

تأثیر مسائل اجرایی و بهره‌برداری در کارایی پوشش ژئوممبران برای کنترل تلفات آب (مطالعه موردی در استان‌های اصفهان، همدان، خوزستان، سمنان و البرز)

رضا بهراملو*، نادر عباسی، محمد موحدان، علی قدمی فیروزآبادی،

علیرضا مامن‌پوش، سیدحسن موسوی فضل و نادر سلامتی**

* نگارنده مسئول: بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران. تلفن: ۰۸۱)۳۴۳۷۲۷۴۰، پیام‌نگار: r.bahramloo@areeo.ac.ir
** به‌ترتیب: استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان؛ دانشیار و استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی؛ استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان؛ استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان؛ و استادیاران بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۳۰

چکیده

ژئوممبران یکی از انواع ژئوسنتتیک‌هاست که استفاده از آن برای کنترل تلفات آب در استخرهای ذخیره و کانال‌های انتقال و توزیع آب با سرعت در حال رشد است. از مزایای این پوشش علاوه بر سهولت و سرعت در اجرا، آب بندی خوب و جلوگیری از تلفات نشت است. در این تحقیق نقش مسائل اجرایی و بهره‌برداری در استفاده از مزیت کنترل تلفات آب با به‌کاربردن پوشش ژئوممبران بررسی شده است. برای این منظور در استان‌های اصفهان، همدان، خوزستان، سمنان و البرز، ۱۵ استخر پوشش شده با ژئوممبران انتخاب شد؛ این استخرها با ورق ژئوممبران نوع HDPE با ضخامت ۱/۵ میلی‌متر داخلی پوششیده شده بودند؛ عمر پوشش انجام شده در استخرها ۸ سال و عمق آنها ۳ متر از لبه بود. میزان تلفات کل آب در این استخرها در سه مرحله از سال زراعی به روش حوضچه‌ای تعیین شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مقدار تلفات نشت آب از پوشش ژئوممبران بین ۰/۱ تا ۳۷/۶ و به‌طور متوسط ۱۳/۹ لیتر در مترمربع در روز بوده و در حدود ۱۲۵ برابر کمتر از تلفات نشت در استخرهای دارای پوشش بتنی است. کمترین تلفات نشت در نمونه‌های ارزیابی شده در استان‌های همدان و خوزستان (با ۰/۳ و ۰/۲ لیتر در مترمربع در روز)، و بیشترین تلفات نشت در نمونه‌های ارزیابی شده در استان‌های البرز، اصفهان و سمنان به‌ترتیب با ۲۳/۱، ۱۶/۲ و ۲۹/۶ لیتر در مترمربع در روز تعیین شد. با توجه به یکسان بودن نوع ورق ژئوممبران و شرایط هندسی استخرها، اختلاف در مقدار تلفات آب به مسائل اجرایی و بهره‌برداری از پوشش در استخرها مربوط است. مسائل قابل‌رؤیت در استخرهایی با مقدار تلفات بالا شامل بی‌توجهی به شیب‌بندی اصولی کف در طراحی و اجرا، بی‌توجهی در لایروبی در حین بهره‌برداری، بسترسازی نامناسب، متراکم نکردن بستر به شکلی مناسب، وجود سنگ و اشیای نوک تیز در زیر پوشش، ایجاد موج در سطوح شیب‌دار دیواره‌های استخر، بریدگی ناشی از خالی بودن زیر پوشش در محل جوش‌ها و گوشه‌های استخر، و تخریب‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی در حین اجرا و بهره‌برداری است.

واژه‌های کلیدی

بهره‌برداری، تلفات نشت، پوشش استخرها، روش حوضچه‌ای، ژئوممبران، کیفیت اجرا

مقدمه
بتن، سنگ و ملات استفاده می‌شده است. در سال‌های اخیر با توجه به توسعه علم پتروشیمی و تولید محصولات مشتقات نفتی، پوشش ژئوممبران معرفی شده است.

از گذشته‌های دور برای کنترل تلفات آب در کانال‌ها و مخازن ذخیره آب، از مصالح مختلفی مانند خاک متراکم،

کشاورزی، پوشاندن کانال‌های انتقال آب، حوضچه‌ها و استخرهای ذخیره آب است. متداول‌ترین نوع ژئوممبران‌ها، ژئوممبران‌های HDPE (با تراکم بالا) و ژئوممبران‌های پلی‌اتیلن (با تراکم پایین) نظیر LDPE هستند که بسیار انعطاف‌پذیرند (Ivy & Narejo, 2003). یکی از ویژگی‌های مهم ژئوممبران‌ها، انعطاف‌پذیری خوب و نفوذپذیری بسیار کم ورقه‌های آنهاست که کاربردشان را در آب‌بندی مخازن و کانال‌ها هموار می‌سازد. امروزه ژئوممبران‌های ساخته شده از پلی‌اتیلن و پی‌وی‌سی کاربرد بیشتری پیدا کرده‌اند (Mansorikiya & Shahrokhniya, 2007). برای کاهش تلفات نشت آب از مخازن بتنی، از روش‌های متعددی نظیر درزبندی با تزریق اورتان تحت فشار و کاربرد واتر استاپ‌ها، درزبندها، چسب و ماستیک آب‌بندی می‌توان استفاده کرد. یکی از این روش‌های کاهش تلفات نشت آب از مخازن ذخیره و استخرهای ذخیره آب، به‌خصوص وقتی میزان نشت قابل توجه باشد، استفاده از ژئوممبران‌های پلیمری است (Rahimi & Qobadina, 2008).

پوشش‌های بتنی استخرها ممکن است بعد از گذشت مدت‌زمانی کوتاه از اجرا به دلیل ذوب و یخبندان متوالی، عوامل شیمیایی و مکانیکی، و مسائل اجرایی و طراحی دچار ترک‌خوردگی و تخریب شوند (Bahramloo, 2007). کنترل فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی مانند اثر انرژی خورشید بر سطح پوشش‌های ژئوسنتتیک، دقت در نصب، آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، کنترل میزان نشت و نیز آنالیز وضعیت رسوبات به هنگام کاربری این مواد ضروری است (Mansorikiya & Shahrokhniya, 2007). موحدان و عباسی (Movahhedan & Abbasi, 2014) گزارش داده‌اند که در صورت طراحی صحیح و اجرای درست پوشش‌ها، ژئوممبران در استخرها، می‌توان مقدار نشت را تا حد زیادی کاهش داد. آنها مقدار نشت از این پوشش‌ها را ۱۶/۹ میلی‌متر در روز بر مترمربع اندازه‌گیری کردند. بررسی‌های این محققان نشان می‌دهد که کاربرد

ژئوممبران یکی از انواع ژئوسنتتیک‌هاست که استفاده از آن در کشور ما برای کنترل تلفات آب در مخازن ذخیره و کانال‌های انتقال و توزیع آب با سرعت در حال رشد است. بنابراین، با توجه به گسترش استفاده از این مواد به‌خصوص برای پوشش کانال‌های آبیاری و استخرهای ذخیره آب و اینکه اطلاعات کافی از این نوع پوشش جدید در اختیار نیست، ارزیابی کارایی، دوام و چگونگی طراحی و اجرای مناسب، و بهره‌برداری بهینه از پروژه‌های مرتبط با این پوشش ضرورت دارد. این ارزیابی ضمن کمک به یافتن مزایا و معایب این نوع پوشش‌ها در شرایط مختلف فنی، اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی اجرای کانال و استخر ذخیره آب، می‌تواند راهنمای مؤثری در جهت استفاده بهینه از این مواد در طرح‌های مربوط به بخش آب در آینده باشد (Bahramloo, 2013). استخرها و مخازن ذخیره آب نقشی مهم در تنظیم و مصرف بهینه آب کشاورزی دارند. با توجه به روند افزایشی مصرف و محدودیت منابع آب، حفظ و کاهش تلفات آب از مخازن ذخیره، به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک، اهمیت بالایی دارد. کاهش تلفات آب از سازه‌های ذخیره آب کشاورزی، علاوه بر افزایش راندمان ذخیره، به کاهش مدت زمان انتقال آب کمک می‌کند و ضمن افزایش تولیدات کشاورزی هزینه تولید را کاهش می‌دهد. یکی از عوامل مهم در استفاده بهینه از منابع آب و خاک، کاربرد پوشش‌های مناسب استخرها و کانال‌هاست. پوشش مناسب مخازن ذخیره آب و کانال‌های انتقال می‌تواند نقش مؤثری در افزایش بهره‌وری آب ایجاد کند (Schultz & Wrachien, 2002). ژئوسنتتیک‌ها^۱ گروهی از مواد مصنوعی‌اند که از مواد پلیمری ساخته می‌شوند. یکی از مشتقات مهم ژئوسنتتیک‌ها، ژئوممبران‌ها^۲ هستند. ژئوممبران‌ها ورق‌های پلاستیکی تقریباً نفوذناپذیر هستند که به‌عنوان عایق بسیار مقاوم و کم‌هزینه با طول عمر زیاد، در بسیاری از صنایع کاربرد دارند. از کاربردهای مهم ژئوممبران در

بهراملو و همکاران (Bahramloo et al., 2010) مقدار تلفات از پوشش بتنی کانال‌های آبیاری استان همدان را ۱/۷۴ مترمکعب در مترمربع در روز گزارش نمودند. همچنین بهراملو و همکاران (Bahramloo et al., 2016) در بررسی تلفات نشت آب در استخرهای ذخیره آب نتیجه‌گیری نمودند که پوشش ژئوممبران دارای تلفات نشت آب ۰/۰۲۵ مترمکعب در مترمربع در روز بوده و مقدار تلفات نشت، هزینه اجرا و مدت زمان اجرای آن به ترتیب ۳۰٪، ۳۰٪ و ۲۵٪ آنها در پوشش سنگ و ملات می‌باشد. در منابع موجود، اغلب به تعیین تلفات از مصالح مختلف بدون توجه به شرایط طراحی و اجرا پرداخته شده است، در حالی که در خصوص آب‌بندی ژئوممبران از سوی تولیدکنندگان و بهره‌برداران اتفاق نظر وجود دارد. آنچه کمتر به آن پرداخته شده این است که در عمل چه پارامترهایی ممکن است به افت کارایی اسمی محصول بینجامد. در این تحقیق تاثیر مسائل اجرایی بر میزان آب‌بندی و کنترل تلفات آب با این پوشش در کشور بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات استخرهای انتخاب شده

برای اجرای پروژه در پنج استان، ۱۵ استخر با عمق یکسان با ورق ژئوممبران نوع HDPE و طول مدت‌زمان بهره‌برداری یکسان انتخاب شدند. در جدول ۱ موقعیت و مشخصات استخرهای انتخاب شده برای ارزیابی با پوشش ژئوممبران در مناطق مختلف کشور ارائه شده است. در این استخرها عمق و طول عمر پوشش آنها به ترتیب ۳ متر و ۸ سال است.

تعیین رابطه سطح - ارتفاع و حجم - ارتفاع

با مراجعه به محل استخرهای انتخاب شده، مشخصات هندسی، فنی و هیدرولیکی آنها در محل تعیین شد تا بر

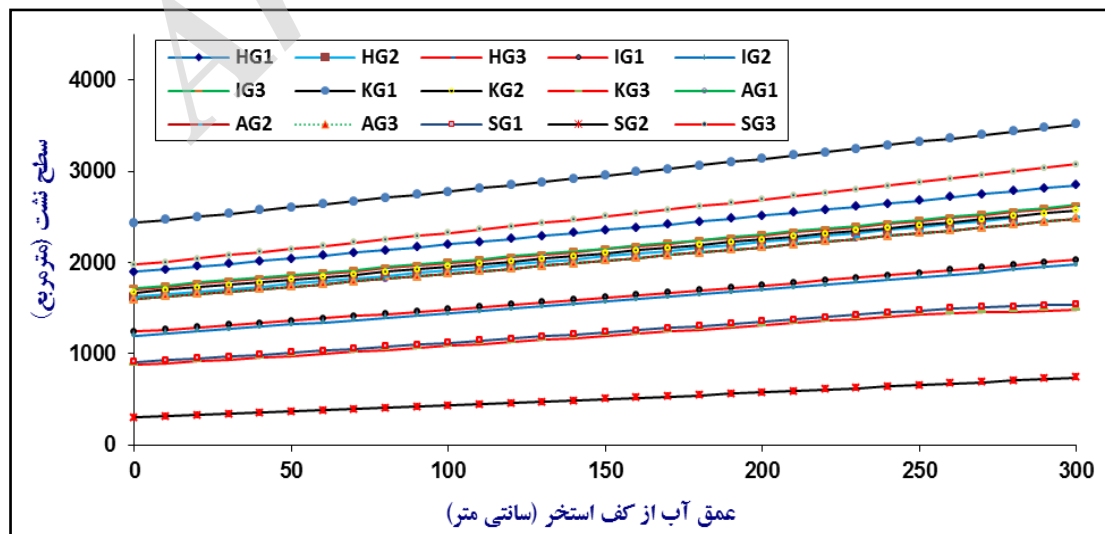
پوشش‌های ژئوممبران برای استخرها اقتصادی است. ارزیابی میزان نشت از یک استخر ذخیره آب کشاورزی با پوشش ژئوممبران نشان داده است که مقدار نشت از استخر بتنی قدیمی پوشش داده شده با ژئوممبران روباز تا حد نسبتاً زیادی کنترل شده است. اجرای مناسب پوشش ژئوممبران، مانند سایر پوشش‌ها، عامل اساسی در کنترل نشت آب است (Movahhedan et al., 2011). بررسی‌ها روی پروژه‌هایی که پیمانکاران ایرانی اجرا کرده‌اند نشان می‌دهد که بیشتر موادی که برای پوشش مخازن ذخیره آب (کشاورزی، صنعتی، و تفریحی) در کشور استفاده شده است، از نوع ژئوممبران‌های روباز HDPE با ضخامت ۱ تا ۲/۵ میلی‌متر و به دلیل ویژگی‌های مناسب این نوع از ژئوممبران‌هاست (Movahhedan & Abbasi, 2014).

آکوزو و همکاران (Akkuzu et al., 2007) مقدار تلفات در کانال‌های اصلی آبیاری با پوشش بتنی را ۱/۲۲ مترمکعب در مترمربع در روز و در کانال‌های درجه ۲ معادل ۵/۳۱ مترمکعب در مترمربع در روز گزارش نمودند. در کانال‌های درجه ۳ با مقطع دوزنقه‌ای ۵/۱۷ مترمکعب در مترمربع در روز تعیین شده است. فیپس (Fipps, 2000) مقدار تلفات نشت را در ۱۵ کانال بتنی به روش حوضچه‌ای اندازه‌گیری و اعلام کرد که این مقدار تلفات برای کانال‌های با عرض کم‌تر از ۳/۵ متر بالا و برای کانال‌های با عرض ۰/۹ تا ۱۱/۶ متر به‌طور متوسط ۰/۳۷ مترمکعب در مترمربع در روز است. نفوذپذیری ژئوممبران‌های HDPE و PVC به ترتیب در محدوده 10^{-12} و 10^{-15} سانتی‌متر بر ثانیه (یعنی نزدیک به صفر) قرار دارد (Scheirs, 2009). رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2011) گزارش نمودند که در بین پوشش‌های مختلف، مناسب‌ترین گزینه برای مقابله با زیرشویی در کانال‌های دشت مغان استفاده از پوشش ژئوممبران می‌باشد.

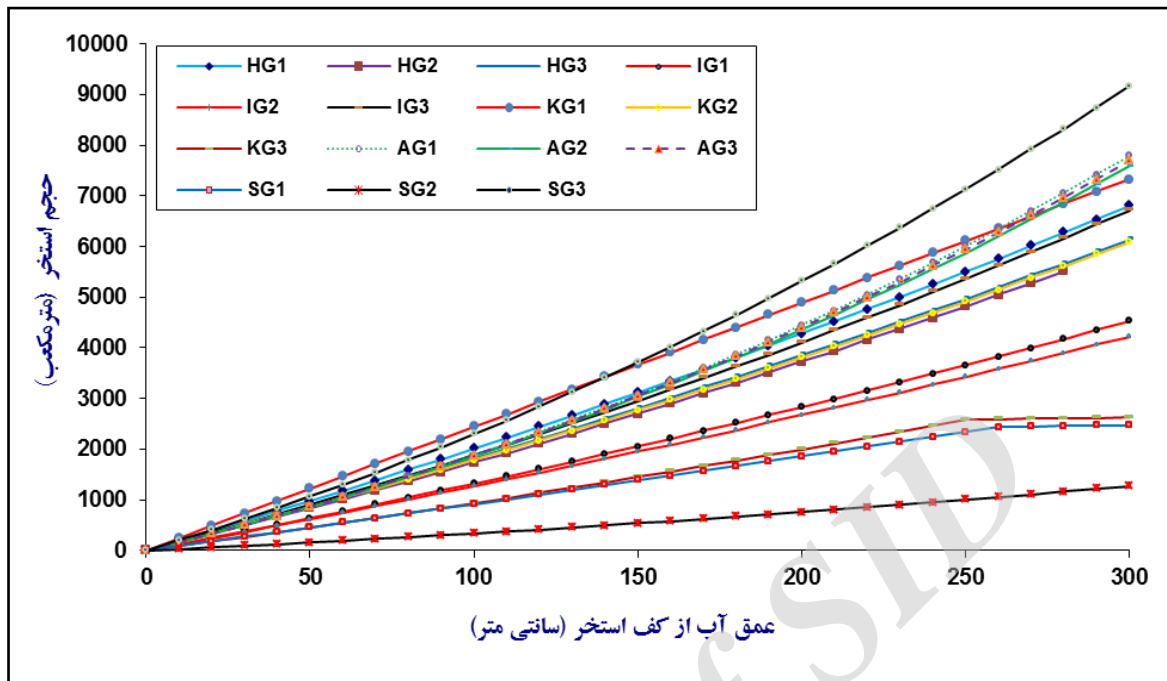
اساس آن تلفات نشست محاسبه شود. اندازه کف و لبة بالایی و عمق استخرها و نیز رابطه بین تغییرات سطح- حجم- ارتفاع، برای هر استخر تعیین گردید. (شکل‌های ۱ و ۲) تا در زمان اندازه‌گیری با قرائت عمق آب در استخر، حجم آب، سطح نشن و سطح تبخیر قابل تعیین باشد.

جدول ۱- مشخصات استخرهای مورد ارزیابی با پوشش ژئوممبران

منطقه	نام استخر	عمق (متر)	عمر پروژه (سال)	شیب دیواره‌ها (درصد)	ابعاد در لبة بالایی (متر)	
					طول	عرض
اصفهان EG	IG1	۳	۸	۱۰۰	۴۹	۴۰
	IG2	۳	۸	۱۰۰	۴۴/۵	۴۰
	IG3	۳	۸	۱۰۰	۵۸	۵۸
همدان HG	HG1	۳	۸	۱۰۰	۵۵	۴۸
	HG2	۳	۸	۱۰۰	۶۳/۵	۳۶/۵
	HG3	۳	۸	۱۰۰	۵۳	۴۵
خوزستان KG	KG1	۳	۸	۱۰۰	۵۰	۴۹
	KG2	۳	۸	۱۰۰	۵۲	۴۶
	KG3	۳	۸	۱۰۰	۴۰	۳۰
سمنان SG	SG1	۳	۸	۱۰۰	۳۸	۲۵/۵
	SG2	۳	۸	۱۰۰	۳۵	۲۵
	SG3	۳	۸	۱۰۰	۱۰۰	۵۰
البرز AG	AG1	۳	۸	۱۰۰	۶۲	۶۲
	AG2	۳	۸	۱۰۰	۶۲	۶۲
	AG3	۳	۸	۱۰۰	۶۲	۶۲



شکل ۱- رابطه بین سطح نشن و عمق آب در استخرها



شکل ۲- رابطه بین حجم و عمق آب در استخرها

در جدول ۲ سطح تبخیر بر اساس ابعاد لبه بالایی شده در این جدول استخرهای مورد ارزیابی دارای حجم، استخرها (جدول ۱) محاسبه شده است. مطابق نتایج ارائه سطح تبخیر و سطح نشت متفاوتی هستند.

جدول ۲- مشخصات حجم آب و سطوح تلفات استخرها در حالت پر

استان	نام استخر	حجم (مترمکعب)	سطح تبخیر (مترمربع)	سطح نشت (مترمربع)
اصفهان	IG1	۶۲۴۰	۱۹۶۰	۲۲۹۸
	IG2	۶۱۰۹	۱۷۸۰	۲۳۰۶
	IG3	۱۱۴۴۳	۳۳۶۴	۳۱۴۷
همدان	HG1	۶۸۰۶	۲۶۴۰	۲۸۵۱
	HG2	۵۵۱۳	۲۳۱۸	۲۴۹۱
	HG3	۶۱۴۲	۲۳۸۵	۲۶۲۰
خوزستان	KG1	۷۳۲۹	۲۴۵۰	۳۵۱۶
	KG2	۶۰۹۶	۲۳۹۲	۲۵۷۲
	KG3	۲۶۹۷	۱۲۰۰	۱۴۵۵
سمنان	SG1	۲۵۳۲	۹۶۹	۱۵۲۵
	SG2	۳۵۲۲	۸۷۵	۱۳۳۹
	SG3	۱۳۹۵۲	۵۰۰۰	۳۴۷۸
البرز	AG1	۸۹۸۳	۳۸۴۴	۲۵۵۴
	AG2	۹۵۲۷	۳۸۴۴	۲۶۴۲
	AG3	۹۲۵۵	۳۸۴۴	۲۶۰۹
میانگین	۷۰۷۶	۲۵۹۱	۲۴۹۴	

مشخصات ورق ژئوممبران استفاده شده در جدول ۳ ارزیابی در این پروژه ارائه شده است که همگی در یک مشخصات ژئوممبران به کاررفته در استخرهای مورد کارخانه داخل کشور تولید شده‌اند.

جدول ۳- مشخصات فنی پوشش ژئوممبران استفاده شده در استخرها

نوع ژئوممبران	ضخامت (میلی‌متر)	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مربع)	مقاومت کششی (کیلو نیوتن بر متر)	مقاومت به سوراخ شدگی (نیوتن)
پلی اتیلین فشرده ^۱	۱/۵	۰/۹۴	۲۵	۴۸۰

تعیین تلفات آب در پوشش ژئوممبران

در این پروژه، هدف تعیین مقدار تلفات از بستر پوشش شده با ژئوممبران در استخرهاست. کل تلفات آب در استخرها با استفاده از روش حوضچه‌ای^۲ و با قرائت عمق آب و تعیین حجم و سطح نشت با استفاده از رابطه سطح- ارتفاع- حجم هریک از آنها تعیین شد. برای بررسی تاثیر احتمالی تغییرات دما در طول فصل زراعی، این اندازه‌گیری در ۳ بازه زمانی (بهار، تابستان و پاییز) در هر استخر تکرار و مقدار متوسط آن در طول فصل زراعی آنالیز شد. با توجه به اینکه این پژوهش در استخرهای در دست بهره‌برداری کشاورزان اجرا شده، ضروری بود برنامه‌ریزی‌ها به گونه‌ای باشد تا با بهره‌برداران برای پمپاژ نکردن (نبود ورودی به استخرها) و آبیاری نکردن (نبود خروجی از استخرها) به مدت حداقل ۲۴ ساعت هماهنگی شود تا لطمه‌ای به محصول آنها وارد نشود؛ این فرصت در هر فصل یک نوبت فراهم گردید.

تلفات نشت در شبانه‌روز به روش حوضچه‌ای، از رابطه ۱ استفاده شد:

$$S_{loss} = \frac{(V_1 - V_2) \times 24}{SA_m \times T} \quad (1)$$

که در آن،

V_1 = حجم آب در استخر در ابتدای هر نوبت اندازه‌گیری (مترمکعب)؛ V_2 = حجم آب استخر بعد از گذشت زمان T از قرائت اول در اثر نشت (مترمکعب)؛ SA_m = سطح نشت خیس شده متوسط در مدت زمان اندازه‌گیری برای عمق‌های اندازه‌گیری شده (مترمربع)؛ T = فاصله زمانی بین دو قرائت (ساعت)؛ و S_{loss} = تلفات نشت از پوشش ژئوممبران (مترمکعب در مترمربع در روز)

نتایج و بحث

هزینه اجرای پوشش ژئوممبران

ژئوممبران مورد استفاده در همه استخرهای مورد ارزیابی مطابق جدول ۳ از یک نوع و قیمت و هزینه اجرای آن در سال ۱۳۹۶ به ازای هر مترمربع به ترتیب حدود ۱۵۰۰۰ و ۲۰۰۰۰ تومان و جمعاً حدود ۱۷۰۰۰ تومان یعنی در حدود ۳۰ درصد هزینه سایر پوشش‌های رایج مانند بتن و سنگ و ملات است. بر اساس نتایج بازدید از مناطق در دست اجرا در این پژوهش و بر پایه منابع موجود (Bahramloo, 2013)، مدت زمان لازم برای اجرای پوشش ژئوممبران در استخرهای مناطق مختلف یکسان و

تلفات کل آب شامل تلفات تبخیر از سطح و تلفات نشت از پوشش ژئوممبران بستر استخرهاست. با توجه به اینکه مقدار تبخیر در مناطق مختلف متفاوت است، برای تعیین مقدار تلفات نشت، ضروری بود مقدار تلفات تبخیر نیز اندازه‌گیری و از تلفات کل کسر شود. مقدار تلفات تبخیر آب از سطح استخرها با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A نصب شده در کنار استخر به دست آمد. تلفات نشت بر حسب حجم تلفات آب در واحد سطح پوشش ژئوممبران در شبانه روز تعیین گردید. برای محاسبه حجم

تأثیر مسائل اجرایی و بهره‌برداری در کارایی پوشش ژئوممبران...

ارزیابی بین ۵/۸ تا ۴۴ و به‌طور متوسط ۲۳ میلی‌متر در روز است. مقدار تلفات نشت از تلفات کل بین ۰/۱ تا ۳۳ میلی‌متر در روز و باقی تلفات به‌صورت تبخیر بوده است. با کسر عمق تبخیر از عمق تلفات کل، عمق تلفات ناشی از نشت در ستون پنجم جدول ۴ درج شده است. در ادامه مطالب، جزئیات تلفات در هر استخر و در هر منطقه ارائه شده است.

در حدود یک سوم مدت زمان لازم برای اجرای سایر پوشش‌های رایج بتنی و سنگ و ملات است.

تلفات نشت در استخرهای ذخیره

در جدول ۴ میانگین سه نوبت اندازه‌گیری پارامترهای تلفات کل، تبخیر، و نشت آب روزانه در استخرهای مورد ارزیابی در فصل زراعی ارائه شده است. مقدار متوسط تلفات کل در ۱۵ استخر انتخاب شده در پنج منطقه مورد

جدول ۴- مقادیر میانگین اجزای تلفات در استخرها (میلی‌متر در روز)

منطقه	نام استخر	تلفات کل	تلفات تبخیر	تلفات نشت	میانگین منطقه
اصفهان EG	IG1	۲۹/۰	۱۱/۰	۱۸/۰	۲۵
	IG2	۳۵/۰	۱۱/۰	۲۴/۰	
	IG3	۴۴/۰	۱۱/۰	۳۳/۰	
همدان HG	HG1	۸/۸	۸/۷	۰/۱	۰/۳
	HG2	۹/۰	۸/۷	۰/۳	
	HG3	۹/۲	۸/۷	۰/۵	
خوزستان KG	KG1	۶/۲	۵/۷	۰/۵	۰/۲
	KG2	۵/۸	۵/۷	۰/۱	
	KG3	۶/۰	۵/۷	۰/۳	
سمنان SG	SG1	۳۰/۰	۳/۷	۲۶/۳	۱۹/۳
	SG2	۲۱/۰	۳/۷	۱۷/۳	
	SG3	۱۸/۰	۳/۷	۱۴/۳	
البرز AG	AG1	۳۰/۰	۵/۰	۲۵/۰	۲۰
	AG2	۲۵/۰	۵/۰	۲۰/۰	
	AG3	۲۰/۰	۵/۰	۱۵/۰	
میانگین		۲۳/۰	۷/۰	۱۶/۰	

بودن نوع ژئوممبران و عمق استخرها، باهم اختلاف زیادی دارند و از ۰/۲ (خوزستان) تا ۲۹/۶ (البرز) لیتر در مترمربع در روز (۱۴۸ برابر) متغیر است. با توجه به اینکه عمر، عمق و جنس ژئوممبران مورد استفاده یکسان است و همه در یک کارخانه تولید شده‌اند، این اختلاف چشمگیر در تلفات آب از بستر استخرها می‌تواند برآمده از طراحی، اجرا، یا به تبعیت از آنها بهره‌برداری و نگهداری باشد.

در جدول ۵ میانگین اجزای تلفات آب در استخرهای مورد بررسی بر حسب لیتر در روز ارائه شده است. برابر این جدول، میانگین تلفات کل روزانه این استخرها ۵۳۰۱۳ لیتر در سطح نشت متوسط ۲۴۹۴ مترمربع است که ۳۶۰۰۰ لیتر آن نشت و ۱۷۰۰۰ لیتر آن تبخیر بوده است. مقدار تلفات نشت در استخرهای مختلف از ۰/۱ تا ۳۷/۶ لیتر در روز در مترمربع متغیر است. مقادیر میانگین منطقه‌ای تلفات نشت در استخرها، به‌رغم یکسان

جدول ۵- میانگین اجزای تلفات در استخرهای مورد ارزیابی بر اساس سطوح تبخیر و نشت

نام استخر	کل (لیتر در روز)	تبخیر (لیتر در روز)	نشت (لیتر در مترمربع در روز)	
			هر استخر	منطقه
IG1	۵۶۸۴۰	۲۱۵۶۰	۱۵/۴	
IG2	۶۲۳۰۰	۱۹۵۸۰	۱۸/۵	۲۳/۱
IG3	۱۴۸۰۱۶	۳۷۰۰۴	۳۵/۳	
HG1	۲۳۲۳۲	۲۲۹۶۸	۰/۱	
HG2	۲۰۸۶۲	۲۰۱۶۷	۰/۳	۰/۳
HG3	۲۱۹۴۲	۲۰۷۵۰	۰/۵	
KG1	۱۵۱۹۰	۱۳۹۶۵	۰/۳	
KG2	۱۳۸۷۴	۱۳۶۳۴	۰/۱	۰/۲
KG3	۷۲۰۰	۶۸۴۰	۰/۲	
SG1	۲۹۰۷۰	۳۵۸۵	۱۶/۷	
SG2	۱۸۳۷۵	۳۲۳۸	۱۱/۳	۱۶/۲
SG3	۹۰۰۰۰	۱۸۵۰۰	۲۰/۶	
AG1	۱۱۵۳۲۰	۱۹۲۲۰	۳۷/۶	
AG2	۹۶۱۰۰	۱۹۲۲۰	۲۹/۱	۲۹/۶
AG3	۷۶۸۸۰	۱۹۲۲۰	۲۲/۱	
میانگین	۵۳۰۱۳	۱۷۲۹۷	۱۳/۹	۱۳/۹

در بین سایر استخرها است می‌توان نتیجه گرفت که دمای محیط تأثیری در مقدار تلفات نشت از پوشش ژئوممبران ندارد.

بررسی اسناد طراحی و اجرا و بازدید از روش‌های بهره‌برداری این پروژه‌ها نشان می‌دهد که در استخرهای دارای مقادیر تلفات نشت بالا، مسائل طراحی و اجرا به‌خوبی رعایت نشده یا بهره‌برداری نامناسب است. مهمترین مسئله طراحی دخیل در این موضوع رعایت نشدن اجرای شیب کف مناسب در استخرهاست یعنی استخرها عمدتاً بدون شیب کف طراحی و اجرا شده‌اند. رعایت نشدن شیب کف مناسب برای تخلیه و شست‌وشوی خودکار رسوبات از کف استخرها باعث شده است تا در حین بهره‌برداری برای لایروبی از نیروی انسانی و با ابزارهای فیزیکی استفاده شود که این موضوع به ترک‌خوردگی تدریجی و پارگی ورق و در نتیجه افزایش تلفات نشت می‌انجامد که می‌توان

نتایج آزمایش‌های تعیین نفوذپذیری ورق ژئوممبران و مقدار اسمی آن قبل از بهره‌برداری، بیانگر تلفات در حد صفر برای ژئوممبران است و مقدار حداکثر مجاز تلفات نشت در بسترهای پوشش شده با ژئوممبران ۳۰ لیتر در روز از هر مترمربع است (Movahhedan et al., 2011). برابر این استاندارد، میانگین کلیه استخرها و میانگین منطقه‌ای تلفات نشت آب از استخرهای مورد ارزیابی کمتر از حداکثر مجاز است ولی بعضی از استخرها به تنهایی تلفات نشت بالاتر از حد مجاز دارند. تلفات نشت در استخرهای IG3 در اصفهان و AG1 در البرز (به ترتیب با ۳۵/۳ و ۳۷/۶ لیتر در مترمربع در روز) در مقایسه با استخرهای HG1 در همدان و KG2 در خوزستان (با تلفات نشت یکسان ۰/۱ لیتر در روز در مترمربع)، حدود ۳۵۳ و ۳۷۶ برابر بالاتر است. از آنجا که تلفات نشت استخرهای HG1 در همدان (منطقه سردسیر) و KG2 در خوزستان (منطقه گرمسیر) نزدیک به هم و کمترین تلفات

این قسمت و افزایش نشت آب خواهد شد). آسیب‌دیدگی ژئوممبران از این قسمت، بازشدگی همپوشانی در محل جوش‌های نامناسب، اتصال نامناسب در گوشه‌ها، و بازشدگی محل اتصالات، خالی ماندن زیر ورق‌ها در گوشه‌های استخر، و تخریب‌های انسانی در حین پوشش از دیگر عوامل در افزایش نشتی‌هاست.

در جدول ۶ درصد تلفات در اجزای مختلف (نشت و تبخیر) برای استخرهای مختلف و متوسط هر منطقه ارائه شده است. برابر این جدول، در استخرهای مورد ارزیابی مقدار تلفات تبخیر بسته به شرایط اقلیمی هر منطقه از ۱۲ تا ۹۹ درصد و به طور متوسط ۵۲ درصد تلفات کل و تلفات نشت بین ۱ تا ۸۸ درصد و به‌طور متوسط ۴۸ درصد از تلفات کل را تشکیل داده است. مقدار تلفات تبخیر تابعی از شرایط اقلیمی است و در هر منطقه در پوشش‌های مختلف نزدیک به هم و کنترل‌ناشدنی است و از این‌رو اختلاف پوشش‌های مختلف در تلفات نشت است.

این موضوع را ناشی از تأثیر پارامترهای طراحی، اجرا، و بهره‌برداری دانست. بهراملو و همکاران (Bahramloo et al., 2017) شیب مناسب برای شست‌وشو و حمل رسوبات در هنگام تخلیه آب از حوضچه را ۰/۵ درصد می‌داند. در بازدید از استخرها در زمان‌های مختلف پر و خالی بودن آنها از آب، به‌خصوص استخرهای IG3 و AG1 که مقدار نشت آب در آنها بالاست، مشاهده شد که بستر آنها به شکلی نامناسب تسطیح شده است. نامناسب بودن بستر، به خالی ماندن زیر پوشش ژئوممبران و سوراخ‌شدگی یا پارگی جزئی آن در حین اجرا می‌انجامد که با رفت و آمد نیروی انسانی و تجهیزات، سوراخ‌ها و پاره‌شدگی‌ها افزایش می‌یابد و نشت در حین بهره‌برداری بالا خواهد رفت. از دیگر عوامل مشخص در این استخرها، زیرسازی نامناسب و سوراخ‌شدگی ورق ژئوممبران بر اثر وجود سنگ و اشیای نوک تیز در زیر پوشش و ایجاد موج در سطوح شیب‌دار دیواره‌های استخرها در حین باز کردن رول‌های ژئوممبران است (که به مرور باعث ترک‌خوردگی

جدول ۶- مقادیر میانگین اجزای تلفات در استخرها (درصد)

تلفات کل	تلفات نشت		تلفات تبخیر		نام استخر
	میانگین منطقه	تلفات نشت	میانگین منطقه	تلفات تبخیر	
۱۰۰		۶۲		۳۸	IG1
۱۰۰	۶۹	۶۹	۳۱	۳۱	IG2
۱۰۰		۷۵		۲۵	IG3
۱۰۰		۱		۹۹	HG1
۱۰۰	۳	۳	۹۷	۹۷	HG2
۱۰۰		۵		۹۵	HG3
۱۰۰		۸		۹۲	KG1
۱۰۰	۵	۲	۹۵	۹۸	KG2
۱۰۰		۵		۹۵	KG3
۱۰۰		۸۸		۱۲	SG1
۱۰۰	۸۳	۸۲	۱۷	۱۸	SG2
۱۰۰		۷۹		۲۱	SG3
۱۰۰		۸۳		۱۷	AG1
۱۰۰	۷۹	۸۰	۲۱	۲۰	AG2
۱۰۰		۷۵		۲۵	AG3
۱۰۰	۴۸	-	۵۲	-	میانگین

نتیجه‌گیری

بازشدگی آنها، خالی ماندن زیر ورق در گوشه‌های استخر، و تخریب‌های انسانی در حین ایجاد پوشش است. دیوارهٔ اکثر استخرها برای سهولت به‌صورت شیبدار و با شیب ۴۵ درجه اجرا می‌شود. در صورت طراحی و اجرای فنی پوشش ژئوممبران و رعایت مسائل ایمنی و فنی در زمان بهره‌برداری، تلفات در پروژه می‌تواند بسیار ناچیز شود و تا ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب در مترمربع در روز کاهش یابد.

در بین استخرهای مورد ارزیابی تنها دو استخر (IG3 و AG1) نشت بیشتر از ۳۰ لیتر در روز از هر مترمربع (حداکثر مجاز) داشته‌اند؛ مقدار نشت از ۱۳ استخر دیگر کمتر و در حد مجاز بوده است. از آنجا که تلفات نشت در استخر HG1 (همدان، منطقه سردسیر) و استخر KG2 (خوزستان، منطقه گرمسیر) نزدیک به هم و کمترین است می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که دمای محیط تأثیری در مقدار تلفات نشت از پوشش ژئوممبران ندارد. مقدار تلفات تبخیر تابعی از شرایط اقلیمی است و در هر منطقه در پوشش‌های مختلف نزدیک به هم و کنترل ناشدنی است و از این‌رو اختلاف پوشش‌های مختلف در تلفات نشت از پوشش است.

میانگین مقدار تلفات نشت در استخرهای پوشش شده با ژئوممبران (۱۳/۹ لیتر در مترمربع در روز) حدود ۱۲۵ برابر کمتر از میانگین مقدار تلفات نشت در استخرهای با پوشش رایج بتنی است، هزینه اجرا و زمان اجرا نیز به ترتیب ۳۰ و ۲۵ درصد کمتر از هزینه و زمان لازم برای اجرای پوشش رایج بتنی است از این‌رو توسعه کاربرد این نوع پوشش در کلیه مناطق کشور از لحاظ فنی و اقتصادی و کنترل تلفات آب ضروری است.

در این پژوهش، تلفات نشت آب از ۱۵ استخر با پوشش ژئوممبران واقع در پنج استان کشور (اصفهان، همدان، خوزستان، سمنان، و البرز) بررسی شد. تلفات آب در هر استخر در ۳ مرحله (بهار، تابستان و پاییز) با استفاده از روش حوضچه‌ای و تلفات تبخیر با استفاده از تشتک تبخیر اندازه‌گیری شد. به‌رغم یکسان بودن ورق ژئوممبران و مشخصات هندسی استخرهای مورد ارزیابی و انتظار کارایی یکسان آن در کنترل تلفات آب، مقدار تلفات از بستر پوشش شده با این ژئوممبران‌ها یکسان نیست و از ۰/۱ تا ۳۷/۶ لیتر در مترمربع در روز (۳۷۶ برابر) متغیر است. از این‌رو تنها بر اساس مشخصات اسمی ورق ژئوممبران نمی‌توان انتظار داشت در زمان کاربرد در پروژه نیز همان عملکرد را داشته باشد. از مسائل طراحی دخیل در تلفات نشت می‌توان به کم‌توجهی به شیب مناسب کف استخر برای تخلیه و شست‌وشوی خودکار رسوبات اشاره کرد که نیاز به لایروبی با کمک نیروی انسانی و ابزارهای مکانیکی را ناگزیر می‌سازد؛ نتیجه این کار، ایجاد ترک خوردگی تدریجی و پارگی ورق و افزایش تلفات نشت است. مسائل اجرایی دخیل در افزایش تلفات استخرهای پوشش داده شده با ژئوممبران شامل: دیواره غیرخطی در سطوح شیبدار و در نتیجه خالی بودن زیر ورق، نشست بستر در اثر نامناسب بودن تراکم آن، سوراخ‌شدگی ورق ژئوممبران ناشی از وجود سنگ و اشیای نوک‌تیز در زیر پوشش، ایجاد موج در سطوح شیبدار و آسیب‌دیدگی ژئوممبران از این قسمت، بازشدگی همپوشانی در محل جوش‌های نامناسب، نامناسب بودن اتصال‌ها در گوشه‌ها و

مراجع

- Akkuzu, E., Unal, H. B. and Karatas, B. S. 2007. Determination of water conveyance loss in the Menemen open canal irrigation network. Turk. J. Agric. For. 31, 11-22.
- Alavi, S. 1993. Distribution management of Zayandehrod based on estimation of conveyance efficiency in downstream canals. M. Sc. Thesis. Isfahan Technical University. Isfahan, Iran. (in Persian)

- Anon. 2002. Canal-lining demonstration project year 10 final report. USBR. R-02-03.
- Anon. 2003. Irrigation water conveyance ditch and canal lining, flexible membrane, conservation practice standard. USDA. 428B.
- Bahramloo, R. 2007. Evaluation of failure factor Causes of concrete lining in irrigation canals (case study in Hamean-Bahar plain). J. Agric. Eng. Res. 8(3): 81-92. (in Persian)
- Bahramloo, R. 2013. Technical and economical assessment of geosynthetic lining of canals and reservoirs (case study in Hamedan). Research Report. No. 43813/63. Agricultural Engineering Research Institute (AERI). (in Persian)
- Bahramloo, R., Movahhedan, M. and Abbasi, N. 2010. Evaluation of Seepage in concrete-lined small irrigation canals in cold climates and its effect on saving water resources (case study of Hamedan province). Iranian J. Irrig. drain. 1(5): 81-91. (in Persian)
- Bahramloo, R., Moosavi-Fazl, S. H. and Abbasi, N. 2016. Reduction of water seepage in ponds of water storage with linings of geomembrane. J. Water Manage. Agric. 3(1): 49-58. (in Persian)
- Bahramloo, R., Movahhedan, M., Akhavan, K., Mamanpoosh, A. R., Salamati, N., Moosavi-Fazl, S. H., Karamati, M. and Riahi, H. 2017. Technical and economical assessment of geosynthetic lining of canals and reservoirs (in provinces of Ardebil, Alborz, Isfahan, Khuzestan, Semnan, Qazvin, Hamedan and Kerman in Iran). Research Report. Agricultural Engineering Research Institute (AERI). No. 51389. (in Persian)
- Fipps, G. 2000. Potential water savings in irrigated agricultural for the Rio Grande planning region. Final Report. Department of Agriculture Engineering. Texas A&M University.
- Ivy, D. and Narejo, D. 2003. Canal lining with HDPE. GFR. 21(5): 1-4.
- Mansorikiya, M. and Shahrokhniya, B. 2007. Physical and chemical quality control tests necessary for the application of geosynthetic insulation in irrigation canals and drainage. The First Conference on Irrigation and Drainage. May 12-14. Ahvaz, Iran. (in Persian)
- Movahhedan, M. and Abbasi, N. 2014. Geosynthetic technical evaluation of economic performance coatings in the canals and water reservoirs Alborz province. Report Research. Agricultural Engineering Research Institute (AERI). (in Persian)
- Movahhedan, M., Mamanpoosh, A. and Abbasi, N. 2011. Assessment of the amount of water leakage from canals and water storage pools with cover, geosynthetic. The 2nd National Seminar Irrigation and Drainage. 23 May. Karaj, Iran. (in Persian)
- Rahimi, H. and Qbadinia, M. 2008. Application of geosynthetics in irrigation and drainage. Technical Report. National Committee of Irrigation and Drainage. (in Persian)
- Rahimi, H., Abbasi N. and Shantia, H. 2011. Application of geomembrane to control piping of sandy soil under concrete canal lining (case study for Moghan irrigation network). J. Irrig. Drain. 60, 330-337.
- Scheirs, J. 2009. A Guide to Polymeric Geomembranes: A Practical Approach. John Wiley. UK.
- Schultz, B. and Wrachien, D. 2002. Irrigation and drainage systems research and development in the 21st century. Irrig. Drain. 51, 311-327.
- Valiant, J. 2000. Canal seepage reduction demonstratio using polyacrylamides in the ditch and water Arkansas river valley of Colorado. USBR.
- Weber, C. T. 2008. Leakage through defects in geomembrane liners under high hydraulic heads. Ph. D. Thesis. The University of Texas.

Effect of Execution and Operation Issues on the Efficiency of Geomembrane lining in Control of Water seepage: A (Case study in Alborz, Isfahan, Khuzestan, Semnan and Hamedan provinces)

R. Bahramloo* , N. Abbasi, A. Ghadami-Firouzabadi, A. R. Maman-Poush, S. H. Mousavi-Fazl and N. Salamati

* Corresponding Author Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Educational and Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran. Email: r.bahramloo@areeo.ac.ir

Received: 4 August 2017, Accepted: 22 October 2016

Geomembranes is a kind of geosynthetics that is used to control water losses in water storage ponds. and conveyance irrigation canals with a a fast growing rate. This lining material, in addition to the ease and speed of execution, can control water seepage losses completely. In this research, the role of execution and operation issues in control of water seepage losses in geomembrane linings was investigated. For this purpose, in 5 provinces of Alborz, Isfahan, Khuzestan, Semnan and Hamedan, 15 cases (ponds) were selected. All of these ponds were lined with HDPE geomembrane sheets with a thickness of 1.5 mm , made in Iran, with a lifetime of 8 years and ponds depth was 3 meters. Total water losses in these ponds were determined in three stages of one crop year. . Based on the results, the amount of water seepage losses from geomembrane lining is between 0.1 to 37.6 and on an average 13.9 liters/m²/day, which is about 125 times lower than the seepage losses in concrete lining. The lowest seepage losses were in Hamadan and Khuzestan provinces with 0.3 and 0.2 liters/m²/day ,respectively, and the highest value belonged to Alborz, Isfahan and Semnan provinces with 23.1, 16.2 And 29.6 liters/m²/day, respectively. Due to the uniformity of the geomembrane sheets and the geometric conditions of the ponds, the difference in the amount of seepage losses was found to be related to the quality of the execution and operation issues of geomembrane lining in the ponds. The most important issues in the ponds with high value of water seepage losses were the lack of attention to the slopes of the bed in design and execution, sediment accumulation and the need for dredging during operation, inadequate bed preparation and compaction, the presence of rocks and sharp objects under the lining, the formation of wave, the cuts due to the absence of under lining in the weld sides and the corners of the pond and human destruction during the lining

Keywords: Execution quality, geomembrane linings, operation, seepage losses, ponding method