

جلوگیری از آلودگی آبخوان شهری با لایه‌های مصنوعی در مدفن پسماندهای شهری

رحمت اله کاردان، دانشجوی دکتری دانشگاه تهران، کارشناس ارشد سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری
سهیل قره، دانشجوی دکتری دانشگاه علم و صنعت، عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور
حمید خزاعی، کارشناس ارشد مهندسی عمران- ژئوتکنیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر
E-mail: Kardan45@Yahoo.com, Ghareh_soheil@yahoo.com

چکیده

آلودگی در حوزه آبخیز شهری از منابع مختلف ترکیبات شیمیایی آلی و غیرآلی از منابع مختلف همچون هوای آلوده، بارش و نشت از آسفالت خیابانها، نشت بنزین و نفت از ایستگاههای سوخت‌گیر، روش‌های نادرست در دفع مواد زائد، سرب خارج شده از اکروز اتومبیلها، دفع نادرست صنایع داخلی و مکان‌های صنعتی و تجاری، آفت‌کش شهری و فاضلاب شهری رو به افزایش است. اثرات ناشی از شهرسازی بر منابع آبهای زیرزمینی یکی از موضوعات مهم زیست‌محیطی و مورد توجه در سال‌های اخیر است. افزایش روزافزون جمعیت و رشد شهرنشینی و به تبع آن گسترش واحدهای صنعتی، باعث افزایش تولید مواد زاید و آلاینده گردیده است. یکی از مهمترین مواد آلاینده که هرروزه میلیون ها تن از آن در سراسر جهان تولید می گردد، مواد زاید جامد شهری (Municipal Solid Waste) است. بازیافت و تبدیل همه زباله‌ها بدلیل هزینه زیاد و محدودیت‌های تکنولوژیکی عملا امکان‌پذیر نیست. بنابراین دفن مواد زاید بعنوان یک راه حل ساده‌تر و کم هزینه‌تر همواره مورد توجه بوده است. یک مدفن بهداشتی (Sanitary Landfill) از لایه‌ها و پوشش‌های متعددی تشکیل شده است. یکی از مهمترین اجزای تشکیل‌دهنده یک مدفن مهندسی- بهداشتی، پوشش‌های کف و جداره مدفن هستند که هدف اصلی از طراحی آنها، به حداقل رساندن نفوذ شیرابه به درون خاک اطراف محل دفن و در نتیجه جلوگیری از آلودگی آبخوان شهری، خاک و بخصوص منابع آب زیرزمینی است. برای دستیابی به این هدف، لایه‌هایی از جنس رس، غشاءهای مصنوعی و یا ترکیب هردوی این‌ها در کف مدفن ساخته می‌شوند. در این مقاله، جزئیات و مواد تشکیل‌دهنده این لایه‌ها به اختصار معرفی گردیده و در ادامه به بررسی عملکرد و مزایا و معایب هر یک از این پوششها پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: آبخیز و آبخوان شهری، مدفن پسماندهای شهری، شیرابه، لایه‌های خاکی و مصنوعی کف و جداره.

مقدمه

مواد زاید و پسماندهای شهری چه خطرناک و چه غیرخطرناک، از جمله مواردی است که می‌تواند هر سه عنصر آب، خاک و هوا را در معرض خطر قرار دهد. تولید انواع گازهای حاصل از تجزیه مواد زاید موجب آلودگی هوا شده و خود مواد زاید و اثرات ناشی از آنها (مانند شیرابه) نیز می‌تواند به آلودگی حوزه آبخیز می‌شود. انتشار آلودگی و تخریب منابع طبیعی و محیط زیست، کاهش سطح بهداشت عمومی و مشکلات اقتصادی - اجتماعی ناشی از دفن بی رویه و غیر بهداشتی پسماندها یکی از مشکلات فراروی مسئولین شهرداری‌ها به شمار می‌رود. در حال حاضر دفن پسماندها عمده‌ترین روش دفع در بسیاری از کشورهای جهان و ایران است. کاربرد این روش، بویژه در اشکال تلبار در مقایسه با دیگر گزینه‌ها، به دلیل ارزان بودن و ساده‌ترین نحوه مدیریتی موجب گردیده است که بدون برنامه‌ریزی - های اصولی، دفع پسماندها اغلب در مکان‌های غیرآماده و کنترل‌نشده صورت گیرد. هر چند، توسعه و افزایش محل - های دفن بهداشتی بسیاری از کشورهای توسعه یافته در سه دهه اخیر نشان دهنده توجه مسئولین شهرداری‌ها می‌باشد اما این روند در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران، در مراحل ابتدایی بوده و نیاز به اعمال قوانین و مقررات ویژه‌ای دارد. یکی از مهمترین عملکردها در این رابطه رعایت استانداردها و معیارهای محل دفن پسماند شهری است که به عنوان یک خلاء هنوز در سیستم‌های اداری کشور دارای جایگاه ویژه‌ای نمی‌باشد. در اکثر نقاط ایران دفن سنتی پسماندها به صورت حفر گودال و پوشش سطحی با خاک و بدون مطالعات لازم جهت انتخاب بهترین محل در حال انجام است که موجب آلودگی و تخریب منابع ملی اعم از زمین‌های زراعی، جنگل‌ها، مزارع، حیوانات، پرندگان و در یک کلام آبخیز شهری گردیده است و خسارات جبران ناپذیری را برای منابع طبیعی به بار آورده است. یکی از مهمترین مسائل در مدیریت مکان دفن پسماند با توجه به مشکلات زیست محیطی ناشی از دفن مواد زاید جامد است که اگر در روش دفن، ضوابط مهندسی و زیست محیطی در نظر گرفته نشود تبدیل به روش غیر بهداشتی تلبار در فضای باز می‌شود. لذا به دلیل اهمیت دفن بهداشتی پسماند نیاز به مطالعات کامل و جداگانه در زمینه های آبخیزداری، هواشناسی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی، زمین‌شناسی و خاک‌شناسی می‌باشد تا فاکتورها و استانداردهای مربوط به هر یک استخراج گردد. بطور مثال در مناطقی از ایران که بارندگی زیاد است و سطح آب زیرزمینی نیز بالا است، آلودگی و بیماری‌های مختلفی از طریق دفن غیرمهندسی زباله بروز می‌کند و بطور قطع، مخارج دفن اصولی زباله کمتر از مخارج درمان بیماری و رفع آلودگی منابع آب و خاک است.

هدف اصلی در ساختار مدفن پسماند شهری، یافتن مکانی است که کمترین آلودگی را به محیط اطراف منتقل می‌نماید. انتخاب محل دفن زباله برای کلانشهرها یکی از مهمترین مسائل موجود در مدیریت شهری در دهه - های کنونی است. افزایش میزان مصرف و به تبع آن، تولید زباله‌های شهری مساله‌ای است که مسئولین حوزه مدیریت شهری را ملزم می‌کند تا علاوه بر اتخاذ راهکارهای مبتنی بر مدیریت دست به انتخاب محل‌های دفن مناسب بزنند. لذا انتخاب نوع مدفن و چگونگی طراحی جنبه‌های مختلف آن از دیدگاه فنی، زیست محیطی و اقتصادی رابطه مستقیمی با نوع محل تعیین شده برای مدفن دارد. ارزیابی اثرات زیست محیطی برای مدفن‌ها به عنوان پیشنهاد سازنده مدفن (که امروزه یکی از پارامترهای کلیدی تصمیم‌گیری شناخته شده و در بسیاری از کشورها الزامی است) از جمله عواملی است که با شناخت محل مدفن قابل انجام است. زمین‌شناسی شهری (Urban Geology) و آبخیزداری شهری (Urban WaterShed) از اهمیت زیادی در توسعه پایدار شهری - منطقه‌ای و بویژه در تهیه طرح‌های جامع و تفصیلی شهرها و مناطق روستایی برخوردار است. از دیدگاه این دو علم، در شهرهایی که بر رسوبات آبرفتی بنا شده -

اند، سفره‌های آبرفتی بطور معمول آلودگی وارده به سفره را تصفیه و کاهش می‌دهند اما در صورتی که حجم آلودگی وارده بیش از ظرفیت تصفیه طبیعی خاک باشد، موجب آلودگی آبخوان شهری، منابع آب و خاک خواهد شد. قدرت تصفیه خاک به نفوذپذیری خاک، دبی فاضلاب ورودی، ضخامت منطقه غیراشباع، شدت آلودگی خواهد داشت. در شهرهایی که فاقد شبکه گردآوری فاضلاب می‌باشند و پساب خانگی مستقیماً به آبرفت وارد می‌شود، به مرور زمان قدرت تصفیه‌کنندگی خاک کاهش یافته و آب آلوده به سفره آب زیرزمینی وارد خواهد شد. افزایش سطح آب و کاهش ضخامت منطقه غیر اشباع از جمله دلایل دیگر گسترش سریع آلودگی می‌باشد. آلودگی با منشأ فاضلاب خانگی سبب افزایش غلظت یون فسفات، کلراید، نیترات، نیتريت و باکتری‌های کلیفورم در آب زیرزمینی خواهد شد. در مناطق شهری کشتارگاه‌ها، قبرستان‌های قدیمی و محل‌های قبلی دپوی زباله از جمله مناطق شدید آلوده می‌باشد. تأثیرات مختلف شهرسازی بر روی منابع آب و آبخیزداری شهری یکی از موضوعات مورد علاقه محققین بوده است. این مسئله بیشتر به خاطر توسعه سریع و وسیع شهرنشینی در آخرین قرن بیستم دوچندان گردیده است. زیرا ایجاد منابع آلاینده جدید و افزایش نیاز آبی بطور فزاینده شده است. در گسترش شهرها باعث ایجاد شرایط جدیدی مانند تبدیل قسمت زیادی از سطح زمین به سطوح نفوذ ناپذیر، تغییر الگوی آبراهه‌ای، برداشت مداوم و بیش از حد از سفره آب زیرزمینی می‌شود. بررسی اثرات شهرسازی بر منابع آب در کشور ایران، با توجه به محدود بودن این منابع و عدم گسترش سیستم فاضلاب، از اهمیت و حساسیت بیشتری برخوردار است. بیش از دوسوم شهرهای کشور بر روی سفره‌های آبرفتی بنا شده‌اند و در حال حاضر در اغلب شهرها دفع فاضلاب توسط چاه‌های جذبی صورت می‌گیرد که این امر منجر به ورود پساب خانگی و صنعتی به سفره آب زیرزمینی و آلودگی آبخوان‌های شهری می‌گردد. در ایران رشد سریع جمعیت در شهرهایی که اغلب بر روی آبخوان‌های آبرفتی آزاد بنا شده‌اند، به سرعت در حال گسترش است. از این رو گسترش شهر بر سطح آب زیرزمینی وضعیت جریان و کیفیت آب در سفره زیرین خود، تأثیر خواهد گذاشت. میزان تأثیرات بستگی به عواملی مانند: شرایط اقتصادی، آب و هوایی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی منطقه دارد. **تامین بهداشت محیط شهری متضمن کنترل آلاینده‌هایی است که از منابع مختلف به محیط زیست انسانی وارد می‌شوند.** مواد زاید شهری به عنوان یکی از منابع مهم آلاینده محسوب می‌شود. فقدان مدیریت صحیح در جمع‌آوری و دفع بهداشتی آن می‌تواند در بروز بحران‌های محیط زیست شهری و انسانی نقش بسزایی داشته باشد. مواد زاید نه تنها از نظر بهداشتی و زیست محیطی مشکل‌زا هستند، بلکه از لحاظ حمل و نقل، جمع‌آوری و دفع هم مسأله‌ساز می‌باشند. اثرات زیست محیطی و بهداشتی مدیریت ناقص مواد زاید جامد فراتر از ضررهای زیبا شناختی است. در گذشته، باور عمومی بر این بود که با دفن زباله، تمامی مسایل و مشکلات مربوط به آن هم از بین خواهد رفت، که البته شاید برای گذشته‌های دور، صحیح به نظر برسد ولی در قرن اخیر و با رشد روز افزون جمعیت و توسعه صنعتی و تغییر الگوهای مصرف، ماهیت مواد مصرفی و به تبع آن حجم مواد زاید به شدت افزایش یافته است که در مقاطعی باعث شیوع بیماری‌های کشنده نظیر وبا و... شده است (پاک، ۱۳۷۹). با توجه به مشکلات پدید آمده در جهان، دیگر دفن به روش سنتی پاسخ مناسبی برای دفع مواد زاید نیست. به همین منظور تلاش‌های بسیاری برای یافتن روش‌های مختلف دفع زباله از جمله بازیافت و سوزاندن صورت گرفت اما این روش‌ها علاوه بر این که احتیاج به سرمایه‌گذاری اولیه بسیار بالا داشتند، از دفع کامل مواد زاید نیز عاجز بودند، به این معنی که خود دارای پسماندهای زایدی بودند که نیاز به دفع از طریق دیگر داشتند. آنچه که برای حل این مشکل مطرح شده، دفن مهندسی - بهداشتی مواد زاید است. یک مدفن بهداشتی (Sanitary Landfill) از لایه‌ها و پوشش‌های متعددی تشکیل شده

است. یکی از مهمترین اجزای تشکیل دهنده یک مدفن مهندسی- بهداشتی، پوشش‌های کف و جداره مدفن هستند که هدف اصلی از طراحی آنها، به حداقل رساندن نفوذ شیرابه به درون منابع آب و خاک اطراف محل دفن و در نتیجه جلوگیری از آلودگی آبخیزی شهری است. برای دستیابی به این هدف، لایه‌هایی از جنس رس، غشاء‌های مصنوعی و یا ترکیب آنها در کف مدفن ساخته می‌شوند که در ادامه بحث به معرفی این پوشش‌ها پرداخته خواهد شد.

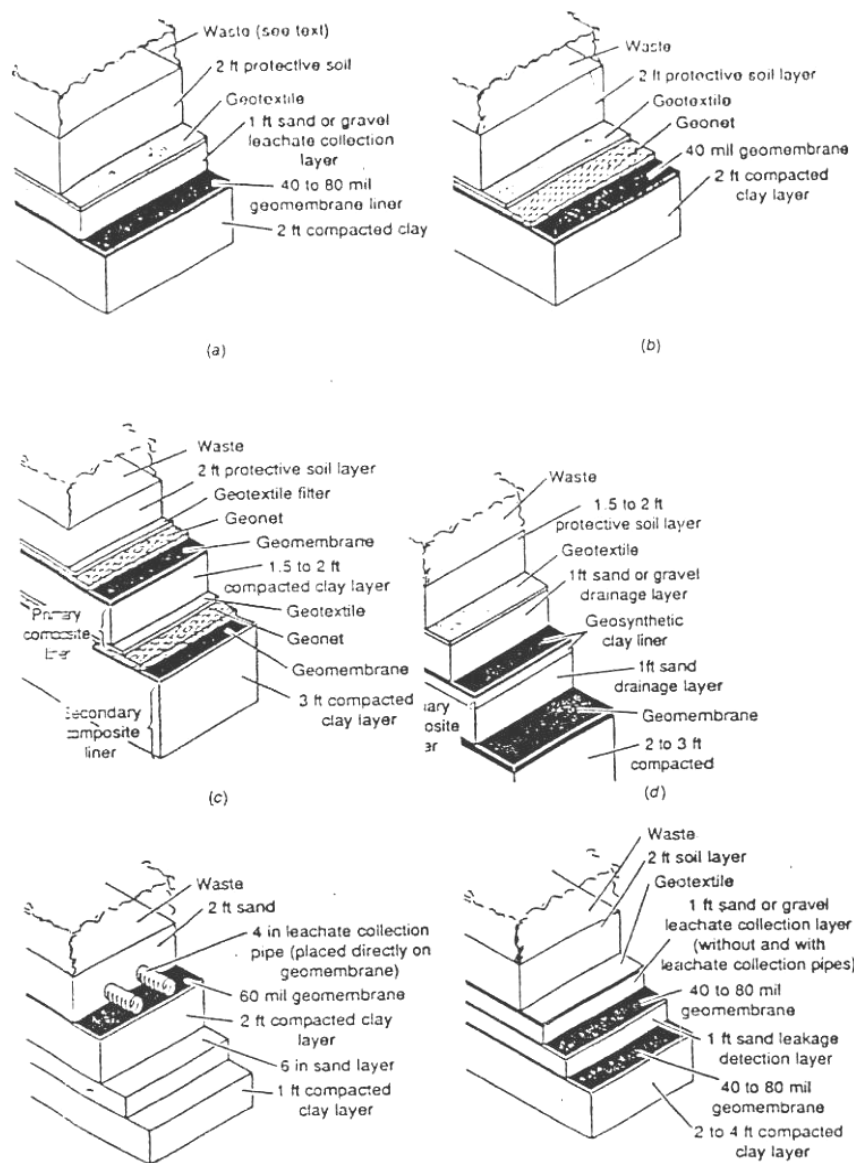
بر اساس تعریف زنجیره آلودگی، وجود هر سه مؤلفه منبع آلودگی، راه انتقال و دریافت کننده به صورت همزمان جهت ایجاد آلودگی ضروری است، مفهوم زنجیره آلودگی این است که در صورت عدم وجود یکی از سه مؤلفه ذکر شده، منبع آلودگی هیچ گونه خطری برای منابع آب و خاک ایجاد نمی‌نماید. بنابراین می‌توان با حذف یکی از این سه مؤلفه زنجیره آلودگی را گسست و در نتیجه خطر محتمل زیست محیطی را از بین برد (DEFRA, 2002). در این مقاله سعی در پیشنهاد راهکاری به منظور حذف مؤلفه راه انتقال جهت کاهش شاخص خطر آلودگی در آبخیز شهری است. مؤلفه راه انتقال، پتانسیل حرکت عمودی و رو به پایین آلاینده در محیط نیمه اشباع تا رسیدن به سطح آب زیرزمینی را با در نظر گرفتن شرایط زمین شناسی، هیدروژئولوژیکی و زیست محیطی موجود ارزیابی می‌نماید، بنابراین با استفاده از این مؤلفه می‌توان حساسیت و استعداد منبع آب زیرزمینی نسبت به آلوده شدن را تعیین نمود (Tait et al., 2004).

پوشش‌های خاک طبیعی

بطور کلی، لایه‌های رسی با نفوذپذیری کمتر از 10^{-7} تا 10^{-8} cm/s می‌توانند بعنوان پوشش کف مدفن مورد استفاده قرار گیرند (USEPA, 1997). بر طبق نتایج تجربی، لایه‌هایی با ضخامت بیش از ۱ متر، که با ۲ تا ۳ درصد رطوبت بیشتر از مقدار بهینه تا ۹۵٪ تراکم پراکتور استاندارد کوبیده شده‌اند، می‌توانند نفوذپذیری مورد نظر را تأمین نمایند. ذرات خاک رس علاوه بر کاهش نفوذپذیری، باعث جذب آلاینده‌های شیرابه شده و در واقع تا حدودی آن را پالایش می‌کنند. علی‌رغم این محاسن، پوشش‌های رسی بعلت ترک خوردگی‌های احتمالی ناشی از تر و خشک شدن متوالی و یخ زدگی، مورد تایید بسیاری از آیین‌نامه‌ها و استانداردها نیستند (خزاعی، ۱۳۸۰).

پوشش‌های مصنوعی کف و جداره

امروزه استفاده از غشاء‌های مصنوعی بعلت سادگی و سرعت در عملیات نصب و سازگاری و مقاومتی که در برابر ترکیبات شیرابه از خود نشان می‌دهند، بسیار رایج شده است. غشاء‌های مصنوعی حداکثر با ضخامت ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر می‌توانند به جای یک لایه ضخیم رسی مورد استفاده قرار گیرند و همان عملکرد و یا حتی بهتر را از خودشان دهند. غشاء‌های مصنوعی، عموماً بافته‌هایی از جنس پلیمرهای مصنوعی هستند که بعنوان لایه‌های نفوذناپذیر (Geomembrane) و همچنین لایه‌های زهکش (Geonet, Geotextile) می‌توانند در مدفن‌ها و یا کاربردهای مشابه مورد استفاده قرار گیرند. ترکیب جدیدی از مصالح رس و غشاء‌های مصنوعی امروزه در بازار عرضه می‌شود که به GCL (Geosynthetic-Clay Liner) موسومند. در شکل ۱ نمونه‌ای از کاربرد ترکیبی مصالح رس و غشاء‌های مصنوعی مشاهده می‌شود (Bagchi, 1994).



شکل ۱- کاربرد ترکیبی لایه های رس-ژئوسینتتیک (Bagchi, 1994)

این لایه‌ها از یک لایه نازک خاک رس که در بین دو ژئوتکستایل قرار گرفته و یا به یک ژئوممبرین چسبانده شده است، ساخته می‌شوند. غشاءهای مصنوعی علی‌رغم تمام برتری‌ها، مشکلاتی نیز دارند که مهمترین آنها، آسیب‌پذیری بسیار زیاد در برابر سوراخ‌شدگی‌های احتمالی است که عملکرد آنها را بطور جدی با مشکل روبرو می‌سازد. گذشته از این مسایل، فساد و خرابی در برابر اشعه ماوراء بنفش و همچنین هزینه‌های مربوط به کاربرد این مواد در مناطق گوناگون، سبب می‌شود که کاربرد این مصالح بویژه در مناطقی که فاقد تکنولوژی‌های ساخت و بهره‌برداری پیشرفته هستند، با دقت بیشتری همراه باشد. در نتیجه انجام یک آنالیز اقتصادی قبل از انتخاب این مصالح یک امر لازم و ضروری به نظر می‌رسد که باید حتماً مورد توجه قرار گیرد. امروزه، غشاءهای مصنوعی با ضخامت‌ها و خواص فیزیکی مختلف به بازار عرضه می‌شوند. بنابراین با مشخص شدن خواص مورد نیاز به هنگام طراحی و اعلام آن به

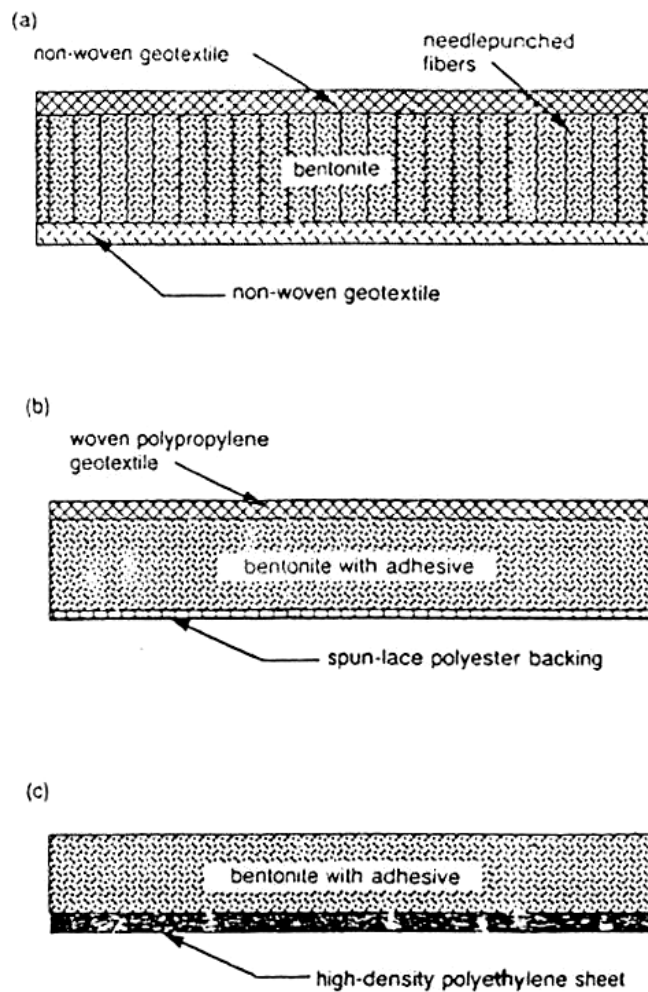
کارخانه تولید کننده، می‌توان به محصول مورد نظر دست یافت. انواع لایه‌های غیرقابل نفوذ ژئوممبرین ممکن است با ترکیب لایه‌های نفوذناپذیر دیگری مانند لایه‌های زیر بکار روند (خزاعی، ۱۳۸۰) که این مواد دارای مقاومت کششی و ضریب اصطکاک خیلی بالایی هستند و در برابر سوراخ شدن نیز مقاومت خوبی از خود نشان می‌دهند:

- (Poly Vinyl Chloride) PVC پلی وینیل کلراید
- (Chlorinated Poly ethylene) CPE پلی اتیلن کلرینه شده
- (High density poly ethylene) HDPE پلی اتیلن با دانسیته بالا
- (Chlorinated Sulfoanated Poly ethylene) CSPE پلی اتیلن کلرینه و سولفونه شده
- (Ethylene Interpolymer Alloy) EIA اتیلن اینترپلیمر
- (Very Low density Poly ethylene) VLDPE پلی اتیلن با دانسیته خیلی کم

سیستم‌های پوشش کف مرکب (رس و غشاءهای مصنوعی)

همانطور که پیشتر گفته شد، پوشش‌های رسی بعلاوه ترک خوردگی‌های احتمالی ناشی از تر و خشک شدن متوالی و یخ‌زدگی، به تنهایی از کارایی لازم برخوردار نیستند. غشاءهای مصنوعی نیز با آنکه نسبت به لایه‌های رسی، اجازه نشت کمتری به شیرابه می‌دهند ولی حفاظت از آنها در مقابل خرابی بسیار مشکل است و در صورت آسیب‌دیدگی و پارگی، عملکرد آنها بشدت تحت تاثیر قرار می‌گیرد و دیگر قادر به انجام وظیفه خویش نخواهند بود. در مدفن‌هایی که در آنها زیاله‌های شهری دفن می‌شود، از آنجایی که امکان وجود همه گونه مواد از جمله اشیاء تیز و برنده وجود دارد، استفاده از لایه‌های رسی می‌تواند گزینه مناسب‌تری باشد همچنین در مناطقی که از تکنولوژی ساخت و بهره‌برداری نسبتاً پایینی برخوردار هستند، استفاده از غشاءهای مصنوعی، به‌تنهایی توصیه نمی‌شوند (Daniel, 1998).

با توجه به آنچه گفته شد، امروزه اکثر آیین‌نامه‌ها استفاده از سیستم‌های پوشش کف مرکب (رس و غشاءهای مصنوعی) را مورد توجه قرار داده‌اند. در این گونه سیستم‌ها، یک لایه رس در زیر و یک لایه غشاء مصنوعی در روی آن اجرا می‌شود. البته برخی لایه‌های محافظ نیز گاهی در بین این دو لایه نصب می‌شود. در این سیستم، در صورت بروز نقص در لایه غشاء مصنوعی، لایه رسی زیرین می‌تواند مانع از نشت شیرابه به لایه‌های خاکی زیرین مدفن شود. نکته‌ای که در انتخاب مصالح مورد نیاز برای قسمت‌های مختلف پوشش کف هیچگاه نباید فراموش شود، مساله سازگاری این مصالح با ترکیبات شیرابه است. به عبارت دیگر، مصالح باید بگونه‌ای انتخاب شوند که تحت تاثیر ترکیبات شیرابه دچار آسیب‌دیدگی و تخریب نشوند و بتوانند ماموریت پیش بینی شده خویش را بخوبی به انجام برسانند. یک پوشش مرکب ابتدایی، مشکلات عمده ناشی از نقص‌های احتمالی پوشش‌های تک لایه را بر طرف می‌سازد. الگوی نفوذپذیری در سه حالت لایه ژئوممبرین، لایه خاک بصورت تنها، و لایه مرکب در شکل ۲ نشان داده شده است (Daniel, 1998).



شکل ۲- انواع پوشش های کف مرکب (Daniel, 1998)

اگر یک سوراخ در پوشش ژئوممبرین وجود داشته باشد، با فرض آن که خاک بستر مانع حرکت شیرابه نشود، شیرابه براحتی از سوراخ عبور می کند. در یک پوشش خاکی تنها نیز تراوش در محدوده سطح پوششی صورت می گیرد ولی در پوشش مرکب، شیرابه که براحتی از یک ناحیه سوراخ شدگی ژئوممبرین عبور می کند، با لایه خاک با نفوذپذیری کم برخورد می کند که این نفوذپذیری کم، مانع از عبور بیشتر شیرابه می شود. بنابراین میزان تراوش از یک حفره درون ژئوممبرین، بوسیله قرار دادن یک لایه با نفوذپذیری کم به حداقل می رسد.

بطور مشابه، تراوش از یک لایه خاکی در تماس با لایه ژئوممبرین کاهش می یابد زیرا سطح مؤثر جریان در لایه خاکی را کاهش می دهد. نکته حائز اهمیت در بهبود کیفیت پوشش مرکب، کنترل ناحیه تماس است. زیرا ژئوممبرین باید با یک تماس هیدرولیکی مناسب در برابر لایه خاکی قرار گیرد و بدین منظور، بین لایه خاک و ژئوممبرین بطور عادی نباید موادی با نفوذپذیری بالا واقع شود. مانند کاربرد یک لایه ماسه یا ژئوتکستایل، زیرا باعث یکنواختی تراوش در سطح تماس، کاهش طول تراوش و در نتیجه افزایش نرخ تراوش می گردد. اگر در سطح تماس، سنگهایی با شکل و اندازه ای که ممکن است باعث سوراخ شدگی ژئوممبرین شود، وجود دارند. که باید آن ها را با

مصالح مناسب انتخابی جایگزین نمود، بطوری که ناحیه تماس سطح لایه خاک متراکم شده، باید صاف و غلتک خورده با غلتک چرخ فولادی باشد. برای بدست آوردن نرخ تراوش از لایه مرکب ژئوممبرین - خاک از روابطی که توسط Giround و Bonapart (1989) منتشر شد، استفاده می‌شود. مثال‌هایی از این روابط در جدول ۱ آورده شده است. مقادیر جدول، بر مبنای فرض ارتفاع $h=30\text{cm}$ از شیرابه بوده است که نتایج نشان می‌دهد که مقادیر برآورد شده از لایه مرکب، ۱۰۰ برابر دبی کمتری از لایه خاک تنها یا ژئوممبرین به تنهایی دارد (Daniel, 1998) و در جدول (۲) معایب و محاسن لاینرهای رس مصنوعی و رس طبیعی کوبیده شده مقایسه گردیده است.

جدول ۱- روابط تجربی برای بدست آوردن نرخ تراوش از لایه های مرکب ژئوممبرین - خاک (Daniel, 1998)

دبی (lit/day) در هکتار			نوع پوشش
بهترین حالت	حالت متوسط	بدترین حالت	
2500 2	25000 20	75000 60	لایه ژئوممبرین سوراخ در هکتار
115 1E-8	1150 1E-7	11500 1E-6	لایه رس متراکم K (cm/s)
0.8 2 1E-8	47 20 1E-7	770 60 1E-6	لایه مرکب سوراخ در هکتار K (cm/s)
ضعیف	ضعیف	ضعیف	وضعیت تماس

جدول ۲- مقایسه معایب و محاسن لاینرهای رس مصنوعی و رس طبیعی کوبیده شده (خزاعی، ۱۳۸۰)

لاینرهای رسی مصنوعی (GCL)	لاینرهای رس طبیعی کوبیده شده (CCL)
نازک (کمتر از ۱۰ مینی متر) قابل تولید در کارخانه : اطلاعات موجود است اجرای آسان و سریع تجهیزات سبک و غیر مشکل ساز بکار می رود آزمایش های کمتری در محل لازم است حجم کار کم است مقاومت کششی مناسب دارد معمولاً خطر ترک خوردگی وجود ندارد خواص نفوذپذیری بستگی به نحوه اجرا ندارد هزینه کلی در اکثر موارد کم است	ضخیم (۱/۵ - ۰/۶ متر) فقط قابل ساخت در محل: اطلاعات در دست نیست اجرای مشکل و کند تجهیزات سنگین و مشکل ساز به کار می رود آزمایش های زیادی در محل لازم است حجم کار زیاد است مقاومت کششی ناچیز خطر خشک شدگی و ترک وجود دارد نفوذپذیری به شدت به نحوه ساخت حساس است هزینه کلی در اکثر موارد بالا است
احتمال خرابی در اثر سوراخ شدگی ظرفیت ترقیق و خودپالایی شیرابه، کم است	خطر سوراخ شدگی ندارد ظرفیت ترقیق و خودپالایی شیرابه، زیاد است

نتیجه گیری

با توجه به رشد و توسعه سریع صنعت و جمعیت در شهرها و افزایش میزان تولید مواد زاید، مدیریت پسماندهای شهری و دفع آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا کمترین آلودگی زیست محیطی و آبخیز شهری را ایجاد نماید. با توجه به مشکلات زیست محیطی پسماندهای شهری و شیرابه آن، توجه به دفن صحیح زباله در کشور گام نخست حل این معضل گردیده است. با توجه به محل جغرافیائی مدفن مدنظر، باید ساختار مدفن با رعایت استانداردهای فنی و مهندسی طراحی و اجراء گردد. این اقدام اگر چه موجب افزایش هزینه‌های دفن می‌شود لیکن در مراحل بعدی با کاهش آلودگی منابع آب و خاک، باعث کنترل بیماری‌ها ناشی از آن خواهد شد و ممنوع ساختن دفن غیرمهندسی زباله بطور مرحله‌ای و تا جایگزینی فن‌آوری دفن صحیح زباله در کشور پیگیری گردد. چرخه تاثیر متقابل قانون و فن‌آوری باید همواره در حفاظت از آبخیز شهری مورد توجه قرار گیرد. در این مقاله سعی در پیشنهاد راهکاری به منظور حذف مولفه راه انتقال آلودگی جهت کاهش شاخص خطر آلودگی در آبخیز شهری است که با مقایسه پوشش‌های طبیعی و مصنوعی با استفاده از فن‌آوری پلیمرهای مصنوعی بعنوان لایه‌های نفوذناپذیر و لایه‌های زهکش به کاهش انتقال شیرابه پسماندها به آبخوان شهری منجر خواهد شد.

منابع

- پاک، علی، ۱۳۷۹، "مبانی دفن مهندسی - بهداشتی زباله"، مجموعه مقالات دفن مهندسی - بهداشتی مواد زاید جامد شهری، جهاد دانشگاهی دانشکده فنی دانشگاه تهران.
- خزاعی، حمید، ۱۳۸۰، مطالعه آزمایشگاهی و عددی نفوذپذیری پوشش نهایی مدفن زباله های شهری، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیر کبیر.
- Bagchi, A.1994, Design Construction & Monitoring Of Sanitary Landfills, JohnWiley&Sons,Inc.
- Cronin, A.A., Taylor, R.G., Powell, K.L., Barrett, M.H., Trowsdale, S. A., and Lerner, D.N. (2003). Temporal variations in the depth-specific hydrochemistry and sewage-related microbiology of an urban sandstone aquifer, Nottingham, United Kingdom. Hydrogeology Journal, 11, 205-216.
- Daniel D.E.1998, "Geotechnical Practice for Waste Disposal", Chapman & Hall.
- DEFRA-Department for Environmental, Food and Rural Affairs, November 2002, (Groundwater Protection Code: Petrol stations and other fuel dispensing facilities involving underground storage tanks), Defra's Publications
- Lee, G.F., Jones, R.A., 1991. Landfills and ground – water quality. Ground water 29.
- Tait, N.G., Lerner, D.N., Smith, J.W.N., Leharne, S.A., 2004," Prioritisation of abstraction boreholes at risk from chlorinated solvent contamination on the UK Permo-Triassic Sandstone aquifer using a GIS", The Science of the Total Environment, Vol. 319, pp. 77-98.
- Tchobanoglus, G.H., H.Theinsen, and S. Vigil, 1993,Integrated Solid Waste Management, Mc, Graw-Hill Book Co., New York
- USEPA, 1997, "Requirements for Waste Landfill Design, Construction and Closure",Seminar Publication.