Journal of Health in the Field, Vol.5, No.2, Summer 2017

Feasibility of using waste Molecular sieve and Ceramic ball in hot asphalt mixtures

Shadi Karimpour Zahraei[1], Mahdi Jalili Ghazizadeh[2*], Morteza Jalili Qazizadeh[3]

1- M.Sc. Student, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2-Assistant Professor, Department of Environmental Technologies, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
3-Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Quchan University of Advanced Technology, Quchan, Iran

Abstract

Background and Aims: Environmental awareness about problems of industrial waste landfills has resulted in industrial waste management to be high on the agenda with an emphasis on the recovery of materials and energy. One of the methods of waste recycling in the oil and gas industry is the use of generated waste in civil activities. The main objective of this research is to assess the feasibility of using gas refineries industrial waste produced in dehydration unit in hot asphalt mixtures.

Material and Methods: The ICP and XRF analyses were carried out to determine the concentrations of heavy metals and composing elements of waste Molecular Sieve and Ceramic ¬ball. Sieve and and quality analyses were thence done on these wastes and materials. All stages of this research were conducted ethically.

Results: Both types of wastes were classified as non-dangerous waste. Absorption of water in waste Molecular Sieve was at least 10 times the permissible level for aggregates according to the standards of Journal 234. Waste molecular sieve was not therefore replaceable with aggregates in asphalt mixtures since they may cause cracking in the winter season., Moreover, the existence of many pores in Molecular Sieve significantly increase the use of bitumen.

Conclusion: Waste Molecular Sieve is not recommend to be uses as an alternative to aggregates due to significant absorption of water.Furthermore, the comparison of results obtained from physical tests performed on the waste ceramics ball with standard limit of Journal 234 indicate the potential of this waste as an alternative to the aggregates in asphalt mixtures.

Keywords: Waste molecular sieve, Waste ceramic ball, Hot asphalt

Corresponding Author: Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
Email:ma_jalili@sbu.ac.ir

Received: 21 May 2017
Accepted: 19 Aug 2017

فصلنامه بهداشت در عرصه
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- دانشکده بهداشت
دوره۵ شماره۲، تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۴۶ تا ۵۴

امکان‌سنجی استفاده از زائدات مولکولارسیو و سرامیک بال در مخلوط‌های آسفالتی گرم

شادی کریم پور زهرایی[۱] ، مهدی جلیلی قاضی‌زاده[۲*]، مرتضی جلیلی قاضی‌زاده[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. استادیار، گروه فناوری‌های محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. استادیار، گروه مهندسی عمران، دانشگاه مهندسی فناوری‌های نوین قوچان، قوچان، ایران

چکیده

زمینه و اهداف: آگاهی‌های محیط زیستی در زمینه مشکلات محل‌های دفن پسماند صنعتی باعث شده مدیریت زائدات صنعتی با تاکید بر بازیابی مواد و انرژی در دستور کار صنایع مختلف قرار گیرد. یکی از روش‌های بازیافت پسماند تولیدی در صنعت نفت و گاز، استفاده از این زائدات در فعالیت‌های عمرانی می‌باشد. هدف اصلی از این پژوهش، امکان‌سنجی استفاده از زائدات صنعتی تولیدی واحد نم‌زدایی پالایشگاه‌های گازی در مخلوط‌های آسفالتی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش ICP و XRF به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین و اجزاء تشکیل‌دهنده زائدات مولکولارسیو و سرامیک‌بال انجام شد، سپس آزمایشات دانه‌بندی و مرغوبیت مصالح روی این زائدات و مصالح تهیه شده قشر رویه انجام گرفت. تمامی مراحل این تحقیق با رعایت موازین اخلاقی و پژوهشی انجام شد.

یافته‌ها: هر دو نوع زائدات غیرخطرناک می‌باشند. جذب آب در زائدات مولکولارسیو بیش از ۱۰ برابر حد مجاز برای مصالح سنگی طبق استاندارد نشریه ۲۳۴ است، از این‌رو این زائدات قابلیت جایگزینی با مصالح سنگی در مخلوط‌های آسفالتی را ندارند، زیرا باعث ترک‌خوردگی در فصل زمستان می‌شوند. به علاوه وجود خلل و فرج زیاد در مولکولارسیو، قیرمصرفی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری: زائدات مولکولارسیو به دلیل جذب قابل توجه آب به عنوان جایگزین مصالح سنگی توصیه نمی‌شوند، همچنین مقایسه نتایج آزمایشات فیزیکی صورت گرفته روی زائدات سرامیک بال با حدود مجاز استاندارد موجود در نشریه ۲۳۴ نشان‌دهنده پتانسیل مناسب این زائدات به عنوان جایگزین مصالح سنگی در مخلوط‌های آسفالتی می‌باشد.

کلید واژه‌ها: پسماند مولکولارسیو، پسماند سرامیک‌بال، آسفالت گرم

*نویسنده مسئول: ایران، تهران، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی.

Email: ma_jalili@sbu.ac.ir

تاریخ دریافت:۹۶/۲/۳۱
تاریخ پذیرش:۹۶/۵/۲۸

مقدمه

شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی با تامین نزدیک به ۴۵ درصد گاز کشور به عنوان بزرگترین مجتمع تصفیه گاز در کشور می‌باشد که در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس در عسلویه مستقر گردیده است. بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد یکی از واحدهای اصلی تولید پسماند در پالایشگاه‌های گاز، واحد نم‌زدایی است که بخش عمده پسماندهای فرآیندی در این واحد تولید می‌شود، از جمله پسماندهای تولیدی در این واحد مولکولارسیو و سرامیک بال است، چون تاکنون مدیریت مدونی برای این زائدات در پالایشگاه گاز در نظر گرفته نشده و از طرفی روش فعلی مدیریتی این زائدات دفن می‌باشد که روشی مناسب با محیط زیست نیست به علاوه زائدات مولکولارسیو و سرامیک بال طی فرآیندهای صورت گرفته در واحد نم‌زدایی آغشته به مواد مختلفی از جمله هیدروکربن‌ها و فلزات سنگین می‌شوند در نتیجه ممکن است ماهیت خطرناک پیدا کنند لذا ضرورت دارد به منظور کنترل اثرات محیط زیستی و بهداشتی این زائدات نسبت به بررسی روش‌های مدیریتی آنها اقدام نمود. مدیریت پسماندهای صنعتی به دلیل مسائل محیط زیستی و پتانسیل بالای آن‌ها در آلودگی محیط زیست از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. انتشار آلاینده‌ها درهوا، نشت فلزات سنگین در آبهای زیرزمینی، آلودگی خاک، دفع غیر بهداشتی پسماندها و کمبود فضای موجود برای ایجاد لندفیل همگی از جمله چالش‌های مدیران صنایع و کارشناسان محیط زیست می‌باشد [۱]. براساس آمار بدست آمده در پالایشگاه‌های این شرکت سالانه حدود ۱۵۰۰ تن زائدات مولکولارسیو و ۱۰۰ تن زائدات سرامیک بال تولید می‌شود، در واقع مولکولارسیو و سرامیک بال واحد نم‌زدایی پس از چند دوره مصرف اشباع شده و دیگر کارایی خود را از دست داده و باید تعویض گردند. عدم وجود و یا کمبود مراکز دفن و نگهداری این زائدات در منطقه تبدیل به چالشی بزرگ برای پالایشگاه‌ها شده است. تاکنون تلاش‌های بسیار اندکی در زمینه بازیافت پسماندهای صنعتی تولیدی در پالایشگاه‌ها صورت گرفته است، که قسمت اعظم این کارهای پژوهشی نیز در زمینه استفاده از زائدات پالایشگاه در تولید بتن بوده است. تنهازیارتی و همکاران (۱۳۹۰) ضمن بیان این نکته که سالانه حدود ۱۰۰۰ تن مولکولارسیو ضایعاتی به عنوان پسماند در شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی تولید می‌گردد، عنوان داشتند که با توجه به ماهیت این زائدات صنعتی، استفاده از آنها در فرآیند تولید سیمان به عنوان مواد اولیه باعث بهبود خواص مکانیکی سیمان می‌گردد. وجود مقادیر زیاد ترکیبات SiO_2 و Al_2O_3 موجود در آنها در ترکیب با هیدروکسید کلسیم تولید شده توسط هیدراتاسیون سیمان مدلی افزوده به شکل C-S-H gel و آلومینات ایجاد می‌کند که این امر در بهبود ویژگی سختی ریز ساختار سیمان موثر می‌باشد [۲]. الجبری و همکاران (۲۰۱۲) اثر استفاده از کاتالیست‌های مستعمل FCC را روی مقاومت فشاری ملات مورد بررسی قرار دادند. نتایج مناسبی از جایگزینی کاتالیست‌های مستعمل زئولیتی با ماسه بدست آمد که با جایگزینی تا ۲۰ درصد، اثری روی مقاومت فشاری ملات ایجاد نمی‌شود. همچنین استفاده از هر دو نوع کاتالیست مستعمل زئولیتی و تعادلی زمانی که جایگزین بخشی از سیمان در ملات می‌شوند، اثر ناچیزی روی مقاومت ملات سیمان دارد. آزمایش نشت نیز نشان که غلظت فلزات سمی در مخلوط‌های تهیه شده با این زائدات بسیار پایین‌تر از محدود مجاز استاندارد EPA است [۳]. همچنین الجبری و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی پتانسیل استفاده از کاتالیست مستعمل در بتن به عنوان جایگزین بخشی از ماسه پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از ۲۵ درصد کاتالیست‌های مستعمل زئولیتی پالایشگاه Sohar به عنوان جایگزین ماسه باعث افزایش ۷۳ درصدی مقاومت فشاری در نسبت آب به سیمان ۰/۷ می‌شود. این در حالی است که با افزایش درصد استفاده از کاتالیست‌های تعادلی پالایشگاه Mina Al-Fahl به عنوان جایگزین ماسه باعث کاهش مقاومت فشاری بتن می‌شود. علاوه بر این با افزایش مقدار هر دو نوع کاتالیست، زمان گیرش کاهش، هم چنین افزایش ناچیزی در جذب آب مشاهده شد. نمونه‌های بتن حاوی کاتالیست‌های زئولیتی مقاومت مناسبی نسبت به نمونه‌های شاهد در برابر خوردگی دارند در حالی که خوردگی در نمونه‌های حاوی کاتالیست‌های تعادلی تسریع پیدا کرد [۴]. سو و همکاران (۲۰۰۱) طی پژوهشی بیان داشتند که کاتالیست‌های مستعمل زئولیتی را می‌توان جایگزین بالغ بر ۱۰ درصد مصالح ریزدانه (ماسه) شوند، بدون آنکه کاهشی در مقاومت ملات ایجاد شود. در حقیقت نمونه‌هایی که حاوی این پسماندها هستند، مقاومت فشاری بالاتری نسبت به نمونه‌های شاهد دارند. روانی یا جریان ملات تازه در نمونه‌های حاوی این نوع پسماند با افزایش مقدار آن، کاهش می‌یابد. در حالت سخت شده نیز جذب آب ملات افزایش می‌یابد. آزمایش TCLP نیز نشان می‌دهد که زائدات کاتالیستی بکار رفته در آزمایش حد مجاز استاندارد EPA را تایید می‌کنند [۵]. فوریمسکی(۱۹۹۶) طی پژوهشی استفاده از کاتالیست FCC را به عنوان پر کننده (فیلر) توصیه نمود. این توصیه شامل خرد کردن کاتالیست‌های مستعمل به سایز فیلر و ترکیب آن با مخلوط آسفالت در مقادیر بین ۳ تا ۵ درصد وزن کل سنگدانه‌ها بود [۶]. در مطالعه انجام شده توسط الشمسی و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که کاتالیست‌های تعادلی را می‌توان جایگزین ۱۰ درصد مجموع وزن سنگدانه‌ها در سایز ۲/۳۶ تا ۴/۷۵ میلی‌متر و کاتالیست‌های زئولیتی به دلیل ریزدانه بودن به عنوان فیلر جایگزین ۵/۵ درصد وزن سنگدانه‌ها کرد که با اندازه‌گیری پارامترهای مختلف روی نمونه‌های آسفالتی مشخص

شد که تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده در محدوده استاندارد راه‌سازی کشور عمان قرار دارند، به استثنای مقاومت در نمونه‌های حاوی کاتالیست‌های زئولیتی که عدد KN ۱۳/۸ را نشان می‌دهد که این عدد در آیین نامه روسازی کشور عمان حداقل KN ۱۴ است. آزمایش TCLP انجام گرفته روی مخلوط‌های آسفالتی نشان می‌دهد که نشت فلزات سنگین در هیچکدام از نمونه‌ها از حد مجاز EPA تجاوز نکرده است [۷]. الشمسی و همکاران (۲۰۱۵)، همچنین طی پژوهشی دیگر با جایگزینی ۱۰ درصدی کاتالیست‌های تعادلی، در اندازه ۴/۷۵ تا ۲/۳۶ میلیمتر و جایگزینی کاتالیست زئولیتی (۵-۴ درصد مجموع وزن سنگدانه‌ها) به عنوان فیلر معدنی در مخلوط‌های آسفالتی استفاده شد. ارزیابی حساسیت رطوبتی روی نمونه‌های تهیه شده نشان می‌دهد که مخلوط‌های آسفالتی حاوی کاتالیست‌های تعادلی، مقاومت بالاتری از مخلوط‌های حاوی کاتالیست‌های زئولیتی در مقابل صدمات ناشی از رطوبت دارند. مخلوط حاوی کاتالیست زئولیتی از نظر مقاومت به رطوبت، استاندارد مورد نظر را تایید نکرد. در نتیجه استفاده از آن به عنوان فیلر توصیه نمی‌شود. آنالیزهای محیط زیستی انجام شده روی مخلوط‌های حاوی کاتالیست‌ها نشان می‌دهد که غلظت همه فلزات سمی در نمونه‌های حاوی هر دو نوع کاتالیست از حد مجاز تجاوز نکرده‌اند [۸]. با توجه به اینکه تا کنون پژوهشی در زمینه استفاده از زائدات مولکولارسیو و سرامیک بال پالایشگاه‌ها در تولید مخلوط‌های آسفالتی انجام نگرفته در این کار پژوهشی به بررسی امکان استفاده از این زائدات به عنوان جایگزین مصالح سنگی در مخلوط‌های آسفالتی گرم پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به لحاظ موضوعی از نوع پژوهش‌های محیط زیستی در زمینه مدیریت پسماندهای صنعتی می‌باشد و به لحاظ جغرافیایی شامل پالایشگاه اول شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی می‌باشد، مواد و مصالحی که در این کار پژوهشی مورد استفاده قرار گرفته است، شامل پسماند مولکولارسیو و سرامیک بال تولیدی در واحد نم‌زدایی پالایشگاه اول شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی و یک نمونه مصالح سنگی تهیه شده مربوط به قشر رویه (توپکا) از کارخانه تولید آسفالت می‌باشد، پس از نمونه برداری و انتقال پسماند مولکولارسیو و سرامیک‌بال به آزمایشگاه، در ابتدا آزمایش ICP و XRF به منظور تعیین غلظت فلزات سنگین و اجزاء تشکیل دهنده این دو نوع پسماند انجام شد سپس آزمایش دانه‌بندی روی دو پسماند مولکولارسیو و سرامیک بال انجام شد و بعد از انجام آزمایش دانه‌بندی به دلیل درشت دانه بودن پسماند سرامیک بال برطبق الزام آیین نامه روسازی مصالح درشت دانه باید دارای شکستگی باشند بنابراین پس از خرد کردن پسماند سرامیک بال با دستگاه سنگ شکن آزمایشگاهی و آرایه نمودن این پسماند به فرم دانه‌بندی شماره ۴ مربوط به قشر رویه مخلوط‌های بتن آسفالتی و همچنین آرایه مصالح سنگی تهیه شده قشر رویه از کارخانه آسفالت‌سازی به فرم دانه‌بندی پیوسته شماره ۴ مربوط به قشر رویه مخلوط‌های بتن آسفالتی و مشابه شدن دانه‌بندی پسماند سرامیک بال خرد شده و مصالح سنگی تهیه شده مربوط به قشر رویه با یکدیگر آزمایشات مربوط به الزامات آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران [۹] شامل تعیین شاخص خمیری طبق استاندارد AASHTO-T89,90، ارزش ماسه‌ای طبق استاندارد AASHTO T176، تعیین درصد سنگدانه‌های پهن و دراز براساس استاندارد ASTM-D4791، میزان سایش مصالح طبق استاندارد AASHTO-T96، وزن مخصوص و درصد جذب آب طبق استاندارد ASTM-C127 برای مصالح درشت دانه و ASTM-C128 برای مصالح ریزدانه روی پسماند سرامیک‌بال آرایه شده، مصالح سنگی آرایه شده مربوط به قشر رویه و پسماند مولکولارسیو انجام شد، سپس نتایج حاصل شده از تمامی آزمایشات با حدود مجاز تعیین شده در آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران مقایسه گردید. تمامی مراحل تحقیق با رعایت موازین اخلاقی و پژوهشی انجام شد.

یافته‌ها

پسماند مولکولارسیو (زئولیت یا غربال مولکولی) و سرامیک بال مولکولارسیو که با نام‌های زئولیت مصنوعی یا سدیم کلسیم آلومینات شناخته می‌شود، چهارچوبه‌ای با ساختار کریستالی متخلخل متشکل از آلومینا سیلیکات‌ها می‌باشد که در حال حاضر در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به عنوان کاتالیست، جاذب، جدا کننده و تبادل کننده‌های یونی کاربرد گسترده دارد. مولکولارسیوها به دلیل ساختارهای کریستالی متخلخل و خاصیت جذب سطحی به عنوان غربال مولکولی در فرآیند جداسازی و جذب مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۰-۲]. جدول شماره ۱، شامل ویژگی‌های فیزیکی، جدول شماره ۲، شامل اجزاء تشکیل‌دهنده به فرم اکسید و شکل شماره ۱، تصویر پسماند مولکولارسیو واحد نم‌زدایی پالایشگاه اول را نشان می‌دهد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی پسماند مولکولارسیو پالایشگاه گازی اول

ویژگی‌های فیزیکی	مولکولارسیو پالایشگاه اول
حالت فیزیکی	جامد
رنگ	کرم، قهوه ای، خاکستری
شکل ظاهری	کروی کوچک
بو	دارای بو، شبیه به بوی خاک
حلالیت	ناچیز (کمتر از ۰/۱٪)

جدول ۲- عناصر تشکیل دهنده پسماند مولکولارسیو پالایشگاه گازی اول

اجزاء تشکیل‌دهنده	پسماند مولکولارسیو (٪)
SiO_2	۴۲/۵۶
Al_2O_3	۲۳/۶۵
Fe_2O_3	۱/۲۸
CaO	۱/۰۴
Na_2O	۱۵/۲۶
MgO	۱/۸۳
K_2O	۰/۱۹
TiO_2	۰/۱۴
MnO	۰/۰۲
P_2O_5	۰/۰۹
%LOI	۱۳/۶

شکل ۱- پسماند مولکولارسیو پالایشگاه گازی اول

سرامیک بال نوعی قطعات سرامیکی هستند که در پالایشگاه‌ها، صنایع پتروشیمی و نیز صنایع شیمیایی کاربرد دارند و به عنوان پایه کاتالیست مورد استفاده قرار می‌گیرند. سرامیک‌های بال باعث توزیع بسیار خوب سیال، ظرفیت بالا، هدایت قابل توجه سیال به دیواره‌های برج و نیز کاهش فشارزیاد با سطح تماس پایین می‌شوند. در واقع سرامیک بال به عنوان یک کاتالیست، عناصر متصاعد شده از سایر کاتالیست‌هایی که بعد یا قبل آن قرار گرفته‌اند را جذب می‌کند و باعث افزایش عمر و استمرار فعالیت آنها می‌شود که این امر اثر بسیاری بر فاکتورهای اقتصادی تولید دارد [۱۱]. جدول شماره ۳، شامل ویژگی‌های فیزیکی، جدول شماره ۴، شامل اجزاء تشکیل‌دهنده به فرم اکسید، شکل شماره ۲، تصویر زائدات سرامیک بال واحد نمزدایی پالایشگاه اول و جدول شماره ۵، شامل نتایج آزمایش تعیین فلزات سنگین هر دو نوع زائدات می‌باشد. براساس نتایج آزمایش (XRF: X-Ray Fluorescence) ، قسمت اعظم زائدات مولکولارسیو (حدود ۶۰ درصد) و سرامیک بال (حدود ۹۰ درصد) را Al_2O_3 و SiO_2 تشکیل می‌دهد که بالا بودن مقدار SiO_2 نشان دهنده مقاومت و سختی بالای این زائدات است. در حقیقت بالا بودن مقدار SiO_2 در مصالح سنگی باعث مقاومت و تاب بیشتر مصالح در برابر فشارهای ناشی از وسایل نقلیه عبوری می‌شود که براساس نتایج آزمایش در صورت جایگزینی این زائدات با مصالح سنگی، مقاومت زائدات سرامیک بال بیشتر از زائدات مولکولارسیو می‌باشد. همچنین براساس نتایج همین آزمایش، درصد مواد آلی فرار (%LOI : Lost On Ignition) نشان دهنده بالا بودن مواد آلی موجود در زائدات مولکولارسیو نسبت به سرامیک بال می‌باشد. در واقع وجود مواد آلی در مصالح مصرفی در تولید آسفالت باعث ایجاد واکنش می‌شود، مواد آلی در اثر حرارت از بین می‌روند. در نتیجه در آسفالت، فضای خالی ایجاد می‌شود که اثرات نامطلوبی بر عملکرد آن دارد. نتایج آزمایش فلزات سنگین (ICP: Inductively Coupled Plasma) که در جدول شماره ۵ ارائه شده است، نشان می‌دهد که میزان فلزات سنگین موجود در این دو نوع زائدات پایینتر از حد مجاز استاندارد EPA است، بنابراین جز پسماندهای خطرناک دسته بندی نمی‌شوند.

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی زائدات سرامیک بال پالایشگاه گازی اول

ویژگی‌های فیزیکی	مولکولارسیو پالایشگاه اول
حالت فیزیکی	جامد
رنگ	سفید مایل به خاکستری
شکل ظاهری	کروی بزرگ
بو	بدون بو
حلالیت	غیرقابل حل در آب

جدول ۴- اجزاء تشکیل دهنده پسماند سرامیک بال پالایشگاه گازی اول

اجزاء تشکیل‌دهنده	پسماند مولکولارسیو (٪)
SiO_2	۶۹/۹۹
Al_2O_3	۲۰/۹۷
Fe_2O_3	۲/۱۶
CaO	۰/۹۴
Na_2O	۱/۱۷
MgO	۰/۹۳
K_2O	۲/۴۷
TiO_2	۰/۵۲
MnO	۰/۰۲
P_2O_5	۰/۰۷
%LOI	۰/۴۷

شکل ۲- زائدات سرامیک بال پالایشگاه گازی اول

جدول ۵- نتایج آزمایش فلزات سنگین موجود در زائدات مولکولارسیو و سرامیک بال واحد نمزدایی پالایشگاه گازی اول

فلزات سنگین / نمونه	As ppm	Ba ppm	Cd ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Hg ppb	Mn ppm	Ni ppm	Pb ppm	Zn ppm
پسماند مولکولارسیو	۴	۹	<۰/۱	<۱	۵	۴۸	<۱۰۰	۳۲	۲	۴	۳۶
پسماند سرامیک بال	<۱	<۱	<۰/۱	<۱	<۱	۵	<۱۰۰	۱	۵	<۱	۱۰
حد مجاز استاندارد EPA (ppm)	۵	۱۰۰	۱	NA*	۵	NA	۰/۲	NA	NA	۵	NA

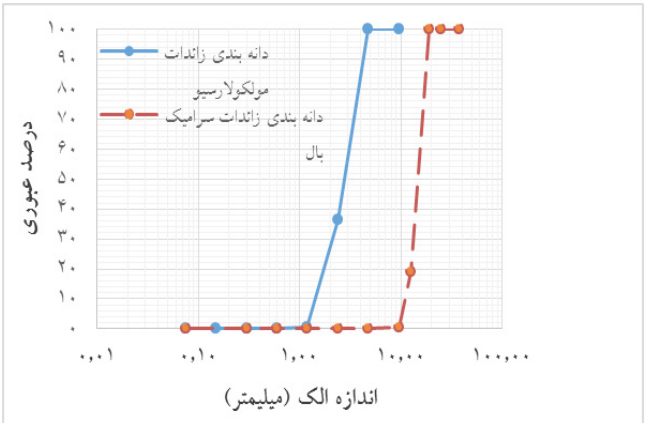
* Not Applicable

دانه بندی

نمودار شماره ۱، دانه بندی زائدات مولکولارسیو و سرامیک‌بال می‌باشد. براساس نتایج بدست آمده پسماند مولکولارسیو ریزتر از پسماند سرامیک‌بال است. نمودار شماره ۲ دانه بندی پسماند سرامیک بال خرد شده و آرایه شده همراه با مصالح سنگی تهیه شده (از کارخانه آسفالت‌سازی) و آرایه شده به فرم دانه‌بندی قشر رویه را نشان می‌دهد.

جدول ۶- حدود مشخصات دانه‌بندی شماره ۴ مخلوط‌های پیوسته بتن آسفالتی نشریه ۲۳۴

اندازه الک (میلیمتر)		۰/۰۷۵	۰/۳	۲/۳۶	۴/۷۵	۱۲/۵	۱۹
درصد وزنی عبوری	حد بالا	۱۰	۲۱	۵۸	۷۴	۱۰۰	۱۰۰
	حد پایین	۲	۵	۲۸	۴۴	۹۰	۱۰۰



نمودار ۱- دانه بندی زائدات مولکولارسیو و سرامیک بال

نمودار ۲- دانه بندی زائدات سرامیک بال آرایه شده و مصالح آرایه شده قشر تویکا

بر طبق نمودار شماره ۱، زائدات مولکولارسیو را می‌توان جایگزین درصدی از مصالح سنگی در اندازه بین ۲/۳۶ تا ۴/۷۵ میلیمتر در مخلوط‌های آسفالتی تولیدی با دانه بندی مورد نظر (دانه‌بندی شماره ۴ مربوط به قشر رویه بتن آسفالت) نمود.

بر طبق نمودار شماره ۲، پس از آرایه زائدات سرامیک‌بال خرد شده می‌توان این زائدات را جایگزین کل یا درصدی از مصالح سنگی (درشت دانه، ریزدانه و فیلر) در مخلوط‌های آسفالتی نمود.

آزمایش شاخص خمیری

شاخص خمیری برای پسماند مولکولارسیو و سرامیک بال آرایه شده و مصالح سنگی آرایه شده قشر رویه تعیین شد که نتایج آن در جدول شماره ۷ نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده پسماند مولکولارسیو و سرامیک‌بال غیرخمیری می‌باشند که با حد مجاز استاندارد موجود در نشریه ۲۳۴ و مصالح سنگی تهیه شده قشر توپکا (رویه) همخوانی دارند.

جدول ۷- نتایج آزمایش شاخص خمیری زائدات مولکولارسیو و سرامیک بال و مصالح تهیه شده قشر توپکا

پارامتر	استاندارد آیین‌نامه روسازی آسفالتی	زائدات مولکولارسیو	زائدات سرامیک بال آرایه شده	مصالح سنگی آرایه شده قشر توپکا
درصد حد روانی(LL)	-	غیر قابل تعیین	غیر قابل تعیین	غیر قابل تعیین
درصد حد خمیری (PL)	-	غیر قابل تعیین	غیر قابل تعیین	غیر قابل تعیین
شاخص پلاستیسیته	غیر خمیری	غیر خمیری	غیر خمیری	غیر خمیری

آزمایش ارزش ماسه‌ای (SE)

برای تعیین تمیزی مصالح سنگی از آزمایش ارزش ماسه‌ای (هم ارز ماسه‌ای) استفاده می‌کنند. با استفاده از این آزمایش می‌توان مقدار نسبی خاک رس و مواد ریز دانه مصالح را تعیین نمود. نتایج این آزمایش به شرح جدول ۸ می‌باشد. براساس نتایج بدست آمده هر دو نوع پسماند ، همچنین مصالح تهیه شده قشر رویه حدود مجاز آیین‌نامه را تایید می‌کنند، همچنین پسماند مولکولارسیو عاری از مواد ریزدانه، لای و رس می‌باشد و نسبت به پسماند سرامیک‌بال و مصالح تهیه شده قشر رویه تمیز تر می‌باشد.

جدول ۸- نتایج آزمایش هم ارز ماسه‌ای پسماند مولکولارسیو و سرامیک بال و مصالح سنگی تهیه شده قشر توپکا

پارامتر	استاندارد آیین‌نامه روسازی آسفالتی	پسماند مولکولارسیو	پسماند سرامیک بال آرایه شده	مصالح سنگی آرایه شده قشر توپکا
حداقل ارزش ماسه‌ای ٪	۵۰	۱۰۰	۷۲	۵۲

آزمایش تعیین درصد سنگدانه‌های پهن و دراز

سنگدانه‌های پهن و دراز مصالح سنگی که در برخی از سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، ممکن است در قوام و استحکام سازه‌ها خلل ایجاد کنند و اثر ناگواری بر روی مصالح بگذارند. این آزمایش به منظور کنترل میزان تطبیق سازه با مشخصات فنی به منظور محدود کردن تاثیرات این گونه ذرات و یا برای تعیین شکل نسبی بهینه برای مصالح سنگی مورد استفاده در مخلوط‌های آسفالتی انجام می‌گیرد (جدول ۹). براساس نتایج بدست آمده پسماند سرامیک‌بال آرایه شده و مصالح آرایه شده قشر رویه حدود مجاز آیین‌نامه را تایید می‌کنند.

جدول ۹- نتایج آزمایش درصد سنگدانه‌های پهن و دراز زائدات سرامیک‌بال و مصالح تهیه شده قشر توپکا

پارامتر	استاندارد آیین‌نامه روسازی آسفالتی	پسماند مولکولارسیو	زائدات سرامیک بال آرایه شده	مصالح سنگی آرایه شده قشر توپکا
حداکثر سنگدانه‌های پهن و دراز ٪	۱۵	غیر قابل اجرا	۳	۵

آزمایش تعیین سایش مصالح به روش لس‌انجلس

براساس نتایج بدست آمده پسماند سرامیک‌بال آرایه شده و مصالح آرایه شده مربوط به قشر رویه هر دو حدود مجاز آیین‌نامه را تایید کرده، همچنین براساس نتایج این آزمایش، پسماند سرامیک‌بال آرایه شده مقاومت بیشتری در مقابل ساییدگی در قیاس با مصالح تهیه شده قشر رویه دارد.

جدول ۱۰- نتایج آزمایش سایش لس‌انجلس زائدات سرامیک بال و مصالح تهیه شده قشر توپکا

پارامتر	استاندارد آیین‌نامه روسازی آسفالتی	زائدات مولکولارسیو	زائدات سرامیک بال آرایه شده	مصالح سنگی آرایه شده قشر توپکا
حداکثر سایش مصالح به روش لس انجلس ٪	۲۵	غیر قابل اجرا	۱۵/۸۷	۲۱

آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب مصالح

پسماند مولکولارسیو به دلیل آنکه طبق نمودار ۱ می‌بایست جایگزین درصدی از مصالح در سایز بین ۲/۳۶ تا ۴/۷۵ میلیمتر شود، این آزمایش روی مصالح مانده روی الک نمره ۸ انجام پذیرفت، که نتایج آزمایشات تعیین وزن مخصوص و جذب آب در جدول شماره ۱۱ نشان داده شده است. در حقیقت تعیین وزن مخصوص ظاهری و حقیقی به منظور لحاظ نمودن خلل و فرج موجود در مصالح مصرفی در مخلوط‌های آسفالتی گرم است[۱۲]. براساس نتایج آزمایش، وزن مخصوص زائدات بالاخص مولکولارسیو کمتر از وزن مخصوص سرامیک‌بال آرایه شده و مصالح سنگی مربوط به قشر رویه است که این وزن مخصوص کمتر به دلیل خلل و فرج بیشتر در پسماند مولکولارسیو است که در نتیجه خلل و فرج بیشتر باعث جذب آب زیاد در این پسماند شده که جذب آب در آن بسیار بیشتر از حدود مجاز آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه‌های ایران می‌باشد.

جدول ۱۱- نتایج آزمایش وزن مخصوص و درصد جذب آب پسماند مولکولارسیو و سرامیک بال و مصالح سنگی تهیه شده قشر توپکا

پارامتر	استاندارد آیین‌نامه روسازی آسفالتی	پسماند مولکولارسیو مانده روی الک نمره ۸	پسماند سرامیک بال آرایه شده		مصالح سنگی آرایه شده قشر توپکا	
			مانده روی الک نمره ۸	عبوری از الک نمره ۸	مانده روی الک نمره۸	عبوری از الک نمره ۸
وزن مخصوص ظاهری	–	۲/۳۰	۲/۳۹	۲/۳۸	۲/۷۰	۲/۷۰
وزن مخصوص حقیقی	–	۱/۲۵	۲/۳۴	۲/۳۰	۲/۵۸	۲/۵۲
حداکثر درصد جذب آب	۲/۵	۳۶/۰۳	۰/۹۵	۱/۲۸	۱/۱۸	۲/۶۰

بحث

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که پسماند مولکولارسیو (زئولیت) به دلیل ماهیت جاذب بودن، قابلیت استفاده در مخلوط‌های آسفالتی را ندارند که این مورد با نتایج بدست آمده از مطالعات الشمسی و همکاران (۲۰۱۵) که روی کاتالیست‌های مستعمل زئولیتی پالایشگاه‌های نفت کشور عمان انجام شده، مشابه می‌باشد [۸]. روش فعلی مدیریتی زائدات مولکولارسیو و سرامیک‌بال، دفن می باشد که روشی مناسب با محیط زیست نیست، چون علاوه بر آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی و سایر مشکلات بهداشتی و محیط زیستی ناشی از دفن این پسماندها، زمین زیادی نیز صرف دفن برای این زائدات می‌شود که این مقدار زمین را می‌توان برای کاربری‌های دیگر استفاده کرد. از طرفی با توجه به اینکه صنعت راهسازی هر سال مقادیر بسیار زیادی از مصالح سنگی را برای فعالیت‌های عمرانی مصرف می‌کند، در نتیجه این امر تخریب محیط زیست با سرعت بیشتری پیشروی می‌کند. از آنجا که در سلسله مراتب مدیریت پسماند گزینه بازیابی مواد و انرژی به لحاظ محیط زیستی و بهداشتی اولویت بالاتری نسبت به روش دفن دارد، بنابراین با بازیافت این زائدات صنعتی به عنوان مصالح سنگی از طرفی از تخریب منابع طبیعی

جلوگیری به عمل می‌آید و از طرف دیگر از ورود سالانه مقادیر زیادی از این پسماندها و آلاینده‌های موجود در آنها به محیط زیست تاحدی می‌توان جلوگیری به عمل آورد. تهیه سنگدانه لازم برای فعالیت‌های ساخت و ساز علاوه بر تخریب محیط زیست و صرف درصد بالایی از بودجه عمرانی، مشکلات زیادی را برای منطقه ایجاد می‌کند و حتی در برخی نواحی به علت استخراج سنگدانه‌ها لایه زیرین خاک که حاوی مواد سمی هستند، در تماس با محیط قرار گرفته و سلامت جامعه را تهدید می‌کند. اولویت مدیریت دفع مواد زائد در کاهش مقدار زباله‌های تولیدی و استفاده از مواد بازیافتی است که ضمن کوچک شدن محل‌های دفن زباله اثرات منفی محیط زیستی آنها را کاهش داده و به حفظ محیط زیست کمک می‌کند [۱۳]. در حقیقت استفاده مجدد از زائدات صنعتی و به کار گیری آنها به عنوان جایگزین منابع طبیعی علاوه بر اینکه راه حل بهینه و منطقی و در بیشتر موارد اقتصادی می‌باشد، منجر به کوچکتر شدن محل‌های دفن می‌شود و از سوی دیگر رویکرد اکولوژی صنعتی نیز محقق می‌شود که گامی سبز در جهت توسعه پایدار می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی مقدماتی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی زائدات مولکولارسیو و سرامیک بال واحد نم‌زدایی پالایشگاه اول شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی به منظور امکان پذیری استفاده از این زائدات در تولید مخلوط‌های آسفالتی گرم پرداخته شد، نتایج آزمایش XRF به منظور بررسی اجزاء تشکیل دهنده این زائدات نشان می‌دهد که قسمت اعظم این دو نوع پسماند را Al_2O_3 و SiO_2 تشکیل می‌دهد، همچنین براساس نتایج آزمایش جذب آب، زائدات مولکولارسیو به دلیل جذب بسیار بالای آب (۳۶٪) که بسیار بالاتر از حد مجاز استاندارد جذب آب برای مصالح در قشر رویه بتن آسفالت می‌باشد، به عنوان جایگزین مصالح سنگی در قشر رویه بتن آسفالت توصیه نمی‌شود. در حقیقت جذب بسیار بالای آب در این زائدات به دلیل ماهیت جاذب بودن آنها می‌باشد و در صورتی که جایگزین بخشی از مصالح سنگی در مخلوط‌های آسفالتی شوند، باعث تاب کمتر این مواد در مقابل شرایط جوی در نتیجه ترک خوردگی و شکستن در فصل زمستان می‌شود به علاوه وجود خلل و فرج زیاد در مولکولارسیو باعث می‌شود که در صورت جایگزینی با مصالح سنگی در ساخت بتن آسفالت درصد قیر مصرفی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد، در نتیجه استفاده از پسماند مولکولارسیو به عنوان بخشی از ریزدانه در ساخت مخلوط‌های آسفالتی گرم توصیه نمی‌شود. آزمایشات فیزیکی صورت گرفته در مورد زائدات سرامیک بال و مقایسه نتایج آن با حدود مجاز استاندارد موجود در آیین‌نامه روسازی راه‌های ایران (نشریه ۲۳۴)، نشان دهنده پتانسیل مناسب این زائدات به عنوان جایگزین کل یا بخشی از مصالح سنگی در مخلوط‌های آسفالتی گرم می‌باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله برخود لازم می‌دانند از مساعدت مهندس مجید کریمی مسئول بخش مقاومت مصالح آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان کرمانشاه به دلیل همکاری ایشان در این پژوهش تشکر و قدردانی کنند.

References

1- Ramazanianpour AA, Maknoun R, Nikravan M. Stabilization and solidification in hazardous wastes management in Petrochemical Industry. Proceedings of the 6th International National Congress on Civil Engineering 2011 Apr. 26-27; Semnan, Iran (In Persian).

2- Tanhaziyarati M, Mazlumizadeh S, Zarehaghighi L, Nojomi A. Study and presentation of the optimal management of Molecular Sieve Wastes in South Pars Gas Complex. Proceedings of the 2nd National Conference on Waste Water and Solid Waste Management in Oil and Energy Industries 2011 Dec. 29; Tehran, Iran (In Persian).

3- Al-Jabri K, Baawain M, Taha R, Al-Kamyani ZS, Al-Shamsi K, Ishtieh A. Potential use of FCC spent catalyst as partial replacement of cement or sand in cement mortars. Construction and Building Materials 2013; 39:77-81.

4- Al-Jabri K, Al-Kamyani Z, Taha R, Baawain M, Al-Shamsi K, Al-Saidy A. Effect of spent catalyst as a fine aggregate on the properties of concrete. Proceedings of the Architectural Engineering Conference AEI 2013:

Building Solutions for Architectural Engineering 2013 Apr. 3-5; Pennsylvania, United State.

5- Su N, Chen Z-H, Fang H-Y. Reuse of spent catalyst as fine aggregate in cement mortar. Cement and Concrete Composites 2001; 23(1):111-18.

6- Furimsky E. Spent refinery catalysts: Environment, safety and utilization. Catalysis Today 1996; 30(4):223-86.

7- Alshamsi K, Baawain M, Aljabri K, Taha R, Al-kamyani Z. Utilizing waste spent catalyst in asphalt mixtures. Procedia-Social and Behavioral Sciences 2012; 53:326-34.

8- Shamsi K, Baawain M, Aljabri K, Taha R, Al-kamyani Z. Mix Design and Moisture Susceptibility of Asphalt Concrete Mixes Containing Waste Catalyst from Oil Refineries. International Journal of Pavement Research and Technology 2015; 8(6):426-32.

9- Islamic Republic of Iran, Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision. Iran Highway Asphalt Paving Code. Tehran: The Ministry of Roads and Urban Development, Office of Deputy for Strategic Supervision; 2011. Report No.: 234 (In Persian).

10- Gholami F, Sayf M, Sefati K. Identification and removal of degradation agents of moisture absorbing substrates (molecular weight) in degassing units of South Pars Gas Refineries. Proceedings of the International Conference on Recent Innovations in Chemistry & Chemical Engineering 2015 Sep. 17; Tehran, Iran (In Persian).

11- Hosseinzadeh H, Nemati Z, Arzani A, Solati M. Study of Ceramic Balls Formulations used in petrochemical styrene monomer unit. Proceedings of the 6th Iranian Ceramic Congress 2007 May. 15-16; Tehran, Iran (In Persian).

12- Ziyarati H, Fatemi S. Feasibility using demolition waste as aggregate in produce hot mix asphalt. Proceedings of International Conference on Engineering, Arts Management and Environment 2014 Dec. 11-12; Szczecin, Poland.

13- Sayadi MH, Moafagh A. The feasibility of using recycled materials in asphalt paving for road building, relying on environmental issues. Proceedings of the 6th National Conference & Exhibition on Environmental Engineering 2012 Nov. 17-21; Tehran, Iran (In Persian).