

## بررسی کارایی تصفیه خانه فاضلاب نیروگاه سیکل ترکیبی خوی و بهینه سازی حذف فسفر در آن به روش بی هوازی-هوازی

محمد آقائزاد<sup>۱</sup>، علیرضا مصداقی نیا<sup>۲</sup>، فروغ واعظی<sup>۳</sup>

نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت محیط [m.aganejad@gmail.com](mailto:m.aganejad@gmail.com)

پذیرش: ۸۸/۳/۱۷

دریافت: ۸۷/۱۱/۱۵

### چکیده

**سابقه و هدف:** امروزه برای حذف استاندارد مواد مغذی از فاضلاب از روش های اصلاح شده لجن فعال موسوم به روش های پیشرفته حذف فسفر استفاده می شود که یکی از مناسب ترین آنها روش بی هوازی - هوازی است. هدف از این تحقیق بررسی و رفع مشکلات موجود تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی نیروگاه خوی و بهینه سازی حذف فسفر در آن است.

**روش بررسی:** این تحقیق در مقیاس کامل روی تصفیه خانه فاضلاب بهداشتی نیروگاه خوی انجام گرفت. این تصفیه خانه که با فرایند هوادهی گسترده طراحی و بهره برداری می شد دارای مشکلاتی بود، لذا در مرحله اول ضمن بررسی کارایی کلی آن، مشکلات و علل آنها بررسی گردید. در مرحله دوم با انجام اصلاحات بهره برداری ضمن رفع مشکلات موجود کارایی کلی تصفیه خانه بررسی گردید. در مرحله سوم سیستم موجود به فرایند بی هوازی-هوازی تبدیل گردید و سیستم جدید با تغییر متغیرهایی چون زمان تماس بی هوازی، میزان غذا به میکروارگانسیم، میزان لجن دفعی و زمان ماند سلولی مورد آزمون قرار گرفت.

**یافته ها:** در مرحله اول مهم ترین مشکل، بالا بودن غلظت پارامترهای مهم مانند  $TSS$ ،  $BOD$  و فسفر از حدود مجاز تخلیه، رشد بیش از حد جلبک در قسمت های مختلف تصفیه خانه و آبراه پذیرنده پساب تعیین گردید. دلیل بالا بودن فسفر پساب خروجی نیز آزاد شدن مجدد فسفر از لجن تشخیص داده شد. در مرحله دوم با اصلاح شرایط بهره برداری کارایی حذف فسفر از ۵۰ به ۶۲ درصد رسید. در مرحله سوم نیز در نهایت میزان حذف فسفر به ۸۲ درصد رسید و مناسب ترین زمان تماس بی هوازی ۳ الی ۴ ساعت، زمان ماند سلولی ۳ روز و نسبت غذا به میکروارگانسیم ۰/۱۲ تعیین گردید که بیشترین تاثیر را کاهش زمان ماند سلولی داشته است.

**نتیجه گیری:** با تنظیم عوامل بهره برداری مانند زمان ماند سلولی، میزان لجن برگشتی و نحوه پردازش لجن در تصفیه خانه های فاضلاب می توان ضمن حفظ کارایی کلی آنها میزان حذف فسفر را افزایش داد که در مورد این تصفیه خانه این امر به میزان ۱۲ درصد بود. در تصفیه فاضلاب، مخصوصا برای حذف فسفر فرایند بی هوازی - هوازی مناسب تر است همچنان که در این طرح تاثیر آن در افزایش میزان حذف فسفر ۲۰ درصد بود.

**واژگان کلیدی:** تصفیه فاضلاب، حذف بیولوژیکی فسفر، فرایند آنوکسیک/اکسیک، تصفیه خانه فاضلاب نیروگاه خوی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تهران

۲- دکترای مهندسی بهداشت محیط، استاد دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- دکترای مهندسی بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

## مقدمه

با توجه به سوابق تحقیقاتی مشخص شده است که معمولاً حذف استاندارد فسفر در تصفیه خانه های فاضلاب در روش های معمول تصفیه امکان پذیر نیست لذا روش های پیشرفته حذف بیولوژیک فسفر ابداع و گسترش یافته اند که یکی از آنها فرآیند Anoxic-Oxic (A/O) است. اساس این روش برگشت لجن برگشتی به واحد بی هوازی و اختلاط با فاضلاب اولیه است (۱). با توجه به این که این فرایند در فاز رشد افزایشی میکروبی بهره برداری می شود لذا لجن بیشتری نسبت به بقیه روش ها تولید و دفع می شود. در نتیجه به ازای واحد BOD حذف شده در مقایسه با سایر روش های حذف در جریان اصلی فسفات بیشتری حذف می شود و به همین دلیل در روش های نگهداری و دفع لجن باید به میزان فسفات آزاد شده و یا برگشت لجن از واحد ته نشینی توجه زیادی صورت گیرد (۲). از مزایای این فرایند عدم نیترات سازی و حذف مزاحمت نیترات در حذف فسفات و نیاز به نسبت BOD/P فاضلاب اولیه در کمترین حد است. همچنین باید گفت طراحی این روش در تصفیه خانه های مجهز به لجن فعال آسان تر و کم هزینه تر است. از معایب این فرایند وابستگی به نسبت BOD/P فاضلاب ورودی و لزوم دقت زیاد در فرایند های نگهداری و پردازش لجن است تا از بی هوازی شدن و آزاد شدن دوباره فسفات جلوگیری به عمل آید. عوامل زیادی همچون مشخصات فاضلاب، طراحی سیستم و روش های بهره برداری در این روش موثرند (۳).

در تحقیقی که در سال ۲۰۰۷ در رابطه با ارزیابی ظرفیت جذب فسفر توسط فرایند بی هوازی - هوازی به روش بیوفیلم انجام گرفت، مشخص شد که در این سیستم تأثیر مرحله بی هوازی در ظرفیت جذب فسفر به وسیله جرم سلولی مهم تر از مرحله هوازی است به خاطر اینکه Poly hydroxy alkanoat (PHA) در فاز بی هوازی در داخل سلول ذخیره می شود انرژی مورد نیاز جذب فسفر را در مرحله هوازی تأمین می کند (۴). با انجام تحقیقی در همین سال در جهت مقایسه باکتری های

ذخیره کننده گلیکوژن و باکتری های ذخیره کننده فسفر در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و زمان ماند سلولی ۱۰ روز، مشاهده شد که باکتری های ذخیره کننده گلیکوژن بر گونه های ذخیره کننده فسفر در روش بی هوازی - هوازی غلبه داشته اند که این امر ناشی از سرعت زیاد آنها در جذب استات بود اما در دمای ۲۰ درجه و زمان ماند سلولی ۱۰ روز به دلیل غلبه باکتری های پلی فسفات حذف پایدار فسفر در سیستم مشاهده گردید. در نهایت مشخص گردید عواملی مانند نوع منبع کربنی فاضلاب، نسبت فسفر به کربن، pH و دما در رقابت این دو گروه تعیین کننده هستند (۵). در سال ۲۰۰۷ نیز تحقیقی در مورد رابطه بین زمان ماند سلولی و میزان حذف فسفر در فرایند بی هوازی - هوازی انجام گرفت. از سه زمان ماند سلولی ۱۵، ۲۰، ۳۰ روز زمان ماند ۲۰ روز دارای بیشترین کارایی حذف فسفر یعنی ۹۳٪ بود که توأم با بیشترین غلظت فسفر در لجن دفعی بود یعنی بهترین زمان ماند سلولی برای حذف فسفر متناسب با فسفر داخل جرم سلولی است و افزایش زمان ماند سلولی تا حد نقطه شروع فاز خودخوری تأثیر مثبتی در حذف فسفر داشت (۶). تحقیق دیگری در سال ۲۰۰۸ با موضوع تأثیر نسبت اسید پروپیونیک به اسید استیک در حذف نیتروژن و فسفر در سیستم بی هوازی - هوازی انجام شد. این تحقیق نشان داد نسبت اسید پروپیونیک به اسید استیک در فاضلاب اولیه بر تبدیل و تغییر ذخایر سلولی مانند Poly hydroxyl (PHB) و Poly hydroxy valerat (PHV) butyrat، گلیکوژن و فسفر و نیترات در مرحله بی هوازی موثر است. بازده حذف فسفر و نیتروژن کل با افزایش نسبت اسید پروپیونیک به اسید استیک در نسبت های زیر ۲ به ۱ بهبود یافت و به ۹۴ و ۶۸ درصد با نسبت اسید پروپیونیک به اسید استیک ۱ به ۱ و ۹۷ و ۸۲ درصد در نسبت ۲ به ۱ رسید (۷). تحقیق جدیدی در سال ۲۰۰۸ بر روی عوامل موثر بر جمعیت میکروبی باکتری های حذف کننده انجام گرفت. نتایجی که به دست آمد حاکی از این بود که بهره برداری خوب مراحل نیترات زدایی یا انوکسیک برای رشد

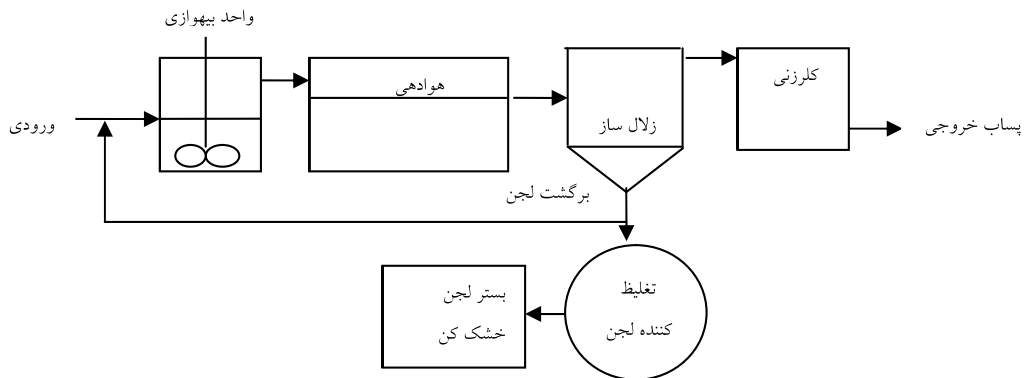
که به راحتی می توان نتایج آن را به موارد مشابه دیگر مانند تصفیه خانه های در حال احداث تعمیم داد.

### مواد و روش ها

تصفیه خانه فاضلاب نیروگاه خوی که برای تصفیه فاضلاب انسانی کارکنان نیروگاه به تعداد ۱۴۰ نفر به روش هوادهی گسترده طراحی شده است فاقد هرگونه گزارش طراحی، اجرا و دستورالعمل بهره برداری بوده و تا کنون هیچ گونه بررسی بر روی آن انجام نشده است. اولین قسمت تصفیه خانه آشغالگیر است که از نوع میله ای درشت می باشد. بعد از آشغالگیر مخزنی به ابعاد  $۱/۴ \times ۱/۴ \times ۲/۲$  متر قرار دارد که فاضلاب در آن جمع شده و بعد از بالا آمدن سطح آن پمپ کف کش به وسیله شناور روشن می شود و فاضلاب به حوض هوادهی تخلیه می گردد که این مخزن بعداً به واحد بی هوازی تبدیل شد. در کانال ورودی به حوض هوادهی یک آشغالگیر مشبک مکعبی که نقش آشغالگیر ریز و دانه گیر را ایفا می کند تعبیه شده است. حوض هوادهی تصفیه خانه به شکل مکعب مستطیل بوده و هوادهی های مستقر در آن از نوع دیفیوزری گنبدی شکل می باشد که به وسیله دمنده آبی تغذیه می شود. فاضلاب پس از هوادهی به مدت لازم از کانال واقع در کف هوادهی وارد حوضچه زلال ساز دایره ای به قطر  $۲/۲$  در عمق  $۳/۵$  متری می شود طوری که ارتباط بین حوض هوادهی و حوضچه زلال ساز مانند ظروف مرتبط است و هنگام ورود فاضلاب اولیه به حوض هوادهی همان مقدار جریان به زلال ساز وارد می شود که گاه باعث بالا آمدن لخته های پراکنده ای می شود که وارد پساب خروجی می گردد. پساب از زلال ساز مستقیماً وارد حوضچه کلر زنی که به شکل مکعب مستطیل است می شود. کلر زنی با افزایش آب ژاول  $۱۰\%$  انجام می گردد و در نهایت پساب به بیرون نیروگاه هدایت شده و به رودخانه غازان جای می پیوندد. شماتیک این تصفیه خانه در شکل شماره ۱ نشان داده می شود.

مطلوب باکتری های ذخیره کننده فسفر و در نتیجه حذف فسفر و نیتروژن موثر است (۸). تحقیقی در سال ۱۳۷۴ تحت عنوان زدایش بیولوژیکی فسفات در تصفیه خانه فاضلاب جنوب اصفهان انجام شده است. طی این تحقیق، محقق با بررسی روش جریان اصلی با زمان ماند بی هوازی  $۱/۵$  ساعت و جریان جانبی با زمان ماند بی هوازی  $۱/۵$  ساعت به بررسی حذف بیولوژیکی فسفات پرداخته و به این نتیجه رسید که در جریان اصلی کارایی حذف فسفات  $۵۲\%$  و در جریان جانبی  $۷۵\%$  بوده است (۹). در سال ۱۳۷۶ تحقیقی با فرایند بی هوازی - هوازی در تصفیه خانه فاضلاب شهرک اکباتان که با فرایند لجن فعال بهره برداری می شد، با زمان ماند بی هوازی  $۶$  ساعت انجام گرفت که حذف فسفر از  $۱۶\%$  در شرایط معمول به  $۶۸\%$  رسید (۱۰). در سال ۱۳۷۷ نیز تحقیقی تحت عنوان بررسی شرایط بهینه حذف فسفات در فرایند لجن فعال به صورت پایلوت بی هوازی - هوازی انجام یافت که نشان داد باکتری های ذخیره کننده فسفات به دلیل وجود ترکیبات آلی ساده حاصل از تخمیر مواد آلی نسبت به سایر باکتری ها با سرعت بیشتری رشد کرده و در مرحله هوازی فسفات را از محیط برداشت می کنند. کارایی حذف فسفر در این تحقیق  $۸۰\%$  به دست آمد (۱۱). در سال ۱۳۷۸ نیز تحقیقی با روش بی هوازی - هوازی در راکتورهای بسته متوالی با زمان ماند سلولی هفت روز در جهت حذف فسفر از فاضلاب سنتتیک شهری با کارایی حذف  $۹۰\%$  انجام یافت (۱۲).

هدف اصلی این پروژه بررسی کارایی تصفیه خانه فاضلاب نیروگاه سیکل ترکیبی خوی و بهینه سازی حذف فسفر در آن به روش بیولوژیکی بود. ضرورت انجام این تحقیق به دلیل مشکلات بهره برداری و زیست - محیطی متعدد، که عمدتاً ناشی از نبود دستورالعمل بهره برداری و عدم کنترل تصفیه خانه توسط اپراتور و امکان سنجی اصلاح فرایند لجن فعال در جهت حذف بالای فسفر بوده است. از طرفی در این زمینه نیاز به تحقیقات روی تصفیه خانه های دایر بیشتر می باشد چرا



شکل ۱: نقشه شماتیک تصفیه خانه فاضلاب نیروگاه خوی

قرار گرفت. با توجه به این که تا حال ارزیابی کلی از بهره برداری تصفیه خانه به عمل نیامده بود لذا این تحقیق در سه مرحله متوالی انجام گردید.

#### مرحله اول: بررسی کارایی تصفیه خانه در حالت معمول بهره برداری

به دلیل طراحی نامناسب و عدم راهبری، تصفیه خانه دارای مشکلاتی چون شنناور شدن لخته های لجن یا تولید لجن ریز پراکنده، بیش از حد استاندارد بودن غالب آلاینده ها مخصوصا فسفر و رشد بیش از حد جلبک بود که این امر باعث اختلال در ممیزی های زیست محیطی نیروگاه نیز شده بود. علل اصلی بالا بودن فسفر خروجی نسبت پایین BOD/P فاضلاب خام، زمان ماند سلولولی بالا، برگشت لجن بیشتر و بی هواری شدن لجن تعیین گردید.

#### مرحله دوم: اصلاح شرایط بهره برداری، تعیین کارایی واقعی تصفیه خانه

در این مرحله مشکلات بهره برداری با کنترل دقیق عوامل بهره برداری چون تنظیم لجن دفعی و برگشتی و نسبت غذا به میکروارگانیسم و زمان ماند سلولولی، کاهش زمان تغلیظ لجن و کاهش عمق پوششش لجن در زلال ساز و تخلیه خوب لجن از آن تا حدود زیادی رفع گردید و بعد پارامترهای بهره برداری در دامنه روش A/O تنظیم گردید. در این مرحله با ماند یک ساعته فاضلاب در مخزن ذخیره ورودی تصفیه خانه و ته نشینی قسمتی از مواد معلق و تخمیر لجن اولیه ناشی از

مشخصات فاضلاب اولیه و حوض هوادهی (غلظت ها به میلی گرم در لیتر هستند):

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| ۲۲                           | فسفر کل |
| ۲۳                           | ازت کل  |
| ۶۰۰                          | COD     |
| ۲۴۰                          | BOD     |
| ۴۹۸ mg/L                     | TSS     |
| ۲۱/۴ m <sup>۳</sup> /d       | Q       |
| ۰/۲۴ kgBOD/m <sup>۳</sup> .d | بار آلی |
| ۰/۰۷ d                       | F/M     |
| ۲۵۰۰                         | MLSS    |
| ۳۶ h                         | HRT     |
| ۳۶m <sup>۳</sup>             | V       |

نمونه برداری از قسمت های مختلف تصفیه خانه اعم از واحد بی هواری و هوا دهی، پساب خروجی و لجن برگشتی در دوره زمانی ۸ ماه یعنی از دی ماه ۸۶ تا مهر ماه ۸۷ و به صورت هر ده روز یک بار و مرکب ۲۴ ساعته انجام گرفته است. نمونه های جمع آوری شده مطابق روش های استاندارد مندرج در کتاب مرجع استاندارد متد چاپ ۲۰۰۵ از نظر متغیرهای مهم و موثر در کارایی تصفیه خانه و حذف فسفر مانند مواد معلق، ازت، قلیائیت، فسفر کل و محلول، نیترات، منیزیم، تعداد باکتری های کلیفرم، pH، BOD، VFA و COD مورد آزمایش

رهایی فسفر در آن و افزایش جذب فسفر در هوادهی مشخص گردید که باکتری های پلی فسفات در سیستم رشد کرده و غالب شده اند. بهره برداری تصفیه خانه و پایش غلظت فسفر خروجی نهایتا کارایی حذف فسفر در ۸۲٪ فسفر کل تثبیت شد.

#### نحوه جمع آوری و تحلیل داده ها

تحلیل آماری داده های حاصل از نمونه برداری وانجام آزمایش ها با نرم افزار Excel انجام گرفت که نتایج آن در شکل های شماره ۲ تا ۶ آمده است به دلیل پراکندگی کمتر میانگین های ماهانه داده ها، میانگین های ماهانه مورد ارزیابی آماری قرار گرفته اند.

#### نتایج

در مرحله اول با توجه به جدول ۱ مشاهده می شود که کارایی حذف فسفر با وجود حذف خوب سایر آلاینده ها به دلیل مشکلاتی که قبلا بیان شد، پایین است. در مرحله دوم نیز با بهبود شرایط راهبری تصفیه خانه کارایی کلی آن مخصوصا حذف فسفر بیشتر شده است که در همین جدول مشخص است.

آن با زمان ماند جامدات سه روز در این مخزن قابلیت تولید Volatile fatty acids (VFA) نیز بررسی گردید که میزان تولید آن ۴۰ میلی گرم در لیتر بود. برای انتخاب زمان تماس بی هوازی مناسب دوسری پایلوت آزمایشگاهی اجرا گردید که با حصول نتایج این پایلوت ها مقرر گردید سیستم A/O اول با زمان تماس بی هوازی ۲ ساعت راه اندازی گردد، که البته در عمل تبدیل BOD/P خیلی پایین فاضلاب خام زمان بیشتری نیاز بود.

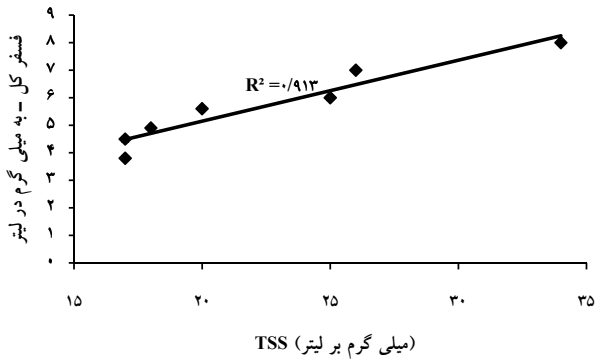
#### مرحله سوم: تبدیل فرایند تصفیه خانه به فرایند A/O و پایش آن

این مرحله، مرحله اصلی طرح بود و بیش از شش ماه طول کشید. در این مرحله مخزن ذخیره فاضلاب ورودی تصفیه خانه که سقف آن همکف زمین بود با نصب و راه اندازی میکسر پروانه ای با دور ۴۰ در دقیقه روی آن و برگشت لجن از زلال ساز به این مخزن و اختلاط آن با فاضلاب اولیه به واحد بی هوازی تبدیل گشت. این مرحله با تغییر متغیرهای زمان تماس بی هوازی (۲ و ۳ و ۴ ساعت)، افزایش F/M در دو مرحله و کاهش زمان ماند سلولی در شش ماه متوالی و هر کدام به مدت یک ماه انجام گرفت. با اندازه گیری اسیدهای چرب فرار تولیدی و مصرفی در واحد بی هوازی و میزان

جدول ۱: مقایسه کارایی تصفیه خانه فاضلاب نیروگاه خوی در شرایط مختلف بهره برداری

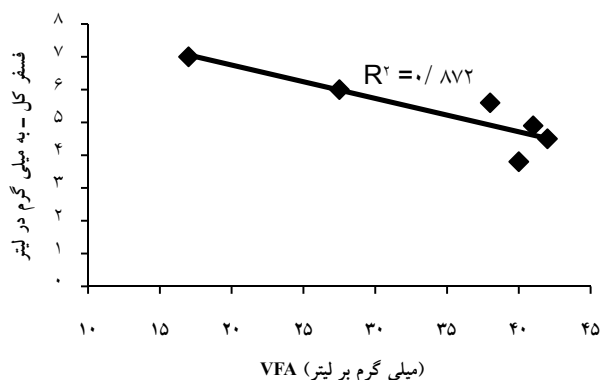
| TSS | TN | SP-PO <sub>4</sub> | TP- PO <sub>4</sub> | SBOD | BOD | پارامتر-درصدحذف                                |
|-----|----|--------------------|---------------------|------|-----|--|
|     |    |                    |                     |      |     | روش بهره برداری                                |
| ۹۰  | ۶۰ | ۴۷                 | ۵۰                  | -    | ۸۲  | لجن فعال در شرایط عادی بهره برداری بهره برداری |
| ۹۶  | ۶۵ | ۶۰                 | ۶۲                  | ۹۲   | ۸۹  | لجن فعال بعد از اصلاح شرایط بهره برداری        |
| ۹۵  | ۷۵ | ۶۵                 | ۶۸                  | ۹۴   | ۸۹  | طرح A/O با زمان ماند بی هوازی ۲ ساعت           |
| ۹۵  | ۷۶ | ۷۰                 | ۷۳                  | ۹۴   | ۹۰  | طرح A/O با زمان ماند بی هوازی ۳ ساعت           |
| ۹۵  | ۷۳ | ۷۵                 | ۷۴                  | ۹۵   | ۹۱  | طرح A/O با زمان ماند بی هوازی ۴ ساعت           |
| ۹۵  | ۷۷ | ۷۹                 | ۷۷                  | ۹۵   | ۹۲  | طرح A/O با MLSS=۲۰۰۰                           |
| ۹۶  | ۷۷ | ۸۱                 | ۷۸                  | ۹۵   | ۹۱  | طرح A/O با MLSS=۱۵۰۰                           |
| ۹۵  | ۷۷ | ۸۵                 | ۸۲                  | ۹۶   | ۹۲  | طرح A/O با SRT ۳روز                            |

با توجه به قابل کنترل نبودن تمام شرایط به طور دقیق، قابل حصول نیستند.



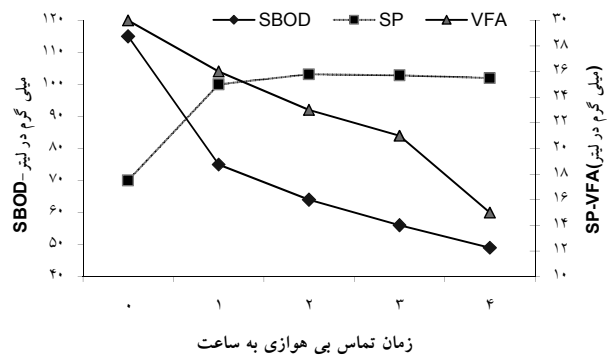
شکل ۳: رابطه بین غلظت فسفر کل و جامدات معلق خروجی تصفیه خانه در طول دوره طرح

در این طرح همان طور که در شکل های ۴ تا ۵ نشان داده شده است بین تولید و مصرف فرآورده های تخمیری مانند استات در واحد بی هوازی، BOD و TSS پساب خروجی، زمان تماس بی هوازی، و کاهش زمان ماند سلولی و غلظت فسفر کل در پساب خروجی روابط خطی معنی داری وجود دارد و ضریب همبستگی ( $R^2$ ) برای BOD، TSS و VFA به ترتیب برابر ۰/۹۲، ۰/۹۱ و ۰/۸۷ به دست آمده است.



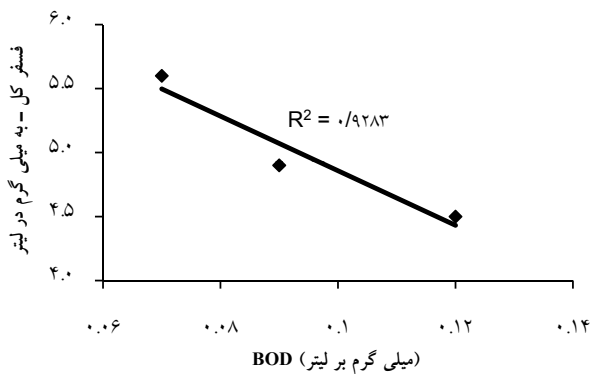
شکل ۴: رابطه بین غلظت فسفر کل خروجی تصفیه خانه و میزان مصرف VFA (اسیدهای چرب فرار بر حسب اسید استیک) در مخزن بی هوازی

در مرحله سوم با توجه به شکل ۲ در قسمت بی هوازی به ازای هر مول فسفر آزاد شده ۲ مول اسید چرب فرار بر حسب اسید استیک مصرف شده که در مقایسه با مراجع استاندارد که آن را ۰/۷-۱ مول استات مصرفی به ازای هر مول فسفر آزاد شده بیان کرده (۱۳) بیشتر است. همچنین شکل ۲ نشان می دهد که بیشترین کاهش BOD و رهایی فسفر در واحد بی هوازی در ساعت اول روی داده است. با توجه به شکل ۳ نسبت اسید چرب مصرف شده به فسفر حذف شده نیز در این طرح به طور متوسط ۷/۲ میلی گرم به ازای هر میلی گرم فسفر بر حسب خود فسفر به دست آمد که با تحقیق Wentzel که آن را ۷-۱۰ بیان کرده مطابقت دارد (۱۴) و نسبت فسفر جذب شده به BOD مصرف شده بر حسب میلی گرم در لیتر نیز که در مراجع معتبر ۰/۰۴-۰/۰۸ بر حسب میلی گرم در لیتر و تحت عنوان ضریب دفع فسفر بیان شده (۱).



شکل ۲: روند تغییرات TP-VFA-BOD در شرایط بی هوازی طرح

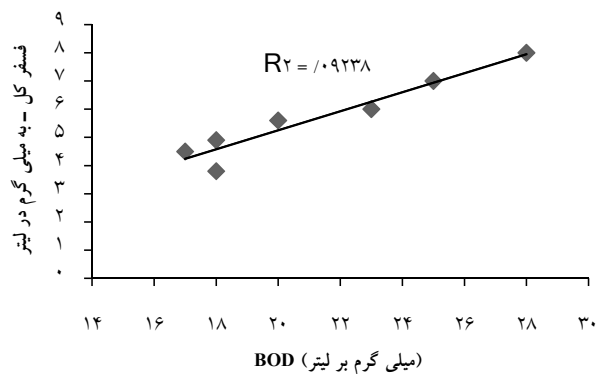
در این طرح به ۰/۱۲ رسید که در شکل ۳ قابل مشاهده است و درصد فسفر در وزن خشک توده میکروبی با توجه به انجام آزمایش فسفر کل و محلول روی لجن برگشتی در انتهای طرح، به ۵/۵٪ رسید که بیانگر کارایی خوب روش جدید در حذف فسفر بوده است. اختلاف بین ارقام به دست آمده و ارقام تحقیقات قبلی ناشی از این است که یافته های قبلی از پایلوت آزمایشگاهی به دست آمده اند و در مقیاس واقعی این ارقام



شکل ۷: رابطه بین غلظت فسفر خروجی و نسبت غذا به میکروارگانیسم در طول فرایند A/O

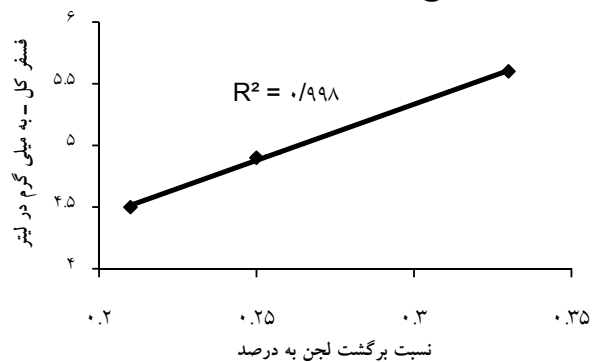
### بحث و نتیجه گیری

در مرحله اول طرح مشخص گردید سیستم هوا دهی گسترده به دلیل نداشتن ته نشینی اولیه و بهره برداری در زمان ماند سلولی بالا و دفع لجن کمتر نسبتاً در حذف معمول فسفر موفق نیست اما می توان با تنظیم پارامترهای بهره برداری کارایی آن را در حذف فسفر بهبود بخشید. دلایل بالا بودن غلظت فسفر خروجی و به تبع آن رشد بیش از حد جلبک در قسمت های مختلف تصفیه خانه و رودخانه پایین دست، نسبت BOD/P پایین و COD/BOD بالا و بی هوازی شدن لجن در زلال ساز و تغلیظ کننده که منجر به آزادسازی فسفر و برگشت آن به ورودی تصفیه خانه می گردید، تعیین گردید. نتایج حاصل از مراحل دوم و سوم طرح مشخص می سازد میزان مصرف اسید چرب فرار در واحد بی هوازی توسط باکتری های پلی فسفات، میزان مصرف BOD یا غلظت خروجی آن و غلظت مواد معلق خروجی به طور مسقیم بر میزان کارایی حذف فسفر تاثیر داشته اند که در تحقیقات قبلی مشابه نیز این امر ثابت شده است (۹،۱۰،۱۳،۱۴). در کل طرح افزایش کارایی حذف فسفر توأم با بهبود کارایی کلی تصفیه خانه مربوط به ایجاد فرآیند A/O به میزان ۲۰٪ بوده است و در درجه دوم مربوط به بهبود شرایط بهره برداری تصفیه خانه به میزان ۱۲٪ بوده است که این افزایش کارایی در طول ۶ ماه حاصل شد، اما در فرایند A/O طبق جدول ۱ افزایش زمان تماس بی هوازی به ۳ ساعت و کاهش زمان ماند سلولی به ۳



شکل ۵: رابطه بین غلظت فسفر کل خروجی و BOD خروجی تصفیه خانه در طول دوره طرح

این نتایج مشخص می سازد که میزان مصرف استات در واحد بی هوازی توسط باکتری های پلی فسفات، میزان مصرف BOD و غلظت مواد معلق خروجی به طور مسقیم بر میزان کارایی حذف فسفر تاثیر داشته اند که در تحقیقات قبلی مشابه نیز این امر ثابت شده است (۱۰،۱۱،۱۲،۱۳). طبق شکل های ۶ و ۷ بین مقادیر F/M، نسبت لجن برگشتی و غلظت فسفر خروجی همبستگی خوبی به دست آمده است ( $R^2$  هر دو حدود ۰/۹۵ می باشد) یعنی افزایش متغیر اول و کاهش دومی بر میزان حذف فسفر موثر بوده اند. همچنین نقطه مطلوب برای نسبت غذا به میکروارگانیسم برای حذف بهتر فسفر در این تحقیق برابر ۰/۱۲ بود. کمترین میزان حذف فسفر نیز در F/M برابر ۰/۰۷ روی داده است که متعلق به سیستم قبلی تصفیه خانه می باشد. همچنین بهترین میزان برای نسبت لجن برگشتی متناسب از لحاظ حذف بهینه فسفر ۰/۲۱ بوده است که در آخرین ماه طرح روی داده است.



شکل ۶: رابطه بین غلظت فسفر خروجی و نسبت برگشت لجن در طول فرایند A/O

این طرح در مقایسه با طرح های مشابه قبلی (۹،۱۰) که به بازده حذف ۵۲ و ۶۷ درصدی فسفر رسیده بود موفق تر عمل کرده است. نتایج حاصل از این تحقیق می تواند در تصفیه خانه های دایر با ضریب تعمیم بیشتری نسبت به نتایج طرح پایلوت به کار رود. مشخص گردید عمده دلیلی که این تصفیه خانه نمی تواند فسفات را بیش از این حد یعنی ۸۲٪ حذف کند بالا بودن غلظت آن در فاضلاب اولیه و یا به عبارت دیگر نسبت خیلی پایین BOD به فسفر می باشد لذا تصفیه تکمیلی یعنی فیلتراسیون یا روش انعقاد شیمیایی که روش فیلتراسیون شنی قابل ترجیح می باشد برای به استاندارد رساندن غلظت فسفر ضروری خواهد بود که این امر به صورت پیشنهاد اجرایی به نیروگاه خوی ارایه گردید.

### منابع

1. Tchobanoglous G, Burton F.L. Wastewater Engineering. 4nd ed, McGraw- Hill International Editions. 2003; pp:623-816.
2. Nicholls H.A, Osborn D.W. Bacteria stress prerequisite for biological removal of phosphorus. J. Water Pollution Control 1979(51): 557-569.
3. US. EPA. Phosphorus removal from wastewater . Noyes Publishing. 1990; pp:90-110.
4. R. Jiechiou , Y. Rongyang . An evaluation of the phosphorus storage capacity of an anaerobic-aerobic sequential batch biofilm reactor . J. Bioresource Technology 2008;(29): 4408-4413. Available from: <http://www.sciencedirect.com>
5. L.M. Whang , D.M. Filipe , J.k. Park. Model based evaluation of competition between polyphosphate and glycogen – accumulating organisms. J. Water Research 2007 (410) :1312-1324. Available from: <http://www.sciencedirect.com>
6. Doojin. L , Moonil. K , Jinwook. C. Relationship between solid retention time and phosphorus removal in anaerobic – intermittent aeration process . J. Bioscience and Bio engineering 2007; 103(40): 338 -344. Available from: <http://www.sciencedirect.com>
7. Hongjing. L , Yinguang. C , Guowei. G. The effect of propionic to acetic acid ratio on anaerobic – aerobic (low dissolved oxygen) biological phosphorus and nitrogen removal . J. Bioresource Technology 2008;(99): 4400 – 4407. Available from: <http://www.sciencedirect.com>
8. V. lopez , M. Carlos , M. Christine., et al. Factors affecting the microbial phosphorus removal (EBPR) wastewater treatment plants in the Netherlands . J. Water Research. 2008( 42):2349-2360. Available from: <http://www.sciencedirect.com>
9. Jaefarmahyarie M. Biological stripping of phosphate in WWTP of South Isfahan. MS thesis in environmental health engineering. Technical and Engineering Faculty. 1374.
10. Najafpure E. Biological phosphorus removal from municipal wastewater by using aerobic-anaerobic reactors. PhD thesis in environmental health engineering. TUMS 1376.



11. Mothnaie A. Determination of optimum conditions for phosphorus removal in AS process. MS thesis in environmental engineering. Azad Islamic university 1377.
12. Nikimalekie M. phosphorus removal from municipal wastewater by using aerobic-anaerobic sequencing batch reactors. MS thesis in environmental engineering. Tehran university 1378.
13. Sedalk R. Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater. Levis publisher. New York, USA 1991; pp:171-235.
14. Wentzel M.C, Ekama G.A, Marais G.R. Kinetics of nitrification- denitrification biological excess phosphorus removal systems-a review. J. Water Science Technolgy1991 (23):555-565.

## **Determining the Efficiency of WWTP in Khoy Power Plant and Improving Phosphorus Removal by Anoxic-Oxic Process**

**\*Aganeghad M., Mesdaginia A.R., Vaezi F.**

Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Tehran University Medical Science

Received 3 February 2009; Accepted 7 January 2009

### **ABSTRACT**

**Backgrounds and Objectives:** Now a days modified activated sludge ways are used for standard removing nutrient substances from waste water that is named Enhanced biological phosphorus removal One of the most suitable ways is Anoxic-Oxic(A/O) process. The goal of this research is investigation and solving existing problems of Khoy power plant(P.P) waste water treatment plant(WWTP)and optimizing of phosphorus removal in it.

**Materials and Methods:** This research is done full scale in this treatment plant. The treatment plant was operating with extended aeration process, and some problems had, so in the first stage with in investigation of total efficiency, problems and their reasons determined. In the second stage after operational modifications existing problems was solved and real efficiency of treatment plant particularly for phosphorus(P) removal determined. In the third stage changes, system converted to A/O process and new system was tested with Changing parameters like food/microorganism(F/M), return sludge ratio(RAS)and sludge retention time(SRT)

**Results:** In the first stage the most important problems were over concentration of BOD,TSS, and P in effluent of treatment plant and overgrows of alga observed in parts of treatment plant and effluent receiving conduit. The main reason of high concentration of P was considered releasing of sludge. In the second stage operating condition modification efficiency of P removal increased from 50to 62 percent. In the end of third stage value of P removal reached to %82 and the most suitable of anoxic contact time was determined 3to4 hours, SRT terry day and F/M ratio 0.12,that the most effective change has been the decrease of SRT to three days.

**Conclusion:** Adjusting of operating factors like SRT,RAS, sludge processing way in WWTP can increase P removal in them with in total efficiency remaining, such as in this case it was %12. In waste water treatment particularly for P removal the A/O process is suitable so in this project its effect on P removal efficiency has been %20.

**Keywords:** Wastewater treatment, Biological phosphorus removal, Anoxic/Oxic process, Khoy power plant

---

\*Corresponding Author: *m.aganejad@gmail.com*

*Tel: +98 914163953 Fax: +98 461 2357422*