

تعمیر و نگهداری خطوط ریلی در مناطق ماسه گیر (مطالعه موردی: اداره کل راه آهن شرق)

سید رحیم مرجانی^۱

اداره کل راه آهن شرق

قاسم وفایی نوقابی*^۲

دانشگاه علم و صنعت ایران

عباس عباسی^۳

اداره کل راه آهن شرق

سید جواد گنج بخش مزار^۴

اداره کل راه آهن شرق

چکیده

بخش قابل توجهی از خطوط ریلی ایران از مناطق ماسه گیر عبور می کند. در سال های اخیر با بروز خشک سالی این مناطق گسترش بیشتری یافته اند به طور مثال نزدیک به ۱۰۰ کیلومتر از خطوط ریلی در اداره کل راه آهن شرق با مشکل شن های روان مواجه است. تعمیر و نگهداری خط و سازه های فنی در این مناطق نیاز به تمهیدات و روش های ویژه و صرف هزینه های زیاد جهت حفظ ایمنی و کنترل و کاهش اثرات زیان بار این بر خط دارد. در این مقاله ابتدا مناطق ماسه گیر در ناحیه اداره کل راه آهن شرق مورد بررسی قرار گرفته و مشکلات و صدمات وارده بر خط در اثر شن های روان و هزینه های مازاد تحمیل شده جهت تعمیر و نگهداری تحلیل شده است؛ سپس روش های بکار گرفته جهت تثبیت شن های روان در مناطق مختلف این اداره کل ارزیابی شده است و در انتها راهکارهای پیشنهادی جهت کاهش اثرات منفی شن های روان و الزامات تعمیر و نگهداری در مناطق ماسه گیر بر اساس تجربیات سایر مناطق کشور و سایر کشورها بیان شده است.

واژه های کلیدی: نگهداری و تعمیرات، خط و سازه های فنی، مناطق ماسه گیر، تثبیت شن های روان، اداره کل راه آهن شرق.

۱- مقدمه

عبور خطوط ریلی از مناطق ماسه گیر در بسیاری از موارد اجتناب ناپذیر است. این مسئله خاص کشور ایران نبوده و بسیاری از نقاط مختلف دنیا مانند کشورهای چین، آمریکا، امارات متحده عربی و تونس با آن درگیر هستند. وجود طوفان ها و شن های روان در این مناطق باعث بروز مشکلات متعددی در حوزه های مختلف خط، علائم الکتریکی و سیر و حرکت می گردد که عمده آن ها مربوط به خط است. از این دسته می توان به مواردی مانند زوال سریع ادوات و مصالح روسازی خط و مسدودی خط به دلیل انباشت زیاد ماسه روی خط اشاره کرد. تحقیقات زیادی در زمینه حل این مشکلات توسط محققان داخلی و بین المللی انجام شده و راهکارهای مختلفی ارائه شده است. در این مقاله ابتدا مناطق مختلف ماسه گیر در اداره کل راه شرق مورد مطالعه قرار گرفته و معرفی می شوند. در ادامه هزینه ها و معضلاتی که در تعمیر و نگهداری خطوط در مناطق ماسه گیر ایجاد شده بیان شده و تحلیل شده اند. سپس فعالیت های صورت گرفته در این مناطق جهت کنترل شن های روان یا کاهش اثرات سوء آن بر خط مورد بررسی قرار گرفته و تجربه های به دست آمده بیان شده اند. در

¹ r_marjani@iust.ac.ir

² qvafaie@vu.iust.ac.ir

³ abbas.abbasi658@gmail.com

⁴ ganjbakhsh.rw@gmail.com

انتها سایر راهکارهای پیشنهادی و بکار رفته توسط محققین مختلف یا راه آهن های سایر کشورها معرفی شده اند و با بررسی آن ها روش های پیشنهادی جهت کاهش صدمات شن های روان در اداره کل راه آهن شرق ارائه شده است.

۲- بررسی مناطق ماسه گیر در اداره کل راه آهن شرق

اداره کل راه آهن شرق با وسعت ۱۰۰۰ کیلومتر خطوط اصلی و فرعی و تعداد ۴۰ ایستگاه در تاریخ ۸۴/۲/۱۳ باهدف کاهش ۱۰۰۰ کیلومتر مسیر ترانزیت ریلی کشورهای آسیای میانه به بندرعباس احداث شده است و در سه استان خراسان رضوی، خراسان جنوبی و یزد واقع شده و مرکز این اداره کل ایستگاه راه آهن طبس در استان خراسان جنوبی است و حوزه استحفاظی این محور طلایی از ایستگاه «بیشه در» در نزدیکی شهر بافق در استان یزد شروع و در ایستگاه «کاشمر» در استان خراسان رضوی ختم می شود. این مسیر از نظر کاهش زمان سیر قطارها، کاهش مصرف سوخت، استفاده بهینه از نیروی انسانی، کاهش ترافیک جاده ای، کاهش تصادفات جاده ای، کاهش آلودگی محیط زیست و کاهش استهلاک خودروهای سنگین و جاده ها و سایر هزینه ها بسیار مقرون به صرفه بوده و نقش مؤثری در اقتصاد کشور دارد (اداره کل راه آهن شرق). در ابتدای احداث مسیر اداره کل راه آهن شرق که به محور بافق - مشهد شناخته می شود، بخش های بسیار اندکی درگیر مشکلات شن های روان بود؛ اما در سال های اخیر به دلیل خشک سالی مناطق ماسه گیر توسعه یافته اند و باعث بروز مشکلات زیادی شده است. در جدول زیر لیست مناطق ماسه گیر بیان شده است. همان طور که در **Error! Reference source not found.** و جدول مشاهده می شود در مجموع نزدیک به ۱۰۰ کیلومتر از خطوط این ناحیه با مشکل ماسه های روان روبرو بوده و این مناطق در بخش های مختلف مسیر به صورت مقطعی گسترده و در یک بخش خاص متمرکز نیستند. البته شدت مشکلات در مناطق مختلف متفاوت است و بیشترین مقدار آن در حفاصل ایستگاه های منتظر قائم تا تل حمید و تل حمید تا رباط پشت بادام در عبور مسیر از کویر طبس مشاهده می شود. میزان انباشت ماسه در اطراف خط در فصول مختلف سال متفاوت است و در فصل تابستان با توجه به خشکی منطقه و وجود طوفان های موسمی با افزایش روبرو می شود.

جدول (۱). مناطق ماسه گیر اداره کل راه آهن شرق (اداره کل راه آهن شرق)

ردیف	بلاک	کیلومتر شروع	کیلومتر پایان	ردیف	بلاک	کیلومتر شروع	کیلومتر پایان
۱	بیشه در - مبارکه	۱۲	۱۴	۸	نمکزار - کال زرد	۳۳۱	۳۳۲
۲	جندق - رمل	۱۳۴	۱۴۰	۹	بشروی - جزین	۴۵۶	۴۵۸
۳	رمل - خنج	۱۵۶	۱۶۵	۱۰	بجستان - یونسی	۵۷۰	۵۷۲
۴	خنج - رباط پشت بادام	۱۷۱	۱۹۱	۱۱	یونسی - کال شور	۵۸۰	۵۸۵
۵	رباط پشت بادام - تل حمید	۱۹۱	۲۱۰	۱۲	یونسی - کال شور	۵۹۰	۵۹۵
۶	تل حمید - منتظر قائم	۲۱۰	۲۲۴	۱۳	کال شور - نصرآباد	۶۰۰	۶۰۴
۷	ریزو - عباس آباد	۲۳۸	۲۴۰				

جدول (۲). ترانسه های ماسه گیر اداره کل راه آهن شرق (اداره کل راه آهن شرق)

ردیف	بلاک	کیلومتر شروع	کیلومتر پایان
۱	تل حمید - منتظر قائم	۲۱۷+۳۰۰	۲۱۸+۱۰۰
۲	تل حمید - منتظر قائم	۲۱۶+۴۰۰	۲۱۷
۳	تل حمید - منتظر قائم	۲۱۳+۱۰۰	۲۱۴+۵۰۰
۴	تل حمید - منتظر قائم	۲۱۹+۱۵۰	۲۱۹+۵۰۰

۵	تل حمید - منتظر قائم	۲۲۰+۳۰۰	۲۲۰+۸۰۰
۶	تل حمید - منتظر قائم	۲۲۳+۵۰۰	۲۲۴+۲۰۰

۳- مشکلات و هزینه‌های مازاد تعمیر و نگهداری خطوط در مناطق ماسه گیر

هزینه‌های مازاد تعمیر و نگهداری خطوط در مناطق ماسه گیر را می‌توان در بخش‌های مختلف به‌صورت زیر بیان کرد. هزینه‌های مربوط به قابل سیر نگه‌داشتن خطوط بدین معنا که خطوط ریلی و ایستگاه‌ها در شرایط مطلوب جهت سیر ایمن قطارها نگه‌داشته شوند. بدین منظور نیروهای مازاد و تجهیزات موردنیاز در مناطق ماسه گیر مستقر شده و با ماسه روبی مداوم خطوط در بلاک‌ها و ایستگاه‌ها و نظافت سوزن‌ها امکان سیر ایمن قطارها را فراهم می‌کنند. با توجه به تجربه‌های به‌دست‌آمده در اداره کل راه شرق در مناطق با ماسه گیری شدید مانند حدفاصل ایستگاه منتظر قائم تا ایستگاه رباط پشت بادام به ازای هر کیلومتر ۳ نفر نیرو به‌صورت کشیکی باید در محل مستقر باشند، همچنین برای نظافت خطوط ایستگاهی و سوزن‌ها نیاز به ۶ نفر نیرو به‌صورت کشیک و دو عدد جاروی صنعتی بزرگ است. در مناطقی که حجم ماسه شدید نبوده و انباشت ماسه روی خط به‌صورت دائمی نیست. باید با توجه به شرایط آب و هوایی نیروی موردنیاز پیش‌بینی شود. قسمت دیگر هزینه‌ها و معضلات خطی در مناطق ماسه گیر مربوط به زوال و خرابی روسازی و زیرسازی خطوط ریلی در مدت‌زمانی بسیار کوتاه‌تر از حد استاندارد است. از عوامل به وجود آورنده این مسئله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

صلبیت خط: در مناطق ماسه گیر بانفوذ ماسه در داخل بالاست حالت ارتجاعی آن را از بین می‌برد و کل روسازی خط به‌صورت یک مجموعه کامل صلب تبدیل می‌شود. این مسئله باعث می‌شود نیروهای دینامیکی و ضربه‌ای ناشی از عبور قطار به‌شدت افزایش یافته و باعث خرابی زودرس و شکسته شدن ادوات روسازی شامل ریل، مجموعه پابند و تراورس و آسیب دیدن ابنیه فنی مانند پل‌ها می‌شود. علاوه بر این ارتعاشات زیاد ناشی از نیروهای دینامیکی باعث شل شدن اتصالات روسازی در دوره‌های کوتاه‌مدت شده و باید پیچ بندی در بازه‌های بسیار کوتاه انجام شود.

از بین رفتن زهکشی روسازی خط و مسدودی آبروها: نفوذ ماسه در بالاست علاوه بر صلب شدن، زهکشی آن را نیز از بین می‌برد. در نتیجه در مواقع بارندگی آب و رطوبت داخل خط و بالاست برای مدت طولانی باقیمانده و خشک شدن آن به زمان زیادی نیاز دارد. این مسئله باعث خوردگی و زنگ‌زدگی ادوات روسازی شامل ریل و مجموعه پابند می‌شود. در بعضی از موارد جنس خاص ماسه باعث شدت یافتن این خوردگی می‌گردد. همچنین وجود رطوبت عامل مهمی در شکسته شدن و خرابی زودرس تراورس‌ها است. علاوه بر روسازی، انباشت ماسه در اطراف خط و مسیر آبرو و پل‌ها مانع حرکت آب و دور شدن از خط می‌شود. در نتیجه آب و رطوبت به‌تدریج در زیرسازی نفوذ کرده و پایداری خط دچار مشکل می‌گردد. این مورد در ترانше‌ها بیشتر قابل مشاهده است. در ادامه تصاویری از مناطق مختلف ماسه گیر معضلات مربوط را به‌خوبی نمایش داده است.



شکل (۱). خوردگی ریل و دوات روسازی، شکستگی تراورس، نفوذ ماسه داخل بالاست



شکل ۱: خوردگی ریل و دوات روسازی، شکستگی تراورس، نفوذ ماسه داخل بالاست



شکل ۲: خوردگی ریل و دوات روسازی، شکستگی تراورس، نفوذ ماسه داخل بالاست



شکل (۴). خوردگی ریل و دوات روسازی، شکستگی تراورس، نفوذ ماسه داخل بالاست

با توجه به موارد فوق در مناطق ماسه گیر دوره‌های زمانی بازسازی و بهسازی خط به شدت کاهش می‌یابد. در مناطق ماسه گیر با توجه به شدت انباشت ماسه‌های روان بهسازی خط باید در دوره ۵ تا ۱۰ ساله تکرار شود. در غیر این صورت به دلیل خرابی شدید باید خط به کامل بازسازی گردد. این مسئله هزینه‌های تعمیر و نگهداری را به شدت افزایش می‌دهد. یکی دیگر از عوامل هزینه در مناطق ماسه مستعد بودن این مناطق جهت بروز سوانح ریلی است. انباشت ماسه روی خط به خصوص در سوزن‌های ورودی و خروجی ایستگاه‌ها و کاهش دید لوکوموتیوران در مواقع طوفانی احتمال بروز سوانح ریلی را افزایش می‌دهد. با جمع‌بندی موارد فوق هزینه‌های تعمیر و نگهداری در مناطق مختلف ماسه گیر به صورت میانگین بیش از دو برابر مسیرهای عادی است. این مسئله در قراردادهای تعمیر و نگهداری خطوط ریلی و محاسبه طول معادل لحاظ نشده است که باعث بروز مشکلاتی شده است.

۴- روش‌های بکار رفته در کنترل شن‌های روان

روش‌های بکار رفته مختلفی در کنترل شن‌های روان در ناحیه شرق بکار گرفته شده است. در ادامه راهکار بکار رفته معرفی و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۴-۱- حفر کانال

در اطراف ترانشه‌ها در بلاک تل حمید - منتظر قائم به صورت موازی با خط ریلی کانال‌هایی حفر شده‌اند. این کانال‌ها باعث شده ماسه‌ها در حال حرکت قبل از ورود به خط وارد این کانال‌ها شده و از حجم انباشت ماسه به طور فراوانی کاسته می‌شود. این کانال‌ها باید به صورت دوره‌ای تخلیه شوند که به مراتب از ماسه روبی خط کم‌هزینه‌تر است.



شکل ۳: کانال‌های حفر شده احداث خاکریز

در بعضی از مناطق موازی با خط خاکریزهایی احداث شده است. این خاکریزها از سرعت حرکت ماسه کاسته و باعث می‌شود انباشت ماسه روی خط کاهش پیدا کند. ماسه بیشتر پشت خاکریز انباشت می‌گردد. این روش در مناطقی که ارتفاع خاکریز خط کمتر از خاکریز ایجاد شده است بسیار مؤثر بوده است.



شکل (۶). خاکریزهای احداث شده

۴-۲-مالچ پاشی

یکی از روش‌های تثبیت شن‌های روان مالچ پاشی زمین‌های اطراف خطوط و محل‌های حرکت شن‌های روان است.



شکل ۴: مالچ پاشی

۴-۳-۱ ایجاد دیوار حائل

به وسیله تراورس های چوبی فرسوده دیوارهایی موازی با خطوط و عمود بر جهت باد غالب ساخته شده است. این دیوارها از حرکت ماسه به سمت خط جلوگیری می کنند؛ اما در صورت عدم تخلیه به موقع ماسه های انباشت شده در اطراف دیوار این ماسه ها منبع شن های روان شده و باعث افزایش مشکل می گردند.



شکل (۸). احداث دیوار حائل

۴-۴-۲ تخلیه بالاست بین تراورس ها

در بعضی از مناطق به صورت مقطعی بالاست های بین تراورس ها تخلیه می شوند. با این روش مسیر برای عبور ماسه ایجاد شده و از انباشت ماسه روی خط و تجمع آب در مواقع بارندگی جلوگیری می شود. البته با توجه به اینکه این عمل باعث کاهش پایداری خط می شود باید در این محل تقلیل سرعت اعمال شود.



شکل (۹). تخلیه بالاست بین تراورس ها

۴-۵- نهال کاری

به صورت آزمایشی در ایستگاه تل حمید در اطراف سوزن ها نهال کاری انجام شده است. به کارگیری این روش در طولانی مدت مؤثر است. ولی در صورت سرمایه گذاری در این روش در کشورهای مختلف جوابگو بوده است. مشکل اصلی این روش آبیاری درختان با توجه کمبود آب و مسیر طولانی دسترسی به ایستگاه ها است.



شکل ۵: نهال کاری

۵- راهکارهای پیشنهادی جهت کاهش صدمات شن های روان

محققان و راه آهن های مختلف دنیا روش مختلفی جهت کاهش صدمات شن های روان پیشنهاد داده و بکار گرفته اند. در این قسمت این روش ها معرفی و بررسی شده اند.

۵-۱- دال خط کوهان دار

ذاکری و همکاران (۱۳۸۹) این نوع دال خط را برای مناطق ماسه گیر پیشنهاد کرده اند و کارایی آن در به صورت آزمایشی در مناطقی از خطوط ریلی مورد ارزیابی قرار داده اند. همان طور که تصویر قابل مشاهده است با توجه فاصله ایجاد شده در زیر ریل امکان عبور ماسه ایجاد شده و از انباشت ماسه جلوگیری می شود. این روش هنوز به طور گسترده در خطوط ریلی مورد استفاده قرار نگرفته و تحلیل کارایی و مقاومت آن نیاز به بررسی بیشتر دارد.



شکل ۶: دال خط کوهان دار

۵-۲- احداث فنس های حفاظتی

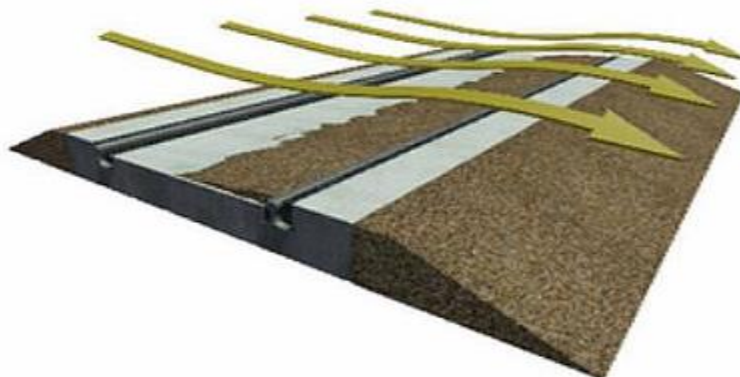
فنس های حفاظتی مختلفی توسط تولیدکنندگان مختلف در کشورهای گوناگون جهت کاهش ورود ماسه به خط معرفی شده و مورد استفاده قرار گرفته است. تجربه به کارگیری از این نوع فنس ها در کشور وجود ندارد. این فنس ها با کاهش سرعت باد از انباشت ماسه روی خط جلوگیری کرده و ماسه در اطراف فنس انباشت می شود که باید در دوره های مشخص این ماسه از کنار خط به محل دورتری منتقل شوند.



شکل (۱۲). فنس های حفاظتی برای جلوگیری از ورود ماسه

۵-۳- خطوط ریلی مدفون

به کارگیری از خطوط ریلی مدفون جهت احداث خطوط جدید در مناطق ماسه گیر می تواند به عنوان یک گزینه مورد بررسی قرار گیرد. سطح مقطع خط در این روش به گونه ای است که مقاومت کمی در برابر جریان باد ایجاد کرده و در نتیجه عدم کاهش سرعت باد ماسه ای بر روی خط انباشت نمی شود. این حالت در جاده ای آسفالتی قابل مشاهده بوده که ماسه به راحتی از روی جاده عبور می کند. البته در بکار این روش باید از عدم انباشت ماسه در حفاصل بین ریل و دال بتنی اطمینان حاصل کرد.



شکل (۱۳). خط ریلی مدفون با سطح مقطع هموار

۵-۴-۱-۴-۵ احداث گالری

در مسیرهای مستقیم و طولانی احداث گالری بسیار هزینه بر بوده و تعمیر و نگهداری خط و جمع آوری سوانح را مشکلات زیادی همراه می کند؛ اما ساخت گالری در محل ترانشه ها می تواند به عنوان یک گزینه مؤثر مورد بررسی قرار گیرد. در محل ترانشه عمل ماسه روبی و تخلیه ماسه از داخل ماسه با مشکلات زیادی همراه است و از سوی دیگر به دلیل حرکت گردبادی هوا داخل ترانشه انباشت ماسه بیشتر نسبت به خطوط عادی است. در ساخت گالری در این مناطق باید به این نکته توجه داشت که دهانه های گالری به گونه ای طراحی شوند که از ورود ماسه به داخل گالری تا حد امکان جلوگیری شود. زیر تخلیه ماسه داخل گالری بسیار مشکل است. نوع گالری با در نظر گرفتن عوامل مختلف و بررسی تمامی جوانب باید انتخاب شود.

۵-۵-۵-۵ خطوط مرتفع T-Track

در بخشی از خطوط ریلی کشور عربستان از خطوط مرتفع T-Track استفاده شده است (تنگستروم^۵، ۲۰۱۳). ساخت این خطوط نسبت به خطوط عادی هزینه برتر است، اما با توجه به حذف بالاست در این خطوط سرعت ساخت مسیر افزایش و هزینه های تعمیر و نگهداری خط به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. در مناطق ماسه گیر شن های روان در بین خطوط انباشت شده که باید به صورت دوره ای تخلیه شود.



شکل ۷: خطوط مرتفع T-Track در بیابان های عربستان

۵-۶-۵-۶-۵ برس جهت دهنده مسیر باد

یکی از جدیدترین و ساده ترین روش ها برای جلوگیری از انباشت برف و ماسه بر روی سوزن و مسیر مستقیم برس جهت دهنده مسیر باد است (تنگستروم^۵، ۲۰۱۳). این برس ها به صورت پیوسته و موازی با خط در فاصله کمی از کنار به تراورس متصل می شوند. جنس، ارتفاع و زاویه قرارگیری آن به گونه ای طراحی شده اند که باعث تغییر جهت آرام مسیر باد از روی ریل بشود. در نتیجه از تغییر ناگهانی سرعت باد و ریزش و انباشت ماسه داخل خط جلوگیری می شود. علاوه بر این به دلیل کاهش فشار روی سطح خط ماسه انباشت شده را نیز حرکت می دهد. این برس ها در مناطق مختلف دنیا بکار گرفته شده اند و کارایی مناسب آن در جلوگیری از ورود ماسه و کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری خط به اثبات رسیده است.

⁵ Tengstrom



شکل ۸: چیدمان و کارایی برس جهت دهنده مسیر باد



شکل (۱۶). چیدمان و کارایی برس جهت دهنده مسیر باد

۶- روش‌های تثبیت بوم زیستی (بیولوژیکی) ماسه

یکی از روش‌های کنترل فرسایش بادی، حفظ و ایجاد پوشش نباتی درروی سطح خاک است.

در این روش گیاهان سازگار با آب‌وهوای منطقه را مستقیماً و بدون کاربرد مالچ یا احداث دیواره بادشکن روی تپه‌های شنی کشت می‌نمایند. پس از چند سال با تکرار عملیات کشت تپه‌های شنی تدریجاً تثبیت‌شده و جامعه گیاهی مناسبی روی تپه‌های شنی ایجاد می‌گردد. این روش را می‌تواند برای تپه‌هایی مورد استفاده قرارداد که زیاد فعال نبوده و ارتفاع آن‌ها از ۲ تا ۳ متر تجاوز ننماید. شرط اصلی موفقیت این روش، انتخاب نبات مقاوم به محیط است که غالباً نباتات کویری گیاهان مقاوم بوده و خیلی زود با محیط سازگار می‌شوند. کاشت گونه‌هایی

که در شرایط اقلیمی سخت مناطق مقاوم بوده و در محیط‌های شور به‌خوبی رشد کند علاوه بر اینکه از شوری خاک می‌کاهد، باعث ایجاد محیطی مناسب جهت رشد گیاهان دیگر می‌گردد. از جمله روش‌های مؤثر در این راهکار، می‌توان به ایجاد حصار بوم‌زیستی و پوشش گیاهی در طرفین خط، بذرپاشی (بذرکاری)، نهال‌کاری (نهال و قلمه)، قرق کردن و اجرای پوسته زیستی اشاره کرد. کهور (*Prosopis juliflora*)، گز شاهی (*Tamarix stricta*)، گزمحلی (*Tamarix pallasii*)، اسکنبیل (*Calligonum comosum*)، آکاسیا (*Acacia farneziiana*, *Acacia victoria*)، تاغ (*Haloxylon*)، رملیک (*Zizyphus numularia*)، اوکالیپتوس (*E. camaldulensis*)، پنی زتوم (*E. largiflorance*, *E. microthea*)، آتریپلیکس، سنجد. گیاهان علفی چندساله مانند پانیکوم (*Panicum antidotale*)، پنی زتوم (*Penisetum dicotomum*)، سبد (*Stipagrostis plumosa* و *Stipagrostis pennata*)، نوعی درمنه (*Artemisia*)، آفتاب‌پرست (*Heliotropium*) و فنده (*Cyperus*). اشکال زیر نمونه ای از روش‌های اجرای این راهکار را نشان می‌دهند (روحی، ۱۳۸۶؛ علی پور، ۱۳۸۰؛ مهندسین مشاوره آباد بنیان سیویل و مرکز آموزش و تحقیقات راه آهن).



شکل (۱۷). مرحله پاشیدن بذر بر روی زمین بایر و ایجاد تپه سبز به روش هایدروسیدینگ

۷- نتیجه و جمع‌بندی

با بروز خشک‌سالی در مناطق مختلف، مشکل شن‌های روان شدیدتر شده و هزینه‌های زیادی را به راه‌آهن تحمیل کرده است. در این مقاله به مطالعه موردی مناطق ماسه گیر در اداره کل راه آهن شرق پرداخته شده است و هزینه‌های تحمیل شده در حوزه خط و ابنیه فنی موردبررسی قرار گرفته است. انباشت شن‌های روان روی خط و نفوذ ماسه به داخل بالاست و در نتیجه صلبیت خط و عدم زهکشی مناسب آن باعث خرابی زودرس قسمت‌های مختلف خط می‌گردد. راهکارهای بکار رفته جهت کاهش صدمات شن‌های روان در این ناحیه معرفی و بررسی شده‌اند. در انتها روش‌های پیشنهادی محققین و تجربیات سایر کشورها در این زمینه معرفی شده‌اند.

مراجع

داره کل راه آهن شرق [Online]. Available: <http://shargh.rair.ir/Site.aspx?ParTree=A09000121112>. [Accessed: 17-Aug-2013].

داره کل راه آهن شرق، گروه نظارت خط و سازه های فنی، “گزارش مناطق ماسه گیر. ذاکری، ج. اسماعیلی، م. فتحعلی، م. (۱۳۸۹). معرفی روسازی نوین دال خط کوهاندار برای حل مشکل راه آهن مناطق کویری، مجله علمی – پژوهشی عمران مدرس. شماره ۲، دوره دهم.

روحی، ح. (۱۳۸۶). روش‌های مختلف تثبیت شنهای روان ”انجمن اعضای هیئت علمی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع [Online]. Available: <http://rifr.ir/post-54.aspx>.

علی پور، غ.ر. (۱۳۸۰). شناسایی گیاهان مناسب احیای مناطق بیابانی و گرمسیری. نشریه راه سبزان. مهندسین مشاور آباد بنیان سیویل و مرکزآموزش و تحقیقات راه آهن، گزارش مدیریتی پروژه پیمانی ارزیابی روش‌های مختلف مقابله با شن‌های روان در خطوط راه آهن و اجرای طرح نمونه دال خط کوهاندار .

Tengström, C., (2013). T-TRACK: the Total Track Solution. in *4th Annual Middle East Rail Opportunities*. Turbofly, Easily cleared turnouts by osborn. [Online]. Available: www.vossloh-cogifer.com.