

## بررسی مقایسه‌ای کارایی مواد منعقدکننده مختلف موجود در کشور جهت آمایش لجن فاضلاب شهر تهران

ابراهیم هوشیاری<sup>۱</sup>، مسعود فتاح‌زاده<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

۲- کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

ایمیل: mf6744@yahoo.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** به منظور کاهش هزینه‌های گزاف سرمایه‌گذاری و راهبری تاسیسات تصفیه و تثبیت لجن لازم است، حجم لجن تولیدی در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب تا حد ممکن کاهش یابد. از آنجا که لجن اصلاح شده به راحتی تغلیظ و آبگیری می‌شود، بنابراین در تصفیه‌خانه‌های فاضلاب عملیات آماده سازی لجن اهمیت ویژه‌ای دارد. هدف از این مطالعه بررسی کارایی منعقدکننده‌های مختلف موجود در کشور جهت تغلیظ لجن شهری می‌باشد.

**روش بررسی:** در این پروژه تصفیه‌خانه جنوب تهران انتخاب گردید و در تاریخ مقرر برای نمونه برداری اقدام گردید. سپس نمونه به صورت مرکب از مخلوط لجن حوضچه ته نشینی اولیه و ثانویه انتخاب و با ظرف مخصوص در دمای ۴ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی منتقل شد. آزمایشات مربوطه روی آن صورت گرفت. مواد منعقدکننده‌ای که روی لجن آزمایش شدند شامل سولفات آلومینیوم (آلوم)، کلرید فریک، پلی الومینیوم کلراید و سولفات فریک بود.

**یافته‌ها:** از بین مواد مصرفی در آزمایش آهن فریک بیشترین کارایی را در آبگیری لجن داشت. کمترین کارایی در آبگیری لجن مربوط به سولفات آلومینیوم بود. میانگین pH ۷/۶۶ بوده و میانگین tss لجن ۳۴۰۵/۵ بود. همچنین میانگین مواد جامد قابل ته نشینی لجن تهران برابر ۱۳۴۳ میلی لیتر در لیتر و میانگین VS لجن نیز برابر ۵۶/۵ بود.

**نتیجه گیری:** در بین روش‌های مختلف آبگیری لجن استفاده از مواد شیمیایی به دلیل هزینه پایین مواد گزینه مناسبی برای تصفیه‌خانه‌ها است. اما مواد شیمیایی به دلیل تولید لجن نیز می‌توانند تولید لجن را افزایش دهند که لازم است تا بهترین ماده انتخاب شود تا آب لجن را کاهش دهد. اما نتایج این آزمایش نشان داد که آهن ۳ سولفات بهترین ماده از نظر کارایی کاهش آب لجن است.

**واژه‌های کلیدی:** لجن، فاضلاب، تصفیه‌خانه، تهران

## مقدمه

آمایش لجن عبارت است از مجموعه عملیاتی که قبل از مرحله آبگیری یا تغلیظ لجن انجام می‌شود تا کار آبگیری و تغلیظ لجن به‌سهولت انجام گیرد (۱). آمایش لجن ممکن است با استفاده از روش‌های فیزیکی (نظیر گرمادهی، یخ‌زدگی، و تابش اشعه یون ساز) و روش‌های شیمیایی (نظیر افزودن مواد منعقدکننده) صورت گیرد (۲). کاربرد مواد شیمیایی برای آمایش لجن و جامدات بیولوژیکی به منظور آبگیری به دلیل افزایش بازده و انعطاف پذیری بیشتر لجن حاصله اقتصادی است. آمایش شیمیایی بر حسب ماهیت جامدات تصفیه شونده می‌تواند ۹۹-۹۰ درصد رطوبت ورودی را به ۸۵-۶۵ درصد کاهش دهد. اضافه کردن مواد شیمیایی به لجن و جامدات بیولوژیکی به منظور آمایش ممکن است جامدات خشک را افزایش دهد. پلیمرها جامدات خشک را افزایش نمی‌دهند در حالی که نمک‌های آهن و آهنک می‌توانند جامدات خشک را ۳۰-۲۰ درصد افزایش دهند (۳). در اغلب موارد برای آمایش لجن از مواد شیمیایی معدنی و سامانه‌های پلی الکترولیت آلی استفاده می‌شود. مواد شیمیایی متداول در آمایش لجن را نمک‌های فلزی و پلیمرهای آلی مصنوعی یا طبیعی تشکیل می‌دهند. آهنک و کلراید آهن (۳ ظرفیتی) از پرمصرفترین مواد شیمیایی معدنی مورد استفاده در تصفیه لجن‌های فاضلاب شهری‌اند (۴). در پژوهشی ارتباط بین خصوصیات لخته‌های آلوم و آهن فریک و میزان قابلیت آبگیری از لجن مورد بررسی قرار گرفت. میزان آب در فلوک‌های فریک حدود ۲۰ درصد کمتر بودند. اما حجم CST بالاتری داشتند و بنابراین مقاومت بیشتری نسبت به فلوک‌های آلوم در حذف آب دارند (۵). در تحقیقی در سال ۲۰۱۲ پلی‌آکریل‌آمید (PAM)، کلرید فریک و پودر معدنی با پایه کلسیم را

برای آماده کردن لجن در مقیاس پایلوت در فرآیند آبگیری لجن به کار بردند. بر پایه نتایج این ارزشیابی ترکیب شیمیایی بهینه برای PAM در ۴/۶۲ گرم بر کیلوگرم و  $FeCl_3$  در ۵۵/۴ گرم بر کیلوگرم و پودر معدنی در ۳۰ گرم بر کیلوگرم بدست آمد (۶). مطالعه‌ای در مورد تاثیر مواد شیمیایی در آمایش لجن هضم شده در هاضم هوازی تصفیه خانه فاضلاب شهرک قدس انجام گردید. بدین منظور مواد شیمیایی منعقدکننده شامل پلی الکترولیت کاتیونی، کلرور فریک، آهنک و آلوم با غلظت‌های مختلف به نمونه لجن افزوده شد. براساس نتایج به دست آمده، دامنه مقادیر بهینه غلظت پلی الکترولیت کاتیونی، کلرورفریک، آهنک و آلوم به ترتیب برابر با ۱۵ تا ۲۰، ۴۲۰ تا ۴۵۰، ۶۵۰ تا ۷۰۰ و ۱۱۵۰ تا ۱۳۰۰ میلیگرم در لیتر بوده است، بنابر نتیجه‌گیری آن‌ها مناسبترین مواد منعقدکننده برای آمایش شیمیایی لجن به ترتیب پلی الکترولیت کاتیونی، کلرور فریک، همراه با آهنک، آهنک و آلوم است (۸). در تصفیه‌خانه جنوب تهران میزان لجنی که باید تثبیت شود معادل ۱۵۶ تن لجن خشک در روز در شرایط بار طراحی است این بدان معناست که باید در هر روز ۴۷ تن آهنک مورد استفاده قرار گیرد و حجم لجن به ۲۰۳ تن در روز افزایش می‌یابد (۲، ۷). که این افزایش حجم لجن باعث افزایش مشکلاتی مانند افزایش هزینه‌های دفع، کمبود فضا برای تلبار لجن و ... می‌شود پس لازم است از موادی استفاده شود که این مشکلات را به وجود نیاورد و لجن را برای تغلیظ آماده کند. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی کارایی مواد منعقدکننده سولفات فریک، کلرید فریک، پلی‌الومینیوم کلرید و سولفات آلومینیوم در سال ۱۳۹۳ است که بتواند لجن را برای تغلیظ و آبگیری آماده کند.

## روش بررسی

مختلفی (۵۰۰-۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) از مواد منعقدکننده به نمونه‌ها اضافه گردید و تاثیر آن‌ها بر درصد تغلیظ لجن مورد بررسی قرار گرفت. قابل ذکر است که تمامی این آزمایش‌ها براساس دستورالعمل ارائه شده در کتاب (روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب) انجام گرفت (۸). جهت تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده از نرم افزارهای آماری SPSS و Excel و بمنظور سنجش نرمال بودن داده‌ها از آزمون آماری کولموگراف اسمیرنوف و همچنین بمنظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون آماری تی-تست (t-test) استفاده گردید.

## یافته‌ها

جدول ۱ نتایج حاصل از آنالیز نمونه لجن حاصل از تصفیه‌خانه مورد بررسی را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج جدول ۱ مشاهده می‌گردد که میزان اسیدیته (PH)، میزان ذرات جامد معلق (TSS)، جامدات فرار (VS) و جامدات قابل ته‌نشینی نمونه لجن به ترتیب برابر با ۷/۶۶، ۳۴۰۵/۵ میلی‌گرم بر لیتر (Mg/l)، ۱۳۴۳ میلی‌گرم بر لیتر (Mg/l) و ۵۶/۵ میلی‌گرم بر لیتر است.

این بررسی یک مطالعه توصیفی تحلیلی و روش آن به صورت مقطعی بوده که نمونه مورد نیاز از تصفیه‌خانه جنوب تهران در سال ۱۳۹۳ به صورت مرکب از مخلوط لجن حوض ته‌نشینی اولیه و ثانویه برداشت شده است. سپس نمونه‌ها با استفاده از ظرف مخصوص و در دمای کمتر از ۴ درجه سانتیگراد به آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی منتقل شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه خصوصیات شیمیایی لجن (شامل PH، مواد معلق کل و جامدات فرار و جامدات قابل ته‌نشینی) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. سپس از مواد منعقدکننده مختلف موجود در کشور چهار نوع پر مصرف انتخاب شد. سپس این تاثیر مواد منعقدکننده مختلف (شامل سولفات آلومینیوم (آلوم)، کلرید فریک، پلی آلومینیوم کلراید و سولفات فریک) در غلظت‌های مختلف بر تغلیظ لجن با استفاده از روش جارستست بررسی شد. به این منظور مقدار ۶۰۰ میلی‌لیتر از نمونه لجن را در بشر ریخته و در زیر دستگاه جارستست با دور اختلاط تند (۸۰-۱۲۰ دور در دقیقه) قرار داده شد و دوزهای

جدول ۱: خصوصیات شیمیایی نمونه لجن حاصل از تصفیه خانه فاضلاب

ردیف	واحد	واحد	میانگین	انحراف معیار
۱	اسیدیته (pH)	-	۷/۱	۰/۲۴
۲	جامدات معلق (TSS)	Mg/l	۱۹۱۸/۵	۲۷/۴
۳	جامدات فرار (VS)	Mg/l	۱۳۴۳	۲۵/۶
۵	جامدات قابل ته‌نشینی	Mg/l	۵۶/۵	۱/۷

سولفات، آهن کلرید بود. در جدول ۲ نتایج حاصل از آزمون مواد منعقدکننده مختلف بر روی نمونه لجن ذکر شده است.

در جدول زیر مواد منعقدکننده‌ای که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته ذکر شده است. این مواد منعقدکننده شامل آلوم (آلومینیم سولفات)، آهن

جدول ۲: خصوصیات شیمیایی نمونه لجن حاصل از تصفیه خانه فاضلاب

ردیف	نوع ماده منعقد کننده	pH	دوز بهینه ماده منعقد کننده (ppm)
۱	آلومینیوم سولفات	۶	۳۰۰
۲	پلی آلومینیوم کلراید	۶	۲۵۰
۳	کلرید فریک	۶	۱۵۰
۴	سولفات فریک	۶	۱۰۰

جدول ۳ نتایج حاصل از بررسی اختلاف بین مواد منعقد کننده به لحاظ دوز یا غلظت تأثیر را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آزمون میانگین‌ها مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری بین مواد منعقد کننده از لحاظ غلظت تأثیر وجود دارد و در بین این مواد منعقد کننده سولفات فریک بیشترین بازده را در آبگیری لجن داشته است.

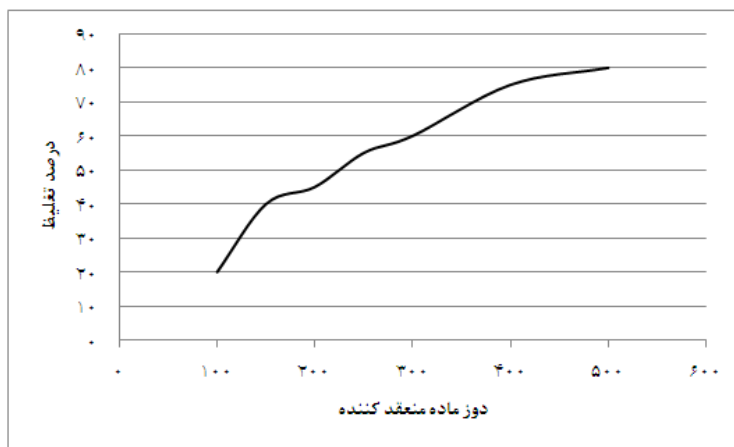
جدول ۳ نتایج حاصل از بررسی اختلاف بین مواد منعقد کننده به لحاظ دوز یا غلظت تأثیر را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آزمون میانگین‌ها مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری بین مواد منعقد کننده وجود دارد و در بین این مواد منعقد کننده سولفات فریک بیشترین بازده را در آبگیری لجن داشته است.

جدول ۳: نتایج آزمون میانگین‌ها بمنظور بررسی اختلاف بین دوز بهینه مواد منعقد کننده

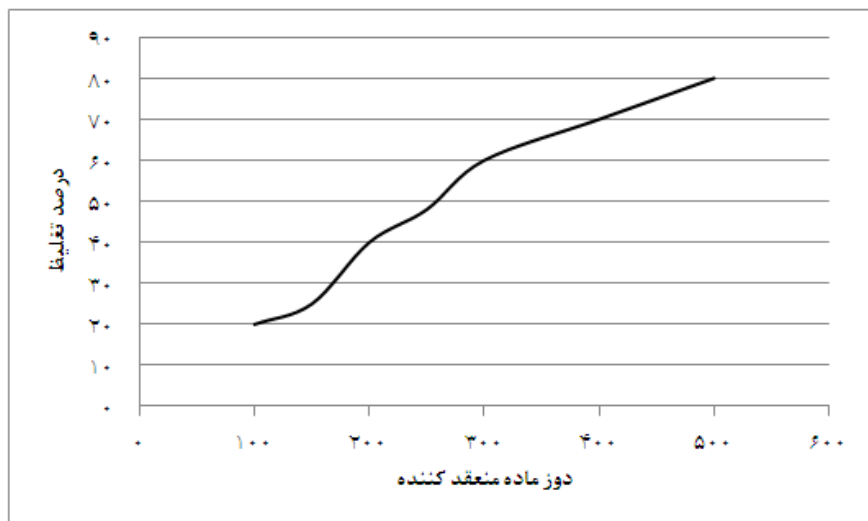
معیار	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
دوز بهینه ماده منعقد کننده	۳	۰/۰۳

نمودارهای زیر درصد تغلیظ لجن در غلظت‌های متفاوت مواد منعقد کننده مورد آزمایش را نشان می‌دهد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که آهن (۳) سولفات (نمودار ۴) در دوز ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نزدیک به ۹۰ درصد در تغلیظ لجن تأثیر داشته است. در حالی که سایر مواد موجود در آزمایش در این دوز حدود ۸۰ درصد در تغلیظ لجن تأثیر داشته‌اند.

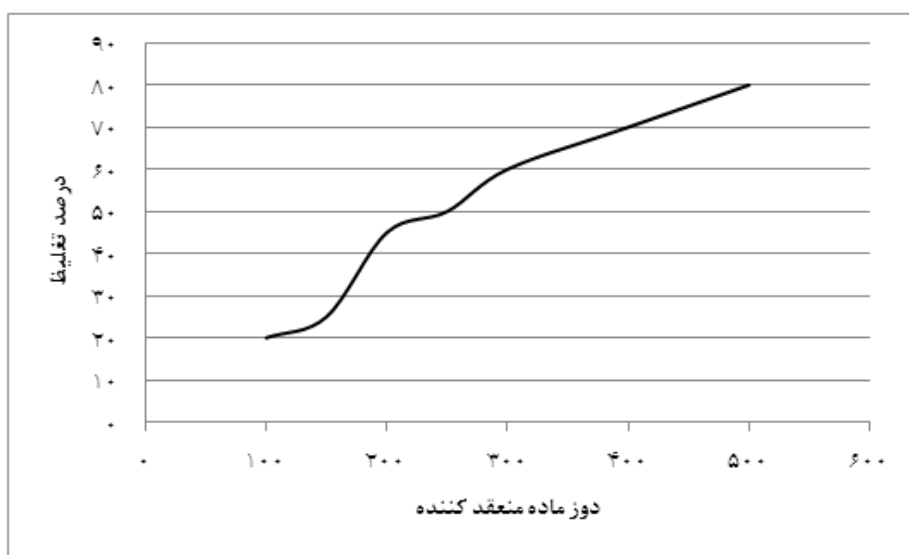
نمودارهای زیر درصد تغلیظ لجن در غلظت‌های متفاوت مواد منعقد کننده مورد آزمایش را نشان می‌دهد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که آهن (۳) سولفات (نمودار ۴) در دوز ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نزدیک به ۹۰ درصد در تغلیظ لجن تأثیر داشته است. در حالی که سایر مواد موجود در آزمایش در این دوز حدود ۸۰ درصد در تغلیظ لجن تأثیر داشته‌اند.



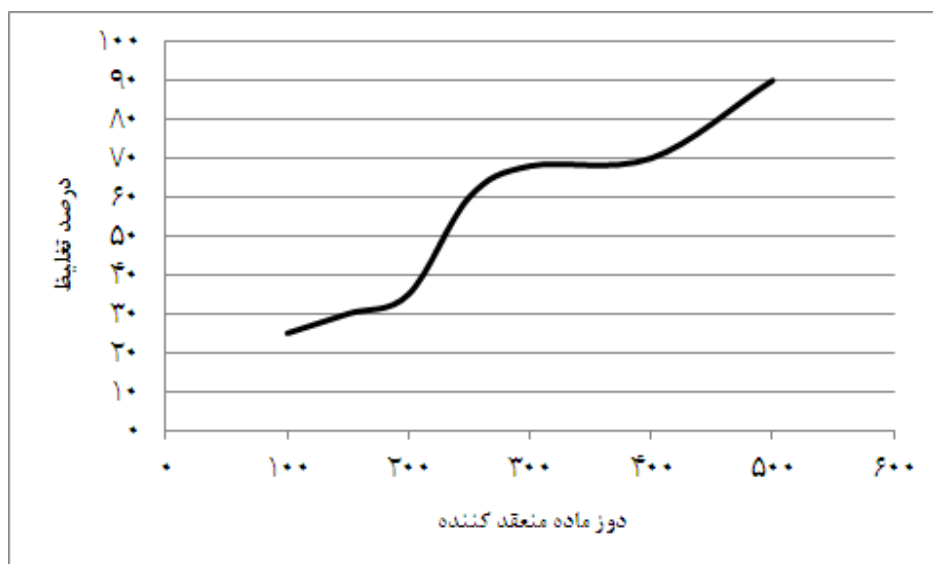
نمودار ۱: درصد تغلیظ لجن در غلظت‌های متفاوت سولفات آلومینیوم



نمودار ۲: درصد تغلیظ لجن در غلظت‌های متفاوت آلومینیوم کلراید



نمودار ۳: درصد تغلیظ لجن در غلظت‌های متفاوت کلرید فربک



نمودار ۴: درصد تغلیظ لجن در غلظت‌های متفاوت سولفات فریک

این تحقیق نیز نمونه لجن با گذشت زمان در آزمایشگاه دچار فلوتاسیون گردید.

نسبت VS/TS از حدود ۰/۷۵ برای لجن‌های خام تا حدود ۰/۶۰ برای لجن‌های تثبیت شده تغییر می‌کند. مقایسه این نسبت در نمونه حاصل از لجن تصفیه‌خانه مورد بررسی ۰/۷ بود. لذا با توجه به موارد ذکر شده در بالا می‌توان به این نتیجه رسید که لجن تصفیه‌خانه مورد بررسی در زمان نمونه‌برداری بطور کامل تثبیت نشده بود. نتایج حاصل از آزمون ANOVA نشان داد که اختلاف معنی‌داری به لحاظ آماری بین دوز بهینه مواد منعقد کننده مختلف مورد استفاده در این تحقیق وجود دارد ( $P\text{-value} < 0/05$ ). نظر به اینکه هزینه‌های دفع لجن حدود ۵۰٪ هزینه‌های کل تصفیه‌خانه فاضلاب را شامل می‌شود، کاهش حجم لجن یکی از بهترین راهکارها برای کاهش این هزینه‌ها است. در بین روش‌های مختلف آبگیری لجن استفاده از مواد شیمیایی به دلیل هزینه پایین مواد گزینه مناسبی برای تصفیه‌خانه‌ها است. اما مواد شیمیایی به دلیل تولید لجن نیز می‌توانند میزان لجن را افزایش دهند که لازم است تا بهترین ماده انتخاب شود تا آب لجن را کاهش دهد. به همین منظور کارایی چهار نوع ماده شیمیایی

## بحث و نتیجه‌گیری

لجن‌های تثبیت شده به روش هوازی دارای رنگ قهوه‌ای روشن و بدون بوی تعفن هستند (۹). مشاهدات عملی انجام شده در این تصفیه‌خانه بر روی نمونه‌های لجن دفعی نشان داد که لجن‌های تولیدی این تصفیه‌خانه در اکثر شرایط متعفن و رنگ قهوه‌ای تیره، تا کاملاً سیاه دارد. فرزادکیا و طاهریان (۱۰) در تحقیق خود بر روی لجن تصفیه‌خانه فاضلاب سرکان و مقایسه آن با استانداردهای زیست محیطی نیز نشان دادند که لجن دفعی حاصل قهوه‌ای رنگ همراه با بوی متعفن و دارای pH خنثی است. وجود یا رسیدن pH به زیر ۷ نشانگر عدم تثبیت لجن است (۹). در تحقیق حاضر نیز pH نمونه‌های لجن عمدتاً ۷ بود که پس از مدتی نگهداری در آزمایشگاه به زیر ۷ می‌رسید. بروز پدیده فلوتاسیون یکی از علل اصلی انجام فرایند دنیتریفیکاسیون است که با مصرف نیترات و تبدیل آن به نیتريت و در نهایت گاز ازت همراه می‌باشد. این پدیده که در شرایط انوکسیک ظهور می‌کند نشان دهنده وجود ترکیبات آلی اکسید نشده در لجن و عدم تثبیت آن در شرایط کاری تصفیه‌خانه می‌باشد (۱۱) در

هاضم هوازی تصفیه‌خانه فاضلاب شهرک قدس به این نتیجه رسیدند که کلرو فریک به همراه آهک تاثیر بسزایی در آمایش لجن دارند (۲). بنابراین اگر بخواهیم کارایی مواد منعقدکننده مورد استفاده در این تحقیق را به ترتیب بنویسیم به صورت زیر خواهد بود.

سولفات فریک < کلرید فریک < پلی الومینیوم کلرید < سولفات آلومینیوم

### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی بابت تأمین هزینه‌های این تحقیق کمال تشکر و قدردانی داریم.

منعقدکننده در غلظت‌های مختلف با استفاده از آزمون جارتست مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج این آزمون و همچنین نمودارهای ۱ تا ۴ مشخص گردید که همه مواد منعقدکننده به غیر از سولفات فریک در غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام (ppm) میزان ۸۰ درصد در تغلیظ لجن موثر است. لذا با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان به این نتیجه رسید که سولفات فریک کارایی بیشتری در تغلیظ لجن فاضلاب دارد اما چنان که نتایج این آزمایش نشان داد آهن ۳ سولفات بهترین ماده از نظر کارایی کاهش آب لجن است. عظیمی و گلریزان نیز در سال ۱۳۸۹ در مطالعه‌ای که بر روی تاثیر مواد منعقدکننده مختلف در آمایش لجن هضم شده در

### منابع

1. Vesiland P, Hartman GC, Skene ET. Sludge management and disposal for the practicing engineer. Duke Univ.1986.
2. Tarverdizadeh E, Torabian A, Mehrdadi N, Azimi AA. Effects of Hydrostatic Suction and Chemical Conditioning on Upgrading the Sludge Drying Beds' Performance. Journal of Environmental Studis. 2012;31: 92-102.
3. Adnan A, Mavinic DS, Koch FA. Pilot-scale study of phosphorus recovery through struvite crystallization examining the process feasibility. Journal of Environmental Engineering and Science. 2003; 2: 24-31.
4. Metcalf E. Wastewater Engineering. Treatment disposal and Reuse: Irwin Mcgraw Hill. 1991.
5. Turchiuli C, Fargues C. Influence of structural properties of alum and ferric flocs on sludge dewaterability. Chemical Engineering Journal. 2004;103:23-31.
6. Qi Y, Thapa KB, Hoadley AF. Application of filtration aids for improving sludge dewatering properties—a review. Chemical Engineering Journal. 2011;171:73-84.
7. Vakilotojjar M, Javdani K. Bubble frequency in gas-liquid slug flow in vertical tubes. Chemical Engineering Science.1980; 35: 2356-58.
8. Rand M, Greenberg AE, Taras MJ. Standard methods for the examination of water and wastewater: Prepared and published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation; 1976.
9. Bruce AM. Sewage sludge stabilisation and disinfection: Ellis Horwood Limited; 1984.
10. Farzadkia M, Taher khani H. Evaluation of Sludge Management in Sewage Treatment Plant in Hamadan Province. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2005; 15: 19-25.
11. Nelson KL, Cisneros BJ, Tchobanoglous G, Darby JL. Sludge accumulation, characteristics, and pathogen inactivation in four primary waste stabilization ponds in central Mexico. Water Research. 2004; 38: 111-27.

Original paper

## A comparative study of the effectiveness of different coagulants in the country for the treatment of sewage sludge in Tehran

Hoshyari M<sup>1</sup>, Fatahzadeh M<sup>2</sup>

1. Msc of Environmental Sciences, Birjand University, Birjand, Iran.

2. Msc of Environmental Health Engineering, Beheshti University of Medical Sciences, Shiraz, Iran.  
Email: mf6744@yahoo.com.

### Abstract:

**Background and Aim:** In order to reduce investment and operating expenses stabilization sludge treatment plant is necessary, sludge in wastewater treatment plants is reduced as much as possible. The modified sludge is easily concentration, thus preparing sludge is important. The aim of this study was to evaluate the effectiveness of different coagulants in the country's for condense municipal sludge.

**Materials and Methods:** In this project plant south of Tehran, were selected for sampling and samples consisting of a mixture of primary and secondary sludge settling pond and with the container at 4°C in the laboratory, Faculty of Health Sciences it was the transfer of medical Shahid Beheshti. Materials sludge coagulants that were tested include aluminum sulfate (alum), ferric chloride, poly aluminum chloride and ferric sulfate.

**Results:** The results showed that the ferric iron had highest efficiency in the sludge dewatering. Aluminum sulfate was least effective in the sludge dewatering. The mean of PH was 7.66 and the mean of TSS was 3405.5. The mean of solid materials sedimentation was 1343 ml per liter and the mean of VS sludge was equal to 56.5.

**Conclusion:** Among the various methods of sludge dewatering using chemicals because of the low cost of materials is a good option for treatment. But chemicals in the production of sludge can increase the production of sludge that is required to select the best material to reduce the sludge. But as the results show that the iron sulfate sludge reduction is the best female performance.

**Keywords:** Sludge, Sewage, Water treatment, Tehran