



دانشگاه گواران
مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و چهارم، شماره اول، ۱۳۹۶

http://jwsc.gau.ac.ir

حذف نیترات از سیلاب شهری توسط فرآیند فیلترهای چندگانه

سمیه سیروس‌پور^۱، منصور پرویزی^۲، محمد پروین‌نیا^۳ و اردشیر شکرالهی^۴

^۱مربی گروه مهندسی عمران، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران، ^۲استادیار گروه مهندسی عمران و ژئوتکنیک، دانشگاه یاسوج، ^۳استادیار گروه مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه یاسوج، ^۴دانشیار گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه یاسوج
تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۳/۱۶

چکیده

سابقه و هدف: در حال حاضر بسیاری از نقاط جهان حتی در ایران با مشکل بالا بودن غلظت نیترات در آب آشامیدنی روبه‌رو هستند که مهم‌ترین علت آن ورود رواناب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری و صنعتی به منابع آبی به‌خصوص آب‌های زیرزمینی می‌باشد. هدف نهایی این پژوهش، طراحی و بررسی یک سیستم تصفیه نفوذپذیر فعال به‌منظور حذف نیترات موجود در رواناب می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، لایه‌های متناوب از فیلترهای ژئوتکستایل بافته‌نشده و خاک‌دانه‌ای برای کاهش و حذف آلودگی به‌کار گرفته شدند. این لایه‌ها، از نظر قابلیت نفوذپذیری و قدرت جذب دارای اهمیت می‌باشند. در انتخاب مواد به نکاتی از جمله کارایی آن در حذف آلودگی، در دسترس بودن و تا حد امکان ارزان‌قیمت بودن آن توجه شده است. **یافته‌ها:** پس از انجام آزمایش‌های نفوذپذیری، نسبت اختلاط وزنی مواد به‌کار رفته در PRB به‌صورت ۲۵٪ ماسه، ۲۵٪ آنتراسیت، ۲۰٪ زئولیت، ۲۰٪ براده آهن و ۱۰٪ خاک اره چوب سپیدار در نظر گرفته شد. در آزمایش‌های ناپیوسته مشاهده شده است که در $pH=7$ حداکثر راندمان جذب نیترات توسط ژئولیت حدود ۶۹٪، خاک اره ۲۹٪ و براده آهن ۱۲٪ می‌باشد. نتایج جذب نیترات توسط ترکیب نهایی PRB در غلظت‌های مختلف نیترات در شرایط pH بهینه و ثابت ماندن سایر پارامترها نشان می‌دهد که بیش‌ترین جذب مربوط به غلظت 150 mg L^{-1} و در حدود ۸۳٪ اتفاق می‌افتد و هرچه غلظت اولیه نیترات بیش‌تر شود، میزان جذب افزایش می‌یابد. همچنین حذف نیترات با میزان جاذب یکسان و pH بهینه در زمان‌های مختلف برای تعیین زمان تعادل انجام گرفت و حداکثر حذف ۱۰۰٪ در زمان تعادل ۹۶ ساعت حاصل گردید. در آزمایش ستون انجام‌شده جهت حذف آلودگی، فیلتر قادر بود تا پس از رشد توده بیولوژیکی در محیط خود، نیترات را به‌میزان ۹۹٪ بعد از ۹ روز کاهش داده و میزان نهایی آن را از 100 mg L^{-1} به 1 mg L^{-1} کاهش دهد. **نتیجه‌گیری:** لایه‌های نفوذپذیر فعال با درصد اختلاط وزنی طراحی‌شده، دارای قابلیت جذب نیترات تا حد زیاد و در مدت زمان کم می‌باشد. شست‌وشوی مواد جاذب و رفع آلودگی، افزایش سطح مخصوص جاذب را باعث می‌شود و بنابراین قدرت جذب بالا می‌رود.

واژه‌های کلیدی: فیلتر خاکی بیولوژیکی، حذف نیترات، تصفیه رواناب شهری، جذب، مواد جاذب ارزان‌قیمت

* مسئول مکاتبه: parvizi@yu.ac.ir

مقدمه

در طی دو قرن اخیر فعالیت‌های انسان اساساً باعث تغییر سیکل جهانی نیتروژن و موجب افزایش مقدار نیترات در بخش عمده زمین شده است (۱، ۲، ۳، ۴). از مهم‌ترین اثرات نیترات بر انسان می‌توان به ایجاد بیماری سندروم کودک آبی^۱، اثر سوء بر جنین و به‌ویژه سرطان اشاره کرد (۵). با توجه به این که کمیت و کیفیت قابل قبول آب آشامیدنی مسأله بسیار مهمی است که مردم با آن روبه‌رو هستند و از طرف دیگر، با افزایش جمعیت و منابع آلاینده مانند صنایع و کشاورزی و گذشت زمان به مشکل جدی‌تر مبدل می‌گردد؛ لازم است به‌طور اساسی به این موضوع پرداخته شود. برای اولین بار در دهه ۱۹۹۰ استفاده از لایه‌های نفوذپذیر فعال^۲ در آمریکای شمالی برای تصفیه آب‌های زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفت. این فناوری جدید شامل ایجاد یک منطقه فعال و نفوذپذیر در مسیر آب‌های زیرزمینی آلوده می‌باشد. در این لایه‌های فعال بسته به نوع آلودگی و جنس آن‌ها یکسری فعالیت‌های بیولوژیکی، شیمیایی یا هر دوی آن‌ها اتفاق می‌افتد (۶). پژوهشگران بسیاری در سراسر دنیا به چگونگی کاهش و تصفیه آلاینده‌ها توسط فیلترهای خاکی و بیولوژیکی پرداخته‌اند (۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲)؛ پروین‌نیا (۱۳۸۷) در ابتدا به بررسی کیفیت سیلاب‌های شهری در مناطق مختلف دنیا و سپس به نمونه‌برداری و تعیین کیفیت سیلاب شهری در زیرحوضه‌هایی از شهر شیراز پرداخت. در قسمت تصفیه‌پذیری و احیای سیلاب‌های شهری، امکان ارتقای کیفیت به روش تصفیه به شیوه جذب (با تأکید عمده بر فلزات سنگین) مدنظر بود. بنابراین، مواد جاذب فلزات سنگین در آزمایش‌های ناپیوسته و

لایه‌های نفوذپذیر فعال در آزمایش ستون به‌منظور حذف فلزات سنگین موجود در سیلاب مورد بررسی قرار گرفت (۷). در پژوهش انجام‌شده توسط امینی (۱۳۷۳) در دانشگاه شیراز، کارایی روش‌های تصفیه با صافی‌های شنی تند و کند هوادهی و ته‌نشینی به‌عنوان روش‌های معمول در تصفیه پساب‌های حاوی رنگ مثل پساب نساجی ارزیابی شد. همچنین کارایی موادی مانند: گرانول کربن فعال، رزین، زائادات نساجی، خاک‌های معدنی (انواع رس، بنتونیت، سیلیس) خاک رنده و خاک اره نجاری در جذب سطحی آلودگی رنگی به‌خصوص رنگ آبی اسیدی بررسی و مدل‌های حاکم بر جذب سطحی هر یک با تئوری‌های مطرح مقایسه شد. سپس از این مواد جاذب در ستون‌هایی با سه اندازه مختلف استفاده و کارایی تصفیه و رنگ‌بری هر یک در روش ستون بررسی شد. ستون‌های ترکیبی از مخلوط خاک اره با انواع خاک رس، خاک اره با گرانول کربن فعال و خاک اره با رزین نیز تهیه و مورد آزمایش با پساب شبیه‌سازی شده و پساب واقعی نیز قرار گرفت. پس از انجام ارزیابی‌های حاکم بر مدل جذب سطحی و بررسی مقدار رنگ جذب‌شده روی هر یک از مواد جاذب و انجام مقایسه‌های اقتصادی، ستون‌های دارای خاک اره و ترکیب خاک اره با گرانول کربن فعال به‌عنوان مناسب‌ترین روش تصفیه و رنگ‌بری از پساب‌های نساجی شناخته شدند (۱۰). همچنین فناوری استفاده از PRB برای حذف نیترات در آب زیرزمینی منطقه‌ای در کشور ژاپن هم به‌کار گرفته شده است. در این روش با استفاده از یک لایه نفوذپذیر که در مسیر جریان آب زیرزمینی قرار داده شده است، واکنش‌های لازم بی‌هوازی برای حذف نیترات صورت می‌گیرد. یک نوع پلاستیک ویژه که

1- Methemoglobinemia

2- Permeable Reactive Barriers; PRBs

مواد و روش‌ها

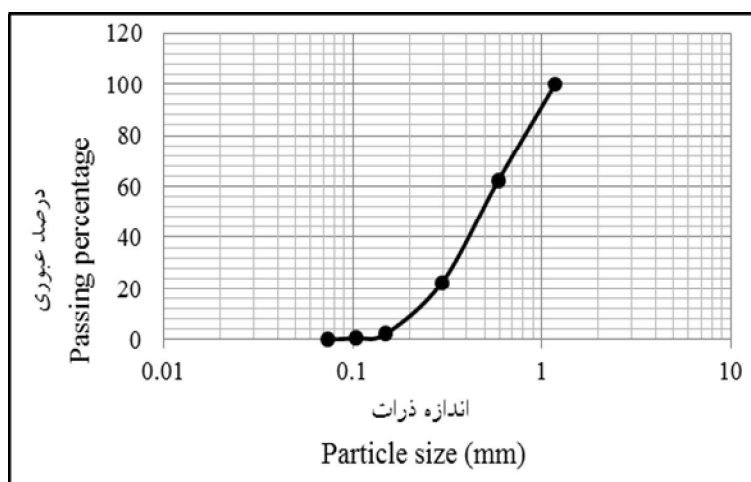
تعیین نسبت اختلاط مناسب مواد فیلتر: با توجه به اهمیت میزان نفوذپذیری در طراحی فیلتر بیولوژیک، درصد وزنی مواد موردنظر برای ساخت فیلتر انتخاب و ضریب نفوذپذیری محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفت. این مواد و همچنین نسبت اختلاط آن‌ها باید به‌گونه‌ای باشد که علاوه بر داشتن تخلخل و نفوذپذیری کافی برای عبور آلاینده، زمان ماند کافی در فیلتر را نیز برای آن فراهم سازند.

مشخصات مواد استفاده‌شده در ساخت PRB در

این پژوهش عبارتند از:

۱- ماسه: ماسه به‌کار رفته در ساخت PRB، رد شده از الک شماره ۱۶ و مانده بر روی الک شماره ۲۰۰ می‌باشد. ماسه‌ها روی الک ۲۰۰ به‌صورت کامل با آب شسته و از ماسه رد شده از الک شماره ۸ و مانده روی الک شماره ۱۶ در لایه بالایی و پایینی فیلترها، به‌عنوان زهکش، استفاده شده است. منحنی دانه‌بندی ماسه مورد استفاده در شکل ۱ آمده است.

قابل مصرف توسط میکروارگانیزم‌های موجود است و وظیفه تأمین الکترون لازم در واکنش بی‌هوازی نیترات‌زدایی را بر عهده دارد و پودر آهن نیز هیدرولیز پلاستیک و حذف اکسیژن جهت بی‌هوازی شدن واکنش را انجام می‌دهد. نتیجه به‌دست آمده بعد از چهار ماه ایجاد لایه موردنظر حذف کامل نیترات در چاه‌های مشاهده‌ای پایین‌دست بوده است (۶). اما در پژوهش حاضر، برای اولین بار است که به‌صورت جامع به بررسی حذف نیترات با استفاده از فیلتر مناسب از مصالح خاکی و ژئوتکستایل مناسب پرداخته می‌شود. در واقع این پژوهش در نهایت به این سؤال مشخص پاسخ خواهد داد که استفاده از لایه نفوذپذیر فعال در مقیاس پایلوت با چه مشخصات فنی از نظر ضخامت و ترکیب مواد جاذب می‌تواند میزان نیترات محلول موجود در رواناب شهری را به شیوه جذب کاهش دهد. کاربرد این پژوهش می‌تواند رواناب شهری را به‌عنوان یک منبع غیرمتعارف تأمین آب جهت مناطق کم‌آب جنوب و مرکز ایران مطرح سازد.

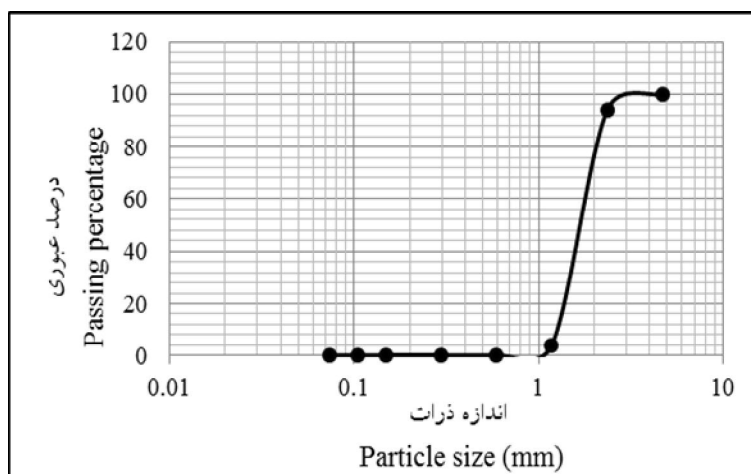


شکل ۱- منحنی دانه‌بندی ماسه مورد استفاده در فیلتر.

Figure 1. Grading curve for the used sand in the filter.

۳- خاک اره: برای پایین آمدن هزینه فیلتر و همچنین استفاده از موادی که به‌عنوان ضایعات در طبیعت رها می‌شوند یا سوزانده می‌شوند، از خاک اره درختان سپیدار به‌عنوان یکی از مواد جاذب نیترات استفاده می‌شود. در این پژوهش اندازه ذرات خاک اره مصرفی در آزمایش‌های مختلف، کوچک‌تر از الک شماره ۱۶ با چشمه ۱/۱۸ میلی‌متر بوده است.

۲- آنتراسیت: آنتراسیت به‌علت برخورداری از خصوصیاتی چون برخورداری از خاصیت جذب سطحی بالا، حذف کدورت در حد بسیار عالی، مقاومت بالا به مواد شیمیایی و... به‌عنوان ماده‌ای مناسب در ترکیب بستر صافی‌ها به‌منظور تصفیه آب به‌شمار می‌رود (۱۳). آنتراسیت مصرفی در این پژوهش رد شده از الک ۴ و مانده روی الک ۲۰۰ است و از معادن سمنان تهیه گردید. منحنی دانه‌بندی آنتراسیت مصرفی در فیلتر در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲- منحنی دانه‌بندی آنتراسیت مصرفی در فیلتر.

Figure 2. Grading curve for the used anthracite in the filter.

۶- ژئوتکستایل: ژئوتکستایل‌ها صفحاتی نازک، قابل انعطاف و نفوذپذیری هستند که از الیاف (رشته) مصنوعی ساخته شده‌اند. ژئوتکستایل‌های دارای ساختار بافته نشده به‌علت دارا بودن فضای خالی زیاد خاصیت فیلتری بیشتری دارند (۱۴). در این پژوهش، از لایه‌های ژئوتکستایل بافته نشده ساخت شرکت نائو^۱ از جنس پلی‌پروپیلن و پلی‌استر استفاده شد. خصوصیات ژئوتکستایل به‌کار برده شده در جدول ۱ آورده شده است.

۴- براده آهن: از دورریز کارگاه‌های تولید در و پنجره فولادی تهیه شد. ذرات درشت آن جداسازی، سپس از الک شماره ۱۶ عبور داده و روی الک شماره ۲۰۰ با مواد شوینده، به‌منظور پاک کردن چربی، شسته شد. ۵- الیاف پلی‌استر: در این پژوهش از الیاف پلی‌استر با دانسیته ۱/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌منظور پخش منظم و یکسان پساب مصنوعی آلوده به نیترات بر روی فیلتر، آشغال‌گیر برای جلوگیری از ورود مواد معلق بزرگ به درون فیلتر (در مقیاس صنعتی)، جلوگیری از خروج مواد تشکیل‌دهنده لایه زهکش و همچنین ایجاد محیطی برای رشد میکروارگانیسم‌ها استفاده شده است.

جدول ۱- مشخصات لایه ژئوتکستایل.

Table 1. Characteristics of the geotextile layer.

واحد Unit	خصوصیات Specifications
828	جرم واحد سطح Mass per unit area
6.7	میانگین ضخامت Average thickness
0.08	اندازه منافذ Pore size
3.82	ضریب نفوذپذیری Penetrability coefficients

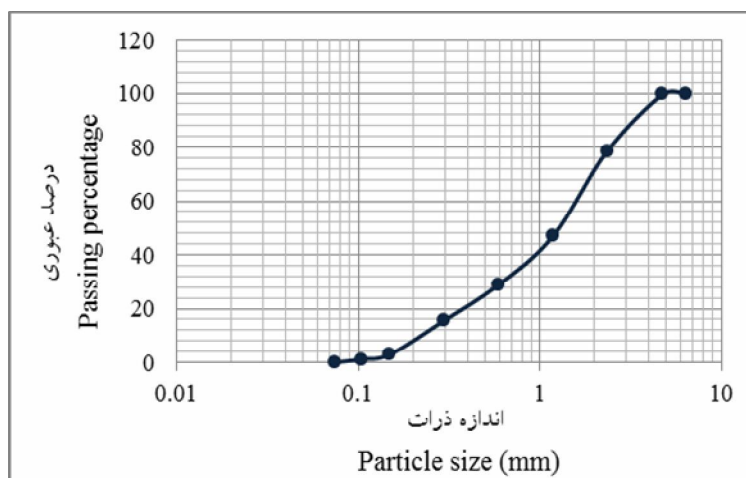
آلاینده‌ها از محیط آبی داشته است؛ بنابراین در این پژوهش از این ژئولیت در ساخت PRBها استفاده گردید. ژئولیت مصرفی، رد شده از الک ۱/۴ اینچ و مانده روی الک ۲۰۰ است. منحنی دانه‌بندی ژئولیت به کار رفته در فیلتر در شکل ۳ آمده است.

۷- کانی ژئولیت: ارزان بودن، بی‌خطر بودن برای محیط زیست و راندمان بالا در حذف آلاینده‌های مختلف، می‌تواند از جمله موارد با اهمیت در انتخاب این کانی طبیعی به‌عنوان تصفیه‌کننده آب‌های آلوده و فاضلاب‌ها در ایران به‌شمار آید (۱۵، ۱۶). با توجه به پژوهش‌های پیشین ژئولیت معدن سمنان کارایی خوبی در حذف

جدول ۲- آنالیز شیمیایی ژئولیت کلینوپتیلولیت سمنان (%).

Table 2. Chemical analysis of Semnan zeolite clinoptilolite (%).

Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O	کاهش درصد وزنی در اثر احتراق Reduction in the weight percentage due to the combustion
11.8	66.5	0.21	1.3	3.11	0.77	2.01	3.12	0.04	0.01	12.05



شکل ۳- منحنی دانه‌بندی ژئولیت مورد استفاده در PRB.

Figure 3. Grading curve for the used zeolite in PRB.

استفاده شد. جهت ساخت نمونه‌های سنتزی ابتدا محلول استاندارد باید تهیه شود. جرم نمک مورد استفاده برای تهیه همه محلول‌ها از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$W = C.V. \frac{FW_{ca(NO_3)_2}}{2FW_{NO_3^-}} \quad (1)$$

که در آن، W وزن نمک نیترات کلسیم بر حسب میلی‌گرم، C غلظت نیترات بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، V حجم محلول بر حسب لیتر، $FW_{ca(NO_3)_2}$ وزن فرمولی نمک نیترات کلسیم و $FW_{NO_3^-}$ وزن فرمولی نیترات می‌باشد. روش انجام آزمایش برای جاذب‌ها به شرح زیر است:

آزمایش شماره ۱، جاذب زئولیت: در ابتدا جاذب را قبل از انجام مراحل آزمایش، روی الک ۲۰۰ با آب مقطر شسته تا جایی که رنگ آب خروجی تقریباً شفاف شود و سپس در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت در گرمخانه قرار داده تا خشک گردد. ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات با pHهای مشخص با ۵ گرم جاذب زئولیت به مدت ۲۴ ساعت درون شیکر (جهت بیشینه کردن جذب نیترات توسط جاذب) قرار گرفت. پس از صاف کردن توسط کاغذ صافی و سانتریفیوژ کردن محلول غیرشفاف زیر کاغذ صافی، طیف جذبی محلول اصلی در محدوده ۱۹۰ تا ۴۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر با لحاظ ۵۰ برابر رقیق کردن با آب مقطر گرفته شد. طیف جذبی محلول استاندارد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات نیز پس از ۵۰ برابر رقیق شدن در همان محدوده گرفته شد. با استفاده از جذب محلول در طول موج ۲۲۰ نانومتر، غلظت نیترات و مقدار جذب نیترات توسط جاذب با به کار گرفتن رابطه ۲ برای pHهای مشخص، محاسبه

برای درصدهای مختلف از ترکیب مواد مورد نظر، ضریب نفوذپذیری به دست آمد. ضریب نفوذپذیری با استفاده از آزمایش نفوذپذیری با بار افتان و بر اساس روش استاندارد ASTM D2434-87 تعیین گردید. نفوذپذیری اندازه‌گیری شده با دستگاه بار افتان برای PRB انتخابی به عنوان نفوذپذیری فیلتر در آزمایش ستون گزارش می‌شود.

مشخصات چیدمان لایه‌های PRB در دستگاه بار افتان از بالا شامل یک لایه ۰/۵ سانتی‌متری ژئوتکستایل، ۱ سانتی‌متر ماسه درشت یکنواخت، ۱۰ سانتی‌متر مخلوط همگن (ترکیبات مختلف از آنتراسیت، زئولیت، ماسه، خاک اره، براده آهن) سپس تکرار لایه ماسه و ژئوتکستایل می‌باشد.

آزمایش‌های ناپیوسته: این آزمایش‌ها شامل تعیین قدرت جذب سطحی نیترات برای هر یک از جاذب‌ها و ترکیب بهینه PRB می‌باشد. در این پژوهش، pH توسط دستگاه pH متر ساخت کشور رومانی^۱ با نام تجاری هانا^۲ و مدل pH۲۱۳ تنظیم گردید. جهت تنظیم pH، از اسید کلریدریک رقیق (۰/۱ و ۰/۰۱ مولار) و محلول سود رقیق (۰/۱ و ۰/۰۱ مولار) استفاده شد. برای انجام آزمایش‌ها، از بطری‌های پلاستیکی ۵۰۰CC برای نگهداری محلول‌ها استفاده گردید. بررسی‌های مطالعات پیشین بیانگر عدم جذب نیترات به دیواره این بطری‌ها می‌باشد (۱۷). در آزمایشات ناپیوسته از شیکر انکوباتور جهت مخلوط کردن نمونه‌ها در بطری‌های آزمایش استفاده شد. تمامی نمونه‌ها توسط شیکر انکوباتور ساخت کشور آلمان با نام تجاری GFL در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مخلوط شدند. برای تهیه همه محلول‌های نیترات از نمک نیترات کلسیم با درجه خلوص ۹۹/۵ درصد به دلیل در دسترس بودن و ارزانی (شیمی سبز)

1- Romania

2- HANNA

3- Formula Weight

آزمایش شماره ۴: مطابق آزمایش‌های ذکر شده، تمامی مواد ساخت PRB از جمله ماسه، زئولیت، آنتراسیت، براده آهن و خاک اره با آب دو بار تقطیر با pH بهینه انتخابی از آزمایش‌های جذب شماره ۱ تا ۳ (pH=۷) کاملاً شسته، به طوری که آب خروجی تقریباً شفاف گردید و در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت در گرمخانه قرار داده تا خشک گردد. سپس این مواد با همان نسبت اختلاط وزنی مواد به کار رفته در PRB آزمایش ستون (۲۵٪ ماسه، ۲۵٪ آنتراسیت، ۲۰٪ زئولیت، ۲۰٪ براده آهن و ۱۰٪ خاک اره چوب سپیدار) به صورت همگن به عنوان جاذب مورد استفاده قرار گرفت. در ۱۰۰ گرم PRB مورد استفاده در این آزمایش، سهم هر ماده شامل: ۲۵ گرم ماسه، ۲۵ گرم آنتراسیت، ۲۰ گرم زئولیت، ۲۰ گرم براده آهن و ۱۰ گرم خاک اره است.

به دلیل رنگ‌دادن خاک اره به آب (حتی پس از شست‌وشوی آن) نحوه انجام آزمایش مشابه آزمایش جذب خاک اره می‌باشد. ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول شاهد شامل ۱۰۰ گرم PRB که در pH=۷ تثبیت شده است؛ تهیه و همراه محلول اصلی به مدت ۷۲ ساعت درون شیکر قرار داده شد و محلول اصلی، مشابه جاذب دیگر، ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات با pH=۷ بود که به مدت ۷۲ ساعت با ۱۰۰ گرم جاذب PRB درون شیکر قرار گرفته بود.

طیف‌های جذبی محلول استاندارد و محلول اصلی با pH بهینه پس از ۵۰ برابر رقیق شدن همه محلول‌ها در محدوده ذکر شده، نسبت به آب PRB با همان غلظت گرفته شد. با استفاده از جذب محلول در طول موج ۲۲۰ نانومتر، غلظت نیترات و مقدار جذب نیترات توسط جاذب با به کارگیری رابطه ۲ محاسبه گردید. این کار برای غلظت‌های مختلف نیترات (۱۰، ۳۰، ۶۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) انجام شد.

گردید. این کار برای pHهای ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ (pH سیلاب حدود ۸ است (۷)، بنابراین pHهای مورد آزمایش در محدوده بازی در نظر گرفته شده است) انجام شد.

$$Q = \left(\frac{C_s - C_x}{C_s} \right) \times 100 \quad (2)$$

که در آن، C_x و C_s به ترتیب غلظت نمونه استاندارد و نمونه اصلی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و Q درصد جذب نیترات توسط جاذب می‌باشد.

آزمایش شماره ۲، جاذب خاک اره: در انجام این آزمایش، به دلیل رنگ‌دادن خاک اره به آب، وجود محلول شاهد الزامی است. برای تصحیح اثر بافت و به دست آوردن طیف‌های جذبی صحیح، ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول شاهد، شامل ۵ گرم خاک اره شسته شده که در pHهای مشخص تثبیت شده است؛ تهیه و همراه محلول اصلی درون شیکر قرار داده شد و محلول اصلی، مشابه جاذب دیگر، ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات با pHهای مشخص بود که به مدت ۲۴ ساعت با ۵ گرم جاذب خاک اره درون شیکر قرار گرفت. طیف‌های جذبی محلول استاندارد و محلول اصلی هر pH مشخص پس از ۵۰ برابر رقیق شدن همه محلول‌ها در محدوده ۱۹۰ تا ۴۲۰ نانومتر، نسبت به آب خاک اره با همان pH گرفته شد. با استفاده از جذب محلول در طول موج ۲۲۰ نانومتر، غلظت نیترات و مقدار جذب نیترات توسط جاذب برای pHهای مشخص با به کار بردن رابطه ۲ محاسبه گردید. این کار برای pHهای ۷، ۸، ۹، ۱۰ و ۱۱ انجام شد.

آزمایش شماره ۳، جاذب براده آهن: روش انجام آزمایش ناپیوسته برای جاذب براده آهن مشابه زئولیت می‌باشد.

سیستم به‌صورتی طراحی شد که نمونه پساب مصنوعی مورد آزمایش بتواند با جریان یکنواخت در فیلتر جریان داشته باشد؛ به این منظور از یک پمپ آب استفاده شد. سیستم دارای دو مخزن مجزا می‌باشد که نمونه آب آلوده در مخزن اولی هوادهی شده و سپس به ستون اول وارد می‌شود؛ پس از خروج نمونه از ستون دوم، به داخل مخزن دوم ریخته شده و توسط پمپ به مخزن اول بر می‌گردد (شکل ۴).

دمای نمونه مورد آزمایش به‌صورت مستقیم توسط دماسنجی که در ستون اول قرار دارد، قرائت می‌شود.

طبق پژوهش‌های قاسمیان (۱۳۸۹)، توده بیولوژیک جهت تشکیل در محیط فیلتر به حدود ۱ ماه زمان سازگارسازی نیاز دارد (۱۸). به دلیل ایجاد زمان مورد نیاز برای رشد توده بیولوژیک، سیستم فیلتر با آب شرب راه‌اندازی گردید و حدود ۱ ماه با شدت جریان ثابت در فیلتر جریان داشت. نحوه طراحی فیلتر به‌گونه‌ای بود که در ابتدا آب شرب و سپس نمونه پساب مصنوعی با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نترات به‌صورت پیوسته و با شدت جریان ثابت در فیلتر جریان داشته باشد.

تخلخل به‌دست آمده برای PRB ستون اول ۵۷/۵٪ بود، در حالی که این مقدار برای ماسه معادل آن در ستون دوم ۳۳/۷٪ به‌دست آمد.

نتایج و بحث

تعیین نسبت اختلاط مناسب مواد فیلتر: نتایج آزمایش‌های نفوذپذیری صورت‌گرفته بر روی مواد تشکیل‌دهنده PRB در جدول ۳ آورده شده است.

pH همه محلول‌ها، pH بهینه می‌باشد.

در این آزمایش تأثیر استفاده از ۱۰۰ گرم PRB بر ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول‌های حاوی غلظت‌های مختلف نترات با pH بهینه و در مدت زمان سه روز مورد بررسی قرار گرفت.

آزمایش شماره ۵: نحوه انجام این آزمایش دقیقاً مشابه آزمایش شماره ۴ می‌باشد با این تفاوت که غلظت نترات در این آزمایش ثابت و زمان متغیر است. برای تعیین زمان بهینه از ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول حاوی غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نترات، ۱۰۰ گرم PRB و pH بهینه به‌دست آمده، استفاده شد.

آزمایش‌های ستون: حذف بیولوژیکی نترات در آزمایش ستون مشخص می‌شود؛ بدین‌منظور از دو ستون مشابه ساخته‌شده از فایبرگلاس شفاف با قطر ۲۲/۵ سانتی‌متر به‌صورت سری استفاده شد.

ستون اول از بالا شامل پلی‌استر، ۵ سانتی‌متر ماسه درشت یکنواخت، یک لایه ۲ سانتی‌متری ژئوتکستایل، ۲۲ سانتی‌متر PRB با نسبت اختلاط بهینه، سپس یک لایه ۲ سانتی‌متری دیگر از ژئوتکستایل و ۵ سانتی‌متر ماسه درشت یکنواخت می‌باشد.

ستون دوم نیز از بالا شامل پلی‌استر، ۵ سانتی‌متر ماسه درشت یکنواخت، یک لایه ۲ سانتی‌متری ژئوتکستایل، ۲۲ سانتی‌متر مخلوط ماسه ریز (ماسه مشابه مخلوط به‌کار رفته در ستون اول) و آنتراسیت، یک لایه ژئوتکستایل ۲ سانتی‌متری در پایین آن و در نهایت ۵ سانتی‌متر ماسه درشت یکنواخت می‌باشد. ستون‌ها از بالا رو باز و از پایین دارای یک شیر خروجی می‌باشند.



شکل ۴- سیستم فیلتر مورد استفاده در پژوهش.

Figure 4. The filter system used in the present study.

جدول ۳- ضرایب نفوذپذیری مواد تشکیل دهنده PRBها.

Table 3. Penetrability coefficients of the constituents of the PBRs.

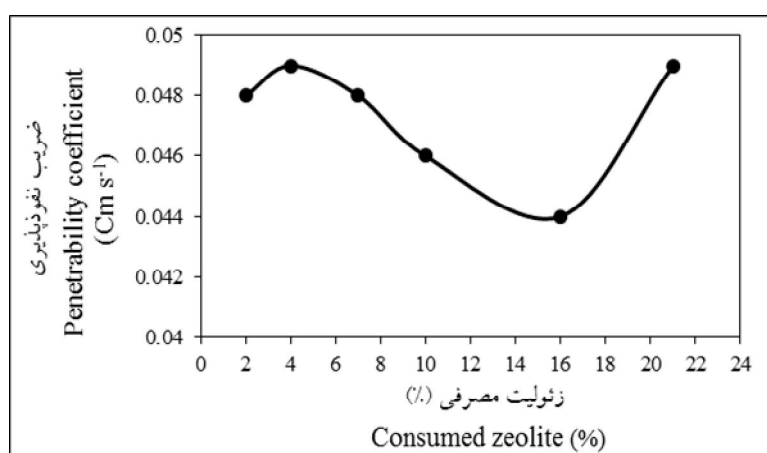
ضریب نفوذپذیری (سانتی متر بر ثانیه) Penetrability coefficients (Cm s^{-1})	ماده constituent
0.0256	ماسه رد شده از الک ۱۶ و مانده روی ۲۰۰ The sand passed through the sieve No 16 and stayed on the sieve No 200
0.0747	ماسه رد شده از الک ۸ و مانده روی ۱۶ The sand passed through the sieve No 8 and stayed on the sieve No 16
0.0421	ژئولیت Zeolite
0.0540	آنتراسیت Anthracite
0.0388	براده آهن Iron borings
0.0344	خاک اره sawdust

می‌باشد. به دلیل بالا بودن نفوذپذیری ماسه رد شده از الک ۸ و مانده روی الک ۱۶، از این ماسه در PRBها استفاده نشده و به صورت دو لایه زهکش در فیلتر به کار برده شده است.

طبق جدول ۳ بیشترین نفوذپذیری مربوط به ماسه و کمترین نفوذپذیری به ترتیب مربوط به خاک اره و براده آهن می‌باشد که به صورت جداگانه به کار رفته است که این حالت به دلیل خاصیت تورم‌پذیری خاک اره در اثر جذب آب و ریزدانه بودن براده آهن

پس از انجام آزمایش‌های نفوذپذیری و بررسی نتایج آن و همچنین با توجه به میزان در دسترس بودن مواد انتخابی در عمل، نسبت اختلاط وزنی مواد به صورت ۲۵٪ ماسه، ۲۵٪ آنتراسیت، ۲۰٪ زئولیت، ۲۰٪ براده آهن و ۱۰٪ خاک اره چوب سپیدار در نظر گرفته شد. ضریب نفوذپذیری PRB با ترکیب فوق بعد از اشباع کامل و گذشت زمان ۲۴ ساعت برابر ۰/۰۴ سانتی‌متر بر ثانیه به دست آمد.

طبق آزمایش‌های انجام شده بر روی درصد‌های مختلف از مواد مورد نظر و در حالت همگن و لایه‌ای (شکل ۵)؛ با افزایش درصد زئولیت از ۲٪ تا میزان ۲۰٪ وزن کل PRB، ضریب نفوذپذیری دستخوش تغییر چندانی نمی‌شود. همچنین با تغییر درصد براده آهن مصرفی از ۱۰٪ تا ۲۰٪ وزن کل PRB، نفوذپذیری PRB تغییر محسوسی ندارد.



شکل ۵- تغییرات ضریب نفوذپذیری نسبت به درصد زئولیت مصرفی.

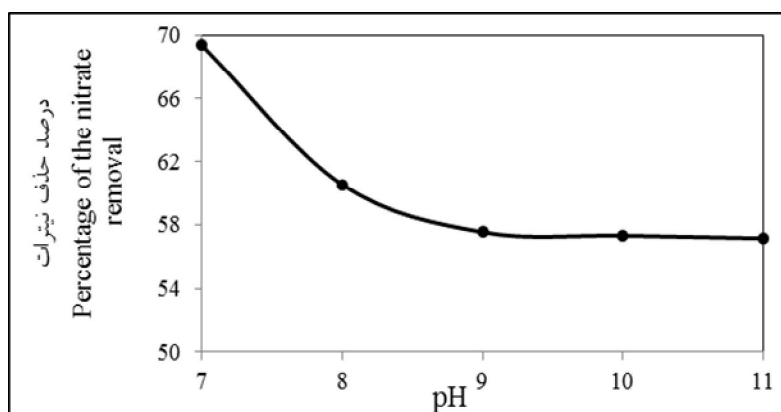
Figure 5. Variations in the penetrability coefficient versus the percentage of the consumed zeolite.

در این پژوهش، افزایش pH محلول منجر به کاهش پروتون قابل دسترس می‌شود که این امر باعث کاهش شارژ مثبت در سطح زئولیت و در نتیجه کاهش جذب نیترات توسط جاذب در محیط بازی می‌شود و در محیط بازی به دلیل افزایش دانسیته شارژ منفی نزدیک به سطح زئولیت، دفع الکتروستاتیکی نیترات افزایش یافته و در نتیجه راندمان کاهش می‌یابد؛ که با نتایج پژوهشگران دیگر از جمله از تک و بکتش (۲۰۰۴) همخوانی دارد (۱۹).

آزمایش‌های ناپیوسته

تأثیر pH بر روند حذف نیترات: در این قسمت میزان تأثیر pH محلول بر روی کاهش نیترات توسط زئولیت، خاک اره و براده آهن صفرظرفیتی مورد بررسی قرار گرفته است.

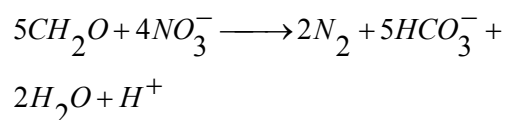
آزمایش شماره ۱: شکل ۶، تغییرات راندمان جذب زئولیت را با تغییر pH اولیه نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش pH محلول از ۷ تا ۱۱، قدرت جذب زئولیت از ۶۹ تا ۵۷ درصد کاهش و در pH برابر ۷ به حداکثر مقدار جذب می‌رسد.



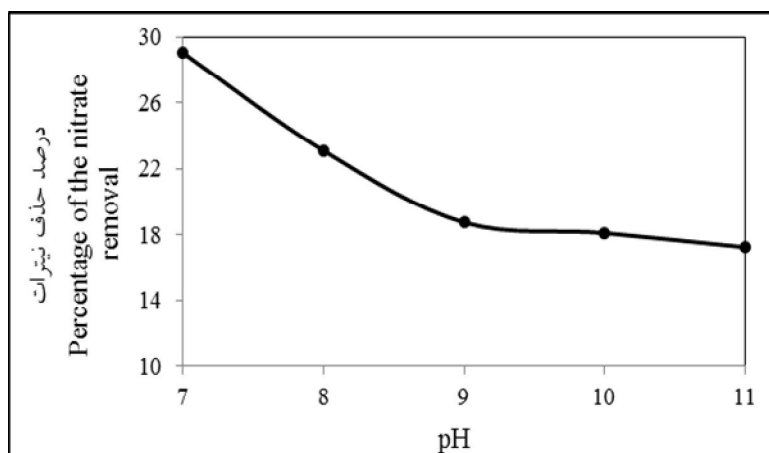
شکل ۶- تأثیر pH بر جذب سطحی نیترات توسط زئولیت (غلظت اولیه نیترات ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، غلظت جاذب ۵ گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول، زمان تماس ۲۴ ساعت).

Figure 6. Effect of the pH on the surface adsorption of the nitrate by the iron filings (the initial concentration of nitrate was equal to 100 milligrams per liter, the concentration of the adsorbent was 5 grams per 100 milliliter of the solution, and the contact time has been 24 hours).

نشان‌دهنده ماده آلی است که از مواد آلی جدا شده از خاک اره و تجزیه خاک اره با گذشت زمان به وجود می‌آید.



آزمایش شماره ۲: مطابق شکل ۷ با تغییر pH از ۷ به ۱۱ راندمان جذب نیترات توسط خاک اره از ۲۹ به ۱۱ درصد کاهش می‌یابد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که اگر کربن آلی در مجاورت نیترات وجود داشته باشد، مکانیسم حذف نیترات به صورت دنیتریفیکاسیون می‌باشد. در واکنش زیر CH_2O

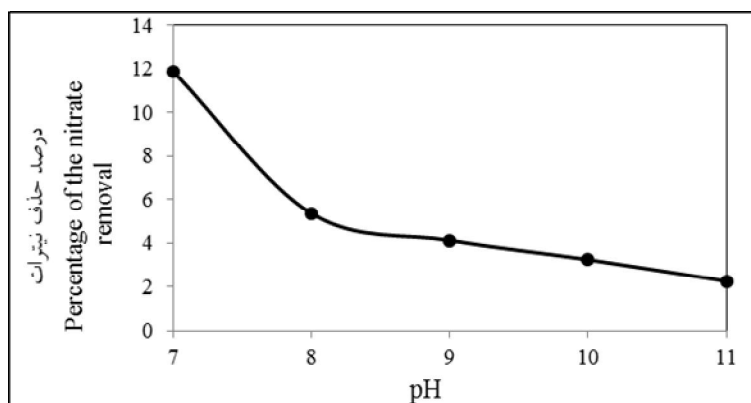


شکل ۷- بازده حذف نیترات در pHهای مختلف توسط خاک اره (غلظت اولیه نیترات ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، غلظت جاذب ۵ گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول، زمان تماس ۲۴ ساعت).

Figure 7. Efficiency of the nitrate removal in different pH levels using sawdust (the initial concentration of nitrate was equal to 100 milligrams per liter, the concentration of the adsorbent was 5 grams per 100 milliliter of the solution, and the contact time has been 24 hours).

قلیایی برای کاهش شیمیایی نیترات به وسیله پودر آهن صفر ظرفیت مطلوب نیست؛ زیرا در pH های بالا رسوبات هیدروکسید آهن تشکیل خواهند شد.

آزمایش شماره ۳: مطابق شکل ۸، ۱۱/۸۴۲ درصد راندمان کاهش نیترات در pH برابر ۷ قابل حصول است که با افزایش pH به ۱۱، به ۲/۲۵۲ درصد کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج آزمایشگاهی، شرایط



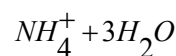
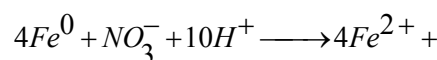
شکل ۸- بازده حذف نیترات در pH های مختلف توسط براده آهن (غلظت اولیه نیترات ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر، غلظت جاذب ۵ گرم بر ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول، زمان تماس ۲۴ ساعت).

Figure 8. Efficiency of the nitrate removal in different pH levels using iron borings (the initial concentration of nitrate was equal to 100 milligrams per liter, the concentration of the adsorbent was 5 grams per 100 milliliter of the solution, and the contact time has been 24 hours).

تأثیر غلظت نیترات بر حذف آن توسط PRB -
آزمایش شماره ۴: مطابق شکل ۹ با افزایش غلظت نیترات از ۱۰ به 200 mg L^{-1} ، درصد حذف نیترات توسط PRB از صفر به $83/146$ درصد افزایش یافت و در غلظت 150 mg L^{-1} ، مقدار جذب به یک مقدار ثابت می‌رسد. سرعت ثابت در غلظت 150 mg L^{-1} که به آن غلظت تعادل گفته می‌شود، اتفاق می‌افتد. کاهش راندمان جذب با افزایش غلظت نیترات و ثابت بودن میزان جاذب را می‌توان به نسبت غلظت نیترات به سطح قابل دسترس جاذب اطلاق نمود به طوری که با افزایش غلظت این نسبت کاهش یافته و راندمان حذف کاهش می‌یابد؛ اما با توجه به این موضوع که مقدار ماده بیش‌تری در واحد جرم جاذب جذب می‌شود ظرفیت جذب افزایش می‌یابد.

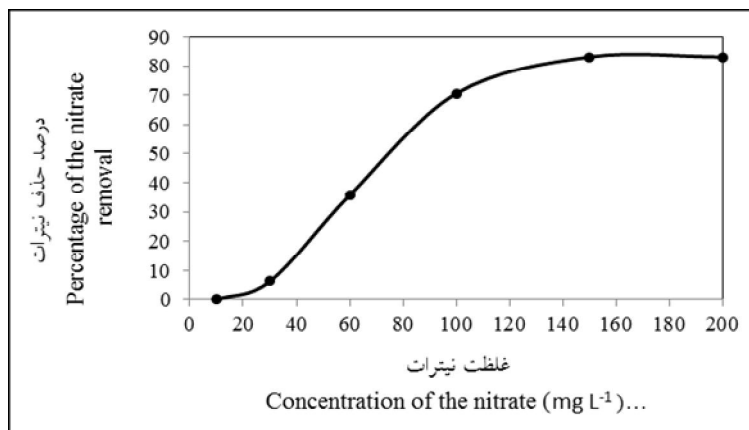
اسلام و پتل^۲ (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای به بررسی کارایی حذف نیترات با افزایش غلظت نیترات و ثابت

این یافته‌ها در توافق با پژوهش‌های فولادشکن و راهنمایی (۲۰۱۵) (۲۰) و آنچه که هوانگ و همکاران^۱ (۱۹۹۸) در بررسی راندمان حذف نیترات به وسیله پودر آهن صفر ظرفیت در ابعاد میکرو گزارش دادند، می‌باشد (۲۱). این موضوع می‌تواند به این واقعیت نسبت داده شود که pH پایین‌تر مقدار اسیدشویی آهن فلزی را بالا می‌برد. pH پایین، هیدروکسید فرس و دیگر لایه‌های حفاظتی در سطح پودر آهن صفر ظرفیت را حل خواهد کرد و سایت‌های واکنش‌دهنده تازه‌تر برای کاهش نیترات حاصل خواهد شد (۲۰، ۲۱). واکنش تبدیل نیترات به یون آمونیوم در حضور پودر آهن صفر ظرفیت به شکل زیر می‌باشد.



بیشتری حاصل می‌شود؛ اما پس از محدود شدن سطح موجود برای جذب، باعث کاهش راندمان شده و تفاوت راندمان‌های جذب بیش‌تر می‌شود (۲۲) که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد.

بودن میزان جذب پرداختند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که در ابتدای عمل جذب که بر روی دانه‌های جذب، سطح دسترسی مساوی برای هر دو غلظت وجود دارد برای غلظت بالاتر، میزان جذب

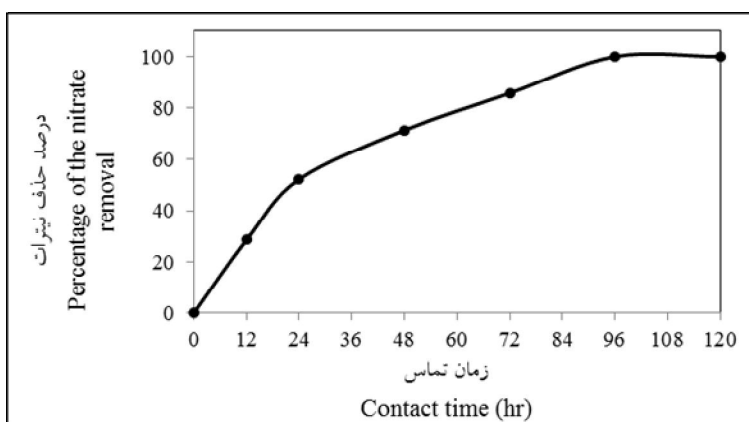


شکل ۹- بازده حذف نیترات در مدت زمان ۳ روز و در pH بهینه برای PRB در غلظت‌های متفاوت نیترات، در حضور ۱۰۰ گرم جاذب.

Figure 9. Efficiency of the nitrate removal in a period of three days and in the optimum pH in different concentrations of the nitrate in the presence of 100 grams of the adsorbent.

در زمان تعادل، حداکثر درصد جذب برای PRB، ۱۰۰٪ می‌باشد. با توجه به بیش‌ترین راندمان حذف در این زمان و عدم تغییر در میزان حذف بعد از زمان مذکور زمان تعادل ۹۶ ساعت برای PRB در نظر گرفته شد.

- تأثیر زمان تماس با جاذب بر روند حذف نیترات توسط PRB
آزمایش شماره ۵: مطابق شکل ۱۰ با افزایش زمان از ۱۲ تا ۹۶ ساعت، سرعت جذب بسیار زیاد است. بعد از زمان ۹۶ ساعت، سرعت جذب به یک مقدار ثابت می‌رسد. سرعت ثابت در زمان ۹۶ ساعت که به آن زمان تعادل گفته می‌شود، اتفاق می‌افتد.



شکل ۱۰- بازده حذف نیترات در pH بهینه، غلظت اولیه نیترات ۱۰۰ mg/L در زمان‌های مختلف، در حضور ۱۰۰ گرم جاذب.

Figure 10. Efficiency of the nitrate removal in the optimal pH, the initial concentration of nitrate was equal to 100 milligrams per liter in different times, in the presence of 100 grams of the adsorbent.

کوچک منافذ لایه PRB. محیط فیلتر تا دوره زمانی بسیار طولانی مرطوب می‌ماند.

وجود رطوبت باعث می‌شود توده‌های زیستی تشکیل شده در محیط فیلتر بتوانند در دوره خشک نیز حیات داشته باشند و از مواد تشکیل‌دهنده فیلتر و آلودگی‌های به‌جا مانده در محیط به‌عنوان ماده غذایی استفاده کنند. این توده‌های بیولوژیکی قادرند تا در هنگام کمبود مواد غذایی از خودشان به‌عنوان ماده غذایی استفاده کنند، که این موضوع و همچنین استفاده آن‌ها از آلودگی‌های به‌جا مانده در محیط فیلتر سبب می‌شود تا فیلتر به‌صورت مستقل نفوذپذیری خود را دوباره به‌دست آورد.

آزمایش‌های ستون: مطابق جدول ۴، راندمان حذف نیترات توسط ستون اول (که شامل PRB می‌باشد) برای ۴، ۶ و ۹ روز به ترتیب ۹۳/۰۲، ۹۶/۵۱ و ۹۸/۸۳ درصد می‌باشد. که این بیانگر توانایی بالای سیستم طراحی شده برای حذف کل نیترات محلول در مدت ۹ روز از پساب مصنوعی می‌باشد. با توجه به این‌که ستون دوم فیلتر ماسه‌ای می‌باشد و بعد از ستون اول قرار دارد نیترات نمونه خروجی از آن نسبت به نیترات ورودی به آن از ستون اول، در تمامی آزمایش‌ها تقریباً ثابت مانده و تغییری پیدا نکرده است. این روند به دلیل عدم جذب نیترات توسط ماسه و آنتراسیت می‌باشد. به دلیل وجود خاک اره و اندازه

جدول ۴- نتایج آزمایش ستون جهت حذف نیترات.

Table 4. Column test results for the removal of the nitrate.

مدت زمان کار سیستم (دقیقه)	هد هیدرولیکی ثابت (سانتی‌متر)	دبی جریان (مترمکعب بر ساعت)	درصد حذف نیترات (خروجی ستون اول)	درصد حذف نیترات (خروجی ستون دوم)	بار هیدرولیکی (متر بر ساعت)
System operation time (min)	Fixed hydraulic head (cm)	Flow discharge ($m^3 h^{-1}$)	Percentage of nitrate removal (the first column outlet)	Percentage of nitrate removal (the second column outlet)	H.L.R Hydraulic load ($m h^{-1}$)
0	5	0.001	-	-	0.0252
570	5	0.001	-	-	0.0252
570	5	0.001	-	-	0.0252
540	5	0.001	93.02	93.02	0.0252
600	5	0.001	-	-	0.0252
525	5	0.001	96.51	96.56	0.0252
510	5	0.001	-	-	0.0252
600	5	0.001	-	-	0.0252
600	5	0.001	98.83	98.81	0.0252

در بررسی اثر تغییر pH در جذب نیترات، مشاهده شده است که در pH=۷ حداکثر راندمان جذب نیترات توسط زئولیت حدود ۶۹٪، خاک اره ۲۹٪ و براده آهن ۱۲٪ می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

ترکیب نهایی PRB به صورت ۲۵٪ ماسه، ۲۵٪ آنتراسیت، ۲۰٪ زئولیت، ۲۰٪ براده آهن و ۱۰٪ خاک اره چوب سبیدار در نظر گرفته شد.

در آزمایش انجام شده جهت حذف آلودگی، فیلتر قادر بود تا پس از رشد توده بیولوژیک در محیط خود، نیترات را به میزان ۹۹٪ بعد از ۹ روز کاهش داده و میزان نهایی آن را از 100 mg L^{-1} به 1 mg L^{-1} کاهش دهد.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی با عنوان "طراحی سیستم تصفیه نفوذپذیر فعال در مقیاس پایلوت برای حذف نیترات محلول" در باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رامهرمز می باشد.

نتایج جذب نیترات توسط ترکیب نهایی PRB در غلظت‌های مختلف نیترات در شرایط pH بهینه و ثابت ماندن سایر پارامترها نشان می‌دهد که بیش‌ترین جذب مربوط به غلظت تعادلی 150 mg L^{-1} و در حدود ۸۳٪ اتفاق می‌افتد.

حذف نیترات با میزان جاذب یکسان و pH بهینه در زمان‌های مختلف برای تعیین زمان تعادل انجام گرفت و حداکثر حذف ۱۰۰٪ در زمان تعادل ۹۶ ساعت حاصل گردید. لایه نفوذپذیر فعال با درصد اختلاط وزنی طراحی شده در این مطالعه، دارای قابلیت جذب نیترات تا حد زیاد و در مدت زمان کم می‌باشد. شست‌وشوی مواد جاذب و رفع آلودگی، افزایش سطح مخصوص جاذب را باعث می‌شود و بنابراین قدرت جذب بالا می‌رود.

منابع

1. World Health Organization. 1971. International standards for drinking-water, 3rd ed. Geneva: World Health Organization.
2. Gilchrist, M., Winyard, P.G., and Benjamin, N. 2010. Review; Dietary nitrate – Good or bad?, Nitric Oxide. 22: 104-109.
3. Camargo, J.A., Alonso, A., and Salamanca, A. 2005. Nitrate Toxicity to Aquatic Animals: a Review with New Data for Freshwater Invertebrates, Chemosphere. 58: 1255-1267.
4. EVS, Nitrate and Nitrite. 2005. Human Health Fact Sheet. Argonne National Laboratory, EVS.
5. DES. Nitrate and Nitrite: Health Information Summary. 2006. Environmental Fact Sheet. New Hampshire Department of Environmental Services. ARD-EHP-16.
6. Soejima, T. 2002. In Situ Remediation of Nitrate-Contaminated Groundwater Using a Permeable Reactive Barrier, Environmental Geotechnics (4th ICEG). de Mello and Almeida. 2: 811-816.
7. Parvinnia, M. 2007. Filterability and Recovery of Civic Floods Using Active Penetrable Layers, PhD Thesis. University of Shiraz. Department of civil and road engineering.
8. Yaman, C. 2003. Geotextiles as Biofilm Filters in Wastewater Treatment, PhD Thesis. Department of Environmental Engineering. Drexel University. Philadelphia.
9. Mohammed, T., Vigneswaran, S., and Kandasamy, J. 2010. Biofiltration as Pre Treatment to Water Harvesting and Recycling, Water Sci. Technol.
10. Amini, S. 1997. Filtration of color sewage in sewing factories using surface adsorbents with the aim of recovery, the 4th international conference of civil engineering.
11. Patil, S.B., and Chore, H.S. 2015. Experimental and Numerical Modeling of Solute Transport Through Porous Media, Inter. J. Engin. Res. Pp: 244-249.
12. Harris, B. 2004. PRB's and their role in the sustainable remediation of groundwater, Belfast Northern Ireland.
13. Delbazi, N., Ahmadi Moghadam, M., Takdastan, A., and Jafar Zade Haghghi Fard, N. 2011. A Comparison of Filter Performance Layer of Sand-Floor and Bilayer Filter with Lika and Anthracite Floors in the Removal of Organic Matter and Turbidity, J. Health Environ. J. Sci. Res. 3: 301-312.

14. Afandi Zade, SH. 1988. Geotextiles (Textiles species), J. Road. 17: 13-21.
15. Naddafi, K., and Gholami, M. 2014. Removal of Reactive Red 120 from aqueous solutions using surface modified natural zeolite, J. Health Environ. 3: 7. 276-288.
16. Kamali, M., and Haji, S. 2011. Application of zeolite in water and wastewater treatment, First Conference on Biology Environmental Refining Technologies.
17. Hosseini, M., Kholghi, M., Ataee Ashtiani, B., and Bagheri Mohagheghi, M.M. 2011. Laboratorial Study of Reduction of Nitrate from Drinkable Water Using Bimetal Nanoparticles Of Iron/ Copper, J. Water Soil. 1: 94-103.
18. Ghasemian, M.K. 2010. Modeling of Biologic Soil Filters for Removal of Organic Materials Solved in Civil Floods, M.Sc. Thesis. Department of Civil Engineering. Yasouj University.
19. Öztürk, N., and Bektaş, T.E. 2004. Nitrate Removal from Aqueous Solution by Adsorption Onto Various Materials, J. Hazard. Mater. 112: 1. 62-155.
20. Fouladshekan, F., and Rahnemaie, R. 2015. Using Quartz-Supported Zero-Valent Iron Nanoparticles for Removing Nitrate in Equilibrium and Fluid Systems, J. Water Soil Cons. 22: 2. 219-227.
21. Huang, C.P. et al. 1998. Nitrate Reduction by Metallic Iron, Wat. Res. 32: 8. 2257-2264.
22. Islam, M., and Patel, R. 2010. Synthesis and Physicochemical Characterization of Zn/Al Chloride Layered Double Hydroxide and Evaluation of Its Nitrate Removal Efficiency, Desalination. 256: 1-3. 8-120.

Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 24(1), 2017
<http://jwsc.gau.ac.ir>

The elimination of nitrate from urban storm runoffs by multi-filters process

S. Sirouspour¹, *M. Parvizi², M. Parvin Nia³ and A. Shokrollahi⁴

¹Instructor, Dept. of Civil Engineering, Ramhormoz Branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran,

²Assistant Prof., Dept. of Civil and Geotechnic Engineering, University of Yasouj,

³Assistant Prof., Dept. of Civil and Environmental Engineering, University of Yasouj,

⁴Associate Prof., Dept. of Chemistry, Faculty of Basic Sciences, University of Yasouj

Received: 11/07/2016; Accepted: 06/06/2017

Abstract

Background and Objectives: Currently, in many parts of the world and even in Iran, the high concentration of nitrate in drinking water has shown to be a serious problem, mainly caused by the introduction of agricultural wastewater and home and industrial sewage runoffs in the water resources and especially in the groundwater. The ultimate goal of the present study is to design and investigate the bio-geo-filters in order for the elimination of nitrate from the runoffs.

Materials and Methods: In this research, alternate layers of non-woven geotextile filters and granular soil have been used for reduction and removal of pollution. These layers are of paramount importance in terms of their permissibility and absorption capability. For selection of materials some points have been considered, which include the material capability for pollution elimination, their accessibility and maximal cost-effectiveness.

Results: After conduction of permissibility tests, the ratio of the weight mixture of the applied materials in PRB has been considered as 25% sand, 20% zeolite, 20% iron borings and 10% poplar wood sawdust. It has been observed that for pH=7, the maximal nitrate absorption efficiency by zeolite is about 69%, sawdust 29% and iron borings 12%. As indicated by the results of nitrate absorption through the final mixture of PRB in different concentrations of nitrate under optimal pH conditions while other parameters being constant, maximal absorption is due to the concentration of 150 mg L⁻¹ and occurs in about 83%. The more the original nitrate concentration increases, the more the absorption amount goes up. Moreover, nitrate elimination with equal amounts of adsorbent and optimal pH has been performed in different times for determination of equilibrium time and the maximal elimination of 100% has been obtained in equilibrium time of 96 hours. In the administered test for removal of the pollution, after the growth of biologic mass in its environment, the filter was able to decrease the amount of nitrate up to 99% after the elapse of 9 days and consequently its final amount was decreased from 100 mg L⁻¹ to 1 mg L⁻¹.

Conclusion: The designed permeable reactive barriers with the percentage of weight mix has the capability of adsorbing a quite large amount of nitrate in a short time. Washing of adsorbent materials and removal of the pollutants result in the increase in the especial surface of the adsorbent and thus the adsorption power increases.

Keywords: Bio-geo-filter, Nitrate removal, Treating urban runoff, Absorption, Low-priced adsorbents

* Corresponding Author; Email: parvizi@yu.ac.ir