



ارزیابی زیست محیطی استفاده از افزودنی پایه گوگردی در مخلوط آسفالتی (مطالعه موردی محور اردکان - نایین)

محسن صادقیان¹، محمد رستگاری²، حامد رضایی^{3*}، پویان زنگنه⁴

1- کارشناس ارشد، راه و ترابری (مدیر کل راهداری و حمل و نقل جاده ای استان یزد)، یزد، ایران، sadeghiyan_mohsen@yahoo.com

3 - کارشناس ارشد، اداره کل راه و شهرسازی استان یزد، یزد، ایران، mrastegari 1984@gmail.com

2 - دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی عمران راهسازی، دانشگاه فنی پسران یزد واحد امام علی (ع)،

یزد، ایران، hamed_rezai73@yahoo.com

4 - دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی عمران راهسازی، دانشگاه فنی پسران یزد واحد امام علی (ع)، یزد، ایران، poyan.6d@gmail.com

چکیده

در کشور ایران به دلیل نیاز به توسعه و رشد صنعت حمل و نقل و نیاز روزافزون به ارتقاء شاخص‌های مرتبط با آن، منابع زیادی در جهت نگهداری، بهسازی و توسعه شبکه موجود مصرف می‌شود لایه آسفالتی از بین لایه‌های روسازی راه، بیشترین منابع مالی را به خود اختصاص می‌دهد. به همین دلیل توجه زیادی به این لایه و شیوه‌های مختلف تولید و بهره برداری از آن باعث شده است که کارهای تحقیقاتی گسترده‌ای به صورت مدام بر روی شیوه‌های تولید و اجرای این لایه انجام می‌شود تا بتوان با حفظ و حتی ارتقاء شاخص‌های کیفی مرتبط و لازم الاجرا، عمر و دوام آن را افزایش داد و همچنین به هدف کاهش حداکثری هزینه‌های اجرایی دست یافت. استفاده از گوگرد و افزودنی‌هایی که دارای پایه گوگردی می‌باشد در مخلوط آسفالت گرم یکی از موارد و روش‌هایی است که پژوهشگران بخش حمل و نقل سعی بر آن دارند تا در جهت بهبود و ارتقاء مشخصات کیفی لایه‌های آسفالتی از آن استفاده کنند، در استفاده از افزودنی‌ها نباید از بررسی‌های زیست محیطی و آلودگی احتمالی ناشی از این افزودنی‌ها غافل شد، اجرای آسفالت با افزودنی پایه گوگردی در دو بخش، یکی در زمان بارگیری، حمل و پخش آسفالت و دیگری در دوره بهره برداری از لایه آسفالتی می‌تواند موجب آلاینده‌های زیست محیطی شود. بررسی آسفالت پایه گوگردی پس از دو سال اجرا در محور اردکان نایین استان یزد با استفاده از آزمایشگاه‌های معتمد سازمان حفاظت محیط زیست در هر دو، مرحله اجرا و بهره برداری و همچنین در دو منطقه صنعتی و غیر صنعتی نشان می‌دهد آلاینده‌های اندازه گیری شده در محدوده‌ی استفاده از افزودنی حاوی پایه گوگردی در محدوده‌های مجاز و طبقه خوب استاندارد است.

واژه‌های کلیدی: محیط زیست، آسفالت گوگردی، آسفالت، پایداری، راهسازی

مقدمه



بخش حمل و نقل یکی از زمینه های اصلی توسعه اقتصادی در کشورهای دنیا تلقی می شود بطوری که به عنوان یک پدیده سیاسی- اجتماعی نقش بسیار حساس و مهمی در کیفیت ساختار اقتصادی- اجتماعی یک جامعه ایفا می نماید [3]. بر این اساس شبکه راه های هر کشور نقش اساسی در روند رشد اقتصادی و تعیین شاخص های توسعه یافتگی مناطق دارد. هزینه سنگین احداث راه های جدید، خسارت های ناشی از خرابی راه های موجود و نقایص متعدد روش های متداول بهسازی، متخصصین روسازی را بر آن داشته که در جهت اصلاح روش های سنتی بهسازی و ارائه روش های نوین توأم با نوگرایی و ایجاد مشخصات مطلوب تر از نظر زمان، هزینه، دوام، کیفیت و پارامترهای جانبی آن در تکاپو باشند [4]. اگر بنا بر توسعه ای در کشور داشته باشیم، به طور طبیعی می بایست این توسعه، پایدار، ماندگار و پرسود برای نسل های آینده باشد. اجرای لایه های روسازی، بخش زیادی از هزینه های اجرایی راه را شامل می شود، بر این اساس یکی از دغدغه های موجود، تهیه مصالحی است

که علی رغم اینکه مشخصات فنی لازم برای استفاده در لایه های روسازی را دارند، از نظر اقتصادی به کاهش هزینه های اجرایی کمک کنند. جنس مصالح و ضخامت لایه های روسازی باید به گونه ای باشد که ضمن آنکه می تواند شدت تنش های فشاری قائم را به میزان قابل تحمل خاک بستر روسازی کاهش دهد، خود نیز قادر به تحمل بارهای وارد به آن باشد [2]. در ایران به دلیل نیاز به توسعه و رشد صنعت حمل و نقل و نیاز روزافزون به ارتقاء شاخص های مرتبط با آن، منابع زیادی در جهت نگهداری، بهسازی و توسعه شبکه موجود مصرف می شود [2]. لایه آسفالتی از بین لایه های روسازی راه، بیشترین منابع مالی را به خود اختصاص می دهد. به همین دلیل توجه زیادی به این لایه و شیوه های مختلف تولید و بهره برداری از آن شده است و کارهای تحقیقاتی گسترده ای به صورت مادام بر روی این شیوه های تولید و اجرای این لایه می شود تا بتوان با حفظ و حتی ارتقاء شاخص های کیفی مرتبط و لازم الاجرا، عمر و دوام آن را افزایش داد و در نهایت به هدف کاهش حداکثری هزینه های اجرایی دست یافت.

محققان به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست همواره در حال تحقیق و بررسی پسماندهای جانبی صنعت، روانسازها و فرآورده های نفتی و پتروشیمی و تبدیل آنها به محصولات جانبی بوده اند [1] یکی از روش هایی که طی سال ها مطالعات میدانی جهت افزایش کارایی مقاومت آسفالت به اثبات رسیده است [5] اصلاح آسفالت با استفاده از ترکیبات گوگردی می باشد [6]. استفاده از گوگرد و افزودنی هایی که دارای پایه گوگردی می باشد در مخلوط آسفالت گرم یکی از موارد و روش هایی است که پژوهشگران بخش حمل و نقل سعی بر آن دارند تا در جهت بهبود و ارتقاء مشخصات کیفی لایه های آسفالتی از آن استفاده کنند فکر اولیه این طرح به این دلیل می باشد که حجم زیادی از گوگرد در بازیابی آن از سوخت های فسیلی در صنایع به دست می آید. تولید گوگرد، بویژه در صنایع پالایش گاز و نفت ایران چشمگیرتر بوده و بخش قابل توجهی از آن مازاد بر مصرف است. زیرا در مقابل حجم عظیم تولید گوگرد مصرف آن بسیار محدود است. از طرف دیگر صادرات این ماده، حداقل از برخی پالایشگاه ها، مشکلات خاص خود را داراست و در بسیاری از مواقع از لحاظ اقتصادی نیز چندان مقرون به صرفه نیست. پیش بینی ها نشان می دهد تولید سالانه گوگرد در ایران و جهان رو به افزایش است. بنابراین متخصصان بر آن شدند که در خصوص مصرف گوگرد مازاد مطالعاتی انجام دهند. یکی از کاربردها، به کارگیری آن در راهسازی است. در این پژوهش، استفاده از افزودنی پایه گوگردی در مخلوط آسفالتی اجرا شده در محور اردکان عقدا استان یزد، مورد ارزیابی قرار گرفته است. و در این راستا سعی گردید که استفاده از این افزودنی و موارد مرتبط با آن به صورت دقیق از زاویه شاخص های زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن ارائه گردد.

2- تاریخچه گوگرد و استفاده از آن در راهسازی

استفاده از گوگرد در راه سازی سابقه ای حدوداً صد ساله دارد. رویکرد اولیه در دهه هفتاد میلادی و به دنبال بحران انرژی در دنیا بود که منجر به ساخت ده ها قطعه مسیره های آزمایشی با آسفالت گوگردی در نقاط مختلف دنیا شد. در آن زمان، به دلیل توجه زیاد به قیر خالص (AC) موضوعات و انتشاراتی پیرامون فراوانی گوگرد توسط بسیاری سازمان ها از جمله SNPA، نفت گلف



کانادا، انستیتو توسعه گوگرد کانادا (SUDIC)، کمپانی شیمیایی تگزاس، کمیته معادن آمریکا و انستیتو حمل و نقل تگزاس جهت ارزیابی پتانسیل گوگرد به منظور اصلاح قیر و استفاده از آن در روسازی های آسفالتی آغاز گردید. این موضوع تحت عنوان قیر اصلاح شده با گوگرد (SEA) شناخته شد. در آن زمان گوگرد از منابع مختلفی از جمله: فرآیند تبدیل سولفید آهن به اسید سولفوریک، بازیابی گاز طبیعی، پالایش نفت خام و سایر فرآیندهای شیمیایی بدست می آمد. بنابراین اولین قطعات راه با آسفالت گوگردی در اواسط دهه هفتاد میلادی در آمریکا و کانادا ساخته شد و سپس تا سال 2002 میلادی حدود 4200 کیلومتر راه با آسفالت گوگردی در بیش از 200 کشور جهان ساخته و مورد ارزیابی قرار گرفت. از جمله این کشورها می توان به آمریکا، انگلستان، فرانسه، لهستان، اسپانیا، فنلاند، بلژیک، نروژ، عراق، کویت و عربستان سعودی اشاره کرد [7]. ساخت قطعات آزمایشی آسفالت گوگردی در دهه 80 رو به کاهش نهاد، ولی اواخر دهه 90 باردیگر روبه افزایش گذاشته است. علت این موضوع تغییر در قیمت نسبی گوگرد و قیر در این دوره هاست که با افزایش این نسبت، ساخت آسفالت گوگردی توجیه اقتصادی یافته و تمایل به ساخت آسفالت گوگردی افزایش می یابد [8]. 68 قطعه آزمایشی از سال 1975 تا 1984 در آمریکا ساخته شد که 18 قطعه آن تحت نظارت موسسه FHWA قرار گرفت. این پروژه از سال 1979 شروع شد و سپس طراحی و ساخت و ارزیابی گردید. همچنین انیستیتو گوگرد یک بررسی مقایسه ای از روسازی های حاوی SEA با نمونه های معمولی که با قیر با خالص ساخته شده بود انجام داد و 26 پروژه در 18 ایالت مورد ارزیابی قرار گرفت. در کشور ما نیز از دهه 70 میلادی پژوهش هایی در این زمینه در سازمان های مختلف از جمله وزارت راه و ترابری، دانشگاه ها، آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک، سازمان توسعه راه ها و نیز پژوهشگاه صنعت نفت آغاز شد. به طور کلی به دلیل ضعف های ذاتی قیر و لزوم افزایش محدوده کاربری آن، امروزه اکثر قیرهای راهسازی در دنیا با کمک مواد افزودنی مانند پلیمرها اصلاح می شوند. در ایران این مواد افزودنی اغلب وارداتی و گران قیمت هستند، در صورتی که گوگرد ماده ای ارزان و در دسترس است که کیفیت و دوام آسفالت را ارتقاء می دهد. از طرف دیگر، ساخت آسفالت گوگردی با تغییرات نسبتا ساده ای در کارخانه های معمولی آسفالت امکان پذیر بوده و حمل و نقل و پخش و کوبیدن آن با روش های متداول انجام پذیر است، بنابراین ساخت و اجرای این نوع آسفالت به هیچ گونه فناوری پیچیده ای احتیاج ندارد.

فرآیند ترکیب قیر با گوگرد اولین بار توسط Day در سال 1866 میلادی و بعد از آن توسط Dubbs [9,10] که هر دو ماده را تحت دمای بالا قرار دادند که باعث فعل و انفعال شیمیایی و نیز تولید مقدار زیادی گاز شد، انجام گرفت. همچنین مطالعاتی برای بررسی رفتار قیرهای مختلف حاوی گوگرد در یک دمای نسبتاً پایین در سال 1930 انجام گرفت. Benzowitz و Boe تحقیقاتی را برای بررسی تاثیر گوگرد بر قیر و مخلوط های آسفالتی انجام دادند [11]. دو علت اساسی برای استفاده از گوگرد در ساخت روسازی های آسفالتی وجود داشت:

- 1 - ارتقاء و بهبود کیفیت مخلوط ها
- 2 - کاهش هزینه های تهیه آسفالت

دلیل دوم بیشتر به نسبت قیمت گوگرد به قیر بستگی دارد که قیمت قیر حداقل پنج برابر قیمت گوگرد است، علاوه بر این استفاده از گوگرد در روسازی های آسفالتی برای ذخیره انرژی های نفتی نیز هم مهم بود.

3- مشخصات پروژه مورد مطالعه و روش اجرا

محدوده پروژه مورد مطالعه حدود 2200 متر طول از محور اردکان عقدا که بخشی از کریدور شمال به جنوب کشور است را شامل می شود. طبق دستورالعمل شرکت تولید کننده افزودنی مذکور، درصد قیر مخلوط بتن آسفالتی حاوی افزودنی پایه گوگردی از 4.3 درصد به 5.2 درصد افزایش یافته که از این میزان 40% از آن، معادل 2.1 درصد افزودنی مذکور و مابقی معادل 3.1 درصد، قیر می باشد. با توجه به اینکه در منطقه مورد اجرا دو لایه روکش آسفالتی شامل یک لایه بیندر به ضخامت 7 سانتی متر و یک لایه توپکا به ضخامت 5 سانتی متر، در طرح روسازی پیش بینی شده بود، در جهت احتیاط تنها در لایه رویه 5 سانتی متری، از



افزودنی پایه گوگردی استفاده شده است. جدا از بررسی عملکردی و رفتاری وضعیت کیفی روسازی محور و با گذشت بیش از دو سال از تاریخ بهره برداری و عبور ترافیک بر روی آن، در مقایسه با مقاطع دیگر محور که از افزودنی استفاده نگردید، این مقاله به ارزیابی زیست محیطی راه و حاشیه آن در محدوده ای که در لایه آسفالتی افزودنی پایه گوگردی استفاده شده به عنوان چالش محیط زیستی و اثرات سوء گوگرد بر طبیعت و محیط زیست انسان می پردازد.

در کنار محور اردکان نایین استان یزد مناطق صنعتی نیز وجود دارد که آلاینده‌گی ناشی از این صنایع ممکن بود در نتیجه آزمایش ها تاثیرگذار باشد از این رو اندازه گیری آلاینده‌گی ها در سه منطقه انجام شد، یک: محدوده ی صنعتی که از آسفالت بدون افزودنی استفاده شده است، دو: محدوده ی صنعتی که آسفالت حاوی افزودنی اجرا شده است، سه: محدوده ی غیر صنعتی که آسفالت بدون افزودنی استفاده شده است.

4- ارزیابی زیست محیطی

اهمیت موضوع حفاظت از محیط زیست را با مطالعه اصل پنجاهم قانون اساسی بیشتر می توان درک نمود. اصل 50 قانون اساسی می گوید: «در جمهوری اسلامی، حفاظت محیط زیست که نسل امروز و نسل های بعد باید در آن حیات اجتماعی رو به رشدی داشته باشند، وظیفه عمومی تلقی می گردد. از این رو فعالیت های اقتصادی و غیر آن که با آلودگی محیط زیست یا تخریب غیر قابل جبران آن ملازمه پیدا کند، ممنوع است» [12]. در فرایند تولید و اجرای آسفالت، مخلوط های حاوی گوگرد در دماهای پایین تر از دمای آسفالت معمولی تولید می شود که به این ترتیب بو و میزان گاز SO_2 به زیر حد استاندارد زیست محیطی H_2S تقریباً حذف می شود [13]. گوگرد دارای افزودنی های مخصوص است که به منظور به حداقل رساندن بوی مواد در طول فرایند تولید، حمل و پخش آسفالت در آن به کار رفته است. با توجه به این که افزودنی گوگرد (بر خلاف قیر) ساختار آلی هیدرو کربنی ندارد، این امر منجر به کاهش محسوس انتشار ترکیبات آلی فرار بسیار مضر و حلقوی، حین تولید، حمل و اجرای آسفالت می گردد. همچنین با کاهش دمای قیر و حتی مصالح هنگام استفاده از گوگرد، میزان انتشار گاز های گلخانه ای (مانند CO_2) کاهش می یابد لذا گوگرد غیر سمی است، با آب بر هم کنش نمی دهد و جاذب رطوبت نیست و در برابر اشعه UV غیر حساس است [13,14]. برای کمتر شدن آلودگی هنگام کار با گوگرد، همواره باید نکات فنی خصوصاً تنظیم درجه حرارت رعایت شود همچنین رعایت کلیه نکات ایمنی و بهداشتی ضروری است [15]. اجرای آسفالت با افزودنی پایه گوگردی در دو بخش می تواند موجب آلاینده‌گی های زیست محیطی شود یکی در زمان بارگیری، حمل و پخش آسفالت و دیگری در دوره بهره برداری از لایه آسفالتی، بر این اساس با استفاده از آزمایشگاه های معتمد سازمان حفاظت محیط زیست در هر دو مرحله اجرا و بهره برداری آزمایشات لازم انجام گردید که نتایج نشان می دهد استفاده از افزودنی پایه گوگردی در لایه آسفالتی به خصوص در دوره بهره برداری از لایه آسفالتی موجب آلاینده‌گی هوا نمی شود. بررسی آلاینده‌گی هوا در مرحله اجرا به درخواست شرکت سازنده افزودنی پایه گوگردی در یک مورد آزمایش انجام شده در کشور، میزان SO_2 در هوای اطراف سنجیده شده و آزمایشگاه معتمد محیط زیست نتایج را تنها بر اساس میزان SO_2 منتشر شده ارائه داده است که در شکل شماره یک گزارش آزمایشگاه مشاهده می شود.

جدول شماره 1: گزارش آزمایش در مورد میزان انتشار SO_2 در هوا، ناشی از استفاده افزودنی پایه گوگردی در مخلوط آسفالتی.



نتایج آزمون گازهای هوای محیط

شماره جدول : 1			
نام دستگاه اندازه گیری : AERO QOUL			
ردیف	محل نمونه برداری	تاریخ پایش	SO ₂ PPM
1	در حال بار زدن	92/08/16	0/14
2	محوطه کارخانه بعد از بارگیری	92/08/16	ناچیز
3	سایت امام - قبل از تخلیه جنب کامیون حاوی افزودنی پایه گوگردی	92/08/16	0/06
4	سایت امام - زمان تخلیه افزودنی پایه گوگردی از کامیون	92/08/16	0/12
5	سایت امام - زمان پهن کردن و صاف کردن	92/08/16	0/10

توضیحات :

ردیف 1: در این ایستگاه تردد خودروهای سنگین گازوئیلی جهت بارگیری در زمان پایش مشاهده گردید.

در محور مورد مطالعه اردکان نایین استان یزد، از طریق یکی دیگر از آزمایشگاه‌های معتمد سازمان حفاظت محیط زیست وضعیت کلیه شاخص‌های آلاینده‌های هوا را در زمانی حدود 2 سال پس از اجرای لایه آسفالتی حاوی افزودنی پایه گوگردی و در دوره بهره‌برداری از لایه آسفالتی مورد مطالعه قرار داده شد. جدول شماره دو محدوده‌های مجاز آلاینده‌گی نشان داده شده است و در جدول شماره 3 مقادیر آلاینده‌گی اندازه‌گیری در محور اردکان نایین قابل مشاهده می‌باشد.

جدول شماره 2: شاخص استاندارد آلودگی PSI

شاخص استاندارد آلاینده					
طبقه	خوب	سالم	ناسالم	بسیار ناسالم	خطرناک
آلاینده	دامنه غلظت (PPM)				
CO	0-4/5	4/5-9	9-15	15-30	>30
NO ₂	--	--	--	6-1/2	>1/2
O ₃ I-hour	0-0/06	0/06-0/12	0/12-0/20	0/20-0/40	>0/40
PM 10	0-50	50-150	150-350	350-420	>420
SO ₂	0 - 0/03	0/03 - 0/14	0/14 - 0/30	0/0-30/60	-/60>

جدول شماره 3: نتایج اندازه‌گیری گازها توسط آزمایشگاه معتمد محیط زیست

Instrument: LSI	Sampler :		COMPANY.		
Date of sampling:			Date of Report		
آدرس کارخانه : یزد، اردکان، جاده اردکان - نایین					
Unit			Ppm		
محل نمونه برداری	نام پارامتر	O ₃	CO	SO ₂	NO NO ₂



کیلومتر 6.2 جاده اردکان نایین (منطقه صنعتی . آسفالت بدون افزودنی پایه گوگردی)	0.18	0.9	0.11	4	.5
کیلومتر 13.8 جاده اردکان نایین (منطقه صنعتی. آسفالت حاوی افزودنی پایه گوگردی)	0.13	0.7	0.08	4	0.4
کیلومتر 40.4 جاده اردکان نایین (منطقه غیر صنعتی . آسفالت بدون افزودنی پایه گوگردی)	n.d	0.3	n.d	4	0.3

جدول شماره 2 و 3 نتایج آزمایش از کلیه شاخص های آلاینده های هوا در محدوده پروژه اجرا شده در دوره بهره برداری و محدوده زمانی پس از دو سال پس از اجرا در جدول شماره 3 کاملاً مشاهده می شود که استفاده از افزودنی پایه گوگردی در مخلوط آسفالتی در دوره بهره برداری به هیچ عنوان موجب آلاینده های هوا به صورت خارج از عرف و بیشتر از آسفالت معمولی نمی شود. نکته قابل توجه این است که میزان آلودگی اندازه گیری در منطقه صنعتی حاوی افزودنی پایه گوگردی از مقادیر اندازه گیری شده در منطقه صنعتی بدون آسفالت پایه گوگردی بیشتر است و این نشان می دهد که تاثیر آلودگی صنعتی تاثیر آلودگی افزودنی مذکور را اختلاف آلودگی این دو منطقه در نظر بگیریم پس مقادیر در محدوده مجاز خوب و سالم می باشد.

جدول شماره 4: اندازه گیری طبقه آلودگی

نام پارامتر	محل نمونه برداری	O ₃	CO	SO ₂	NO	NO ₂
کیلومتر 200+6 جاده اردکان نایین (منطقه صنعتی . آسفالت بدون افزودنی پایه گوگردی)		0/18	0/9	0/11	4	0/5
کیلومتر 800+13 جاده اردکان نایین (منطقه صنعتی. آسفالت حاوی افزودنی پایه گوگردی)		0/13	0/70	0/08	4/00	0/40
آلودگی ناشی از استفاده از افزودنی پایه گوگردی		0/05	0/20	0/03	0/00	0/10
طبقه آلودگی		خوب	خوب	خوب	خوب	خوب

5- نتیجه گیری

با توجه به اهمیت آلاینده های احتمالی استفاده از افزودنی های پایه گوگردی در مخلوط های آسفالتی و همچنین اهمیت بررسی اثرات زیست محیطی آن، مطالعه اجمالی بر روی شاخص های زیست محیطی و آلاینده های حاشیه محور اردکان نایین استان یزد در محل کار پروژه انجام شد. نتایج مقادیر اندازه گیری شده با استناد به آزمایش های زیست محیطی انجام شده توسط آزمایشگاه های معتمد و دارای صلاحیت، نشان می دهد که پس از دو سال اجرا و بهره برداری، آلاینده های ناشی از استفاده این نوع افزودنی در محیط زیست در محدوده های مجاز استاندارد و در طبقه خوب می باشد. این اندازه گیری های نشان می دهد که آلاینده های صنعتی حاشیه راه اردکان نایین به مراتب بیشتر از آلاینده های به دلیل استفاده از افزودنی پایه گوگردی در آسفالت می باشد و لذا با دقت و توجه در هنگام تهیه، حمل و پخش آسفالت و همچنین عوامل تاثیر گذار محیطی، مشکلات آلودگی استشمامی، آسیب رساندن به ماشین آلات راهسازی و...، بررسی اثرات زیست محیطی استفاده از افزودنی های پایه گوگردی در مخلوط های آسفالتی و انجام مطالعه و تحقیق بیشتر و عمیق تر در این زمینه به پژوهشگران بخش صنعت و حمل و نقل توصیه می شود.



6- تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری مدیریت ساخت و توسعه اداره کل راه و شهر سازی کل استان یزد و واحد تحقیق و توسعه شرکت سطح راهان که در راستای این پژوهش نهایت حمایت و پشتیبانی را نمودند، کمال تقدیر و تشکر به عمل می آید .

مراجع

- [1] Kennepohl. G.J.A., Logan. Aand Bean. D.C."Conventional"Paving MIXES With Suiphur-Asphalt Binders".AsphaltPaving Techoiogy 1975.Procedings.Association of Asphalt Paving Technoiogists.Technical Sessions. Phoenix.Arizona. February 10. 11 and 12.1975 pages 485 to 518
- [2] طباطبائی، امیرمحمد، روسازی راه، چاپ چهاردهم، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، 1364.
- [3] علی آبادی، زمردیان و بهاره بنزاده، استراتژی مدیریت پایدار مصالح، اولین کنفرانس بین المللی رویکردهای نوین در نگهداشت انرژی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، 1390.
- [4] عرفانیان نیا، رضا ، معروف ، محمد علی و مریم کامیاب ، بازیافت سرد آسفالت با استفاده از کف قیر، کنفرانس ملی مهندسی عمران و توسعه پایدار با محوریت کاهش خطرپذیری در بلایای طبیعی، مشهد، موسسه آموزش عالی خاوران، 1392.
- [5] Deme. I.,Kenedy.B.and Keenan. K." Properties of Seme-Rigid Suiphur-Extended Asphalt Mixes".Eurasphalt & Eurobitume. Vienna 2004. Properties. 3rd Eurasphalt & Eurobitume congress. Papers Technical Sessions. Book 1. Paper number 365 pages 835 tob 849.
- [6] Strickand. D. Colange J. Deme I. Martin M "Performance Properties of Suiphur Extended Asphalt Mixtures With SEAM"Shell Bitumen. September2007
- [7] اکبرنیا، حسن و همکاران 1381 کاربرد گوگرد در مخلوط های آسفالت معمولی، نشریه تحقیق در علوم و مهندسی نفت 37، 45-30.
- [8] 2-G.L. Crawford and W.F. Boles, "Sulfur-Extended Asphalt – Close-out Summary of Project Activities", FHWA-DP-54-9, Demonstration Project No. 54, February 1986
- [9] US. Patent, 468,867 (1892).
- [10] US. Patent, 58,615 (1866).
- [11] Benzowitz, J. and Boe, E.S., Effect of sulfur upon some of the properties of asphalt. Proc. ASTM, 38:539 (1938).
- [12] قانون اساسی جمهوری اسلامی ایران
- [13] برد، کالین، شیمی محیط زیست، ترجمه : عابدینی، منصور ، مرکز نشر دانشگاهی تهران ، 1378
- [14] کریمی حسین، محمد زاده ، حسین ، بررسی آلودگی های زیست محیطی هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ایی ، چهارمین همایش ونمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست ، تهران – آبان ماه 1389
- [15] F. Surmont and J. Colange , "Test Methods for Detecting the Presence of Sulphur, As Used in Sulphur Extended Asphalt Mixtures", Shell Global Solutions, Report No. GS.07 .52993, December 2007.