



اثر جنس بستر بر راندمان حذف سرب در تالاب مصنوعی

سعید طاهری قناد^{۱*}

۱. گروه علوم و مهندسی آب، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

*مسئول مکاتبات: Email: saeed.taheri@iau.ac.ir

چکیده

با توجه به کمبود منابع آب و خشکسالی‌های اخیر، تصفیه فاضلاب‌های صنعتی یک فاکتور اساسی برای حفاظت محیط زیست و تامین منابع آب مورد نیاز مصارف کشاورزی محسوب می‌شود. سرب یکی از سمی‌ترین آلاینده‌های فاضلاب‌های صنعتی است. بنابراین حذف آن از منابع آب و خاک الزامی است. در این تحقیق اثر سه جنس مختلف بستر بر راندمان حذف سرب در تالاب مصنوعی افقی زیر سطحی تحت کشت نی معمولی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد برای بستر شن، گراول ریز و گراول متوسط به ترتیب با حداکثر راندمان 81/53 و 80/35 بدست آمد، به طوری که بستر شن از راندمان بالاتری نسبت به دویستر دیگر برخوردار بود و جنس بستر اثر معنی دار در سطح 5 درصد بر روی راندمان حذف سرب داشت. نتایج نشان داد بستر شن اثربخشی بیشتری در رابطه با تشدید فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موثر در حذف سرب فاضلاب مصنوعی داشته است.

واژگان کلیدی: تالاب مصنوعی افقی زیر سطحی، راندمان حذف سرب، جنس بستر.

مقدمه

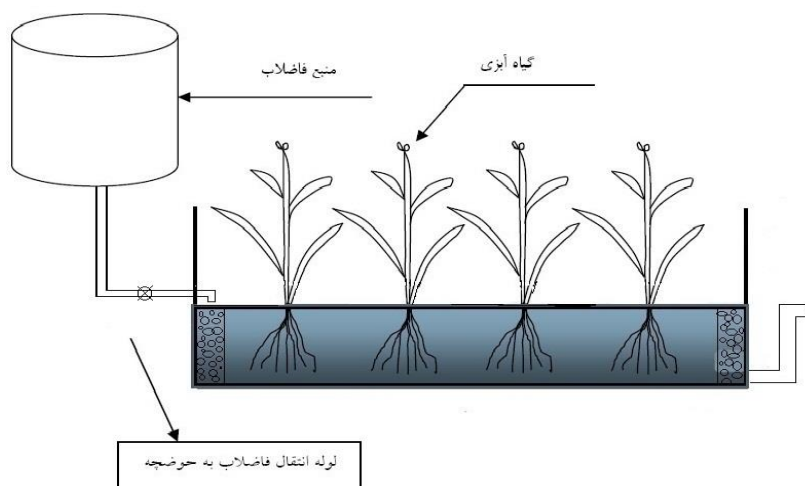
صنعتی شدن روز افزون کشورهای در حال توسعه و نیازبیش از پیش آن‌ها به فلزات سنگین سبب شده است که غلظت این فلزات در فاضلاب‌های شهری و صنعتی به طور چشمگیری افزایش یابد فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی محسوب می‌گردند (Usefi et al., 2012). محققان معتقدند که در حال حاضر مجموع سمیتی که در اثر فلزات سنگین به محیط زیست وارد می‌شود بیش از سمیت تمام زباله‌های آلی و مواد رادیواکتیو است. این فلزات به صورت محلول در آب و خاک وارد شده و باعث آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شوند و سلامت انسان‌ها و جانوران به خطر می‌افتد. بنابراین باید نسبت به حذف چنین موادی از منابع آبی هرچه سریعتر اقدام نمود تا گامی مثبت در جهت توسعه پایدار برداریم. در راستای رسیدن به چنین هدفی روش‌های مختلفی برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب‌ها وجود دارد که شامل الکترودیالیز، اسمز معکوس، ترسیب شیمیایی، روش‌های متداول تصفیه بیولوژیکی و... می‌باشد (Usefi et al., 2012). استفاده از این روش‌ها برای حذف فلزات سنگین، هزینه‌های زیاد اولیه، بهره‌برداری و نگهداری بالا، نیاز به تخصص و مهارت اپراتور و مصرف زیاد انرژی همراه است. لذا دانشمندان و محققان به دنبال استفاده از سیستم‌هایی با تکنولوژی پایین تر، اما کارایی بالا بوده‌اند که وتلندهای مصنوعی پاسخی به این نیاز بوده است. بنابراین جهت رفع این محدودیت‌ها، تصفیه طبیعی فاضلاب‌ها توسط وتلندهای مصنوعی زیرسطحی مورد بررسی قرار گرفت. یکی از روش‌های طبیعی در تصفیه فاضلاب‌ها با استفاده از تالاب‌ها یا نیزارهای مصنوعی است. به علت هزینه‌های ساخت، بهره‌برداری و نگهداری پایین نیزارهای مصنوعی و همچنین توانایی بالای آن در حذف آلودگی‌های موجود در فاضلاب شهری و صنعتی و نیاز به انرژی کم، استفاده زیادی از آن می‌شود نیزارها سیستم‌های طبیعی هستند که حد واسط بین خشکی و اکوسیستم‌های آبی می‌باشند و شامل گیاهان برونائی، خاک و اجتماع میکروبی است (Abidi et al., 2009). محققین فراوانی روی مکانیسم‌های موجود در نیزارهای طبیعی تحقیق کردند. نتیجه این تحقیقات، ساخت نیزارهای مصنوعی است که طی آن فرآیند حذف آلاینده‌ها را سرعت می‌بخشد فلزات موجود در فاضلاب‌ها در داخل نیزارها با مکانیسم‌های مختلفی چون جذب گیاهی، ته‌نشینی شیمیایی و فیزیکی، تبادل یون و جذب بر روی خاک و جذب بیولوژیکی توسط بیوفیلم، واکنش با ترکیبات آلی و معدنی و... جدا



می‌شوند به طور کلی نیازهای مصنوعی بر اساس نوع جریان فاضلاب به دو گروه اصلی با جریان سطحی و زیر سطحی تقسیم می‌شوند (Cortes-Esquivel et al., 2012; Kröpfelová et al., 2009). تصفیه فاضلاب و حذف فلزات سنگین از منابع آب، یک فاکتور اساسی برای حفاظت محیط زیست و سلامتی انسان محسوب می‌شود (Usefi et al., 2012). لذا شناخت و تشخیص روش‌های ارزان قیمت و با کارایی بالا برای کاهش یا حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی اهمیت بسیار زیادی دارد [9 و 8]. تالابهای مصنوعی با استفاده از گیاهان آبرزی می‌تواند عملیات تصفیه فاضلاب را به طرز موثرتر و با هزینه‌های کمتری در مقایسه با دیگر سامانه‌ها انجام دهد. در این روش پس از عبور فاضلاب از یک بستر مصنوعی ساخته شده با مواد مناسب، آلاینده‌های موجود در فاضلاب تا حد زیادی حذف می‌گردند. در این سامانه‌ها فرآیندهای طبیعی میکروبی، بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی جهت تصفیه فاضلاب صورت می‌گیرد که معمولاً با چهار نوع جریان به صورت‌های زیرسطحی، سطحی، عمودی و هیبرید اجرا می‌شوند (Usefi et al., 2010; Vymazal, 2012). راندمان تصفیه در این سیستم‌ها بستگی به جنس بستر، نوع و طراحی تالاب، زمان ماند هیدرولیکی، میزان بار هیدرولیکی، فعالیت میکروارگانیسم‌ها، نوع گیاه و شرایط اقلیمی دارد و برای بهترین راندمان به میزان بار هیدرولیکی کم و زمان ماند طولانی نیاز دارند (Kumar Choudhary and Kumar Sharma, 2011). با توجه به اهمیت و ضرورت تحقیق، هدف اصلی از انجام این تحقیق بررسی اثر جنس بستر و تغییر زمان ماند هیدرولیکی (HRT) بر راندمان حذف سرب در شرایط تالاب مصنوعی افقی زیر سطحی تعریف شد.

مواد و روش‌ها

سامانه نیزار مورد استفاده در این تحقیق شامل 9 مکعب مستطیل فلزی که از جنس آهن گالوانیزه به طول 1 متر عرض 0/3 متر و عمق 0/35 متر ساخته شدند. این طرح شامل سه جنس مختلف بستر در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به اجرا در آمد. جنس‌های بستر انتخابی شامل شن، گراول ریز و گراول متوسط که به طور یکنواخت در سامانه‌ها ریخته شد. در بخش ورودی و خروجی سامانه‌ها نیز از قلوه سنگ‌هایی به قطرهای 100-50 میلی‌متر استفاده شد تا فاضلاب به محض ورود به داخل بستر نفوذ کرده و از جاری شدن آن روی بستر جلوگیری به عمل آید. علاوه بر آن یک توری فلزی ریز و گراول در جلوی حفره خروجی جریان قرار داده شد تا از خروج بستر از سامانه نیزار به درون نمونه‌های خروجی فاضلاب به واسطه جریان زهکشی جلوگیری گردد. پس از آماده سازی سامانه، بسترهای مذکور به عمق 30 سانتی‌متر در سامانه‌ها ریخته شد و پس از آن نشاهای نی فراگمیتس در تاریخ 1392/4/17 از کنار کانال‌ها و زهکش‌های موجود در منطقه جمع آوری شد و بلافاصله در بسترها به فاصله حداقل 10 سانتی‌متر و عمق 20 سانتی‌متر و به تعداد 20 گیاه در هر تالاب کشت شدند. حفظ فاصله کافی بین ریشه‌ها هنگام کاشت نی باعث افزایش جوانه‌ها، پاجوش‌ها و مصون ماندن ریشه‌ها از خشک شدن گردید. کلیه مراحل انجام تحقیق در دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول انجام شد. شکل 1 شماتیک نیزار مصنوعی زیر سطحی را نشان می‌دهد. در سامانه‌های مذکور بار سطحی و زمان ماند به صورت متغیر شامل چهار زمان ماند متغیر 1، 3، 5 و 10 روز انتخاب گردید. میزان دبی مورد نیاز و بار سطحی فاضلاب مصنوعی نیز بر اساس غلظت 10 میلی‌گرم در لیتر سرب اجرا گردید، با غلظت 10 میلی‌گرم در لیتر سرب نیز می‌توان به یک فاضلاب شبیه‌سازی شده و بالاتر از حد استاندارد سازمان محیط زیست ایران جهت تصفیه فاضلاب (مصارف آبیاری) دست یافت. به منظور تامین دبی مورد نیاز نیز از یک منبع 200 لیتری کالیبره شده مجهز به شیر خروجی استفاده گردید. دبی مورد نیاز برای هر کدام از سامانه‌ها پس از اندازه‌گیری خصوصیت فیزیکی و شیمیایی بستر با توجه به حجم تالاب و میزان تبخیر و تعرق روزانه محاسبه گردید. نتایج تعیین خصوصیت فیزیکی و شیمیایی بستر نیز در جدول 1 آمده است. منبع سرب نیز از نیترات سرب شرکت مرک با قابلیت انحلال بالا تهیه گردید.



شکل ۱: شماتیک تالاب مصنوعی زیر سطحی.

جهت اعمال تیمارها مدت زمان حدود 45 روز پس از کاشت سپری گردید، لذا شروع اعمال فاضلاب شبیه سازی شده در تیمارها تا مورخ 1392/6/1 به تعویق افتاد. به منظور تنظیم زمان ماند مختلف در سامانه ها، دبی ها و بار سطحی مختلفی تکرار شد. پس از اتمام هر کدام از زمان های ماند و خروج فاضلاب مصرفی، مدت زمان 5 روز با آب معمولی وارد سامانه ها شد تا علاوه بر شستشوی بستر، شرایط لازم برای مراحل بعدی آزمایش ها فراهم گردید. تکمیل چهار زمان ماند انتخابی حدوداً به مدت یک ماه انجام شد و کل آزمایشات در دو تکرار زمانی و ظرف مدت زمان دو ماه، تا مورخ 1392/8/12 انجام گردید. کلیه نمونه های مربوط به فاضلاب ورودی و خروجی با کمک دستگاه جذب اتمی مدل Perklim Elmer A Analyst 700 اندازه گیری شدند که نتایج آن به طور خلاصه در جدول 1 آمده است. با توجه به اندازه گیری های انجام شده، راندمان حذف سرب در فاضلاب خروجی بر اساس اختلاف غلظت فاضلاب ورودی و خروجی نسبت به غلظت فاضلاب ورودی محاسبه شد.

نتایج و بحث

مطابق اندازه گیری های بعمل آمده، غلظت سرب در نمونه خروجی در کلیه موارد کمتر از حد مجاز استاندارد FAO و EPA بود. بنابراین عملکرد سیستم در محدوده شرایط آزمایش در حد مطلوب بود (کمتر از 5 میلی گرم در لیتر) و زه آب تصفیه شده می تواند برای مصارف آبیاری استفاده گردد. مقایسه جفتی غلظت فاضلاب خروجی در سه جنس مختلف بستر و در زمان های ماند مختلف نیز نشان داد که به ترتیب بستر شن، گراول ریز و سپس گراول متوسط از عملکرد بهتری در کاهش غلظت فاضلاب خروجی برخوردار بودند. بنابراین می توان بسترهای مختلف را از نظر بهبود راندمان حذف سرب به ترتیب اولویت به صورت شن، گراول ریز و گراول متوسط رتبه بندی نمود. ضمناً، راندمان حذف سرب در فاضلاب خروجی (RE) بر اساس اختلاف غلظت فاضلاب ورودی و خروجی نسبت به غلظت فاضلاب ورودی محاسبه شد.

اندازه گیری های بعمل آمده نشان داد که دامنه تغییرات متوسط راندمان حذف در بستر شن در محدوده 83/63 تا 88/48، در بستر گراول نرم در محدوده 75/9 تا 81/63 و در بستر گراول متوسط در محدوده 75/15 تا 80/5 می باشد. علاوه بر آن با استفاده از نرم افزار SPSS18، اثر جنس بستر در راندمان حذف سرب فاضلاب خروجی در زمان های ماند مذکور مورد تحلیل آماری قرار گرفت که نتایج آن در جدول 1 نشان داده شده است که بر اساس آن اختلاف تیمارها در بستر گراول ریز و متوسط و در زمان های ماند یک روزه در سطح 5 درصد معنی دار نبود، در حالی که بستر شن نسبت به دو بستر دیگر از اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد برخوردار بود که بر اساس آن بیشترین راندمان حذف در بستر شن به میزان 84/57 درصد و در دو بستر گراول ریز و متوسط به ترتیب 76/7 و 76 درصد محاسبه گردید. نتایج تحلیل آماری در زمان های ماند 3 روز و 5 روز نشان می دهد که بین هر سه بستر اختلاف معنی دار در سطح 5 درصد وجود داشت. بنابراین جنس بستر، اثر معنی دار بر راندمان حذف سرب داشت. نحوه تغییرات راندمان حذف برای این سه بستر نسبت به زمان ماند در شکل



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

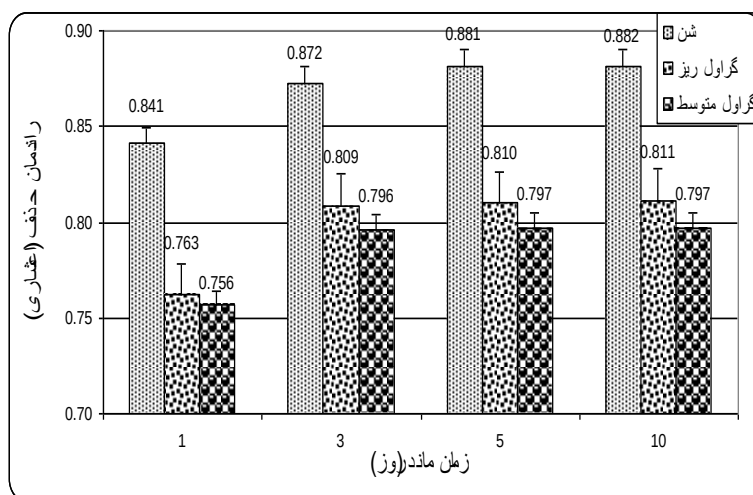
زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

2 آمده است مطابق با آن حداکثر راندمان 88/51، 81/53 و 80/35 برای بسترهای شن، گراول ریز و گراول متوسط به ترتیب در زمان‌های ماند بهینه 5، 3 و 3 روز بدست آمد. تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد بستر شن از مقدار راندمان بالاتری نسبت به دو بستر دیگر برخوردار بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بستر شن اثربخشی بیشتری در رابطه با تشدید فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موثر در حذف سرب داشته است. به نظر می‌رسد با کاهش قطر ذرات بستر و افزایش تخلخل خاک منجر به افزایش سطح موثر بستر می‌شود و به دنبال آن افزایش سطح موثر بستر منجر به افزایش سطح تماس بستر با فاضلاب و فعالیت بیشتر میکروارگانیسم‌ها خواهد شد. Akkratos و Tsihrintzis (2007)، اثر جنس بستر و زمان ماند هیدرولیکی را بر کارایی تالاب مصنوعی زیر سطحی در مقیاس پایلوت مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که جنس بستر با گراول ریز از راندمان حذف بالاتری نسبت به گراول متوسط و در شرایط کشت تیفا برخوردار است که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت. Arroyo و همکاران (2013) اثر جنس بستر، نوع گیاه را بر روی جامعه باکتری‌های موثر در حذف روی و آرسنیک را در تالاب‌های مصنوعی مورد بررسی قرار داد و نتیجه‌گیری نمود که گیاه نی نسبت به گونه‌های دیگر اثر بیشتری بر روی فراوانی و تنوع باکتری‌های موثر در حذف آلاینده‌ها دارد. بنابراین نقش گیاه نی را در مکانیسم‌های بیولوژیکی بسیار قابل توجه بیان کردند. محققان دیگر نیز در تحقیقات مشابه نتیجه گرفتند که تالاب با بستر شن نسبت به بسترهای گراول ریز و متوسط از راندمان حذف بالاتری برای مس و روی برخوردار است (Cortes-Esquivel et al., 2012; Kröpfelová et al., 2009).

در پایان نتایج تحلیل جنس بستر نشان داد که جنس بستر در زمان‌های ماند 1، 3 و 5 روزه اثر معنی دار در سطح 5 درصد ($p < 0.05$) بر راندمان حذف سرب داشت، به طوریکه بستر شن از راندمان بالاتری نسبت به دوبستر دیگر برخوردار بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بستر شن اثربخشی بیشتری در رابطه با تشدید فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موثر در حذف سرب فاضلاب مصنوعی داشته است و می‌توان از آن جهت انتخاب بستر تالاب‌ها استفاده نمود. در این تحقیق از فاضلاب صنعتی شبیه‌سازی شده استفاده شد. بنابراین نیاز است در تحقیقات مشابه از فاضلاب‌های طبیعی در بسترهای مختلف مورد بررسی قرار گیرد، چرا که این فاضلاب‌ها معمولاً حاوی مواد معلق هستند که می‌توانند بر روی گرفتگی بستر تالاب موثر باشند. بنابراین جهت انتخاب نهایی جنس بستر می‌بایست به کیفیت فاضلاب و مواد معلق در آن نیز توجه نمود تا بتوان حداکثر کارایی و راندمان را در این سامانه‌ها نتیجه گرفت.

جدول 1: اثر جنس بستر در متوسط راندمان حذف فاضلاب خروجی.

جنس بستر	زمان ماند 1 روزه HRT=1day		زمان ماند 3 روزه HRT=3day		زمان ماند 5 روزه HRT=5day	
	RE	(دانکن $p < 0.05$)	RE	(دانکن $p < 0.05$)	RE	(دانکن $p < 0.05$)
بستر شن (Sand)	84/1	A	87/2	A	88/1	A
بستر گراول ریز (Fine Gravel)	76/3	B	80/9	B	81	B
بستر گراول متوسط (Medium Gravel)	75/6	B	79/6	B	79/7	B



شکل ۲: نمودار مقایسه‌ای راندمان حذف سرب در بسترهای مختلف.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که جنس بستر در زمان‌های ماند ۱، ۳ و ۵ روزه اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد ($p < 0.05$) بر راندمان حذف سرب داشت، به طوریکه بستر شن از راندمان بالاتری نسبت به دو بستر دیگر برخوردار بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت بستر شن اثربخشی بیشتری در رابطه با تشدید فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی موثر در حذف سرب فاضلاب مصنوعی داشته است و می‌توان از آن جهت انتخاب بستر تالاب‌ها استفاده نمود. در این تحقیق از فاضلاب صنعتی شبیه‌سازی شده استفاده شد. بنابراین نیاز است در تحقیقات مشابه از فاضلاب‌های طبیعی در بسترهای مختلف مورد بررسی قرار گیرد، چرا که این فاضلاب‌ها معمولاً حاوی مواد معلق هستند که می‌توانند بر روی گرفتگی بستر تالاب موثر باشند. بنابراین جهت انتخاب نهایی جنس بستر می‌بایست به کیفیت فاضلاب و مواد معلق در آن نیز توجه نمود تا بتوان حداکثر کارایی و راندمان را در این سامانه‌ها نتیجه گرفت.

منابع

- Abidi, S., Kallali, H., Jedidi, N. and Bouzaiane, O., 2009. Comparative pilot study of the performances of two constructed wetland wastewater treatment hybrid systems. *Desalination*, 248(1-2): 49-56.
- Akratos, C. and Tsihrantzis, V., 2007. Effect of temperature, HRT, vegetation and porous media on removal efficiency of pilot-scale horizontal subsurface flow constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 29(2):173-191.
- Arroyo, P., Ansola, G. and Saenze de Miera, L., 2013. Effects of substrate, vegetation and flow on arsenic and zinc removal efficiency and microbial diversity in constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 51: 95-103.
- Cortes-Esquivel, J., Giacomani-Vallejos, G., Barcelo, L.D., Mendez-Novelo, R. and Ponce, M.C., 2012. Heavy metals removal from Swine wastewater using constructed wetland with horizontal subsurface flow. *Journal of Environmental Protection*, 3: 871-877.
- Kröpfelová, L., Vymazal, J., Svehla, J. and Stíchová, J., 2009. Removal of trace elements in three horizontal sub-surface flow constructed wetlands in the Czech Republic. *Environmental Pollution*, 157(4): 1186-94.
- Kumar Choudhary, A. and Kumar, S. and Sharma, A., 2011. Constructed wetlands: an approach for wastewater treatment. *Elixir Pollution*, 37: 3666-3672.
- Stottmeister, U., Wießner, A., Kusch, P., Kappelmeyer, U., Kästner, M., Bederski, O., Müller, R.A. and Moormann, H., 2003. Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology Advances*, 22: 93- 117.



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

Usefi, Z., Mashayekhi, A. and Mohammadpour, A., 2012. Performance Evaluation a hybrid constructed wetland in removal of lead and cadmium from Mazandaran University of Medical Sciences medical sciences campus complex wastewater. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 97: 258-269.

Vymazal, J., 2010. Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. Journal of Water, 2:530-549.