

مقایسه الگوی استقرار فیلتر ژئوتکستایل در آبگیرهای زیر سطحی با رایزرهای قائم از نظر کنترل رسوبات ورودی

محمد محمدی^۱، حسین صمدی بروجنی^۲، روح الله فتاحی نافچی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی دانشگاه شهر کرد

۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه شهر کرد

۳- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه شهر کرد

:

Mohammadmohammadi314@gmail.com

خلاصه

یکی از انواع روش‌های برداشت آب از بستر رودخانه‌ها استفاده از آبگیرهای زیر سطحی است. در این نوع آبگیری که آبگیری نفوذی نیز نامیده می‌شود، با اجرای یک یا چند گالری نفوذپذیر در زیر بستر رودخانه، آب نفوذی رودخانه به یک چاهک کم عمق دهانه گشاد با دیواره نفوذناپذیر که عنوان آبگیر اصلی در ساحل رودخانه اجرا شده انتقال یافته و سپس به نقاط مصرف هدایت می‌گردد. در این روش یکی از موارد مهم، اطمینان از کیفیت مناسب آب با جلوگیری از ورود رسوبات به گالری آبگیر می‌باشد و بدین منظور استفاده از لایه‌های پوششی برای تسهیل ورود آب و فیلتراسیون الزامی است. در این تحقیق امکان سنجی استفاده از ژئوتکستایل در آبگیرهای زیر سطحی به منظور تصفیه فیزیکی آب در چند چیدمان مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت با بکارگیری آنالیز ابعادی، پارامترهای موثر بر دبی خروجی مشخص و راندمان فیلتر از دیدگاه جلوگیری از ورود رسوبات در هر چیدمان بدست آمد. بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد استفاده از صفحات ژئوتکستایل بصورت لایه‌های افقی متورق در داخل لوله‌های رایزر ۲۰ درصد در جدا سازی رسوبات همراه آب نسبت به چیدمان استوانه‌ای موثر تر بوده ولی ژئوتکستایل لوله‌ای شکل (در دو حالت رسوبدار و بدون رسوب) در مقایسه با ژئوتکستایل متورق با افزایش ارتفاع، دبی بیشتری از خود عبور می‌دهد و در ژئوتکستایل متورق افت فشار بیشتری مشاهده شد.

کلمات کلیدی: آبگیر زیر سطحی، فیلتر، ژئوتکستایل، غلظت رسوبات، تصفیه فیزیکی

۱. مقدمه

رودخانه‌ها به دلیل تأثیر زیاد که بر زندگی بشر و شکل‌گیری تمدن‌های مختلف داشته‌اند، همواره به عنوان مهمترین منبع آب مورد نیاز برای کاربردهای مختلف قلمداد شده و تأمین آب مهم‌ترین نقش اقتصادی رودخانه است. آبگیری از رودخانه‌ها به طور معمول به روش انحراف مستقیم (ثقلی) و غیر مستقیم (پمپاژ) و با هدف‌های گوناگون، آبیاری، آب رسانی شهری صنایع، تولید برق آبی یا پخش سیلاب انجام می‌شود (معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، ۱۳۸۸).

آبگیر کفی نوعی از سازه آبگیر ثقلی است که برداشت بخشی از جریان از کف مجرا توسط آن انجام می‌شود. این نوع سازه در قسمتی از طول و در بخشی یا تمامی عرض در کف مجرا به صورت کلکتور با روزنه‌های پوشیده شده توسط فیلتر یا مواد آبرفتی بستر ایجاد می‌شوند و آب از طریق آن برداشت می‌شود.

از جمله تحقیقاتی که در مورد آبگیرهای کفی انجام شده، می‌توان به کار اورث و همکاران (۱۹۵۴) با استفاده از کانالی با شیب ۲۰ درصد و پنج مقطع متفاوت برای شبکه فلزی اشاره نمود. ساکسوادیل و انیشتین (۱۹۷۰) طی تحقیقی نشان دادند ذرات معلق رسوب با قطری برابر یا بزرگتر از نصف میانگین قطر منافذ مواد پوششی روی کلکتورها ته نشین خواهند شد. اشلما (۱۹۹۶) با بررسی آزمایشگاهی لوله‌های سوراخ‌دار مستغرق تحت تأثیر بار ثابت آب و بدون استفاده از لایه‌های خاک و شن و فیلتر بر روی لوله نشان داد در لوله‌های سوراخ‌دار یکنواخت، با پیشرفت جریان به سمت پایین دست، جریان آب به داخل لوله در واحد طول لوله بیشتر و بیشتر شده، به طوری که ۲۰ درصد انتهایی طول لوله، حدود ۵۰ درصد کل دبی را جمع‌آوری

می‌نماید. همچنین افزایش اصطکاک تجمعی و افت ناشی از تغییر اندازه حرکت لوله سوراخ‌دار باعث کاهش بار پیژومتریکی با پیشرفت جریان به سوی پایین دست می‌شود. بر اساس معادلات آد و همکاران (۲۰۰۱)، جریان نشتی تابع قطر ذرات محیط متخلخل است و چنانچه جریان عبوری حاوی رسوبات نیز باشد، به خاطر امکان گرفتگی منافذ توسط رسوبات، روند کاهش سرعت نشت دو چندان خواهد شد.

موشا و همکاران (۲۰۰۶) به این نتیجه رسیدند که در نتیجه ترسیب، بستر رودخانه دچار گرفتگی شده و ترکیبات آب زیرزمینی، تغذیه آب زیرزمینی از بستر رودخانه، ظرفیت سیستم چاه و کیفیت آب زیرزمینی منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. متوسط قطر منافذ محیط پاره سنگی چندین برابر بزرگتر از رسوبات معلق بوده و لذا گرفتگی رخ نمی‌دهد. با این وجود اگر مواد سنگدانه‌ای حاوی ریزدانه باشد، ممکن است منافذی با قطر کم وجود داشته باشد که اجازه دهد گرفتگی صورت گیرد. بازده محیط پاره سنگی در تله اندازی رسوبات تحت تأثیر سرعت جریان نشتی است و سرعت جریان نشتی در این محیط‌ها تابعی است از نفوذپذیری محیط پاره سنگی و بار هیدرولیکی است.

موتو کوماران و لامپاروتی (۲۰۰۶) از ژئوتکتایل به‌عنوان جایگزین روش‌های متعارف و مرسوم جدا سازی مواد معلق همراه با آب و بازیابی مجدد پساب (تصفیه آب) استفاده کردند و با آزمایش بر روی رسوبات بندری و خاکستر معلق نشان دادند سازگاری مناسبی بین تجمع مواد جامد بر روی ژئوتکتایل و آبیگری وجود دارد.

یوازا و همکاران (۲۰۱۳) با تأکید بر اهمیت ارزیابی ویژگی‌های مواد ژئوستتیک و به‌ویژه ژئوتکتایل در حالت غیر اشباع و تأثیر آن بر رفتار پارامترهای مهندسی آب در خاک و جدا سازی مواد معلق همراه با آب عملکرد و هدایت هیدرولیکی ژئوتکتایل و آسترهای ژئوستتیک محافظ خاک رس را مورد بررسی قرار داده‌اند.

کوروش وحید و اسماعیلی (۱۳۹۲) شیوه جدیدی برای آبیگری از رودخانه پیشنهاد کردند که در آن میط متخلخل جایگزین کف‌های مشبک در سیستم آبیگری از بستر رودخانه شده است. هر چند ضریب گذردهی آبیگر کفی با محیط متخلخل حدوداً ۱۰ تا ۳۰ درصد ضریب گذردهی آبیگر کفی مشبک است اما کارایی سیستم در بلند مدت، عدم نیاز به نیروی انسانی جهت حفظ و نگهداری سیستم و همچنین حفظ شرایط طبیعی رودخانه و ایجاد شرایط زیست محیطی مناسب برای رودخانه و منطقه از مزایای این سیستم به شمار می‌رود.

کمان بدست و شفافی بجزستان (۱۳۸۷) نیز به منظور تعیین ضریب دبی انحراف در آبیگرهای کفی تحت اثر شیب و درصدهای متفاوت بازشدگی در کف مشبک ابتدا با استفاده از آنالیز ابعادی رابطه کلی بی بعد استخراج و سپس برای تعیین ضرایب این معادله، آزمایش‌های مختلفی انجام دادند. این آزمایش‌ها در فلومی به عرض ۶۰ سانتیمتر و بر روی مدل آشغال‌گیر که در آنها شیب و درصد بازشدگی متفاوت بود انجام گرفت. تحت شرایط متفاوت هیدرولیکی و رسوب و با بکار بردن داده‌های حاصل از این آزمایش‌ها روابط متعددی مورد بررسی و بهترین رابطه انتخاب گردید.

همچنین اکرام نیا (۱۳۹۳) برای تصفیه فیزیکی آب با استفاده از ژئوتکتایل R500 که دور لوله افقی مشبک شده‌ای به طول ۳ متر پیچیده شده بود، به این نتیجه رسید که این لایه ژئوتکتایل می‌تواند تا ۹۹ درصد آب را رسوب زدائی کند.

از موارد مهم، اطمینان از کیفیت مناسب آب با جلوگیری از ورود رسوب به کلکتور آبیگر کفی می‌باشد و بدین منظور استفاده از لایه‌های پوششی برای تسهیل ورود آب و فیلتراسیون الزامی است. لذا در این تحقیق امکان سنجی استفاده از ژئوتکتایل در اندازه و چیدمان‌های متفاوت در آبیگرهای زیر سطحی به منظور تصفیه فیزیکی آب مورد بررسی قرار گرفته است.

در این تحقیق، سعی شده است تا شرایطی مانند: نوع ژئو تکتایل، سطح باز شده روی لوله و نوع رسوب با تحقیق پیشین در این زمینه (اکرام نیا ۱۳۹۳) مطابقت داشته باشد تا بتوان توانایی ژئوتکتایل را به منظور یک فیلتر در حالت عمودی و دو جهت قرار گیری مورد مقایسه قرار داد.

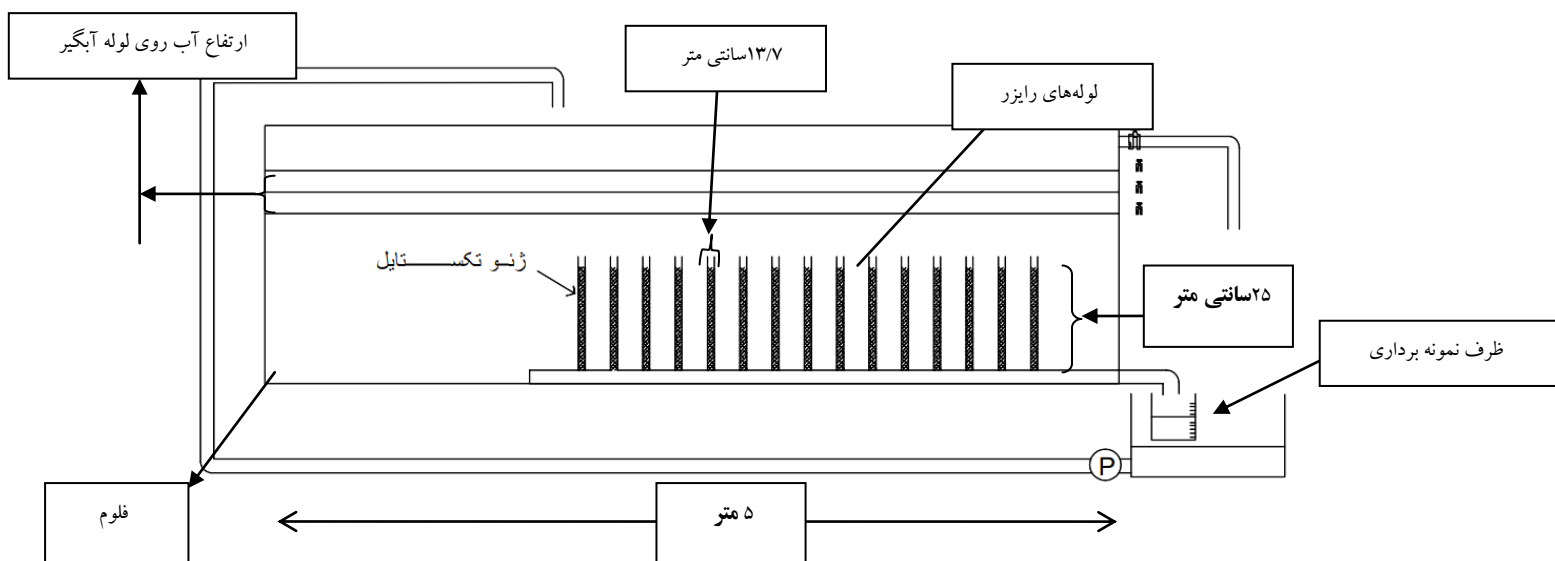
۲. مواد و روش‌ها

آزمایش‌های این تحقیق در فلومی مستطیلی با جداره‌های شیشه‌ای به ارتفاع ۱/۲ متر، عرض ۵۰ سانتی‌متر و طول ۵ متر با استفاده از مدل آبیگری زیر سطحی در آزمایشگاه مکانیک خاک دانشگاه شهرکرد انجام شد. اجزای سیستم آبیگری که به‌صورت شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده است، شامل:

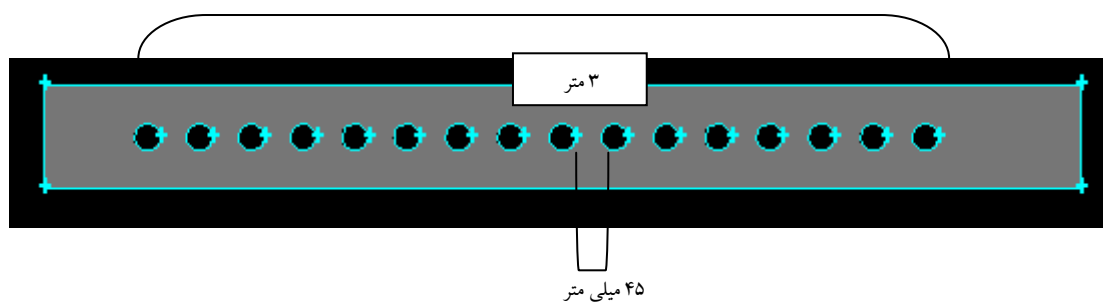
- لوله PVC با قطر ۹۰ میلی‌متر و طول ۴ متر بعنوان کلکتور که در امتداد طولی فلوم قرار می‌گیرد، (تنها ۳ متر لوله مورد استفاده قرار می‌گیرد)،
- ۱۶ لوله به صورت عمودی بعنوان رایزر که با استفاده از کمربند منشعب شده‌اند، این لوله‌ها دارای قطر ۷۵ میلی‌متر، طول ۲۵ سانتی‌متر و فاصله ۱۳/۷ سانتی‌متر از همدیگر می‌باشند.
- در محل اتصال لوله‌های عمودی به لوله افقی، بر روی لوله افقی سوراخی به قطر ۴۵ میلی‌متر ایجاد گردید. در این صورت مجموع مساحت باز بر

روی لوله آبگیر افقی برابر با ۰/۲۶ متر مربع محاسبه می‌گردد که با آزمایش آبگیری در حالت افقی که در تحقیقات قبل انجام شده مطابقت دارد (شکل ۲).

- ۱۴ عدد پیزومتر به فاصله ۲۰ سانتی متر از یکدیگر در زیر لوله ی آبگیر، برای اندازه گیری فشار داخلی لوله آبگیر . لوله‌ها پس از خروج از جدار طولی کانال، بر روی دیوار خارجی کانال به صورت قائم نصب شدند.
- ۱۲ عدد پیزومتر روی لوله‌های قائم نصب و افت انرژی در ستون‌های ژئوتکستایل اندازه‌گیری شد. آزمایش‌ها در دو حالت با استفاده از آب همراه رسوب و آب بدون رسوب با حداقل ۳ بار تکرار برای هر حالت انجام شد. تیمارهای تحقیق شامل ۳ بار پیزومتریکی خارجی ارتفاع آب روی لوله آبگیر (۴۰، ۲۰ و ۶۰ سانتی متر) و انواع فیلتر با تراکم برابر (1 gr/cm^3) در دو حالت قرار گیری در لوله (به صورت لوله‌ای و مطبق)، غلظت رسوب (۰ و ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) می‌باشد. در هر یک از آزمایشات دبی به صورت حجمی در ۳ تکرار اندازه گیری و تراز سطح آب در هر پیزومتر برای هر دبی برداشت شد.



شکل ۱- نمایی از لوله آبگیر



شکل ۲- نمایی از روزنه‌های روی لوله آبگیر

• نوع رسوب

به منظور بررسی میزان کارآئی چیدمان‌های مختلف ژئوتکستایل در تصفیه فیزیکی آب در آبگیری زیر سطحی، نیاز به استفاده از رسوباتی با اندازه‌ای کوچکتر از اندازه ظاهری منافذ ژئوتکستایل می‌باشد تا میزان تله اندازی رسوبات توسط ژئوتکستایل به درستی ارزیابی شود.

۲-۱- نوع فیلتر

مشخصات ژئو تکستایل مورد استفاده در این پژوهش که از نوع R500 (متوسط) بوده در جدول ۱ ارائه گردیده است. ژئو تکستایل مورد استفاده به ۲ حالت نشان داده شده در تصویر (۳)، لوله شده (بصورت استوانه عمودی) و حالت مطبق (ورقه‌های مربعی روی هم به تعداد ۴۰ ورقه) با چگالی یکسان $۲/۹۵ \text{ gr/cm}^3$ بوده است.



شکل ۳- چیدمان ژئو تکستایل‌های مورد استفاده در این تحقیق

| جدول ۱- مشخصات فیلتر (ژئو تکستایل) مورد آزمایش | | | |
|--|---------------|-----------------|------|
| ژئو تکستایل | علامت اختصاری | واحد | R500 |
| وزن واحد | W | gr/m^2 | 500 |
| ضخامت | H | mm | 3/5 |
| اندازه ظاهری منافذ | AOS | mm | 0/15 |
| نفوذپذیری | K | Cm/s | 0/25 |

به منظور بررسی ارتباط بین عوامل موثر بر کارایی تصفیه فیزیکی در این پژوهش از تحلیل ابعادی با روش باکینگهام استفاده شده است. با صرف نظر کردن از اثرات مربوط به کشش سطحی و تراکم پذیری مایع، دبی منشعب شده توسط کلکتور در یک آبگیر کفی که از ژئو تکستایل بعنوان فیلتر در آن استفاده شده باشد را میتوان بصورت تابع نشان داده شده در رابطه (۱) بیان نمود:

$$Q = F(K, A, AOS, d_{90}, H, \rho_G, \rho, c_{in}, c_{out}, v, D, \mu, \eta) \quad (1)$$

در رابطه (۱)، Q دبی منشعب شده توسط لوله کلکتور، K ضریب نفوذپذیری لایه ژئو تکستایل، A سطح موثر روزه‌های ورودی، AOS اندازه ظاهری منافذ ژئو تکستایل، d_{90} اندازه ذره‌ای از رسوبات ورودی که ۹۰ درصد ذرات دیگر از آن کوچکترند، H تراز آب روی لوله، ρ_G چگالی لایه ژئو تکستایل، ρ چگالی آب، c_{in} غلظت رسوبات آب، c_{out} غلظت رسوبات آب خروجی، V سرعت جریان در لوله آبگیر، D قطر لوله آبگیر، μ لزجت دینامیکی آب و t مدت زمان سپری شده از بهره برداری سیستم می‌باشند.

با گروه بندی متغیرها در رابطه قبل اگر، $Re = \rho V D / \mu$ معادل عدد رینولدز درون لوله آبگیر و $\eta = (1 - c_{out} / c_{in}) * 100$ معادل راندمان عملکرد فیلتر در نظر گرفته شود و با توجه به عدم انجام آزمایش‌ها در طول زمان، پارامتر t از رابطه فوق نیز حذف شده و به صورت رابطه زیر در می‌آید:

$$Q = F(K, A, AOS, d_{90}, H, \rho_G, Re, \eta) \quad (2)$$

با عنایت به نتایج تحلیل ابعادی، در این پژوهش پس از ساخت مدل آزمایشگاهی، در کلیه آزمایش‌ها تعداد ۹ پارامتر موثر شامل $Q, K, A, AOS, d_{90}, H, \rho_G, Re, \eta$ اندازه گیری و بدست آمد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی هیدرولیکی فیلترها

با توجه به معادله حاکم بر جریان از روزه‌ها مقاومت ورود آب به لوله کلکتور شامل افت انرژی در ترکیب روزه‌ها و فیلتر است.

$$Q = C_d \cdot a_{op} H^{0.5}$$

در این تحقیق دو چیدمان لوله‌ای و مطابق از ژئوتکستایل بعنوان فیلتر استفاده شده از این رو با بررسی تغییرات میزان دبی خروجی در مقابل هد آب می‌توان ضریب کمپلکس جریان را برای تیمارهای تحقیق تعیین نمود. با توجه به اینکه در این تحقیق حداقل ارتفاع روی آبگیر ۲۰ سانتی متر بود، لذا با انتخاب ارتفاع ۲۰ سانتیمتر به عنوان ارتفاع پایه (مبنا) و تقسیم کلیه دبی‌های خروجی بر دبی خروجی متناظر ارتفاع پایه، تأثیر ارتفاع آب بر روی آبگیر بر دبی خروجی آبگیر مورد بررسی قرار گرفت. در شکل (۴) تأثیر ارتفاع آب بر روی آبگیر بر دبی خروجی از کلکتور نشان داده شده است. با توجه به شکل (۴) افزایش دبی با ارتفاع، افزایش شیب صعودی دبی با افزایش میزان باز شدگی شیر خروجی و همچنین کاهش شیب صعودی دبی با افزایش غلظت رسوبات مشاهده می‌شود. همچنین بر اساس این شکل شیب تغییرات دبی به ازاء افزایش بار آبی در مورد فیلتر ژئوتکستایل مطابق و آب حاوی رسوب کمتر از تیمار ژئوتکستایل مطابق و آب حاوی رسوبات می‌باشد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که میزان مقاومت در برابر جریان در تیمار دوم بیشتر از تیمار اول بوده و از این رو ضریب کمپلکس جریان در تیمار اول بزرگتر از تیمار دوم بوده است. همچنین مقایسه عملکرد دو چیدمان فیلتر ژئوتکستایل در غلظت رسوب یکسان تفاوت معنی داری را نشان نمی‌دهد، لذا از نظر هیدرولیکی دو چیدمان عملکرد یکسانی داشته‌اند.

به منظور بررسی تأثیر غلظت رسوبات آب بر دبی خروجی آبگیر، دبی‌های خروجی آب زلال را به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته و کلیه دبی‌های خروجی را تقسیم بردی متناظر تیمار شاهد کرده و آن را دبی نسبی می‌نامیم. در آزمایش‌ها آب گذری نسبی با افزایش غلظت کاهش می‌یابد. برای هر ژئوتکستایل در یک ارتفاع خاص، با افزایش غلظت رسوبات، آبگذری نسبی کاهش می‌یابد. که علت آن می‌تواند به دلیل افزایش دبی آب و رسوب به سمت روزنه‌ها و ترسیب بیشتر رسوبات بر روی ژئوتکستایل و در نتیجه افزایش گرفتگی ژئوتکستایل عنوان نمود. در شکل (۴) تأثیر غلظت رسوبات آب بر دبی خروجی کلکتور نشان داده شده است. بر این اساس نیز می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد هیدرولیکی دو چیدمان در غلظت‌های متفاوت رسوبی آب خام یکسان است و دو چیدمان تفاوت محسوسی ندارند.

۳-۲- عملکرد فیلتراسیون تیمارها

با توجه به اینکه عملکرد هیدرولیکی هر دو چیدمان از دیدگاه مقاومت به ورود آب به کلکتور و همچنین میزان غلظت بار رسوبی یکسان ارزیابی می‌شود آنچه می‌تواند تمایز دو چیدمان را نشان دهد عملکرد فیلتراسیون است. راندمان عملکرد فیلتر (η) از این جهت اهمیت دارد که میزان تصفیه فیزیکی آب توسط فیلتر را مشخص می‌نماید. در صورتی که فیلتر دارای راندمان بالایی باشد، دارای قابلیت خوبی در تصفیه فیزیکی آب و کاهش غلظت رسوبات آب دارد. در شکل (۶) تأثیر ارتفاع آب روی آبگیر بر راندمان عملکرد فیلتر نشان داده شده است. راندمان عملکرد فیلتر با استفاده از فرمول زیر بدست می‌آید:

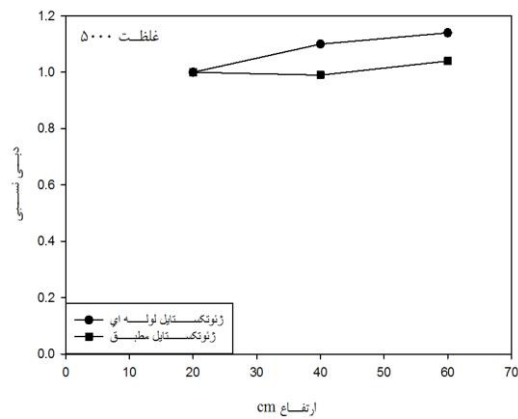
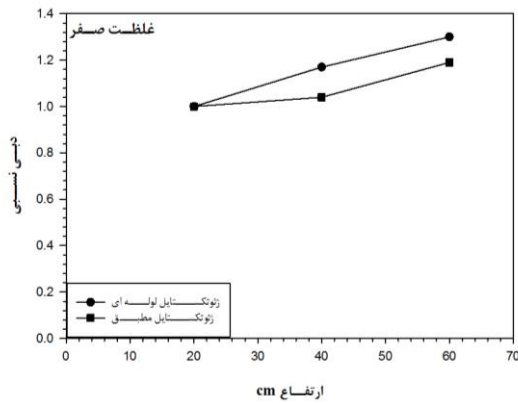
$$\eta = (1 - C_{out} / C_{in}) \quad (3)$$

که در آن η راندمان عملکرد فیلتر، C_{out} غلظت رسوبات خروجی و C_{in} غلظت رسوبات ورودی می‌باشد.

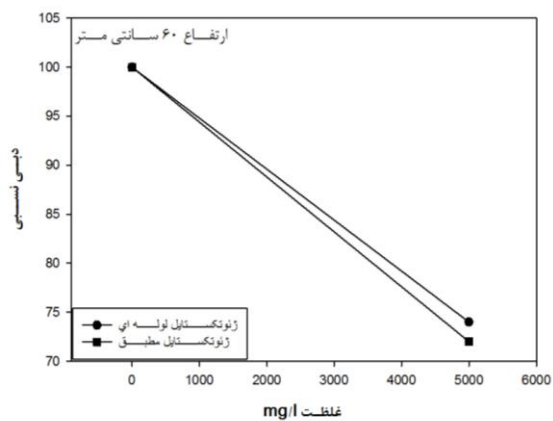
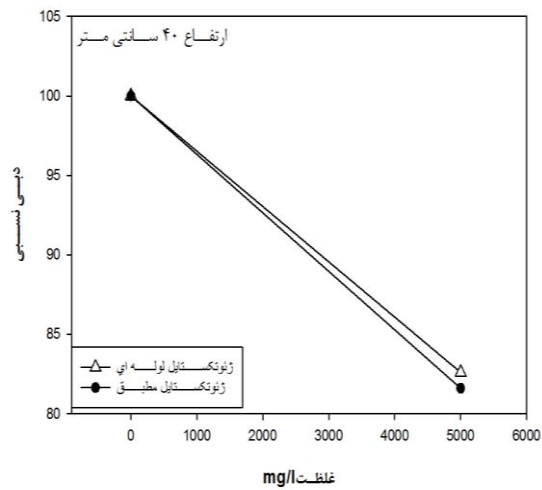
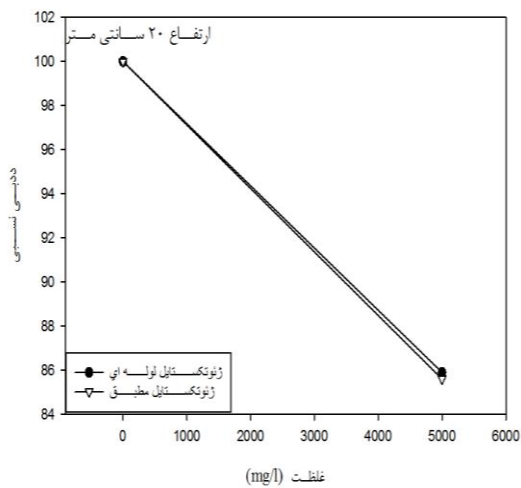
برای هر کدام از ژئوتکستایل‌ها در یک غلظت خاص، با افزایش ارتفاع آب، راندمان فیلتر کمتر می‌شود. که علت آنرا می‌توان به دلیل افزایش سرعت حرکت آب و رسوب به سمت آبگیر و ژئوتکستایل و تجمع بیشتر رسوبات بر روی ژئوتکستایل و در نتیجه افزایش نرخ عبور از ژئوتکستایل دانست. مقایسه عملکرد دو چیدمان لوله‌ای و مطابق نشان می‌دهد، راندمان فیلتر ژئوتکستایل مطابق بیشتر از فیلتر ژئوتکستایل لوله‌ای بوده و در عین حال کاهش راندمان فیلتر با افزایش نرخ جریان عبوری در فیلتر ژئوتکستایل مطابق نیز با روندی کندتر نسبت به فیلتر ژئوتکستایل لوله‌ای رخ داده است.

۴- نتایج

در شکل (۴) که در آن تأثیر ارتفاع آب روی آبگیر بر دبی خروجی در دو روش جایگذاری ژئوتکستایل مقایسه شده است و همچنین در شکل (۵) که مقایسه تأثیر غلظت رسوبات آب بر دبی خروجی آبگیر را نشان می‌دهد، مشاهده شد که ژئوتکستایل لوله‌ای شکل (در دو حالت رسوبدار و بدون رسوب) در مقایسه با ژئوتکستایل مطابق با افزایش ارتفاع، دبی بیشتری از خود عبور می‌دهد و در ژئوتکستایل مطابق افت فشار بیشتری مشاهده شد.

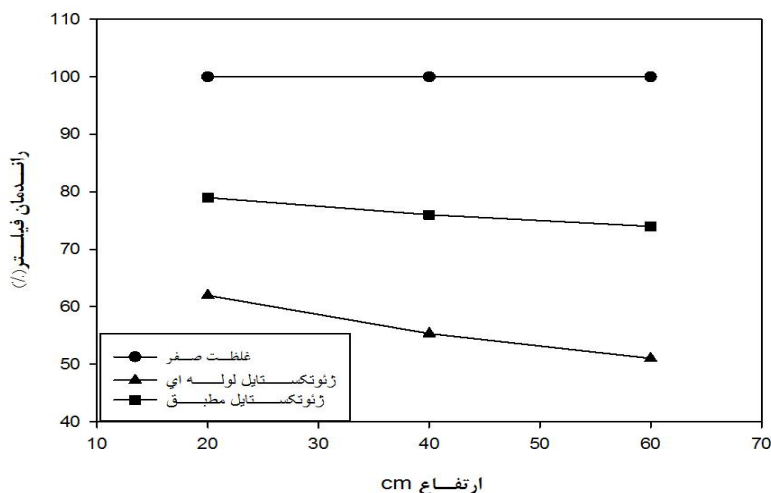


شکل ۴- تأثیر ارتفاع آب بر روی آبگیر بر دی خروجی آبگیر



شکل ۵- تأثیر غظت رسوبات آب بر دی خروجی کلکتور

در شکل (۶) که تأثیر ارتفاع آب روی آبگیر بر راندمان عملکرد فیلتر را در دو روش مذکور نمایش می‌دهد، مشاهده شد که در هر دو روش با افزایش ارتفاع آب راندمان عملکرد فیلتر پایین می‌آید ولی در هر دو حالت، ژئوتکستایل مطبق قابلیت فیلتر بالاتری نسبت به ژئوتکستایل لوله‌ای دارد.



شکل ۶- تأثیر ارتفاع آب روی آبگیر بر راندمان عملکرد فیلتر

با توجه به آزمایش‌های انجام شده، می‌توان به این نتیجه رسید که هرچند ژئوتکستایل لوله‌ای از نظر کاربردی بهتر و آسان‌تر به نظر می‌رسد و میزان دبی بیشتری از خود عبور می‌دهد، اما نمی‌تواند مانند ژئوتکستایل مطابق به صورت قابل ملاحظه‌ای رسوبگیری کند. در مقایسه تحقیق به عمل آمده توسط اکرام نیا (۱۳۹۳) با این تحقیق نیز می‌توان به این نتیجه رسید که ژئوتکستایل استفاده شده در حالت لوله افقی مشبک شده قابلیت فیلتر رسوبات تا ۹۹ درصد را داشته، در صورتی که این رقم در ژئوتکستایل استوانه‌ای شکل بین ۶۰ تا ۷۰ درصد و در ژئوتکستایل متورق بین ۸۰ تا ۹۰ درصد می‌باشد که نشان می‌دهد در حالت لوله‌های عمودی میزان فرار رسوبات از حالت لوله افقی بالاتر می‌باشد. همچنین با استفاده از نرم افزار SAS هر دو ژئوتکستایل در غلظت‌های ۰ و ۵۰۰۰ مورد مقایسه قرار داده و مشاهده شد که تجزیه و تحلیل آماری بین میانگین دبی در هردو ژئوتکستایل مذکور در ارتفاعات مختلف (۲۰، ۴۰ و ۶۰) اختلاف معنی داری وجود ندارد ولی در راندمان فیلتر اختلاف معنی دار وجود دارد، به گونه‌ای که کمترین راندمان در ژئوتکستایل لوله‌ای با ارتفاع ۶۰ سانتیمتر و غلظت ۵۰۰۰ و بیشترین راندمان در ژئوتکستایل مطابق با ارتفاع ۲۰ سانتیمتر در غلظت ۵۰۰۰ مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SAS بین میانگین دبی و راندمان فیلتر در هردو ژئوتکستایل

| ژئوتکستایل | ارتفاع (cm) | غلظت (mg/l) | میانگین دبی ± SE | میانگین راندمان ± SE |
|---------------|-------------|-------------|------------------|----------------------|
| فیلتر لوله ای | ۲۰ | ۰ | ۰/۵۳ ± ۰/۲۵ A | ۱۰۰ ± ۰/۰۰ A |
| | | ۵۰۰۰ | ۰/۴۷ ± ۰/۲۷ A | ۶۹/۹۶ ± ۲/۳۷ C |
| | ۴۰ | ۰ | ۰/۶۳ ± ۰/۳۱ A | ۱۰۰ ± ۰/۰۰ A |
| | | ۵۰۰۰ | ۰/۵۳ ± ۰/۳۱ A | ۵۵/۳۳ ± ۲/۷۷ CD |
| | ۶۰ | ۰ | ۰/۷۰ ± ۰/۳۹ A | ۱۰۰ ± ۰/۰۰ A |
| | | ۵۰۰۰ | ۰/۶۰ ± ۰/۳۵ A | ۵۱/۲۷ ± ۳/۵۶ D |
| فیلتر مطابق | ۲۰ | ۰ | ۰/۵۴ ± ۰/۳۱ A | ۱۰۰ ± ۰/۰۰ A |
| | | ۵۰۰۰ | ۰/۴۷ ± ۰/۲۴ A | ۷۹/۷۳ ± ۴/۶۱ B |
| | ۴۰ | ۰ | ۰/۵۶ ± ۰/۳۱ A | ۱۰۰ ± ۰/۰۰ A |
| | | ۵۰۰۰ | ۰/۵۰ ± ۰/۲۹ A | ۷۴/۷۴ ± ۵/۳۷ B |
| | ۶۰ | ۰ | ۰/۶۴ ± ۰/۳۲ A | ۱۰۰ ± ۰/۰۰ A |
| | | ۵۰۰۰ | ۰/۵۱ ± ۰/۳۱ A | ۷۹/۷۳ ± ۲/۲ B |

۵- مراجع

۱. اکرام‌نیا، ع. (۱۳۹۳). بررسی آزمایشگاهی استفاده از ژئوتکستایل در آبنگیزهای زیرسطحی به منظور تصفیه فیزیکی آب، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد، ۵ تا ۶.
۲. کمان‌بدست، الف. و شفاعی‌بجستان، م. (۱۳۸۷). بررسی آزمایشگاهی تغییرات شیب و دانه بندی رسوب در میزان آورد رسوب در آبنگیزهای کفی، دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۶۱.
۳. کورش‌وحید، ف. و اسماعیلی، ک. (۱۳۹۲). اثر شرایط هیدرولیکی جریان (آب زلال) بالا دست آبنگیز کفی با محیط متخلخل بر میزان دبی انحرافی، مجله علمی کشاورزی علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۳۶، ۴۷ تا ۵۹.
۴. گروه نویسندگان. (۱۳۸۸). راهنمای آبنگیزی از رودخانه و حفاظت آن دفتر نظام فنی و اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور و دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبیاری وزارت نیرو، جلد ۵۰۹، ۳.
5. Ade. F. Long. D. Savatsky. L. and W. S. (2001). Laboratory testing of sediment trap efficiency of seepage flow through rock fill dike. Bridging the Gap: Meeting the world's Water and Environmental Resources Challenges. May 20. ASCE, 111-186.
6. Bouazza A. Zornberg J. Mc Cartney J. and Singh R. (2012). Unsaturated geotechnics applied to geoenvironmental engineering problems involving geosynthetic Engineering geology. 165, 143-153.
7. Mucha I. Banský U. Hlavaty Z. and Rodak D. (2006). Impact of river bed clogging-colmatation-on ground water. Journal of Riverbank Filtration hydraulic, 43-72.
8. Muthukomaran A. E. and Lamparuthi K. (2006). Geotextiles and Geomembranes. Laboratory studies on Geotextile filters as used in Geotextile tube dewatering. 24(4), 210-219.
9. Orth J. Chardonnet E. and Meynardi G. (1954). Study of bottom type water intake grids. Houille Blanche. 3, 345-351.
10. Sakhtivadivel R. and Einstein H. A. (1970). Clogging of porous column of spheres by sediment. Journal of Hydraulic. ASCE. 96(2), 461-47.
11. Shelma S. N. (1996). Flow through orifices at Low Reynolds numbers. First International Ph. D. Symposium. Technical University of Budapest.