ارزیابی عملکرد زهکش های زیرزمینی در دو نوع فیلتر مصنوعی PP450 و فیلتر طبیعی در مزارع نیشکر: مطالعه موردی کشت و صنعت سلمان فارسی

خسرو غربالی[۱]، علی عصاره[۲*] و مهدی اسدی لور[۲]

۱) دانشجوی ارشدگروه مهندسی علوم آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲) استادیار گروه مهندسی علوم آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول: ali_assareh_2003@yahoo.com

تاریخ دریافت:۹۶/۰۳/۲۴ تاریخ پذیرش:۹۶/۰۵/۲۹

چکیده

پوشش‌های شن و ماسه قسمت زیادی از هزینه اجرایی یک طرح را به خود اختصاص می‌دهند. هدف ازاجرای این تحقیق ارزیابی عملکرد پوشش‌های مختلف جهت فیلتراسیون زهکش‌های زیرزمینی و کاهش هزینه در مزارع نیشکرمی باشد. آزمایشات مورد نظر درمزرعه آزمایشی در کشت و صنعت سلمان فارسی انجام شد. زهکش زیرزمینی مربوط به هر قطعه آزمایشی به طول ۱۲۰ متر، قطر ۱۰۰ میلیمتر و فاصله ۳۰ متر از یکدیگر نصب شدند. آزمایش‌های مورد نظر در ۳ تیمار و ۳ تکرار جمعا در ۹ قطعه انجام شد. در هر تیمار ۳ رشته زهکش زیرزمینی نصب گردید و زهکش میانی به عنوان زهکش آزمایشی مورد اندازه‌گیری واقع گردید. تیمارهای زهکشی زیرزمینی عبارت بودند از: تیمارC: لوله‌های زهکش با پوشش از نوع سنتتیک PP450 ، تیمارD: لوله‌های زهکش با پوشش از نوع شن و ماسه و تیمارE: لوله‌های زهکش بدون پوشش. در هر قطعه آزمایشی، ۲ ردیف چاهک مشاهده‌ای در فاصله صفر، ۰/۴، ۱/۵، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ متری از زهکش مرکزی قرار گرفت. عمق آبیاری در هر نوبت ۲۵سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در طول مدت آزمایش ۱۴ بار آبیاری با عمق معادل ۳/۵ متر صورت گرفت. لازم به ذکر است زمین در مزارع آزمایشی بصورت نکاشت آبیاری شد. به‌منظور ارزیابی عملکرد پوشش‌های به کار رفته جهت فیلتراسیون زهکش‌های زیرزمینی از شاخص‌های راندمان تخلیه لترال(H)، مقاومت در برابر ورود جریان(re) و ثابت تجمعی مقاومت ورود جریان به لترال زیرزمینی(αe) استفاده شد. برآورد هزینه تمام شده فیلتر مصنوعی و فیلتر طبیعی بر اساس فهرست بهای آبیاری و زهکشی سال ۹۴ و تعدیل متعلقه انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد فیلتر مصنوعی PP450 و فیلتر طبیعی شن و ماسه در کلیه پارامترهای مربوط به کیفیت زهکشی، نظیر راندمان تخلیه زهکشی، مقاومت در برابر ورود جریان و نیز ثابت تجمعی مقاومت نتایج خوب و قابل قبولی از خود نشان داده‌اند، درصورتیکه زهکش بدون فیلتر در هیچکدام یک از پارامتر-های مورد نظر خوب نبوده و فاقد نتایج قابل قبول می‌باشد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد فیلتر مصنوعی نسبت به فیلتر طبیعی به میزان ۲۵ درصد کاهش هزینه داشته است؛ همچنین درآمد حاصله ناشی از کاهش میزان شوری ناشی از کاربرد فیلتر مصنوعی نسبت به فیلترطبیعی به میزان ۱۷ درصد افزایش داشته است. به عبارتی در مجموع استفاده از فیلتر مصنوعی PP450 نسبت به فیلتر طبیعی شن و ماسه ۴۲درصد در آمد بیشتری حاصل می نماید.

کلمات کلیدی: فیلترطبیعی، فیلتر مصنوعی، نیشکر، راندمان تخلیه، مقاومت ورودی جریان.

مقدمه

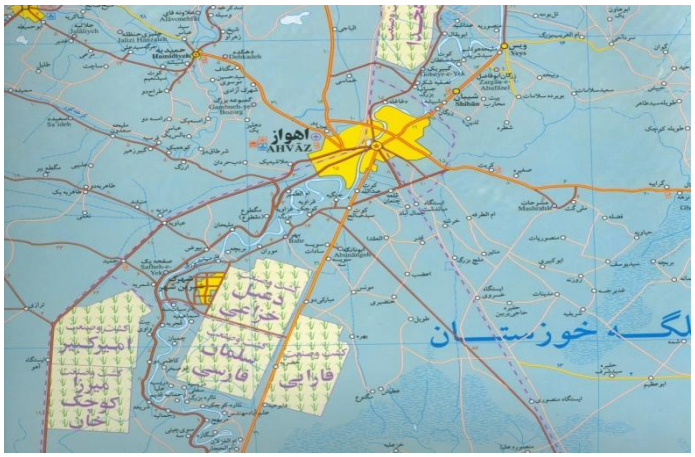
با نصب زهکش در ترانشه، ذرات خاک اطراف زهکش سست می‌شوند. به طوریکه حتی قبل از جریان آب، به سمت زهکش حرکت کرده و وارد آن می‌گردند(رسوب گذاری اولیه). گاهی نیز ذرات خاک به همراه آب منتقل گشته و در زهکش رسوب می‌کنند و یا باعث گرفتگی سوراخ های زهکش می‌شوند (رسوب گذاری ثانویه) که در هر دو صورت توانایی زهکش برای تخلیه زهاب کاهش یافته و از کارایی سیستم کاسته خواهد شد (ناصری و ارواحی، ۱۳۸۸). بنابراین یکی از مواردی که مهندسین در ارزیابی خاک‌های یک منطقه در هنگام طراحی سیستم‌های زهکشی باید مد نظر داشته باشند، پتانسیل یا استعداد خاک‌ها برای رسوب‌گذاری در لوله‌های زهکش است. تجمع رسوب در زهکش‌ها از جمله مسایلی است که گاهی باعث شکست کامل یک سیستم زهکشی می‌گردد. در شرایطی که خاک فاقد ساختمان تکامل یافته باشد و یا شوری و قلیایت آن زیاد باشد، پایداری ذرات خاک بسیار کم و قابلیت تفکیک ذرات بسیار زیاد می‌باشد و در نتیجه احتمال بالقوه زیادی از نظر ایجاد خطر گرفتگی زهکش‌ها وجود دارد. از طرفی پوشش‌های شن و ماسه که رایج ترین نوع پوشش لوله های زهکشی هستند، قسمت زیادی از هزینه اجرایی یک طرح را به خود اختصاص می‌دهند. چرا که در بسیاری از مناطق، منابع قرضه صدها کیلومتر از محل پروژه فاصله داشته و مشکلات عدیده‌ای را در تامین آن بوجود می‌آورد. برای مثال، در طرح توسعه نیشکر خوزستان فاصله حمل مصالح پوششی تا محل مصرف بین ۵۰ تا ۲۲۰ کیلومتر است. واضح است که حمل حدود چند میلیون تن مصالح از فاصله‌ای دور، آسان و کم هزینه نبوده است (اکرم و همکاران، ۱۳۸۳). متخصصان و پژوهشگران در دهه‌های اخیر سعی داشته‌اند که از مصالح جایگزین که نیاز به هزینه کمتر در تهیه و نیز سهولت راحت‌تر در اجراء را داشته باشند؛ استفاده نمایند. انواع فیلترهای مصنوعی که جهت جایگزینی در مراکز تحقیقاتی بزرگ کشورهای پیشرو در امر زهکشی مورد آزمایش قرار گرفته است عبارتند از: الیاف نارگیل، ساقه‌های برنج و گندم، الیاف‌های مصنوعی از جنس PP (پلی‌پروپلین). اجرای لترال‌ها با فیلترهای مصنوعی یکی از مناسبترین گزینه‌های انتخابی در جایگزینی لترال-گذاری با فیلترهای طبیعی می‌باشدکه هم از نظر هزینه و هم از نظر اجرا بسیار مناسبتر از لترال‌گذاری با فیلترهای طبیعی است. پوشش‌های مصنوعی دارای مزایای زیادی هستند اما آنچنان که مصالح شن و ماسه دانه‌بندی شده با خاک مطابقت دارند، این پوشش‌ها ندارند. در این ارتباط نیاز به تحقیقات احساس می‌شود. لازم به ذکر است که تحقیقات بر روی پوشش-ها در آزمایشگاه نمی‌تواند نتیجه مطلوبی را عاید نماید، زیرا عملکرد آنها باید در مدت زمان طولانی مورد بررسی و قضاوت قرار گیرد. اجتناب ناپذیری غیر یکنواختی خاک و تاثیرات عوامل مختلف در مزرعه باعث می‌گردد که نتوان تفسیر دقیقی از عملکرد این پوشش‌ها ارائه کرد لذا در این ارتباط نیاز به بررسی‌های مزرعه‌ای است. شیری و ناطمی (۱۳۷۸) تاثیر مواد پوششی بر مقاومت ورودی زهکش‌های زیر زمینی را مورد بررسی قرار دادند، نتایج اولیه نشان داد که افزایش ضخامت مواد

پوششی به بیش از ۵ میلی‌متر هیچگونه کاهشی در مقاومت ورودی ایجاد نمی‌نماید و فقط سبب کاهش مقاومت شعاعی پیرامون لوله زهکش می‌گردد. همچنین در مواردی که محیط اطراف زهکش از نفوذپذیری بالایی برخوردار نباشد، افزایش سطح ورودی آب به داخل لوله سبب کاهش چشمگیر مقاومت ورودی می‌گردد. آنها بیان داشتند که اگر هدایت هیدرولیکی پوشش زهکش از مقدار بیشتری برخودار باشد، تاثیر سطوح یاد شده در کاهش مقاومت ورودی ناچیز خواهد بود. ارواحی (۱۳۸۴) تحقیقاتی در رابطه با ارزیابی فنی و اقتصادی کاربرد فیلترهای مصنوعی در سیستم زهکشی زیرزمینی و مقایسه آن با فیلترهای متداول شن و ماسه در نخیلات آبادان داشت که نتیجه آن کارائی بهتر فیلترهای مصنوعی نسبت به فیلترهای طبیعی در کلیه ارزیابی‌ها منجمله زه آب و شوری خاک بوده است. شیری (۱۳۸۹) جریان‌های شعاعی غیر متقارن ناشی از مقاومت ورودی در زهکش‌های زیرزمینی را مورد بررسی قرار دادند، نتایج تحقیق آنها نشان داد که با افزایش میزان بار آبی موجود در بالای لوله زهکش، مقدار مجاز مقاومت ورودی کاهش می‌یابد. همچنین مولفه فاکتور مقاومت ورودی و نیز افت بار و مقاومت ناشی از جریان نزدیک شونده را محاسبه کرده و نتایج آنها نشان داد که قسمت اعظم افت بار ورودی ناشی از ایجاد حالت عدم تقارن در جریان شعاعی پیرامون زهکش می‌باشد. ناصری و ارواحی (۱۳۸۸) عملکرد دو فیلتر مصنوعی از نوع pp450 وpp700 را با عملکرد دو فیلتر شن و ماسه از نوع استاندارد و شن و ماسه منطقه مقایسه نمودند. نتایج نشان داد سیستم زهکشی زیرزمینی با به کارگیری فیلتر مصنوعی پلی پروپیلن ۴۵۰ عملکرد بالاتری در کنترل سطح ایستابی و شوری دارد. قانع (۱۳۸۵) عملکرد دو نوع پوشش مصنوعی تهیه شده از الیاف پروپلین PP450 و PP700 را با پوشش شن و ماسه‌ای در مخزن شن و ماسه‌ای مقایسه کرد. میانگین دبی خروجی پوشش شن و ماسه ای حدود ۳ برابر دبی خروجی پوشش‌های مصنوعی بود اما از نظر تامین نیازهای زهکشی هر سه پوشش عملکرد یکسانی داشتند. نژادیانی (۱۳۸۷) نیز عملکرد یک نوع پوشش مصنوعی PP450 را بررسی کرده و با پوشش معدنی شن و ماسه رایج در پروژه‌های زهکشی مقایسه نمود. نتایج بدست آمده نشان داد در یک بار آبی ثابت، کاهش دبی خروجی از زهکش و هدایت هیدرولیکی مجموع خاک و پوشش در طول زمان، در زهکش با پوشش مصنوعی بیشتر از زهکش با پوشش معدنی است؛ اما کارایی پوشش مصنوعی در تامین نیاز زهکشی به قوت خودش باقی می‌باشد. Raval وAnadjiwala (۲۰۰۷) خواص ۱۵ پوشش زمین بافت(ژیو تکستایل) بافته نشده ساخته شده از الیاف پلی استر در مقایسه با همین تعداد پوشش زمین بافت تولیدشده از الیاف کتان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تنوع و گوناگونی در طول الیاف کتان منجر به کاهش مقاومت کششی و تنوع در اندازه منافذ پوشش ساخته شده از این الیاف می‌گردد. البته پوشش زمین بافت تولید شده از الیاف کتان نسبت به پوشش مصنوعی پلی استری خواص نفوذپذیری بالاتری از خود نشان دادند. لذا براساس این تحقیقات با اندک تغییری در الیاف کتان به کار برده شده در پوشش زمین بافت می توان نقاط ضعف این نوع پوشش ها را در مقایسه با پوشش

زمین بافت ساخته شده از پلی استر برطرف ساخت. بطور کلی هدف ازاجـرای ایـن تحقیـق ارزیـابی عملکـرد پوشـش‌هـای مختلف جهت فیلتراسیون زهکش‌های زیرزمینی و کاهش هزینه در مزارع نیشکرمی باشد.

مواد و روش ها

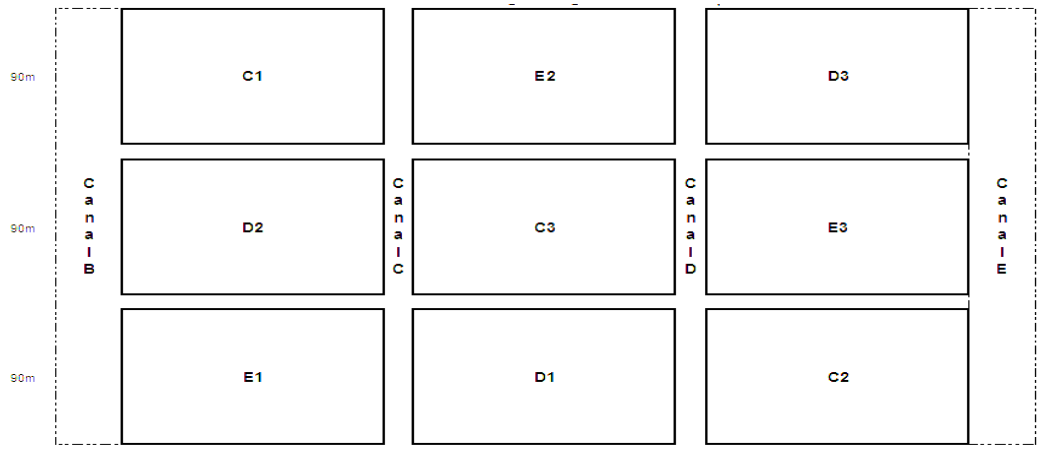
محدوده طرح‌های توسعه نیشکر، بخشی از دشت وسیع خوزستان در جنوب غربی ایران است که در ناحیه‌ای بین عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول شرقی ۴۸ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه واقع شده‌اند. کشت و صنعت نیشکر سلمان فارسی که یکی از کشت و صنعت‌های هفتگانه شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی است در حدود ۴۰ کیلومتری جنوب اهواز واقع است. مساحت اراضی کشاورزی آن نزدیک به ۱۲۰۰۰ هکتار است که سالانه از ۱۰۰۰۰ هکتار آن برداشت نیشکر صورت گرفته و ۲۰۰۰ هکتار آن در حال آیش و کشت مجدد است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی کشت و صنعت‌های نیشکر در استان خوزستان

با در نظر گرفتن طرح عمومی و آرایش شبکه آبیاری و توجه به شرایط توپوگرافی منطقه، شبکه زهکشی زیرزمینی نیز به تبعیت از شکل هندسی منظم واحد سلمان فارسی، دارای فرم منظم بوده و طول لترال و کلکتور نیز تقریبا از روند واحدی در قسمت‌های مشابه یکدیگر برخوردار می‌باشند. در این جانمایی، زهکش‌های جمع کننده اصلی به صورت انهار خاکی روباز و در راستای شرقی – غربی، یکی در ۳ کیلومتری محدوده شمالی واحد (زهکش GMD-2) و یکی در ۳ کیلومتری جنوب واحد (زهکش GMD-3) طرح ریزی شده است. دو زهکش جمع کننده روباز مذکور به زهکش اصلی شمالی – جنوبی GMD-1 تخلیه می‌گردند. زهکش مذکور به طول ۱۷ کیلومتر است که ۱۲ کیلومتر آن در محدوده شرقی واحد و ۵ کیلومتر آن تا محل تخلیه به کارون در خارج از واحد قرار دارد. ظرفیت نهایی زهکش مذکور حدود ۳۶ متر مکعب در ثانیه است که تخلیه زه‌آب واحدهای دعبل خزاعی و فارابی نیز می‌باشد. زهکش‌های جمع کننده درجه ۲ که همان زهکش‌های کلکتور لوله

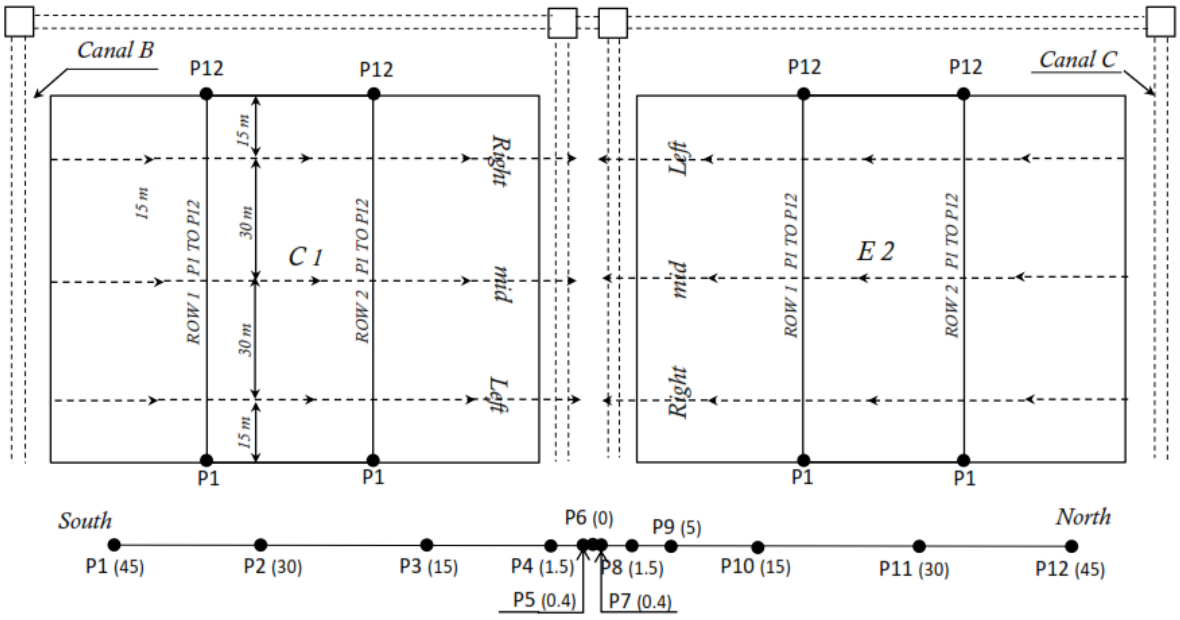
ای می‌باشند، در فواصل تقریبی یک کیلومتری از یکدیگر و در راستای شمالی-جنوبی و عمود بر زهکش‌های جمع‌کننده روباز قرار می‌گیرند. زهکش‌های مذکور به ظرفیت حدود ۳۰۰ تا ۶۰۰ لیتر در ثانیه بوده و ۳ پمپ مستغرق در آن پیش بینی شده است. در طرح جانمایی کلی سیستم آبیاری و زهکشی واحدهای هفت گانه طرح توسعه نیشکر و صنایع جانبی ابعاد قطعات زراعی عموما ۲۵۰ متر در یک کیلومتر و وسعت مزارع حدود ۲۵ هکتار می‌باشد. در واحد سلمان فارسی که غالبا طول زهکش‌های لترال حدود ۵۰۰ متر می‌باشد، زه آب جمع‌آوری شده هر مزرعه از طریق دو رشته کلکتور جمع آوری شده و نهایتا به زهکش‌های روباز پمپاژ می‌شوند. عمق سطح ایستابی در طراحی شبکه زهکشی کشت و صنعت سلمان فارسی با توجه به عمق ریشه گیاه ۱/۸ متر از سطح خاک در نظر گرفته شد. بر اساس آزمایش‌های صحرایی انجام شده در بخش عمده اراضی، لایه غیر قابل نفوذ در عمق حدود ۳ متری تا ۴ متری از سطح زمین قرار داشته است. فاصله زهکش‌های طرح با در نظر گرفتن معادلات جریان همگام و غیرهمگام معادل ۳۰ متر در نظر گرفته شد. بر اساس محاسبات انجام شده ضریب زهکشی بین ۲ تا ۳ میلیمتر در روز مورد نظر بوده است. آزمایشات مورد نظر درمزرعه آزمایشی به وسعت ۴۵ هکتار برای بررسی عملکرد فیلترهای زهکشی زیرزمینی انجام شد. این مزرعه در محدوده عمق نصب زهکش‌ها عمدتا دارای بافت خیلی سنگین (SiCL) بود. زهکش‌های این مزرعه در عمق ۲/۱- ۱/۸ متری کارگذاشته شده بود. زهکش زیرزمینی مربوط به هر قطعه آزمایشی به طول ۱۲۰ متر، قطر ۱۰۰ میلیمتر و فاصله ۳۰ متر از یکدیگر نصب شدند. در مزرعه آزمایشی، آزمایش-های مورد نظر در ۳ تیمار و ۳ تکرار جمعا در ۹ قطعه انجام شد. جانمایی قطعات زمین برای هر تیمار در تکرارهای ۳ گانه بصورت تصادفی انتخاب گردید. در هر تیمار ۳ رشته زهکش زیرزمینی نصب گردیدکه ۲ رشته کناری به‌عنوان حائل در نظر گرفته شد و زهکش میانی به عنوان زهکش آزمایشی مورد اندازه‌گیری واقع گردید. برای سهولت آبیاری، هر قطعه آزمایشی (زمین مربوط به هر تیمار در هر تکرار) به کرت‌هایی به عرض۹۰ و طول ۱۲۰ متر تقسیم شد. شکل (۲) پلان عمومی طرح در مزرعه آزمایشی را نشان می‌دهد.



شکل ۲: پلان عمومی طرح در مزرعه آزمایشی

در مزرعه آزمایشی تیمارهای زهکشی زیرزمینی عبارت بودند از: تیمارC: لوله‌های زهکش با پوشش از نوع سنتتیک PP450 ، تیمارD: لوله‌های زهکش با پوشش از نوع شن و ماسه و تیمارE: لوله‌های زهکش بدون پوشش. درتعیین فیلتراستاندارد از جنس شن و ماسه معیارهای مختلفی وجود دارد که معروفترین آنها روش‌های NRCS و USBR (۱۹۹۳) می‌باشد. محدوده دانه‌بندی مورد نیاز مصالح سنگی فیلتر توسط روش پیشنهادی USBR[۱] عموماً درشت‌تر از روش پیشنهادی NRCS[۲] می-باشد. با توجه به اینکه منحنی دانه‌بندی بین ۲ حد بالا (به منظور نقش هیدرولیکی فیلتر) و حد پایین (به منظور نقش تصفیه ای فیلتر) تعیین می‌گردد، لذا دانه‌بندی مناسب فیلتر در محدوده واقع بین حد بالای NRCS و حد پایین USBR به عنوان فیلتر استاندارد شن و ماسه به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر اطراف لوله مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به نتایج تحقیقات عزیزی (۱۳۸۶)، کریمی (۱۳۸۷) و نژادیانی (۱۳۸۷) مبنی بر کارایی بهتر فیلتر مصنوعیPP450 نسبت به فیلترهای مصنوعی PP700 و PP900 ، فیلترPP450 از تولیدات کارخانه pvc خوزستان به عنوان فیلتر مصنوعی انتخاب گردید. این نوع پوشش شامل مواد PLM همراه با الیاف مصنوعی، مواد بافته شده ظریف و انواع مواد بافته شده سوراخ دار سوزنی نازک تا ضخیم است که وزن آن ۳۰۰ گرم در هر متر طول لوله و دارای ضخامت ۳ میلیمتر می‌باشد. در هر قطعه آزمایشی، ۲ ردیف چاهک مشاهده‌ای در فاصله صفر، ۴/، ۱/۵، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ متری از زهکش مرکزی قرار گرفت که این شبکه‌بندی منجر به احداث ۲۴ چاهک در هر تیمار و ۲۱۶ چاهک مشاهده‌ای در کل مزرعه آزمایشی برای اندازه‌گیری وضعیت آب زیرزمینی شد. چاهک‌هایی که در بالادست زهکش مرکزی قرار گرفته بود با نماد UR و چاهک‌هایی که در پایین‌دست زهکش مرکزی قرار گرفته بود با نماد UL نمایش داده شده است و با توجه به اینکه۲ رشته کناری بعنوان حائل بکار رفته است، اندازه‌گیری-ها فقط در چاهک‌های بالادست و پائین دست زهکش مرکزی صورت گرفت. چاهک‌ها با مته دستی و با لوله PVC به قطر ۵ سانتی‌متر حفر شدند. عمق چاهک‌ها برابر با عمق کارگذاری زهکش‌ها و عموما" حدود ۲ متر انتخاب شدند. کلیه چاهک‌ها برای تعیین رقوم سر لوله، ترازیابی گردیدند. برای ایجاد یکنواختی با شرایط مزارع نیشکر، اراضی مزارع مورد نظر قبل از آب اندازی تا عمق ۸۵ سانتی‌متر سولوز شده و پس از آن زمین دیسک و ماله کشی گردید. شکل (۳) پلان عمومی شبکه چاهک‌ها را در مزرعه آزمایشی نشان می‌دهد.

۱- United States Bureau of Reclamation
۲- Natural Resource Conservation Service



شکل۳: پلان عمومی شبکه چاهک ها در مزرعه آزمایشی

هر یک از تکرارهای ۳ گانه از نهرچه آبیاری مستقل مشروب می‌شدند. روش آبیاری زمین به‌صورت کرتی بود. تلاش بر این بود که در هر نوبت آبیاری، تمام کرت‌های مربوط به یک قطعه آزمایش (هر تیمار در هر تکرار) حتی المکان بصورت یکجا آبیاری شود. عمق آبیاری در هر نوبت ۲۵سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در طول مدت آزمایش ۱۴ بار آبیاری با عمق معادل ۳/۵ متر صورت گرفت. لازم به ذکر است زمین در مزارع آزمایشی بصورت نکاشت(بدون کشت گیاه) آبیاری شد. چرا که این روش این امکان را بوجود می‌آورد که زه‌آب بیشتری بوسیله زهکش‌ها جمع آوری شود. در زمان آزمایش زهکشی به‌صورت آزاد انجام می‌شد. در این مدت، در مزرعه آزمایشی از تاریخ ۹۴/۵/۳ لغایت ۹۴/۶/۲۹، به منظور بررسی مقدار آبدهی لوله‌های زهکش، دبی زهکش‌ها با روش حجمی و ارتفاع سطح ایستابی در نقطه میانی دو زهکش به‌صورت روزی ۲ بار در ساعت ۷ صبح و ۱۵ عصر انجام گرفت. جهت قرائت پیزومترها و تعیین عمق سطح ایستابی از فلومتر استفاده شد.

به‌منظور ارزیابی عملکرد پوشش‌های به کار رفته جهت فیلتراسیون زهکش‌های زیرزمینی از شاخص‌های راندمان تخلیه لترال(H)، مقاومت در برابر ورود جریان(re) و ثابت تجمعی مقاومت ورود جریان به لترال زیرزمینی(αe) استفاده شد.

رابطه ۱:

$$H = \left(h_e / h_t\right)$$

که در آن: H راندمان تخلیه لترال زیرزمینی، h_e بر حسب متر؛ که از اختلاف بار هیدرولیکی در چاهک شماره ۵ (۰/۴ متری زهکش) و چاهک شماره ۶ (بالای لترال زیرزمینی) که در شکل (۳) آمده است ، تعیین می‌شود و h_t بر حسب متر؛ که از

اختلاف میزان بار هیدرولیکی در چاهک شماره ۳ (۱۵ متری لترال زیرزمینی) و چاهک شماره ۶ (بالای لترال زیرزمینی) به دست می‌آید. عملکرد پوشش‌های زهکشی زیرزمینی و راندمان تخلیه لترال برای مناطق خشک بر اساس نظر Dieleman و Trafford (۱۹۷۶) در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱: ارزیابی راندمان تخلیه لترال برای مناطق خشک

h_e/h_t	عملکرد زهکشی
<۰/۲۰	خوب
۰/۲۰-۰/۴۰	متوسط
۰/۴۰-۰/۶۰	ضعیف
>۰/۶۰	خیلی ضعیف

مقاومت در برابر ورود جریان توسط فیلتر (شاخصr_e) با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

رابطه۲: $$r_e = (h_e / q_1)$$

رابطه۳: $$q_L = \left[\frac{(Q \times 86.4)}{(S)}\right]$$

رابطه۴ $$Q = \left[\frac{(q \times A)}{(t)}\right]$$

که در آن: r_e مقاومت ورودی در واحد دبی جریان زهکش (روز بر متر) ،q_1 دبی در واحد عرض جریان در لترال زیرزمینی (متر مربع بر روز)، Q دبی خروجی از لترال زیرزمینی (لیتر بر ثانیه)، A مساحت محدوده زهکشی (متر مربع)، t زمان خروج آب زهکش(ثانیه) وS فاصله زهکش‌ها (متر) می‌باشد. در محاسبه مقاومت ورود جریان به لترال از متوسط مقادیر خروجی از زهکش زیرزمینی در طی دوره استفاده شد. از جدول (۲) جهت ارزیابی و میزان ایجاد مقاومت در برابر ورود جریان استفاده شد(Dieleman وTrafford ،۱۹۷۶).

جدول۲: شاخص ارزیابی مقاومت ورودی برای مناطق خشک تحت آبیاری

مقاومت ورودی r_e (روز بر متر)	افت بار ورودی h_e (متر)	عملکرد زهکشی
<۰/۷۵	**<۰/۱۵**	**خوب**
۰/۷۵-۱/۵۰	**۰/۱۵-۰/۳۰**	**متوسط**
۱/۵۰-۲/۲۵	**۰/۳۰-۰/۴۵**	**ضعیف**
>۲/۲۵	**>۰/۴۵**	**خیلی ضعیف**

شاخص ثابت تجمعی مقاومت ورود جریان به لترال زیرزمینی با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد.

رابطه۵:
$$a_e = \left[\frac{(k_s \times w_e)}{(S)}\right]$$

رابطه۶:
$$w_e = (h_e / q)$$

رابطه۷:
$$q = (q_L / L)$$

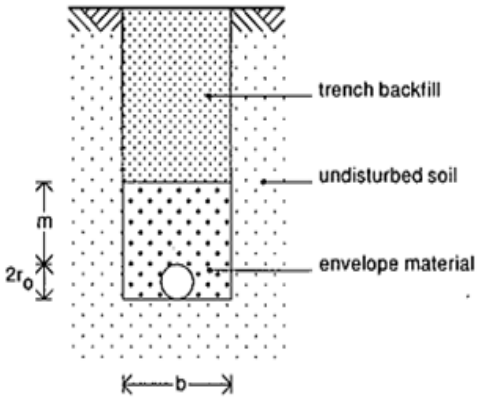
که در آن: α_e ثابت تجمعی مقاومت ورود جریان، w_e مقاومت ورودی کل (روز)، K_S هدایت هیدرولیکی خاک دست نخورده مجاور چاهک مشاهداتی(متر بر روز)، S فاصله زهکش‌ها (متر)، L طول لترال زیرزمینی (متر) و q ضریب زهکشی لترال زیرزمینی(متر بر روز) می‌باشند. از جدول (۳) جهت ارزیابی زهکش‌ها بر اساس ثابت تجمعی مقاومت ورود جریان استفاده شد(Cavelaars و همکاران، ۱۹۴۴).

جدول۳: عملکرد زهکش براساس ثابت مقاومت ورودی جریان

عامل ارزیابی $a_e = \frac{k_s w_e}{S}$	h_e/h_t	مقاومت ورودی	عملکرد زهکشی
<۰/۴	<۰/۲-۰/۳	متوسط	خوب
۰/۴-۱/۵	۰/۳-۰/۶	زیاد	متوسط تا ضعیف
>۱/۵	<۰/۶	بیش از حد	خیلی ضعیف

همانگونه که قبلا نیز عنوان گردید، هزینه اجرای زهکش‌های زیرزمینی توسط فیلترهای مصنوعی در مقایسه با هزینه اجرای زهکش‌های زیرزمینی توسط فیلترهای طبیعی به مراتب ارزانتر تمام می‌شود و یکی از علل ارجحیت انتخاب فیلترهای مصنوعی پایین‌تر بودن هزینه آن نسبت به فیلترهای طبیعی می‌باشد. از آنجا که تاثیر استفاده از فیلتر مصنوعی در کاهش میزان هزینه‌های طرح نسبت به فیلتر طبیعی به دو عامل هزینه فیلتر و کاهش شوری بستگی دارد در این خصوص برآورد هزینه تمام شده فیلتر مصنوعی و فیلتر طبیعی بر اساس فهرست بهای آبیاری و زهکشی سال ۹۴ و تعدیل متعلقه انجام شد.

با توجه به اینکه تفاوت عمده بار مالی اجرای لوله های زهکشی با فیلتر مصنوعی و طبیعی به‌علت مصالح فیلتر دانه‌بندی می-باشد، نحوه محاسبات مربوط به حجم فیلتر طبیعی با توجه به شکل (۴) آورده شده است.



$$r_0 = \frac{u}{\pi}$$

عرض کف ترانشه زهکش، b محیط خیس شده،uکه در آن: قطر لوله زهکشی می باشد.r_0 ضخامت مصالح فیلتر و m

شکل۴: نمایی از لاترال زهکشی و فیلتر به کار رفته در آن

حجم فیلتر مورد نیاز یک متر طول لاترال از حاصلضرب طول لاترال در سطح ترانشه لاترال بدون سطح لوله طبق فرمول ذیل محاسبه گردید.

حجم فیلتر مورد نیاز برای یک متر طول لترال = طول لترال مصرفی) × سطح ترانشه لترال با فیلتر و لوله- (سطح لوله لترال

سطح ترانشه لترال با فیلتر و لوله با توجه به قطر لترال مورد استفاده در طرح (۱۰۰ میلیمتر) مورد محاسبه قرار گرفت. مطابق شکل(۴) ضخامت فیلتر در بالا و پایین لوله لترال۰/۲ متر بود (۰/۱+۰/۱متر). همچنین میزان لترال مورد نیاز بر اساس معادلات جریان ماندگار بدست آمد که میزان فیلتر مصرفی به شرح ذیل محاسبه گردید.

طول لترال مصرفی=۱متر

سطح ترانشه لترال با فیلترولوله=(۰/۱+۰/۱+۰/۱) × ۰/۳ =۰/۰۹ مترمربع

سطح لوله لترال ($A = \pi \frac{d^2}{4}$) = ۰/۰۰۸ متر مربع

سطح فیلتر مورد نیاز (سطح لوله لترال – سطح ترانشه لترال با فیلتر و لوله) = ۰/۰۸۲ متر مربع

حجم فیلتر مورد نیازبرای یک متر طول لترال=۰/۰۸۲×۱=۰/۰۸۲متر مکعب

جهت ارزیابی عملکرد فیلترهای مختلف بر میزان راندمان محصول نیشکر از رابطه (۸) استفاده شد (Maas و Hoffma [۲]، ۱۹۷۶).

رابطه۸: $Y_r=100-b\ (EC_e-a)$

که در آن: Yr درصد کاهش محصول نسبت به پتانسیل تولید در شرایط غیر شور، a هدایت الکتریکی در آستانه کاهش محصول (بر حسب دسی زیمنس بر متر)، b شیب خط (درصد کاهش عملکرد به ازای افزایش هر دسی زیمنس بر متر شوری خاک) و ECe میانگین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک در منطقه رشد ریشه است. مقدار آستانه تحمل به شوری نیشکر ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و شیب خط ۵/۹ در نظر گرفته شد(ماس و هافمن، ۱۹۷۶).

با توجه به اینکه در رابطه (۸) شوری بر حسب هدایت الکترکی عصاره اشباع خاک(EC_e) است با استفاده از رابطه (۹) شوری آب خاک اندازه‌گیری شده به شوری عصاره اشباع خاک تبدیل شد.

رابطه۹: $ECs=2ECe$

EC_S شوری خاک می باشد.

[۲] Maas and Hoffman

نتایج و بحث

نتایج ارزیابی عملکرد پوشش‌های به کار رفته جهت فیلتراسیون زهکش‌های زیرزمینی با استفاده از شاخص‌های راندمان تخلیه لترال(H)، مقاومت در برابر ورود جریان(r_e) و ثابت تجمعی مقاومت ورود جریان به لترال زیرزمینی(α_e) در جدول (۴) آمده است.

جدول۴: نتایج ارزیابی عملکرد پوشش‌های مختلف در فیلتراسیون زهکش‌های زیرزمینی

نوع پوشش	راندمان تخلیه زهکشی(h_e)	راندمان تخلیه زهکشی(H)	مقاومت در برابر ورود جریان توسط فیلتر(r_e)	ثابت تجمعی مقاومت ورود جریان به لاترال(a_e)	عملکرد فیلتر
فیلتر pp450	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۰۸	۰/۰۲	خوب
فیلتر شن و ماسه	۰/۲۰	۰/۱۹	۰/۰۸	۰/۰۲	خوب
بدون فیلتر	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۴۳	۰/۱۰	خیلی ضعیف

نتایج ارائه شده در جدول(۴) نشان می‌دهد فیلتر مصنوعی PP450 و نیز فیلتر طبیعی شن و ماسه در کلیه پارامترهای مربوط به کیفیت زهکشی، نظیر راندمان تخلیه زهکشی، مقاومت در برابر ورود جریان و نیز ثابت تجمعی مقاومت نتایج خوب و قابل قبولی از خود نشان داده‌اند، درصورتیکه زهکش بدون فیلتر در هیچکدام یک از پارامترهای مورد نظر خوب نبوده و فاقد نتایج قابل قبول می‌باشد.

نتایج برآورد هزینه تمام شده فیلتر مصنوعی و فیلتر طبیعی بر اساس فهرست بهای آبیاری و زهکشی سال ۹۴ و تعدیل متعلقه در جدول (۵) آمده است. نتایج ارائه شده نشان داد هزینه اجرای هر متر طول لترال گذاری با فیلتر طبیعی ۴۰۳۹۹۲ ریال و هزینه اجرای هر متر طول لترال گذاری با فیلترمصنوعی ۳۰۳۷۰۲ ریال می باشد که این امر بیان کننده ۱۰۰۲۹۰ ریال کاهش هزینه در اجرای هر متر لوله‌گزاری با فیلتر مصنوعی نسبت به فیلتر طبیعی می باشد. این کاهش هزینه در یک متر لوله گزاری، باعث ۱۵۴۴۴۷۴۹ ریال کاهش هزینه در یک هکتار با توجه به طول لترال به کار رفته شده و ۳۸۶۱۱۸۷۳۳ ریال کاهش هزینه در هر مزرعه ۲۵ هکتاری و ۱۸۵۳۳۶۹۹۱۷۴۸ ریال کاهش هزینه در طرح ۱۲۰۰۰ هکتاری سلمان فارسی شد.

جدول ۵: هزینه اجرای نصب و تهیه مصالح عملیات لترال گذاری بر اساس فهرست بهای ۹۴

شماره فصل	شرح فصل	مبلغ(ریال)	
		فیلتر طبیعی	فیلتر مصنوعی
سوم	حمل فیلتر	۶۱۱۴۴	-
چهارم	تهیه و خرید فیلتر	۱۴۵۹۶	-
دوازدهم	حفاری زمین،برداشت خاک ، نصب و اجرای لوله لترال	۴۷۵۰۰	۴۷۵۰۰
چهاردهم	متعلقات نصب و حمل لوله	۹۴۸۸۴	۹۴۸۸۴
جمع فصول بدون ضریب		۲۱۸۱۲۴	۱۴۲۳۴۴
جمع فصول با ضریب بالاسرس ۱/۳		۲۸۳۵۶۲	۱۸۵۰۴۷
تجهیز و برچیدن کارگاه۶٪		۱۳۰۸۷	۸۵۴۱
جمع		۲۹۶۶۴۹	۱۹۳۵۸۸
مبلغ تعدیل۰۶٪		۱۷۷۹۹	۱۱۶۱۵
جمع با تعدیل		۳۱۴۴۴۸	۲۰۵۲۰۳
خرید لوله لترال با ضریب ۲۰٪ بالاسری		۸۹۵۴۴	۹۸۴۹۸
هزینه اجرای هر مترطول لوله		۴۰۳۹۹۲	۳۰۳۷۰۲
هزینه اجرای هر هکتار		۶۲۲۱۴۷۸۲	۴۶۷۷۰۰۳۳
هزینه اجرای ۲۵ هکتار		۱۵۵۵۳۶۹۵۴۸	۱۱۶۹۲۵۰۸۱۵
هزینه فیلتر در سطح ۱۲۰۰۰ هکتار		۷۴۶،۵۷۷،۳۸۲،۹۶۸	۵۶۱،۲۴۰،۳۹۱،۲۱۹

نتایج اندازه‌گیری شوری آب آبیاری، شوری آب زهکشی و شوری خاک در حالت استفاده از فیلترهای مختلف در جدول (۶) آمده است.

جدول۶: نتایج اندازه‌گیری شوری آب آبیاری، شوری آب زهکشی و شوری آب خاک در فیلترهای مختلف

مزرعه	فیلتر PP450		
	EC_i(ds/m)	EC_d (ds/m)	EC_s(ds/m)
R6-2	۲/۳۱	۲۰/۳۰	۶/۳۷
R6-22	۲/۳۱	۱۱/۲۰	۴/۶۵
R12-5	۲/۳۱	۱۸	۴/۹۲
R12-19	۲/۳۱	۱۹/۸۰	۱۰/۰۳
میانگین	۲/۳۱	۱۷/۳۳	۶/۴۹
	فیلتر شن و ماسه		
R6-2	۲/۳۱	۲۱/۸۰	۱۷/۶۸
R6-22	۲/۳۱	۲۴/۶۰	۳/۷۹
R12-5	۲/۳۱	۱۸/۸۰	۱۶/۳۸
R12-19	۲/۳۱	۱۱/۵۰	۵/۵۹
میانگین	۲/۳۱	۱۹/۱۸	۱۰/۸۶
	بدون فیلتر		
مزرعه آزمایشی	۲/۳۱	۳۰/۵۳	۲۷/۱۵

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۶) و استفاده از فرمول (۹) شوری عصاره اشباع خاک(ECe) برای حالت استفاده از فیلتر طبیعی، فیلتر مصنوعی و بدون فیلتر به ترتیب ۵/۴۳ ، ۳/۲۴ و ۱۳/۵۷ بدست آمد. با استفاده از فرمول (۸) و ضرایب a و b برای نیشکر و شوری عصاره اشباع خاک، راندمان تولید نیشکر برای حالت استفاده از فیلتر طبیعی، فیلتر مصنوعی و بدون فیلتر به ترتیب ۰/۷۸ ، ۰/۹۱ و ۰/۳۰ بدست آمد. با توجه به تناژ متوسط نیشکر در کشت و صنعت سلمان فارسی در هر هکتار (۸۰ تن) ، و اینکه در هر سال ۱۰۰۰۰ هکتار از اراضی زیر کشت می‌رود و درصد استحصال شکر از نیشکر ۱۰ درصد می باشد؛ با احتساب قیمت هر کیلو شکر ۲۱۰۰۰ ریال، درآمد سالیانه حاصل از فروش شکر در کشت و صنعت سلمان فارسی برای حالت استفاده از فیلتر طبیعی، مصنوعی و بدون فیلتر محاسبه شد(جدول۷).

جدول 7: محاسبات میزان صرفه جوئی و میزان کاهش شوری در استفاده از نوع فیلتر

فیلتر	تناژ در هر هکتار(کیلو)	تناژ در هر ۱۰۰۰۰هکتار(کیلو)	درصد استحصال شکر(درصد)	میزان شکر استحصال شده(تن)	قیمت هر تن شکر(ریال)	راندمان تولید به جهت فیلتر بکار رفته در زهکشی	درآمد (میلیون ریال)
شن و ماسه استاندار شده	۸۰,۰۰۰	۸۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰	۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۱,۰۰۰,۰۰۰	٪۷۸	۱,۳۱۰,۰۰۰,۰۰۰
فیلتر مصنوعی PP450	۸۰,۰۰۰	۸۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰	۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۱,۰۰۰,۰۰۰	٪۹۱	۱,۵۲۹,۰۰۰,۰۰۰
بدون فیلتر	۸۰,۰۰۰	۸۰۰,۰۰۰,۰۰۰	۱۰	۸۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۱,۰۰۰,۰۰۰	٪۳۰	۵۰۴,۰۰۰,۰۰۰

نتیجه گیری

نتایج حاصل از تحقیق نشان داد فیلتر مصنوعی PP450 و نیز فیلتر طبیعی شن و ماسه در کلیه پارامترهای مربوط به کیفیت زهکشی، نظیر راندمان تخلیه زهکشی، مقاومت در برابر ورود جریان و نیز ثابت تجمعی مقاومت نتایج خوب و قابل قبولی از خود نشان داده‌اند، این در حالی است که کاربرد فیلتر مصنوعی نسبت به فیلتر طبیعی به میزان ۲۵ درصد کاهش هزینه داشته است؛ همچنین نتایج نشان می‌دهد درآمد حاصله ناشی از کاهش میزان شوری ناشی از کاربرد فیلتر مصنوعی نسبت به فیلترطبیعی به میزان ۱۷ درصد افزایش داشته است. به عبارتی در مجموع استفاده از فیلتر مصنوعی PP450 نسبت به فیلتر طبیعی شن و ماسه ۴۲درصد در آمد بیشتری حاصل می نماید.

منابع

ارواحی، ع.(۱۳۸۴). ارزیابی فنی و اقتصادی کاربرد فیلتر مصنوعی در سیستم زهکشی زیرزمینی و مقایسه آن با فیلترهای متداول شن و ماسه در نخیلات آبادان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی چاپ نشده، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بو علی سینا همدان.

اکرم، م. ؛ پذیرا، الف.؛ لیاقت، ع. ؛ دربندی، ص و لیاقت، ز. (۱۳۸۳). مواد و مصالح سامانه‌های زهکش زیرزمینی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

شیری، ج. ؛ فاطمی، الف. و صدرالدینی، ع. (۱۳۸۷). کاربرد نرم افزارهای جدید در محاسبات مربوط به سامانه های زهکشی زیرزمینی. دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی. دانشگاه شهید چمران اهواز. صص. ۱۸-۹.

شیری، ج . (۱۳۸۹). تاثیر مقاومت ورودی بر مشخصه های هیدرولیکی جریان در زهکش زیرزمینی. مجله دانش آب و خاک .جلد ۲۰/۱ شماره ۴.

عزیزی، ج. (۱۳۸۶) . ارزیابی عملکرد پوشش مصنوعی زهکشی در مقایسه با پوشش معدنی در لوله های زهکش. دانشگاه شهید چمران اهواز .پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی.

قانع، الف. (۱۳۸۵). ارزیابی مدل فیزیکی تانک خاک و شن جهت مطالعه عملکرد فیلترهای مصنوعی در سیستم زهکشی زیرزمینی . پایان نامه کارشناسی ارشد، چاپ نشده، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

کریمی، ب. (۱۳۸۷). ارزیابی عملکرد سه نوع پوشش مصنوعی زهکشی در مقایسه با پوشش رایج معدنی در شرایط آزمایشگاهی . پایان نامه کارشناسی ارشد چاپ نشده ، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

ناصری، ع. و ارواحی ، ع. (۱۳۸۸). استفاده از مبانی جدید در طراحی سیستم های زهکشی زیرزمینی و تاثیر آنها روی روش های اجرایی در خوزستان. ششمین کارگاه فنی زهکشی و محیط زیست، صص.۸۱-۶۷.

نژادیانی، م. (۱۳۸۷). ارزیابی آزمایشگاهی کاربرد یک نوع پوشش مصنوعی در زهکش‌های زیرزمینی و مقایسه آن با پوشش معدنی. مجله علوم خاک و آب ، جلد ۲۲ شماره ۱ صص. ۱۲۵-۱۱۳.

Cavelaars, J.C. , Voltman, W.F. and Spoor,G. (۱۹۹۴). Subsurface drainage system, in drainage principles and application Ed. By H.P. Ritzema , ILRI publication 16,second edition, 913-927.

Dieleman, P. J. and B.D. Trafford. (۱۹۷۶). Drainage testing FAP irrigation and drainage paper 28.rome, Italy.

Maas E.V. and Hoffman G.J. (۱۹۷۶). Crop salt tolerance: evaluation of existing data. Proc. International salinity conference, Lubbock, Texas, PP. 187-198.

Raval, A. and R. Anadjiwala.(۲۰۰۷). Comparative study between needle punched nonwoven geotextile structure made from flax and polyester fibers. J. of Geotext. and Geomem. 4: 61-65.