عملکرد سیستم تصفیه فاضلاب روستایی به‌روش تالاب مصنوعی در حذف ازت و فسفر از فاضلاب (مطالعه موردی : روستای مراد تپه)

حسین سالاری[۱] امیرحسام حسنی[۲] مهدی برقعی[۳]
احمدرضا یزدانبخش[۴] حسین رضایی[۵]

(دریافت ۸۹/۱۱/۱۶ پذیرش ۹۰/۵/۱۸)

چکیده

استفاده از تالاب مصنوعی یکی از روشهای شناخته شده تصفیه فاضلاب است که پساب خروجی آن می‌تواند بدون مشکل وارد محیط زیست شده و یا در کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. در این تحقیق به‌منظور بررسی کارایی تالابهای مصنوعی در تصفیه فاضلاب روستایی از یک پایلوت تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی که پساب حاصل از سپتیک تانک موجود در منازل مسکونی را دریافت می‌نمود، استفاده شد. این تالاب مصنوعی در استان البرز، شهرستان کرج، روستای مراد تپه ساخته شد. پایلوت با ظرفیت ۵۴۰ لیتر در شبانه روز با ورق گالوانیزه به‌طول ۲۰ متر، عمق ۱ متر، و عرض ۳۰ سانتی‌متر در محل ساخته شد. ابتدا و انتهای آن به‌طول ۰/۵ متر و عمق ۰/۶ متر از قلوه سنگ پر شده بود و ما بین این دو قسمت، ماسه سرند شده درشتی که تخلخل آن ۰/۳۹= α و حداکثر اندازه ۱۰ درصد از دانه‌های آن۲ میلی‌متر با رسانندگی هیدرولیکی ۱۵۷۵ فوت مکعب برفوت مربع در روز (Ks) بود، ریخته شد و روی آن به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر خاک نباتی وجود داشت. این مطالعه از شهریور ۱۳۸۸ تا شهریور ۱۳۸۹ به‌مدت یک سال به‌طول انجامید.گیاه مورد استفاده در تالاب، نی معمولی با نام علمی *فاراگمیتس استرالیس* بود و پارامترهایBOD، TSS COD، TN و TP به‌صورت هفتگی و در طی مدت زمان مذکور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که BOD فاضلاب ورودی از ۳۱±۵۷ میلی‌گرم در لیتر به ۴±۸ میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی، با میانگین زدایش ۱۵±۷۹ درصد و COD فاضلاب ورودی از ۴۷±۹۷ میلی‌گرم در لیتر به ۱۲±۲۴ میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی، با میانگین زدایش۱۶±۷۰ درصد کاهش یافت. مجموع جامدات معلق فاضلاب ورودی از ۴۷± ۴۰ میلی‌گرم در لیتر به۴±۵ میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی، با میانگین زدایش ۱۶±۷۶ درصد تقلیل یافت. میزان ازت فاضلاب ورودی (TN) از ۶±۱۳ میلی‌گرم در لیتر به ۳±۴ میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی، با میانگین زدایش ۲۶±۵۹ درصد و میزان فسفر فاضلاب ورودی (TP) از ۷/۵۳ میلی‌گرم در لیتر به ۰/۸۶ میلی‌گرم در لیتر در پساب خروجی، با میانگین زدایش ۸۶ درصد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: تصفیه طبیعی فاضلاب، تالاب مصنوعی، فاضلاب روستایی

Investigation of Performance Wetland In Removal N and P In Wastewater Treatment (Case Study:Morad Tapeh)

Hossein Salari[1] *Amirhesam Hassani*[2] *Mehdi Borghei*[3]
Ahmad Reza Yazdanbakhsh[4] *Hossein Rezaei*[5]

(Received Feb. 5, 2011 Accepted Aug. 9, 2011)

Abstract

Etland is one of the natural treatment methods used for municipal wastewater treatment, which could transfer the effluents to the ecosystem, safely or being used for agricultural purposes and etc. this study investigates a pilot in the form subsurface flow wetland efficiency in rural sewage result of septic tank. The constructed Wetland was built in Morad Tapeh Village, Karaj County, Alborz Province.The pilot project was executed from galvanized plates with the dimensions of (length 20 m - Depth 1m - width 30 cm). 0.5 m from each side of the Pilot Project was covered by rubble-stones to the depth of 0.5m and the interval was filled by screened sand, porosity degree (α=0.39), maximum 10% of them measuring 2mm, with the hydraulic conductivity Ks=1575 F^3, covered by 10cm peat. The study took one year, from Sept. 2009 to Sept. 2010. The plant used in this

۱- کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران، (نویسنده مسئول) ۳۶۶۶۲۰۱۴ (۰۲۱)
Salari 306@yahoo.com
۲- عضو هیئت علمی، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران
۳- استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی شریف، تهران
۴- دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تهران
۵- مدیر عامل شرکت آب و فاضلاب استان تهران

1. M.Sc. of Environmetnal Eng., Dept. of Environmental and Energy, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran (Corresponding Author) (+98 021) 36662014 Salari 306@yahoo.com
2. Faculty Member, Dept. of Environmental and Energy, Islamic Azad University, Sciences and Research Branch, Tehran
3. Prof., Dept. of Chemical Eng., Sharif University of Technology, Tehran
4. Assoc. Prof., Faculty of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Science, Tehran
5. Managing Director of Water and Wastewater Co., Tehran

Archive of SID
www.SID.ir

constructed Wetland, was the common straw, scientifically named as Pharagmites Australis and role of the pilot constructed Wetland was considered refining pollution, using this type of plant. It was supposed that the said project decreases the items P, N and some other parameters including TSS, COD and BOD and brings them within limits of the ecological standards. Tests were carried out according to the method, showing following results:(1)BOD input & output averages is 57± 31 and 8 ± 4 mg/l respectively, while its average elimination percentage is %79 ±15.(2)COD input & output averages is 97 ± 47 and 24 ±12 mg/l respectively, while its average elimination percentage is %70 ±16.(3)TSS input & output averages is 40 ± 47 and 5 ± 4 mg/l respectively, while its average elimination percentage is %76 ±16.(4)TN input & output averages is 13 ± 6 and 4 ± 3 mg/l respectively, while its average elimination percentage is %59 ± 26.(5)TP input & output averages is 7 ±7 and 8 ± 9 mg/l respectively, while its average elimination percentage is %86 ± 12.

Keywords: Naturd Wastewater Treatment, Artificial Wetlands, Rural Wastewater.

۱- مقدمه

تالاب زمین‌هایی هستند که سطح آب در آنها در طی سال به‌مدت طولانی بالای سطح زمین یا نزدیک سطح زمین قرار دارد. این امر به حفظ شرایط اشباع خاک و رشد گیاهان مورد نظر کمک می‌کند [۱]. در این شرایط، انتقال اکسیژن از هوا به داخل خاک کند و خاک به‌جز در چند میلی‌متری سطح آن، بی‌هوازی است [۲]. تولیدکنندگان اولیه و اصلی در تالابها، گیاهان آبزی یا جلبک‌های غیر پلانکتونی هستند. به بیان دیگر تالاب، زمین پر آبی با عمق کمتر از ۰/۶ متر است که امکان رشد گیاهان از آب، نظیر دم‌گربه، علف بوریا، نی، جگن را فراهم می‌کند. این گیاهان سطوحی را برای چسبیدن فیلم‌های باکتری فراهم و به کاهش عاملهای آلاینده فاضلاب کمک می‌کنند. این گیاهان همچنین اکسیژن را به ستون آب انتقال و رشد جلبک را با محدود کردن نفوذ نور آفتاب کنترل می‌کنند. تالاب را می‌توان به دو دسته عمده تالابهای طبیعی و تالابهای مصنوعی تقسیم‌بندی کرد [۳].

تالابهای طبیعی[1] بدون دخالت انسان ایجاد و به‌عنوان آبهای پذیرنده عمل می‌کنند، دارای خاکهای آلی معین، با شرایط احیا شده[2] هستند. تالاب مصنوعی توسط انسان ایجاد می‌شود برای تصفیه انواع متنوعی از فاضلابهای شهری، صنعتی، کشاورزی، سیلابها، آبهای سطحی آلوده و دریاچه‌ها مناسب هستند [۴]. این تالابها بر حسب نحوه جریان فاضلاب در آنها، به سه گروه سیستم تالاب مصنوعی با جریان افقی[3]، جریان عمودی[4] و مرکب[5] طبقه‌بندی می‌شوند [۵].

در تالاب مصنوعی با جریان افقی که این پژوهش بر اساس آن انجام شد، فاضلاب موازی با امتداد بستر جریان می‌یابد و در حین حرکت به انتهای پایلوت تصفیه می‌گردد. در این نوع تالاب بر حسب این که آب در بالا یا در زیر سطح خاک قرار گیرد به دو گروه، تالاب با جریان سطحی[6] و تالاب با جریان زیر سطحی[7] تقسیم می‌شوند [۴].

تالابهای با جریان افقی زیرسطحی شامل کانال‌ها یا ترانشه‌های با کف به نسبت نفوذناپذیر هستند. داخل این ترانشه‌ها توسط یک محیط متخلخل خنثی مانند خاک[8]، شن[9]، سنگ[10]، و گراول[11] پر شده و در قسمت فوقانی آن، گیاهان برآمده مناسب کاشته شده است [۵].

از سال ۱۹۷۰ میلادی تاکنون در کشورهای مختلف از جمله آلمان، هند، چین، استرالیا و آمریکا مطالعات زیادی انجام شده است. در اوریل ۱۹۹۷ نخستین تالاب مصنوعی به وسیله آهن[12] و کونگ[13] با هدف تصفیه فاضلاب خانگی با جریان سطحی به ۲۰×۲۰ متر ساخته شد [۶]. در سال بعد نوع توسعه یافته آن توسط آهن و همکاران با جریان زیر سطحی با ابعاد ۱۵×۱۶ متر احداث شد [۷]. چی‌ها او فان و همکاران[14] تأثیر انواع تالاب در حذف آلاینده‌ها را مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد راندمان حذف BOD_5، ۶/۷±۸۹/۹ درصد است و درصد حذف آمونیاک ۳/۵±۹۳/۵ است. فسفر نیز به میزان کلی ۱۲/۲± ۷۶ درصد توسط گونه‌های مختلف نی حذف شد [۸]. توسط آقای نوردین[15] در سال ۲۰۰۶ مطالعه‌ای در دانشگاه مالزی برای تصفیه فاضلاب بسیار قوی انجام داد. نتایج نشان داد که مکانیسم‌های ته‌نشینی و فیلتراسیون نسبت به فرایندهای بیولوژیکی که با گیاهان و جمعیت باکتریایی مرتبط است دارای تأثیر بیشتری در حذف TS است [۹].

[1] Natural Wetlands
[2] Reduced
[3] Horizontal flow
[4] Vertical flow
[5] Combined systems

[6] Free Water Surface (FWS)
[7] Subsurface flow (SF or SSF) (SFS)
[8] Solid
[9] Sand
[10] Rock
[11] Gravel
[12] Ahn
[13] Kong
[14] Chihhao fan et al.
[15] nordin

Archive of SID

www.SID.ir

در سال ۲۰۰۱ تحقیقی توسط پارک و همکاران[1] در استفاده از تالاب با ترکیبی از جریان سطحی و زیر سطحی و با استفاده از نی *فاراگماتیس ژاپونیکا*[2] در تالابی به ابعاد ۴۰ متر طول و ۲۰ متر عرض به‌روش هوازی انجام گرفت. در این روش نتایج حاصل از تصفیه ۱۰۰ تن فاضلاب خانگی در سال برای حذف BOD، SS ،T-N و T-P مورد پایش قرار گرفت و بازدهی حذف در این پارامترها به‌ترتیب ۲۳، ۳۰، ۸۰ و ۸۴ درصد بود [۱۰].

اس دی والاس[3] استفاده از تالابها را برای تصفیه فاضلاب صنایع مانند روغن، معادن، محصولات غذایی، صنایع هوایی و غیره مورد مطالعه قرار داد که این مطالعه اهمیت استفاده از تالاب را درتصفیه فاضلاب صنایع درآینده نشان می‌دهد [۱۱]. بی پاسی و همکاران[4] نیز در سال ۱۹۹۸مطالعه‌ای را روی نی *فاراگماتیس* روی تالاب زیر سطحی ناپیوسته با جریان افقی، روی فاضلابهای خانگی و محصولات زائد فصلی انجام دادند که در این حالت BOB_5 از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به زیر ۲۰ میلی‌گرم در لیتر رسید [۱۲].

در ایران نیز تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از تالاب برای تصفیه فاضلاب صورت گرفته است که بررسی عملکرد سیستم تالابهای مصنوعی در تصفیه فاضلاب معدن سنگ آهن مرکزی ایران- بافق نمونه‌ای از آن است که در آن میزان حذف آهن و منگنز به‌ترتیب ۹۷/۷ و ۹۲/۵ درصد است. همچنین میزان جامدات معلق و کدورت به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است [۱۳]. در مطالعه دیگری بررسی حذف فلزات سنگین توسط تالابهای مصنوعی انجام شد که در آن حذف کروم در تالاب مصنوعی ۹۹/۹۹ درصد به‌دست آمد و با زیاد شدن زمان ماند در حالت مذکور، راندمان حذف کروم نیز افزایش یافت [۱۴].

در پژوهش دیگری عملکرد تالابهای مصنوعی در جریان ناپیوسته با ترکیب پیش‌تصفیه برای تصفیه فاضلاب شهری بررسی شده که در آن متوسط بازده حذف BOD5 ، TSS ، TKN ، TP و TC به‌ترتیب ۹۲،۹۷ ،۹۷/۵ ، ۹۷ و ۹۵/۷۵ درصد گزارش شده است [۱۵]. بررسی تجمع وجذب جیوه وآرسنیک فاضلاب شهری وصنایع در سه گونه از گیاهان آبی *فراگماتیس استرالیس*[5]، *اسکیرپوس*[6]، *تیفا لاتیفولیا*[7]، در بافتهای هوایی وزمینی آنها در دزفول نشان داده است که تجمع As و Hg در بافت زمینی آنها بیشتر از بافت هوایی است. در ضمن در این میان به‌ترتیب *فراگماتیس استرالیس* و *اسکیرپوس*، بیشتر از *تیفا لاتیفولیا* در جذب این دو عنصر نقش دارند که نسبت جذب در بافت زمینی به هوایی در آرسنیک۸۵/۳ و در جیوه ۱۰۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم برای *فراگماتیس استرالیس* و برای اسکیرپو، ۱۹/۷ در آرسنیک و ۳۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در جیوه است [۱۶].

یک نمونه دیگر از مطالعات انجام شده در ایران، بررسی تجمع و جذب نیتروژن و فسفر در سه غلظت و در چهار گونه از گیاهان آبی *فراگماتیس استرالیس*، *اسکیرپوس*، *تیفا لاتیفولیا* و *آلیسما پلانتاگو*[8] در شرایط هوازی ونیمه هوازی در دزفول بوده که نتایج حاکی از آن بود که *فاراگماتیس استرالیس* و *تیفا لاتیفولیا* بیشترین پتانسیل را برای جذب مواد نوترینتی از فاضلاب خانگی تحت شرایط هوازی و نیمه هوازی دارند [۱۷]. مورد دیگر حذف فلزات سنگین مانند مس و کروم توسط نی *فراگماتیس استرالیس* و مقایسه آن با یک نمونه شاهد بدون نی است که در آن فلز مس با غلظتهای ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر در زمان ماند ۲ روز و کروم ۶ ظرفیتی با غلظتهای ۲، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بررسی گردیده است که نتایج حاصله بیانگر آن است که با افزایش غلظت مس از ۲ به ۱۵ میلی‌گرم در لیتر، بازده حذف در تالاب مصنوعی از ۱۰۰ به ۹۸ درصد و در شاهد از ۹۹/۴ به ۹۳/۵۳ درصد کاهش می‌یابد و کروم در زمان‌های ماند ۱، ۳ و ۵ روز به‌ترتیب افزایش بازده را نشان داد که البته با افزایش زمان ماند، بازده حذف کروم نیز تا حدود ۹۹/۹۹ درصد افزایش یافته است[۱۸].

در همه تحقیقات مذکور، به نقش تالاب و کارایی آن در حذف پارامترهای مختلف انواع فاضلابها توجه ویژه‌ای شده است. ولی در خصوص بهره‌برداری از این پایلوت به‌روش سیستم جمع‌آوری فاضلاب با قطر کوچک[9] گزارش مستندی در مورد ازت و فسفر به‌صورت صحرایی وجود ندارد. در سیستم SDGS پساب هر واحد مسکونی بعد از اینکه از سپتیک تانک موجود در هر واحد خارج می‌شود، همراه دیگر پسابهای خارج شده از منازل دیگر با لوله‌های با قطر کم وارد خط انتقال روستا شده، سپس به پایلوت وارد می‌شود. این تحقیق با هدف یافتن روشهای نوین برای حذف ازت و فسفر و جلوگیری از ورود آنها به آبهای زیرزمینی و در نهایت پیشگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی انجام شد. از طرفی با توجه به این که گیاه موجود در تالابها در فصل زمستان خشک می‌گردد، پایلوت در این تحقیق در فصل زمستان به صورت گلخانه‌ای محافظت شد و بازدهی سیستم و ضرورت بررسی شرایط مذکور در کارایی آن، در یک سیکل یکساله مورد بررسی قرار گرفت.

[1] Park et al.
[2] *Pharagmites Japonica*
[3] Wallace
[4] B Pucci et al.
[5] *Pharagmites Australis*
[6] *Sirpus*
[7] *Typha latifpholia*
[8] *Alisma plantago*
[9] Small Diameter Gravity System (SDGS)

www.SID.ir
Archive of SID

هدف اصلی از انجام این تحقیق تعیین راندمان حذف و کارایی سیستم وتلند نوع زیرسطحی، در حذف N و P در فاضلاب روستای مراد تپه برای مناطق با شرایط آب و هوایی و دیگر پارامترهای مشابه بود. اهداف جزیی آن نیز یکی تعیین راندمان و کارایی سیستم تالاب مصنوعی SFS اصلاح شده در حذف N و P در تصفیه فاضلاب شهری و مورد دیگر تعیین راندمان و کارایی سیستم وتلند مصنوعی اصلاح شده درحذف TSS،COD،BOD در فصلهای سرد و گرم سال بود. فرض بر این بود که سیستم تالاب، هم قادر به حذف ازت و فسفر است و هم تغییرات درجه حرارت در راندمان حذف پارامترهای مزبور مؤثر است.

۲- روش تحقیق

به‌منظور بررسی کارآمدی سامانه تالاب در تصفیه فاضلاب روستایی، پایلوتی از جنس ورق گالوانیزه به طول ۲۰ و عرض ۰/۳ متر و ارتفاع و عمق به ترتیب ۱ و ۰/۶ متر در روستای مراد تپه از توابع شهرستان کرج در بخش اشتهارد، دهستان رحمانیه با مختصات جغرافیایی طولی ۴۳۶۵۷۶ و عرضی ۳۹۵۴۹۵۷ ساخته شد و زمان تحقیق نیز از شهریور ۱۳۸۸ تا شهریور ۱۳۸۹ بود. در جدول ۱ مشخصات مواد محیطی که برای طراحی این گونه سیستم‌ها به‌کار می‌روند، آمده است . در شکل ۱ مرحله‌ای از ساخت پایلوت به تصویر کشیده شده است.

پس از احداث پایلوت، فورا کاشت نی *فاراگمیتس استرالیس* انجام شد. این گیاه در اکثر نقاط دنیا به وفور یافت می‌شود و دارای تحمل شوری PPT ۴۵ و pH بهینه ۲ تا ۸ و در دمای مطلوب ۱۲ تا ۳۳ درجه سلسیوس به‌خوبی رشد می‌کند. فاضلاب با دبی ۵۴۰ لیتر در شبانه روز و با زمان ماند هیدرولیکی ۱/۹روز، پایلوت را تغذیه می‌کرد.

پس از رشد نی‌ها و در مدت تحقیق که از تاریخ ۱۳۸۸/۹/۱۱ تا ۱۳۸۹/۶/۶ به‌طول انجامید در مجموع ۷۳ نمونه کلی و ۱۵۵ نمونه جزئی از ورودی و خروجی پایلوت برداشت شد و به علت محدودیت برای آنالیز نمونه‌ها در آزمایشگاه شرکت فاضلاب منطقه ۳ تهران و آزمایشگاه مرکزی شرکت آب و فاضلاب غرب استان تهران عاملهای COD,TSS,TP,TN و BOD به‌روش استاندارد ذکر شده در کتاب استاندارد متد سال ۱۹۹۱مورد آزمون قرار گرفت [۱۹].

جدول ۱- مشخصه‌های نمونه وار مواد محیطی برای طراحی سیستم پایلوت مورد نظر با جریان زیر سطحی

نوع ماده محیطی	حداکثر اندازه ۰/۱۰ دانه‌ها (mm)	تخلخل α	رسانندگی هیدرولیکی، $Ks(Ft^3/Ft^2.d)$	K_{20}
ماسه متوسط	۱	۰/۴۲	۱۳۸۰	۱/۸۴
ماسه درشت	۲	۰/۳۹	۱۵۷۵	۱/۳۵
ماسه شنی	۸	۰/۳۵	۱۶۴۰	۰/۸۶

شکل ۱- پایلوت تالاب در حال ساخت، روستای مراد تپه درسال ۱۳۸۸

www.SID.ir

۳- نتایج و بحث

BOD -۱-۳

از نتایج به‌دست آمده ازآزمایش‌های BOD مشخص گردید که BOD_5 ورودی دارای مقادیر حداقل و حداکثری است که میانگین آن ۵۷/۸۹ میلی گرم در لیتر و انحراف معیار آن ۳۱/۹۶ میلی‌گرم در لیتر بود و BOD_5 خروجی نیز دارای حداقل و حداکثری با میانگین ۸/۷۴ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۴/۷۷ میلی‌گرم در لیتر بود که حدود ۱۵/۷۱ ± ۷۹/۳۲ درصد BOD آن حذف گردید و مقدار BOD خروجی پایلوت از حداکثر ۱۶ میلی‌گرم در لیتر بیشتر نبود (جدول ۲). با توجه به مساحت ۶ متر مربعی بستر تالاب، بازده حذف به ازای هر متر مربع ۱۳/۲درصد بود که با افزایش سطح و زمان ماند، با همان دبی و عمق ثابت ۰/۶متر، به تبع راندمان نیز افزایش یافت. در تمام نمونه‌ها راندمان حذف BOD، تابع دما بوده و با افزایش و کاهش دما راندمان نیز کم و زیاد شد. گرچه تغییرات BOD ورودی زیاد بود ولی تغییرات BOD خروجی آن کم و دارای انحراف معیار ۴/۷۷ بود که علت آن نیز ناشی از عملکرد صحیح سیستم و فرایندهای بیولوژیکی مرتبط با حذف BOD آن بود.

با توجه به استانداردهای داخلی محیط زیست کشور که حداکثر مقدار را برای تخلیه در مصارف کشاورزی و آبیاری، ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و برای تخلیه در چاههای جذبی و آبهای سطحی ۳۰ میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد داده است، مقدار BOD خروجی پایلوت کمتر از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر بود. بنابراین تخلیه آن از نظر محیط زیست می‌تواند قابل قبول باشد.

COD -۲-۳

از نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های COD نیز مشخص شد که راندمان حذف COD پایلوت بدون در نظر گرفتن حداقل و حداکثر به‌طور متوسط ۷۰/۶۴۵ درصد با انحراف معیار ۱۶/۸۱درصد است (جدول ۲). COD ورودی دارای تغییرات زیادی بود ولی COD خروجی دارای حداکثری به میزان ۴۶میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۲۴/۴۴میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۱۲/۱۶ میلی‌گرم در لیتر بود که این راندمان به‌دلیل عملکرد فرایندهای بیولوژیکی موجود در سیستم به‌دست آمد. در این حالت نیز با توجه به مساحت ۶ متر مربعی بستر تالاب، بازده حذف به ازای هر متر مربع ۱۱/۷۷ درصد بود که با افزایش سطح و زمان ماند، با همان دبی و عمق ثابت ۰/۶ متر، به تبع راندمان نیز افزایش می‌یابد. در تمام نمونه‌ها راندمان حذف COD، تابع دما بوده و با افزایش و کاهش دما راندمان نیز کم و زیاد می‌گردید.

با توجه به استانداردهای داخلی محیط زیست کشور که حداکثر مقدار COD را برای تخلیه در مصارف کشاورزی و آبیاری ۲۰۰ و برای تخلیه در چاههای جذبی و آبهای سطحی ۶۰ میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد داده است، مقدار COD خروجی پایلوت پایین‌تر از ۶۰ بود و برای تخلیه، از نظر محیط زیستی قابل قبول بود.

TSS -۳-۳

راندمان حذف TSS بر اساس نتایج حاصله دارای مقدار متوسط ۷۶/۶۴۵ درصد با انحراف معیار ۱۶/۷۹درصد بود (جدول ۲). مقدار TSS ورودی در یک مورد ۱۸۱ میلی‌گرم در لیتر بود و خروجی نیز بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۱ و حداکثر ۱۸ میلی‌گرم در لیتر با میانگین ۵/۸۷ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۴/۵ میلی‌گرم در لیتر بود که در این حالت نیز با توجه به مساحت ۶ متر مربعی بستر تالاب، بازده حذف به ازای هر متر مربع ۱۲/۷۷ درصد شد که با افزایش سطح، با همان دبی و عمق ثابت ۰/۶ متر، به تبع راندمان نیز افزایش می‌یابد. علت حذف TSS، فرایند فیلتراسیون بستر است. در تحقیقی که در بررسی عملکرد ترکیب برکه‌های بی‌هوازی و وتلند در تصفیه فاضلاب صنایع نساجی در مناطق سردسیر صورت گرفته نیز بازده ۲/۴۲ درصد در دمای ۱۵- درجه سلسیوس به‌دست آمده که نشان می‌دهد ریشه‌ها به‌عنوان یک فیلتراسیون، قوی عمل می‌کنند [۲۰].

جدول۲- تغییرات ودرصد حذفBOD ،COD و TSS ورودی وخروجی تالاب پایلوت در روستای مراد تپه،نسبت به زمان درسال ۱۳۸۹-۱۳۸۸

پارامتر	ورودی			خروجی			راندمان حذف	
	مینیمم	میانگین / انحراف معیار	ماکسیمم	مینیمم	میانگین / انحراف معیار	ماکسیمم	مینیمم	میانگین / انحراف معیار	ماکسیمم
BOD	۱۵	۵۷/۹۸ ۳۱/۹۶	۱۲۰	۱	۸/۷۴ ۴/۷۷	۱۶	۲/۸۷	۷۹/۳۲ ۱۵/۷۱	۹۸/۴۸
COD	۳۲	۹۷/۶۵ ۴۷/۴۳	۱۹۲	۲/۷	۲۴/۴۴ ۱۲/۱۶	۴۶	۴۰	۷۰/۶۴ ۱۶/۸۱	۹۸
TSS	۱۲	۴۰/۱۷ ۶/۵۲	۱۸۱	۱	۵/۸۷۵ ۴/۵	۱۸	۴۸/۵۷	۷۶/۶۴ ۱۶/۷۹	۹۷/۷۹

www.SID.ir
Archive of SID

بنابر استانداردهای داخلی محیط زیست کشور که حداکثر مقدار TSS را برای تخلیه در مصارف کشاورزی و آبیاری ۱۰۰ و برای تخلیه در چاههای جذبی و آبهای سطحی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد داده است، مقدار TSS خروجی پایلوت کمتر از ۴۰ بود و بنابراین تخلیه آن از نظر محیط زیستی می تواند قابل قبول باشد.

TKN -۴-۳

TKN یا ازت کلدال[1] ورودی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۳/۱۶ و حداکثر ۲۲/۴۳ میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۱۳/۲۳ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۵/۳۴ میلی گرم در لیتر بود.

مقدار TKN خروجی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۰/۳۱ و حداکثر ۸/۶ میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۴/۶۳ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۲/۶۲میلی‌گرم در لیتر بود.

راندمان حذف TKN بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۱۸/۶درصد و حداکثر ۹۸/۴۶ درصد و میانگین ۶۱/۴۱ درصد با انحراف معیار ۲۳/۰۷ درصد بود.

NH_3 -۵-۳

آمونیاک ورودی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۶/۶۸ و حداکثر ۲۲/۵میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۱۳/۳۸میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۴/۹۷ میلی‌گرم در لیتر بود. مقدار NH_3 خروجی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۰/۰۸ و حداکثر ۷/۷۷ میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۴/۴۵ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۲/۳۳ میلی‌گرم در لیتر بود. راندمان حذف NH_3 بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۱۷/۶۶درصد و حداکثر ۹۹/۵۷ درصد و متوسط ۶۰/۴۵ درصد با انحراف معیار ۲۵/۷۳ درصد بود. نتایج حاصل از تحقیقات انجام شده در مقایسه عملکرد بسترهای تالاب با جریان زیر سطحی افقی و عمودی برای حذف آمونیاک در پسابهای صنعتی نیز نشان می‌دهد که درصد حذف آمونیاک در حالت ترکیبی و به‌طوری‌که چیدمان آن ابتدا افقی و بعد عمودی باشد، در بستر اول ۶۰ درصد و در بستر دوم ۹۵ درصد در خروجی ترکیب خواهد بود که این خود حکایت از آن دارد که تالابها در حذف آمونیاک صنعتی و شهری تقریباً به‌صورت یکسان عمل می‌کنند [۲۱].

NO_2 -۶-۳

مقدار نیتریت ورودی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۰/۰۱ و حداکثر ۰/۱میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۰/۰۴ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۰/۳۲میلی‌گرم در لیتر بود. نیترات خروجی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۰/۰۱ و حداکثر ۰/۸۴میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۰/۱۸میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۰/۳۲میلی‌گرم در لیتر بود. راندمان حذف نیتریت نیز بر اساس نتایج مزبور منفی بود که به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. پساب خروجی علی‌رغم افزایش مقدار و با در نظر گرفتن این که سایر پارامترها در حد استاندارد هستند، قابلیت استفاده درکشاورزی آبیاری، تخلیه به چاههای جذبی و آبهای سطحی را داشت.

NO_3 -۷-۳

نیترات ورودی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۰/۱ و حداکثر ۱۴/۴۱ میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۲/۲۸میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۴/۲۵ میلی‌گرم در لیتر بود. مقدار نیترات خروجی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۰/۰۴ و حداکثر ۶/۲۷ میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۱/۴۹ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۲/۱۵ میلی‌گرم در لیتر بود. راندمان حذف نیترات بر اساس نتایج مزبور منفی بود که به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافت. با توجه به استاندارد های داخلی محیط زیست، پساب خروجی مزبور علی‌رغم افزایش مقدار، قابلیت تخلیه در آبهای سطحی را دارد ولی نمی‌توان در چاههای جذبی آن را وارد کرد.

۳-۸- ازت آلی

ازت آلی ورودی براساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۰/۲۸ و حداکثر ۲/۶ میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۱/۱۴ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۰/۹۳ میلی‌گرم در لیتر بود. مقدار ازت آلی خروجی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۰/۰۵ و حداکثر ۱/۳۶ میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۰/۵۳میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۰/۴۱گرم در لیتر بود. راندمان حذف ازت آلی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۱ درصد و حداکثر ۸۸/۹۹ درصد و متوسط ۴۷/۶۶ درصد با انحراف معیار ۲۷/۱۵ درصد بود.

به‌طور کلی مشتقات ازت در سیستم ، تحت اثر فرایندهای نیتریفیکاسیون[2] و دنیتریفیکاسیون[3] ناقص، به یکدیگر تبدیل می‌شوند که البته میزان خروجی آنها بیشتر از ورودی به پایلوت بود که این موضوع در روستای مرادتپه نه تنها ضرر ندارد بلکه به‌دلیل استفاده از پساب در کشاورزی، مفید هم است ولی در جاهایی که

[1] Kejeldahl

[2] Nitrification

[3] Denitrification

Archive of SID
www.SID.ir

جدول۳- تغییرات و درصد حذفN ، P ورودی وخروجی تالاب پایلوت در روستای مراد تپه، نسبت به زمان درسال ۱۳۸۹-۱۳۸۸

پارامتر	ورودی			خروجی			راندمان حذف	
	مینیمم	میانگین / انحراف معیار	ماکسیمم	مینیمم	میانگین / انحراف معیار	ماکسیمم	مینیمم	میانگین / انحراف معیار	ماکسیمم
TN	۳/۳۹	۱۳/۳۷ / ۶/۹۴	۳۴/۳۷	۰/۳۹	۴۸/۸۳ / ۳/۱۷	۱۱/۰۷	۲۵/۳	۵۹/۲۲ / ۲۶/۱۱	۹۷/۸۷
TP	۱/۴	۷/۵۳ / ۷/۲۸	۲۳	۰/۰۵	۰/۸۶ / ۰/۸۹	۳/۳۶	۶۰/۷	۸۶/۱۷ / ۱۲/۳۷	۹۸/۵

حذف ازت مهم هست می‌توان با افزایش طول پایلوت راندمان حذف را افزایش داد.

TN -۹-۳

بر اساس نتایج حاصله میانگین ازت کل TN ورودی ۱۳/۳۷میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار آن ۶/۹۴ میلی‌گرم در لیتر و میانگین خروجی آن نیز ۴/۳۸ میلی‌گرم در لیتر با انحراف معیار ۳/۱۷ میلی‌گرم در لیتر بود. راندمان حذف TN به‌طور متوسط ۵۹/۲۲ درصد با انحراف معیار ۲۶/۱۱درصد بود (جدول ۳). در کلیه موارد مربوط به ترکیبات ازته، راندمان حذف پارامترهای ازت به جزNO_3 و NO_2 مثبت بوده و در دو مورد مزبور منفی بود. به‌طور کلی حذف مواد آلی نیتروژن‌دار در تالاب به دو روش هوازی و بی‌هوازی بود که حذف هوازی توسط اکسیژن موجود در اطراف ریشه‌ها و حذف بی‌هوازی در منطقه دور از ریشه و در کف بستر توسط میکروارگانیسم‌های اختیاری نیتروژن و همچنین توسط فرایندهای نیتریفیکاسیون و دی نیتریفیکاسیون انجام می‌گردید.

PO_4 -۱۰-۳

مقدار فسفات ورودی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۱/۴ و حداکثر۲۳ میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۷/۵۳ میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۷/۸۶ میلی‌گرم در لیتر بود. فسفات خروجی بر اساس نتایج حاصله دارای مقادیر حداقل ۰/۰۵ و حداکثر ۳/۳۶ میلی‌گرم در لیتر، با میانگین ۰/۸۶میلی‌گرم در لیتر و انحراف معیار ۰/۸۹ میلی‌گرم در لیتر بود. بر اساس نتایج حاصله راندمان حذف به‌طور متوسط ۸۶ درصد با انحراف معیار ۱۲/۳۷درصد بود که با توجه به استانداردهای داخلی محیط زیست، مقدار P در پساب خروجی مزبور ۳/۳۶ میلی‌گرم در لیتر بود. مطابق تحقیقات انجام شده توسط ارسی والا[1] در برکه‌های تثبیت، حذف فسفر به دو روش جلبکی و ترسیب به‌صورت هیدروکسی آپاتیت کلسیم بوده است که این رسوب به شدت به pH وابسته است و در pH بیشتر از ۸/۲ بر میزان رسوبات افزوده می‌شود [۲۲]. در این روش حذف فسفر صرفاً در ترسیب در مدیای بستر و جذب در ریشه و مصرف گیاه خلاصه می‌شود [۲۳]. با توجه به مساحت ۶ متر مربعی بستر تالاب، بازده حذف به ازای هر متر مربع ۱۴/۳۳ درصد بود که با افزایش سطح و زمان ماند، با همان دبی و عمق ثابت ۰/۶ متر، به تبع راندمان نیز افزایش می‌یابد. در تمام نمونه‌ها راندمان حذف PO_4، تابع دما بوده و با افزایش و کاهش دما راندمان نیز کم و زیاد می‌شد.

با در نظر گرفتن این که سایر پارامترها در حد استاندارد هستند، می‌توان فاضلابی که به‌روش تالابی تصفیه می‌شود را به آبهای سطحی و چاه جذبی وارد کرد.

۴- نتیجه‌گیری

۱- تالابهای مصنوعی در صورت راهبری مناسب، روش مطمئنی برای تصفیه فاضلاب روستایی و حصول استانداردهای محیط زیستی هستند، بنابراین تخلیه پساب آنها از نظر محیط زیستی در اغلب موارد می‌تواند قابل قبول باشد.

۲- بهره‌برداری از تالابهای مصنوعی در صورت در دسترس بودن زمین کافی، روش مناسبی برای تصفیه فاضلاب روستایی مخصوصاً به روش SDGS در مناطق دور دست ایران است.

۳- به‌کارگیری سیستم‌های پیشرفته تصفیه در نقاط دور افتاده کشور مشکلاتی در بر دارد و هزینه مرتبط با به‌کارگیری افراد متخصص در زمینه بهره‌برداری و نگهداری آنها بالا است. در صورتی که تالابها بر خلاف سیستم‌های متداول در حذف ازت و فسفر، کم هزینه هستند.

[1] Arceivala

Archive of SID
www.SID.ir

۴- تالابهای مصنوعی یکی از مناسب‌ترین تکنولوژی‌های کاربردی برای کشورهای در حال توسعه هستند.
۵- بهره‌برداری و نگهداری از تالابها به سهولت امکان پذیر است.
۶- راندمان مناسب در حذف آلاینده‌ها و از دیگر مشخصات تالابها است.
۷- با افزایش طول پایلوت می‌توان راندمان حذف ازت را افزایش داد.
۸- اثر دما روی BOD، COD، PO_4 کاملاً مشهود است و با افزایش و کاهش دما راندمان‌های این پارامترها نیز کم و زیاد می‌شود ولی روی بقیه پارامترها بی تأثیر است.

۵- مراجع

1- Crites, R.W.(1994). "Design criteria and practice for constructed wetlands." *Water Science and Technology*, 29 (4),1-5.
2- Tchobanaglus, G., Burton, F., and Stensel, D. (1991). *Wastewater engineering treatment, disposal reuse*, 3rd Ed., McGraw–Hill, Metclf and Eddy International Edition Engineering Series.
3- Yousefi, Z. (2001). "The role of dark lily on removing Bacteria from sewage plant in a subsurface wetland system." *Research and Scientific J. of Mazandaran University of Medical Science*, 31, 7-15.
4- Gholi Badlyans Kandy, G. (2002). *The design of physical, chemical biological sewage*, Water and Electricity Industry Pub., Shahid Abbaspour. (In Persian)
5- Razavian, S.O. (2009). "Enuluating the role of artificial wetland in rural wastewater treatment." M.Sc. Thesis, School of Natural and Agriculture Resources, Islamic Azad University, Science and Research Branch. (In Persian)
6- Ahn, T. S., and Kong, D. S. (1998). "Application of ecotechnology for nutrients removal." Chou, C.H., and Shao, K.T. (Eds.), *Frontiers in Biology*, IUBS, Seul, Korea.
7- Ahn, T.S., Park, H. J., and Kim, D.S. (2000). "Three types of artificial wetland for wastewater treatment." *Proc*." *Ecotechnology in Environmental Protection and Fresh Water Lake Management*, Chunchon, Korea, 127-131.
8- Fan, Ch., Chang, F.Ch., Ko, Ch.H., Sheu, Y.Sh., Teng, Ch.J., and Chang, T.Ch. (2009). "Urban pollutant removal by a constructed riparian wetland beforetyphoon damage and after reconstruction." *Ecological Engineering*, 34, 424-243.
9- Nordin, N.A. (2006). "Leachat treatment using constructed wetland with magnetic fild." M.Sc. Thesis, Malaysia University.
10- Park, H.J., Ahn, T.S., and Kim, D.S. (2001). "Artificial wetland for wastewater treatment system." <http://www.nwl.ac.uk/research/cairoworkshop/papers/WASTEWATER/ws2_4.pdf>. (Jan. 25, 2011)
11- Wallace, S. D. (2010). "Aplication of constructed wetland for industrial wastewater treatment Available." <http://www.naturallywallace.com/docs/53_Application%20Of%20Industrial%20WW%20Treatment.pdf.> (Jan. 25, 2011)
12- Pucci, B., Conte, G., Martinuzzi, L., Giovamell., L., and Masi, F. (1998). "Design and performance of a horizontal flow constructed wetland for treatment of dairy and agricultural wastewater in the "chianti" countryside." Ava <http://www.google.com/search?hl=en&source=hp&q= DESIGN + AND + PERFORMANCE + OF + A + HORIZONTAL + FLOW&btnG=Google+Search&aq=f&aqi=&aql=&oq=>. (Jan. 25, 2011)
13- Naddafi, K., Mofizi, A., Baik, R., and Safariabadi, A. (2009). "A paper about evaluating the effect of artificial reedy system on wastewater treatment in iron ore of Iran-bafgh central mine." *Seminar on Efficiency of Wastewater Treatment System Using Wetland Method in Kermanshah*, (In Persian)
14- Manshouri, M., and Vosoughi, M. (2009). "A Paper a bout removing heavy metals by Bartificial Wetlands." *Second National Conference on Environmental Health*, Tehran. (In Persian)
15- Rahmani Sani, A., Mehrdadi, N., Azimi, A.A., and Torabian, A. (2007). "A Paper a bout evaluating performance of artificial wetlands in the discontinuous flow for treatment of municipal wastewater." *J. of Water and Wastewater*, 70, 32-39. (In Persian)
16- Afrous, A., Manshouri, M., Liaghat, A., Pazira, E., and Sedghi, H. (2010). "Accumulation of mercury and arsenic in three species of aquatic plants in Dezful, Iran." *IDOSI Publications, World Applied Sciences Journal*, 10 (8), 911-917.
17- Afrous, A., Hedayat, N., Liaghat, A., Mohammadpour, M., and Manshouri, M. (2010). "Accumulation and uptake of Nitrogen and Phosphorous by four species of aquatic plants under arid and semi-arid conditions of Dezful, Iran." *IDOSI Publications, World Applied Sciences Journal*, 10 (8), 886-891.
18-Manshouri, M., Vosoughi, M., Imandel, K., Borgheie, S.M., and Badkhobi, A. (2000). "Removing heavy metals by artificial wetland." *J. of Water and Wastewater*, 31, 28-40. (In Persian).
19- APHA. (1991) *Standard method for the examination oF water and wastewater*, 17th Ed., APHA., AWWA. and WEF., Washington D.C.
20- Sorayee Zadeh, A., Azimi, A., Mehrdadi, N., and Daihim, H. (2006). "A paper about evaluating the combination of anaerobic ponds and wetland in wastewater treatment of textile industries in cold regions." *The first Conference on Environmental Engineering*, Tehran University, Tehran. (In Persian)
21- Kouhestanyan, A., Abaseian, Z., and Hosseini, S. M. (2008). "A paper about comparing between the performance of wetland bed and, vertical and horizontal subsurface flow for removing ammonia from industrial wastewater." *4th Specialty Conference on Environmental Engineering*, Tehran. (In Persian)
22- Soil, J., and Arceivala, S. (1998).*Wastewater treatment for polloution control*, Tata McGraw-Hill Publ. New Dehli.
23- Otto, R.S., Corvalan, C., Gregory, C.O., and Ramirez-zea, M. (2006). "Plant species and temperature effect on the K-C* first-order model for COD removal in batch-loaded SSF wetlands." *Ecological Engineering*, 40(2)100-112.

Archive of SID

www.SID.ir