پژوهش‌های محیط‌زیست، سال ۹، شماره ۱۷، بهار و تابستان ۱۳۹۷، از صفحه ۱۵۵ تا ۱۶۲

کاهش آلاینده‌های استخر پرورش ماهی با دستگاه فیلتراسیون (مطالعه موردی: رودخانه سرداب)

میثم حق‌شناس دهکردی[۱]، جواد مظفری*[۲]، مهدی قبادی‌نیا[۳]، سید اسدا... محسنی موحد[۴]

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک
۲ استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک
۳ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد
۴ استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه اراک

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۶؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۰۳/۱۹)

چکیده

پساب مزارع پرورش ماهی شامل مواد معلق و محلولی است که بر کیفیت آب رودخانه‌ها اثر منفی می‌گذارند. هدف از این پژوهش ساخت فیلتری، برای کاهش آلاینده‌های طرح‌های پرورش ماهی است. بدین‌منظور، دستگاه فیلتراسیون متحرک تصفیه آب به صورت اتوماتیک و دستی طراحی و ساخته شد، بدین‌صورت که آب خروجی مزارع پرورش ماهی پس از عبور از صافی چرخان دستگاه (فیلتر اولیه)، وارد فیلتر ثابت (ثانویه) شده و از موادی همچون ژئوتکستایل، ضایعات کشاورزی و زئولیت عبور کرده تا مواد محلول در آب جذب این عناصر شوند. سپس به منظور بررسی قابلیت دستگاه نسبت به جذب مواد معلق و مواد محلول در آب، دستگاه مربوطه روی خروجی یکی از مزارع پرورش ماهی نصب شده و نمونه‌گیری کیفی آب از ورودی و خروجی دستگاه صورت پذیرفت. در تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده از ورودی و خروجی آب دستگاه فیلتراسیون، غلظت پارامترها در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد از اختلاف معنی‌داری برخوردار بودند که نشان‌دهنده اثر مطلوب فیلتراسیون در تصفیه آب است. بررسی‌های انجام گرفته به منظور کاهش مواد معلق جامد آب خروجی مزارع نشان داد که با عبور دبی مورد نیاز دهانه خروجی به میزان ۳۰ لیتر بر ثانیه، کاهش مواد آلاینده به میزان ۹۷/۴۸ درصد می‌باشد. همچنین به منظور کاهش پارامترهایی مانند نیترات و فسفات، بخش ثابت دستگاه به همراه چند ماده ترکیبی از جمله ژئوتکستایل یک‌لایه، ضایعات کشاورزی و زئولیت به کار برده شد که نتایج جذب نیترات و فسفات پس از گذشت ۲۴ ساعت به ترتیب برابر ۳۰/۳۸ و ۳۷/۸۶ درصد گزارش شد.

کلید واژه‌ها: مزارع پرورش ماهی، دستگاه فیلتراسیون، مواد جامد معلق، نیترات، فسفات

* نویسنده مسئول: Email: Javad_370@yahoo.com

سرآغاز

امروزه یکی از فعالیت‌های انسانی که می‌تواند بر کیفیت آب رودخانه تاثیر منفی بگذارد، توسعه طرح‌های پرورش ماهی است که در استان چهارمحال و بختیاری به این قسمت توجه خاص، مبذول شده و هم اکنون این استان، رتبه اول کشور را از نظر تولید ماهیان سرد آبی داراست (سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۰). توجه به مسایل کیفیتی آب، تعیین ظرفیت رودخانه‌ها و آثار محیط‌زیستی فعالیت کارگاه‌ها با توجه به توان تصفیه طبیعی و رعایت اصل توسعه پایدار، یک امر حساس و مورد توجه عموم مدیران و برنامه‌ریزان می‌باشد. در حقیقت توسعه آبزی‌پروری در حوضه یک رودخانه باید توسط اصل کاهش آثار محیطی محدود شود. پساب خروجی استخرهای پرورش ماهی دارای مواد زاید زیادی از قبیل نیتروژن، نیترات، فسفر، کلیفرم، کلیفرم مدفوعی، باکتری، ویروس، غذای خورده نشده و فلور میکروبی روده ماهی است که با رهاسازی آن به اکوسیستم طبیعی سبب آلودگی، شکوفایی جلبکی و ورود به چرخه آب مصرفی و در نتیجه تغییر ساختار اکوسیستم‌های رودخانه و دریاچه می‌شود (حاتمی، ۱۳۸۹). امروزه روش‌های مختلفی برای حذف آلاینده‌ها وجود دارد که از مهم‌ترین این روش‌ها می‌توان به: جذب‌زیستی- تجزیه‌الکتریکی- گیاه‌پالایی- فرایندغشایی و اسمز معکوس- جذب سطحی فیزیکی و تبادل یونی اشاره کرد که از بین آن‌ها، تبادل یونی یکی از ساده‌ترین و موثرترین روش‌ها می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه حذف آلاینده‌ها با استفاده از ضایعات ارزان‌قیمت کشاورزی از جمله خاک اره درخت سدر (Djeribi & Hamdaoui, 2008)، پودر پوست نارگیل (Polat et al., 2008) و پوست عدس و پوست گندم (Aydin et al., 2011) گرفته است. نتایج پژوهشی در مورد حذف نیترات از محلول‌های آبی با استفاده از کربن تهیه شده از باگاس نشان داد که جاذب‌های گیاهی مورد مطالعه قابلیت بالایی در حذف نیترات دارند (Demiral & Gunduzoglu , 2010). در پژوهشی که توسط فراستی و جعفرزاده صورت گرفت اثر نانو جاذب‌های نی و پوشال نیشکر به منظور حذف نیترات از محلول آبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که نانو جاذب‌های نی و پوشال نیشکر اصلاح شده قابلیت حذف یون‌های نیترات را دارا بوده و از بین دو جاذب، نانو جاذب نی توانایی بیشتری در حذف نیترات داراست (فراستی و جعفرزاده، ۱۳۹۱). از دیگر جاذب‌ها می‌توان به کربن فعال، مواد معدنی خاک رس و زئولیت اشاره کرد. از زئولیت‌های طبیعی و مصنوعی در فرایند تصفیه فاضلاب‌ها به عنوان یک روش جایگزین معتبر در حال بررسی استفاده می‌شود. به دلیل خواص منحصر به فرد زئولیت از جمله: تبادل کاتیونی بالا، در دسترس بودن و هزینه‌های نسبتا کم، به طور گسترده به عنوان جاذب در فرایندهای جداسازی و خالص‌سازی در دهه‌های گذشته استفاده شده است (Ambashtaritu & Sillanpaa, 2010; Wang, 2010; Panssini, 1996). ژئوتکستایل‌ها نیز صفحاتی قابل انعطاف و نفوذپذیری هستند که از الیاف (رشته) مصنوعی ساخته شده‌اند و می‌توانند برای بهبود فیلتراسیون، زهکشی، جداسازی و تقویت خاک پرکاربرد باشند. ژئوتکستایل‌ها می‌توانند به نحوی طراحی و نصب شوند که هم‌زمان در چندین مورد به کار آیند (خبازیان، ۱۳۹۱). در تحقیقی که بر روی میزان انتقال آلاینده‌های معدنی به خاک صورت پذیرفت، استفاده از دو راهبرد یعنی پوشش ژئوتکستایل و پوشش بقایای مصالح ساختمانی درشت‌دانه روی سطح خاک استفاده شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از کارایی بالای ستون خاک با پوشش ژئوتکستایل، در حذف مواد آلاینده است (حسن اقلی و همکاران، ۱۳۹۲). بنابراین هدف از این پژوهش بررسی کاهش آلاینده‌های حاصل از مزارع پرورش ماهی با استفاده از دستگاه فیلتراسیون آبی اتوماتیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

• دستگاه فیلتراسیون طراحی شده

به منظور کاهش مواد معلق، فضولات و مواد محلول حاصل از مزارع پرورش ماهی، دستگاه فیتلراسیون متحرک تصفیه آب به صورت اتوماتیک و دستی طراحی و ساخته شد که در شکل (۱) نشان داده شده است. روش کار دستگاه بدین‌صورت است که آب خروجی مزارع پس از عبور از صافی متحرک دستگاه، وارد صافی‌های ثانویه (ثابت) شده و از انتهای دستگاه خارج می‌شود. در مرحله اول آب از فیلتر متحرک عبور کرده و زه آب و مواد معلق موجود توسط توری فلزی جمع‌آوری می‌شود. پس از مدتی که مواد معلق جامد سبب گرفتگی توری‌ها شده، فیلتر چرخان به صورت خودکار به سمت بالا حرکت کرده و توسط سیستم بک‌واش[1] تمیز می‌شود. در انتها نیز زهاب جمع‌آوری شده توسط لوله‌های پی‌وی‌سی به بیرون انتقال داده می‌شوند. به منظور

افزایش عملکرد و بالا بردن ضریب اطمینان دستگاه نیز از دو عدد جاروبک به منظور جمع‌آوری فضولات و مواد معلق استفاده شد. از مزیت‌های طراحی این دستگاه این است که می‌توان آبی با کیفیت بهتر وارد رودخانه و چرخه اکوسیستم کرد و یا این‌که برحسب نیاز می‌توان آب تصفیه شده را دوباره به سیستم مزرعه پرورش ماهی بازگرداند.

شکل (۱): نمایی از دستگاه فیلتراسیون متحرک (اولیه)

در بخش دوم دستگاه و به منظور جذب و کاهش مواد محلول در آب از قبیل فسفات، نیترات، TDS و ...، فیلتر ثابت طراحی شد. بدین‌منظور پس از صافی چرخان تعدادی ریل به فواصل مختلف نصب شد. سپس با ریل‌های نصب شده صفحات مشبکی پوشیده از توری آلومینیومی همانند شکل (۲) درون ریل‌ها کار گذاشته شد. سپس متناسب با بهترین عملکرد در بین این صفحات، موادی از قبیل زئولیت، ضایعات کشاورزی، ژئوتکستایل قرارداده شد تا کیفیت آب خروجی افزایش یابد. این دستگاه در سال ۱۳۹۴ در شهرکرد و در راستای انجام پایان‌نامه دانشجویی دانشگاه اراک و با هزینه‌ای در حدود ۱۵ میلیون ریال ساخته شد.

شکل (۲): نمایی از فیلتر ثانویه(ثابت)

• نمونه‌برداری از ورودی- خروجی دستگاه فیلتراسیون

پس از تکمیل و ساخت دستگاه تصفیه آب، سیستم مـوردنظر در یک مزرعه پرورش ماهی واقع در روستای رستم آباد شهرستان اردل از توابع استان چهارمحال وبختیاری نصب شد. سپس قابلیت دستگاه نسبت به جذب مواد معلق، یک بار به وسیله جاروبک‌ها و یک بار به وسیله جاروبک‌ها و جت آب مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌صورت که پس از کارگذاری دستگاه در دهانه خروجی یکی از استخرها از ورودی و خروجی آب دستگاه، بدون در نظر گرفتن فیلتر ثانویه نمونه‌برداری صورت گرفت. سپس به منظور بررسی کارکرد کلی دستگاه در کاهش میزان مواد محلول در آب از قبیل نیترات، فسفات، جامدات محلول و pH از صافی ثانویه موجود در قسمت دوم دستگاه نیز استفاده شد. بدین‌صورت که در صفحات مشبک فیلتر ثانویه، مواد مختلف را به صورت جداگانه و یک بار هم به صورت سری قرار داده و از ورودی و خروجی دستگاه نمونه تهیه گردید. در مرحله اول در یکی از صفحات مشبک فقط از یک لایه ژئوتکستایل (با تراکم ۳۰۰) استفاده و از ورودی و خروجی نمونه‌برداری شد. در مرحله دوم از زئولیت استفاده شد. در مرحله سوم از ضایعات کشاورزی و در مرحله چهارم از ژئوتکستایل دو لایه (با تراکم ۳۰۰ و۵۵۰) و در مرحله آخر مواد موردنظر به صورت ترکیب سری از ضایعات کشاورزی حاوی ذرت خرد شده، تفاله چغندرقند و پوسته گندم با نسبت ترکیب (۵۰،۲۵ و۲۵ درصد)، زئولیت و ژئوتکستایل یک‌لایه مورد استفاده قرار گرفت. مشخصات تیمارها در جدول (۱) آمده است. در ضمن از ورودی و خروجی تمامی این مواد در زمان‌های مختلف تا ۲۴ ساعت نمونه‌برداری به عمل آمد. سپس

برای برآورد و میزان جذب مواد معلق، نیترات و فسفات، نمونه‌ها به آزمایشگاه دانشگاه شهرکرد انتقال داده شدند. لازم به ذکر است در تمامی تیمارهای مختلف میزان دبی ورودی و خروجی آب از دستگاه برابر۳۰ لیتر بر ثانیه بوده است.

• طرح آماری

به منظور بررسی و آنالیز جذب پساب از ورودی و خروجی دستگاه از آنالیز کوواریانس استفاده شد. همچنین آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار spss صورت پذیرفت. لازم به ذکر است که برای مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

جدول (۱): مشخصات تیمارها

تیمار	روش کاربرد	ضخامت هر لایه
F1	فیلترچرخان و ژئوتکستایل یک لایه	-
F2	فیلترچرخان و ژئوتکستایل دولایه	-
F3	فیلترچرخان و ضایعات کشاورزی	۷ cm
F4	فیلترچرخانو زئولیت	۷ cm
FT	فیلترچرخان، ژئوتکستایل یک لایه، ضایعات کشاورزی، زئولیت	۷ cm

نتایج و بحث

•بررسی درصد جذب و کاهش مواد معلق (TSS) توسط فیلتر چرخان

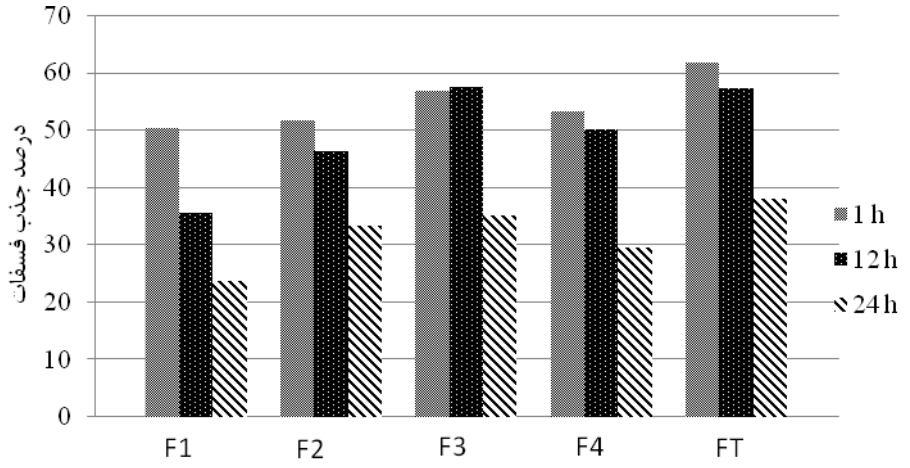
پس از طراحی و ساخت فیلتر چرخان به وسیله توری فلزی با مش هشتاد (۸۰ روزنه در هر اینچ طول) به بررسی عملکرد فیلتر به دو روش ۱. استفاده از جاروبک و ۲. استفاده از جت‌آب و جاروبک در زمان‌های گوناگون پرداخته شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از کاهش مواد معلق به میزان ۶۹/۷۲ و ۹۷/۴۸ درصد به ترتیب با روش جاروبک و جت‌آب- جاروبک می‌باشد، در جدول (۲) آورده شده است.

جدول (۲): میزان جذب مواد معلق مربوط به فیلتر چرخان

نمونه	وضعیت	TSS(gr/L)	درصد جذب مواد معلق٪
جاروبک و جت آب	مواد معلق آب ورودی دستگاه	۵/۳۰	۹۷/۴۸
	مواد معلق آب خروجی دستگاه	۰/۱۳	
جاروبک ها	مواد معلق آب ورودی دستگاه	۴/۷۳	۶۹/۷۲
	مواد معلق آب خروجی دستگاه	۱/۴۳	

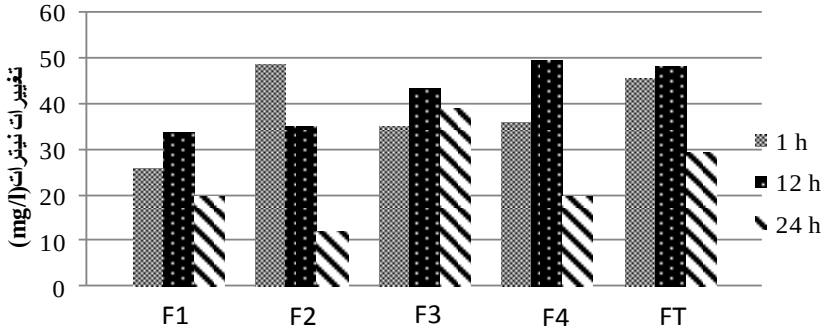
•بررسی تغییرات و روند جذب پساب توسط دستگاه فیلتراسیون به همراه مواد گوناگون

پس از ساخت و کارگذاری دستگاه در مسیر جریان آب با ترکیب ساختن فیلتر چرخان به همراه چند مواد مختلف، به بررسی نتایج عبوری و میزان جذب در سه بازه زمانی ۱، ۱۲ و ۲۴ ساعت پرداخته شد که نتایج به‌دست آمده در شکل‌های (۳ و ۴) آورده شده است. با توجه به شکل (۳)، میزان جذب نیترات در تیمارهای اول و دوم شامل (فیلتر چرخان به همراه ژئوتکستایل‌های یک لایه و دو لایه) به دلیل اشباع مواد در این لایه‌ها با گذشت زمان به صورت خطی کاهش می‌یابد ولی در تیمارهای سوم و چهارم (فیلترچرخان به همراه ضایعات کشاورزی و زئولیت) روند جذب نیترات به صورت افزایشی- کاهشی عمل کرده به طوری که در مدت زمان ۱۲ساعت میزان جذب نسبت به مدت ۱ ساعت کمی افزایش یافته و در مدت زمان ۲۴ ساعت این روند کاهش پیدا کرده است. همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده از میان پنج تیمار یاد شده بیشترین درصد جذب نیترات در تیمار FT برابر ۵۷/۱۲ درصد و در مدت زمان ۱ ساعت صورت پذیرفته و در زمان‌های ۱۲ و ۲۴ ساعت نیز تیمار FT (متشکل از فیلتر چرخان به همراه مواد مختلف دیگر) نسبت به دیگر تیمارها قابلیت بیشتری در جذب نیترات را دارا بوده است.

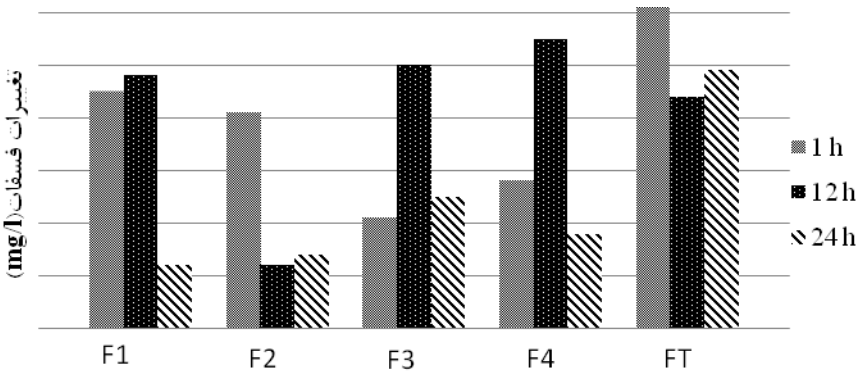


شکل (۴): روند جذب فسفات در تیمارهای مختلف

با توجه به نتایج به‌دست آمده در شکل (۴)، از میان تیمارهای یاد شده بیشترین درصد جذب فسفات در تیمار FT برابر ۶۱/۷۹ درصد و در مدت زمان ۱ ساعت صورت پذیرفته و در مدت زمان‌های ۱۲ و ۲۴ ساعت از میان تمامی تیمارها، تیمار FT نسبت به دیگر تیمارها قابلیت بالایی در جذب فسفات را دارا بوده است. همچنین روند جذب فسفات در تیمار F1، F2 وF4 به صورت خطی کاهش پیدا کرده و در تیمار F3 به صورت افزایشی-کاهشی بوده است. همچنین روند تغییرات نیترات و فسفات مربوط به تیمارهای مختلف در شکل‌های (۵ و ۶) آورده شده است.



شکل (۵): روند تغییرات نیترات در ورودی و خروجی تیمارهای مختلف



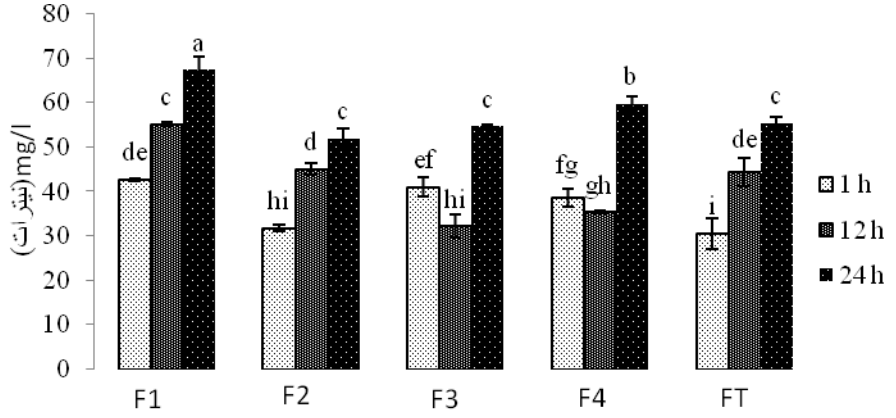
شکل (۶): روند تغییرات فسفات در ورودی و خروجی تیمارهای مختلف

- **بررسی نتایج مقایسه میانگین خروجی نیترات**

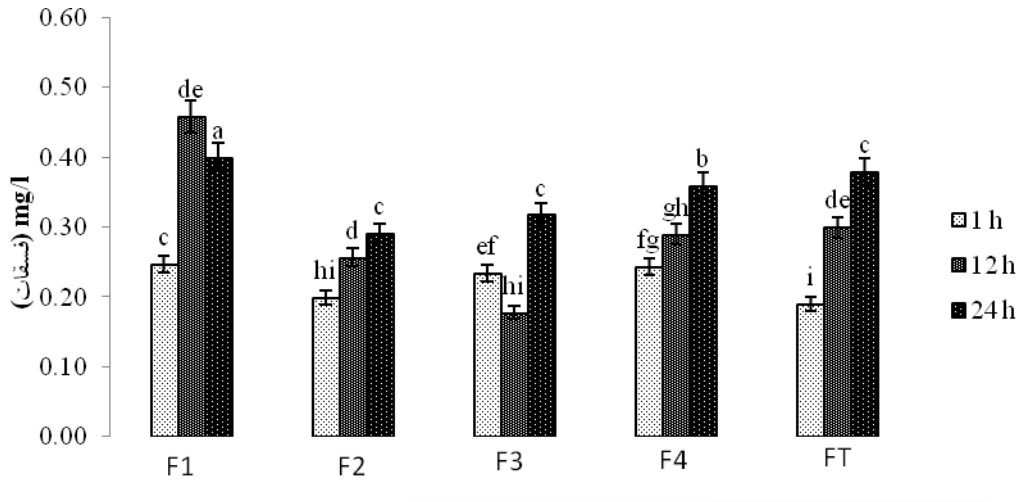
نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای F1، F2، F3، F4 و FT از نظر میزان نیترات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد در شکل (۷) آورده شده است. بیشترین میزان نیترات در شرایطی به‌دست آمد که آب به صورت مستمر از تیمار F1 در زمان ۲۴ ساعت عبور کرده است. پس از آن با عبور آب به صورت مستمر از تیمار F4 در زمان ۲۴ ساعت بیشترین میزان نیترات مشاهده شد.

- **بررسی نتایج مقایسه میانگین خروجی فسفات**

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای F1، F2، F3، F4 و FT از نظر میزان فسفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد در شکل (۸) آورده شده است. بیشترین میزان فسفات در شرایطی به‌دست آمد که آب به صورت مستمر از تیمار F1 در زمان ۱۲ ساعت عبور کرده است. پس از آن با عبور آب به صورت مستمر از تیمار F4 در زمان ۲۴ ساعت مشاهده شد.



شکل (۷): مقایسه میانگین تیمارهای خروجی نیترات در زمان‌های مختلف(۲)



شکل (۸): مقایسه میانگین تیمارهای خروجی فسفات در زمان‌های مختلف۲

- **تغییرات تجزیه کواریانس تغییرات نیترات و فسفات**

تجزیه کوواریانس تغییرات نیترات و فسفات تیمارهای F1، F2، F3، F4 و FT در زمان‌های مختلف در جدول (۳) آورده شده است. نتایج حاصل بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف از نظر میزان نیترات و فسفات در سطح احتمال یک درصد را دارد. از سوی دیگر، با معنی‌دار شدن اثر متقابل

تیمارهای مختلف می‌توان چنین برداشت نمود که استفاده از دستگاه فیلتراسیون به همراه مواد ترکیبی از جمله ژئوتکستایل، ضایعات کشاورزی و زئولیت به منظور کاهش نیترات و فسفات آب خروجی مزارع ماهی تاثیر گذار می‌باشد.

جدول (۳): تجزیه واریانس تغییرات و روند جذب نیترات و فسفات توسط فیلترهای چرخان

منابع تغییر		نیترات	فسفات
تکرار	۲	۷/۰۷^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
فیلتر	۴	۲۲۷/۴۷**	۰/۰۱**
زمان	۲	۱۱۱۹/۹۳**	۰/۰۶**
فیلتر در زمان	۸	۹۱/۷۸**	۰/۰۰۸**
کووریت	۱	۲۲۵/۲۴**	۰/۱۳**
خطا	۲۷	۴/۲۱	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات (cv)	--	۴/۴۹	۱۰/۸۶
ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.			

نتیجه‌گیری

در این پژوهش فیلتراسیونی برای کاهش آلاینده‌های مزارع پرورش ماهی طراحی شد. به منظور کاهش مواد معلق، آب خروجی مزارع پرورش ماهی توسط دستگاه فیلتراسیون به دو روش (۱. استفاده از جاروبک و ۲. استفاده از جاروبک به همراه جت آب) مورد بررسی قرارگرفت. نتایج، حاکی از کاهش مواد معلق به میزان ۶۹/۷۲ و ۹۷/۴۸ درصد است که ناشی از عملکرد بسیار بالای دستگاه در کاهش مواد معلق است. همچنین به منظور کاهش مواد محلول پساب مزارع پرورش ماهی از یک بخش فیلتراسیون ثابت نیز استفاده شد که در آن به بررسی کاهش نیترات و فسفات توسط دستگاه فیلتراسیون به همراه چند ماده از جمله ژئوتکستایل یک‌لایه، زئولیت و ضایعات کشاورزی پرداخته شد. نتایج نشان داد که بیشترین درصد جذب نیترات و فسفات برای تیمار FT و به ترتیب برابر ۶۴/۳۹ و ۷۲/۷۷ درصد و در زمان ۳۰ دقیقه صورت گرفته و کمترین مقدار برابر ۳۰/۶۸ و ۳۷/۸۶ درصد و در زمان ۲۴ ساعت می‌باشد. از مقادیر مربوطه می‌توان نتیجه گرفت که میزان اشباع شدگی مواد به کار برده شده در فیلتر ثابت کم بوده و زمان تعویض آن‌ها زیاد است.

تشکر و قدردانی

با سپاسگزاری از معاونت پژوهشی دانشگاه اراک، پژوهش حاضر تحت حمایت مالی این معاونت با عنوان «بررسی کاهش آلاینده‌های حاصل از آب استخرهای پرورش ماهی با استفاده از فیلتراسیون» و با تاریخ قرارداد ۹۳/۳/۲۵ و شماره قرارداد ۹۳/۱۴۳۶۴ انجام شد.

یادداشت‌ها

1. Back wash

۲. حروف غیرمشترک بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ از نظر آزمون دانکن می‌باشد.

فهرست منابع

سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۰. سالنامه آماری تولید شیلات ایران. معاونت برنامه‌ریزی و توسعه مدیریت برنامه و بودجه.

فراستی، م. و جعفرزاده، ن. ۱۳۹۱. استفاده از نانو جاذب‌های گیاهی به منظور حذف نیترات از محلول‌های آبی. مجله تحقیقات منابع آب ایران. ۸(۳): ۲۸-۳۸.

حاتمی، س. ۱۳۸۹. بررسی قدرت خودپالایی رودخانه سبزه کوه با توجه به آلودگی ناشی از مزارع پرورش ماهی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی سازه، دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد.

خبازیان، م. و نائی، ک. ۱۳۹۱. کاربرد ژئوتکستایل در مهندسی عمران. پنجمین کنگره ملی عمران. دانشگاه ساری.

حسن‌اقلی، ع.؛ لیاقت ع. و جوانی، ح. ۱۳۹۲. بررسی میزان انتقال آلاینده‌های معدنی و بیولوژیک موجود در پساب به نیم رخ خاک در نتیجه اجرای عملیات تغذیه مصنوعی، مجله علمی پژوهشی آب و خاک. ۲۷(۲): ۴۲۲-۴۳۱.

Polat, E.; Karaca, M.; Demir, H. & Naci Onus, A. 2008. Use of natural zeolite (Clinoptiolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 12:183-189.

Djeribi, R. & Hamdaoui, O. 2008. Sorption of copper (II) from aqueous solutions by cedar sawdust and crushed brick. Desalination. 225 (1-3): 95-112.

Aydin, H.; Bulut, Y. & Yerlikaya, C. 2011. Removal of copper (II) from aqueous solution by adsorptiononto low-cost adsorbents. J. environmentalmanagement.87: 37-45.

Demiral, H. & Gunduzoglu, G. 2010. Removal of nitrate from aqueous solutions by activated carbon prepared from sugar beet bagasse, Bioresour.Technol.101:1675–1680.

AmbashtaRitu, D. & Sillanpaa, M. 2010. Water Purification using magnetic assistance: A review. Journal of Hazardous Materials 180(1):8-490.

Wang, S. & Peng, Y. 2010. Natural zeolites as effective adsorbents in Water and Wastewater treatment. Chemical Engineering Journal 156:11-24.

Panssini, M. 1996. Natural zeolites as caption exchangers for environment protection. Mineralium Deposita. 31 (6):563-575.