD	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۳۳
COD%	۳۴/۱	۴۶/۱	۵۵/۴	۶۴/۳
کروم(mg/L)	۰/۰۲۳	۰/۰۱۹	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹
%کروم	۵۴	۶۲	۷۲	۸۲



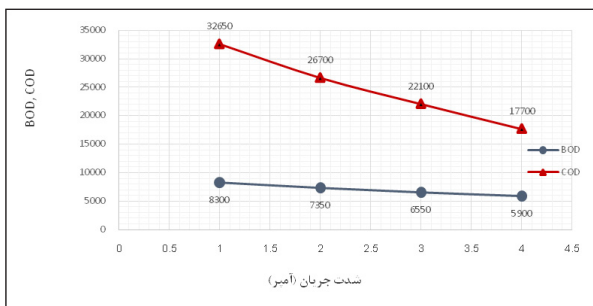
نمودار ۴: تغییرات حذف BOD/COD در زمان ماند



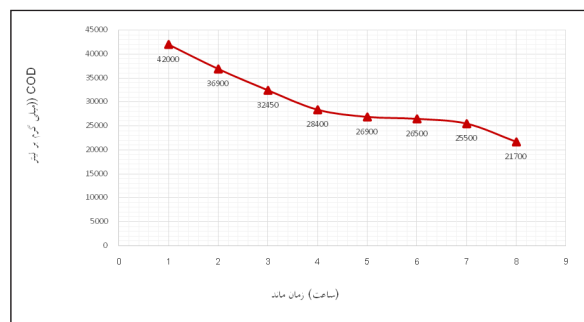
نمودار ۵: تغییرات حذف کروم در شدت جریان



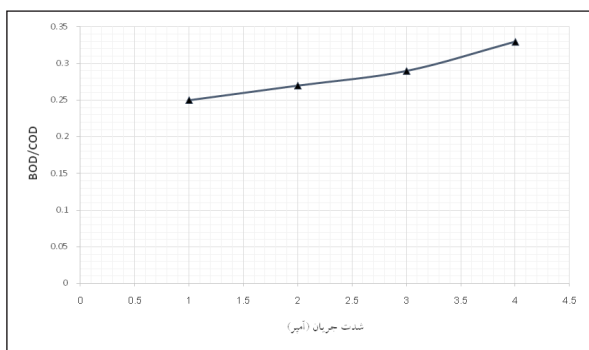
نمودار ۱: تغییرات حذف کروم در زمان ماند



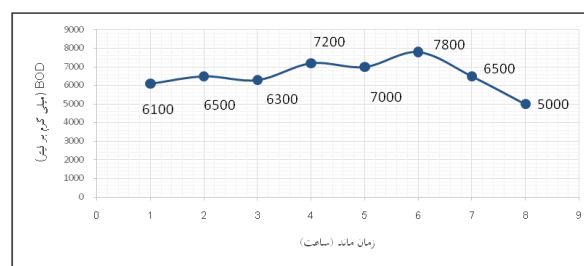
نمودار ۶: تغییرات حذف BOD و COD در شدت جریان



نمودار ۲: تغییرات حذف BOD در زمان ماند



نمودار ۷: تغییرات حذف BOD/COD در شدت جریان



نمودار ۳: تغییرات حذف COD در زمان ماند

## بحث

از مهم‌ترین پارامترها برای کنترل سرعت واکنش در فرایند الکتروشیمیایی است (۲۳، ۲۴). با افزایش میزان شدت جریان الکتریکی، زمان مورد نیاز برای رسیدن به راندمان‌های حذف مشابه کاهش می‌یابد و با کاهش میزان شدت جریان الکتریکی، زمان مورد نیاز افزایش می‌یابد. این امر به این دلیل است که با افزایش شدت جریان، مقدار یون آزادشده از الکترودها افزایش می‌یابد و در نتیجه، رسوب بیشتری برای حذف آلاینده‌ها تشکیل می‌شود. همچنین، با افزایش شدت جریان دانسیته، حباب‌های تولیدی افزایش و اندازه حباب‌ها کاهش پیدا می‌کند. در نتیجه با افزایش جریان، آلاینده‌ها و لجن سریع‌تر حذف و شناور می‌شوند (۲۵)، (۲۶). با افزایش دانسیته جریان، راندمان حذف افزایش می‌یابد. جریان الکتریکی موجب ناپایدار و لخته شدن ناخالصی‌ها در محیط آبی می‌شود و آلاینده‌ها به صورت رسوب از محیط خارج می‌گردند. نتایج به دست آمده در فرایند الکتروشیمیایی بیانگر این است که نسبت  $BOD_5/COD$  در شدت ۴ آمپر، از ۰/۲۵ به ۰/۳۳ می‌رسد که این موضوع بیانگر افزایش قابلیت تصفیه بیولوژیکی است. با توجه به نتایج، مشخص شد که  $BOD_5$  ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

دلایل کاهش  $BOD_5$  می‌تواند شامل الف) شکل‌گیری محصولات جانبی که وزن مولکولی کمتری دارند و بنابراین به سادگی قابل تجزیه زیستی هستند و ب) کاهش اثر سمیت بعضی ترکیبات آلی در نتیجه اکسید شدن آنها باشد. نتایج به دست آمده از این آزمایش با نتایج حاصله از بررسی حذف کادمیوم و کروم از محیط‌های آب توسط «بذرافشان» و همکاران در تصفیه فاضلاب صنایع آبکاری با استفاده از فرایند الکتروشیمیایی مطابقت دارد (۲۷-۲۹). همچنین، در مطالعه‌ای که توسط «ریاد» (Riyad) و همکاران با استفاده از الکترودهای آهنی انجام شد، به نتایج مشابه رسیدند. (۲۶)

### اثر زمان واکنش:

مطابق قانون فارادی، مدت کنترل‌یز در فرایند الکتروشیمیایی

روش‌های مدیریت شیرابه، گردش دوباره شیرابه به محل دفن (تصفیه در جا)، تبخیر شیرابه، تخلیه به شبکه جمع‌آوری فاضلاب و تصفیه شیرابه را شامل می‌شوند. یکی از روش‌های مؤثر برای تصفیه شیرابه جمع‌آوری شده و چرخش دوباره آن به محل دفن شیرابه است. در طی عملیات اولیه دفن، شیرابه شامل مقادیر زیادی مواد آلی، مواد محلول و فلزات سنگین است. وقتی شیرابه وارد چرخه مجدد سلول دفن می‌شود، این آلاینده‌ها تحت تأثیر واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی قرار می‌گیرند. اسیدهای آلی به متان و دی‌اکسید کربن تبدیل می‌شوند و با افزایش pH و تولید متان، فلزات موجود در شیرابه رسوب می‌کنند و در محل دفن باقی می‌مانند. مزیت این روش، افزایش بیوگاز تولیدی در محل دفن برای بازیابی، به منظور مصرف گوناگون خانگی و صنعتی است. یکی دیگر از روش‌های ساده مدیریت شیرابه، استفاده از برکه‌های تبخیر شیرابه است. در این روش، شیرابه جمع‌آوری شده روی برکه‌ها یا بخش‌های تکمیل شده محل دفن پاشیده می‌شود. شیرابه در ماه‌های گرم سال در اثر دمای محیط و تابش نور خورشید تبخیر می‌شود. در فصل سرما و زمستان می‌توان شیرابه را در محل‌های ذخیره نگهداری کرد و در فصل گرما در زمین‌های مجاور پاشید. روش تصفیه شیرابه به دلیل نیاز به هزینه بالا، باید پس از روش‌های یادشده انجام شود. در حال حاضر مطالعات متعددی درباره روش‌های تصفیه شیرابه، از جمله روش‌های اکسیداسیون پیشرفته و روش الکتروشیمیایی و روش‌های بیولوژیکی برای تصفیه شیرابه انجام شده است.

اثر الکتروشیمیایی با استفاده از الکترودهای پلاتین و گرافیت روی حذف مواد آلی و فلز سنگین کروم، به صورت تأثیر دانسیته جریان و تأثیر زمان واکنش بررسی شد. اثر این پارامترها به شرح زیر است:

### اثر دانسیته جریان<sup>۱</sup>

دانسیته جریان به دلیل تعیین میزان کواگولانت تزریقی، یکی

2. reaction time

1. Current density

از فرایند الکتروشیمیایی در سال ۱۳۸۶ مطابقت دارد. (۲۹-۲۷)

### نتیجه گیری:

نتایج این مطالعه نشان که فرایند الکتروشیمیایی می تواند سبب افزایش حذف مواد آلی و فلزات سنگین شود. افزایش زمان سبب افزایش حذف شده و میزان تجزیه پذیری نیز افزایش می یابد. با افزایش شدت جریان، مقدار یون آزاد شده از الکترودها افزایش می یابد و در نتیجه رسوب بیشتری برای حذف آلاینده ها تشکیل می شود. همچنین، حباب های تولیدی افزایش می یابند و اندازه حباب ها کاهش پیدا می کند. در نتیجه با افزایش جریان، آلاینده ها و لجن سریع تر حذف و شناور می شوند؛ بنابراین، در این حالت موجب حذف رنگ و کدورت شیرابه می شود و راندمان افزایش پیدا می کند. در نهایت، مشخص شد که فرایند الکتروشیمیایی به عنوان فرایند پیش تصفیه می تواند سبب حذف مواد آلی، فلزات سنگین، کاهش بار آلی و افزایش تجزیه پذیری شیرابه گردد و نیز می تواند به عنوان گزینه ای مؤثر برای تصفیه مؤثر فاضلاب ها، شیرابه ها، جلوگیری از آلودگی محیط زیست، منابع آب و حفاظت از آنها مدنظر قرار گیرد.

### تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه با عنوان بررسی حذف مواد آلی و کروم شش ظرفیتی از شیرابه پسماندهای شهری محل دفن با استفاده از ترکیب فرآیند الکتروکواگولاسیون و فتوکاتالیزستی در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۳ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی لرستان اجرا شده است.

بر مقدار یون فلزی رهاسده به داخل سیستم تأثیر می گذارد و سبب افزایش رهاسازی آن می شود (۳۱). مقدار یون هیدروکسید تولید شده در زمان واکنش در سل الکتروشیمیایی، به شدت جریان وابسته است و از قانون فارادی تبعیت می کند. میزان مصرف الکترودها را می توان از رابطه فارادی محاسبه کرد:

$$\Delta m = I t M / Z F \quad (1)$$

که در آن  $I$ : شدت جریان،  $t$ : زمان واکنش،  $Z$ : تعداد الکترون های جابه جاشده در واکنش،  $F$ : ضریب فارادی  $c/mol$  ۹۶۴۸۶ و  $M$ : وزن مولکولی است. زمانی که دانسیته جریان کاهش پیدا می کند، زمان مورد نیاز برای دستیابی به راندمان مشابه افزایش پیدا می کند. این رفتار به دلیل اثر نرخ بارگذاری بر راندمان تصفیه، در سال ۲۰۰۰ توسط «چن» (Chen) و همکاران گزارش شد. (۲۴)

$$Q = I \times t \quad (2)$$

مقدار یون تولید شده در زمان واکنش، نیازمند بارگذاری بیشتر است؛ اما این پارامتر به دلیل هزینه اقتصادی فرایند، پایین نگه داشته می شود. از سوی دیگر، با کاهش میزان جریان الکتریسته (شدت جریان)، زمان مورد نیاز برای دستیابی به راندمان های حذف مشابه باید افزایش یابد (۲۶) که این امر در مطالعه حاضر نیز مشاهده شد. این رفتار که راندمان تصفیه تا اندازه زیادی تأثیر پذیر بارگذاری جریان الکتریسته است، توسط برخی از پژوهشگران به اثبات رسیده است. در این مطالعه، با بررسی زمان ماند و شدت جریان در حذف کروم، BOD و COD به وسیله فرایند الکتروشیمیایی، با استفاده از الکترودهای پلاتین و گرافیت نشان داده شد که با افزایش زمان واکنش، میزان حذف کروم و مواد آلی افزایش می یابند؛ به طوری که بیشترین راندمان حذف برای همه موارد مورد مطالعه، در مدت زمان ۸ ساعت و شدت جریان ۴ آمپر مشاهده شد. این نتایج با نتیجه های به دست آمده در بررسی حذف آرسنیک در سال ۲۰۰۴، حذف الکترولیتیکی کروم شش ظرفیتی در سال ۲۰۰۳ و در بررسی حذف کادمیوم و کروم شش ظرفیتی از محیط های آبی، با استفاده



## References:

1. Cho SP, Hong SC, Hong SI. Study of the end point of photocatalytic degradation of landfill leachate containing refractory matter. *Chemical Engineering Journal*. 2002; 98: 245–253.
2. Yang D, James DE. Electrochemical for-oxidation landfill leachate treatment. *Waste Management*. 2007; 27(3):380-88.
3. Tizaoui C, Bouselmi L, Mansouri L, Ghrabi A. Landfill leachate treatment with ozone and ozone/hydrogen peroxide systems. *Journal of Hazardous Materials*. 2007; 140: 316–324.
4. Kurniawan TA, Lo Wh, Chan. GYS. Radicals-catalyzed oxidation reactions for degradation of recalcitrant compounds from landfill leachate. *Chemical Engineering Journal*. 2006; 125: 35–57.
5. Ovaisi D, Saboor MR, Hosseini M, Performance anaerobic reactors UASB for treatment of Tehran Kahrizak landfill leachate, 9 th National Congress of Iranian Environmental health; 2006 October 28-30; Esfahan, Iran; 2006. [Persian].
6. Derakhshan M, Karimi Jashni A, Govahi S. Comparison of single-stage UASB and two-stage UASB efficiency in the treatment of shiraz leachate. 3 rd National Congress of Civil Engineering; 2009 May 11-13; Tabriz, Iran; 2009.
7. Zazooli MA, Parvaresh A, Movahedian H, Survey of heavy metal concentration in municipal solid wastes leachate of Isfahan city and their reduction methods. 3 rd National Congress of Iranian Environmental health; 2000 October 28-30; Kerman, Iran; 2000; p.267-274. [Persian].
8. Mohan D, Pitman JR. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri and hexavalent chromium from water. *Journal of Hazardous Materials*. 2006; 137:762-811.
9. R.Omranimanesh R, Karimijashni A. Treatment of municipal solid waste leachate by coagulation/flocculation. 4th National Congress of Civil Engineering; May 6-8 ; Tehran, Iran; 2008 .
10. Riitta H. Kettunen, Rintala JA. Performance of an on-site UASB reactor treating leachate at low temperature. *Water Research*. 1998; 32(3): 537-546.
11. Tunturin PJ. Electrochemical treatment of process wastewater containing colloidal particles. *International Chemical Engineering*. 1996; 16 (2):222-228.
12. Rahmani A, Samarghandi MR. Electrochemical removal of COD from effluents. *Journal of Water and Wastewater*. 2007; 64: 9-20.
13. Akhondi A, Khodadadi A, Ganjidoost H. The Effectiveness of Electrocoagulation Process for the Removal of Cadmium from Water. *Journal of Water and Wastewater*. 2013;23(2):86-93.
14. Mollah M, Morkovsky P, Gomes J, Kesmez M, Parga J, Cocke D. Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. 2004;114: 199-210.
15. Holt PK, Barton GW, Mitchell CA. The future for electrocoagulation as a localiced water treatment technology. *Chemosphere*. 2006; 23 (2): 355-367.
16. Janssen LJJ, Koene L. The role of electrochemistry and electrochemical technology in environmental protection. *Chemical Engineering*. 2002; 85 (2-3): 137-146.
17. APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods For Examination of Water And Waste Water. 21 th Ed. Washington: American Public Health Association; 2005.
18. Thaeveemaitree Y, Polprasert C, Seung-Hawan L. Application of electrochemical process for landfill leachate treatment with emphasis on heavy metal and organic removal. *Environmental Technology*. 2003; 24(9): 1135-1145.
19. Lyssldes AG, Karlis PK, Mahnken G. Influence of various parameters on the electrochemical treatment of landfill leachates. *Chemistry and Materials Science* 2003;33(2):155-159.
20. Farrokhi M, Kouti M, Mousavi G, Takdastan A. The Study on Biodegradability Enhancement of Landfill Leachate by Fenton Oxidation. *Iranian Journal of Health and Environment* 2009;2(2): 114-123.
21. Deng Y, Englehardt JD. Electrochemical Oxidation for landfill leachate treatment. *Journal of Hazardous Materials* . 2008; 155: 393- 40.
22. Panizza M, Dellucchi M, Sires I. Electrochemical process for the treatment of landfill leachate. *Journal of Applied Electrochemistry*. 2010; 40(10): 1721- 1727.
23. Vik EA, Carlson DA, Eikum AS, Gjessing ET. Electrocoagulation of potable water. *Water Research*. 1984;18(11): 1355–1360.
24. Chen X, Chen G, Po L. Separation of pollutants from restaurant wastewater by electrocoagulation. *Separation and Purification Technology*. 2000; 19(1-2): 65–76.
25. Kobya M, Taner Can O, Bayramoglu M. Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminum electrodes. *Journal of Hazardous Materials*. 2003; 100(1-3): 163–178.
26. Riyad H, Anbari AL, Albaidani J, Alfatlawi SM, Al-Hamdan TA. Removal of heavy metals from industrial water using electrocoagulation technique, Twelfth International Water Technology Conference; 2008; Alexandria, Egypt IWTC12; 2008 .p 355- 371.
27. Mahvi AH, Bazrafshan E, Nasseri S. Removal of Cadmium from Industrial Effluents by Electrocoagulation Process Using Aluminum Electrodes. *World Applied Sciences Journal*. 2006;7(2) : 34-39.
28. Bazrafshan E, Mahvi AH, Mesdaghinia A. An Investigation on the Use of Electrocoagulation Process in Removal of chromium( Cr + 6) From Aqueous Solution by Aluminum Electrodes. *Zahedan Journal of Research in Medical Sciences* 2008; 18(2):28-34.
29. Bazrafshan E, Mahvi AH. Application of Electrocoagulation Process in Removal of cadmium From Aqueous Solution by Aluminum Electrodes. *Zahedan Journal of Sciences Research in Medical*. 2008 ; 9(1):70-61.