

بررسی آثار گرد و غبار ناشی از صنایع سیمان بر تنوع و تراکم پوشش گیاهی مطالعه موردی: کارخانه سیمان شاهرود

سیده زهرا موسوی^۱، سعید متصدی^{۲*}، علی جوزی^۳، نعمت ا... خراسانی^۴

۱. دانشجوی دکترای محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران ۲. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ۳. استادیار گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست دانشگاه آزاد واحد تهران شمال ۴. استاد گروه محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد، واحد علوم و تحقیقات تهران
* نویسنده مسئول. تلفکس: ۰۲۱۲۲۴۳۲۰۴۳ ایمیل: smotesaddi@sbmu.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: کارخانه‌های سیمان یکی از منابع عمده آلودگی هستند. رسوب غبار سیمان بر روی فتوسنتز، ترشح و باروری گیاه تأثیر گذار است. افزایش غلظت غبار در هوا باعث کاهش شدید قابلیت فتوسنتز در برگ‌ها، بسته شدن روزنه‌های برگ‌ها و به طور عمده کاهش رشد و باروری گیاهان می‌شود.

روش کار: در این مقاله اثر ذرات گرد و غبار ناشی از کارخانه سیمان شاهرود بر تنوع و تراکم پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفته است. جهت بررسی تنوع گونه‌های گیاهی و ارزیابی تیپ غالب گیاهی از روش کوادرات استفاده شد. نوع و مقدار رسوب گرد و غبار موجود بر گیاهان و تنوع و تراکم گیاهان در فواصل و جهات مختلف از منبع انتشار اندازه گیری شد.

یافته‌ها: نمونه‌های حاصل از آنالیز غبار موجود بر گیاهان نشان داد که مهمترین عنصر نمایش دهنده بار آلودگی اکسید کلسیم است. نتایج حاصل از ارزیابی تراکم گیاهان مرتعی، میزان ذرات رسوب یافته بر روی گیاهان و تنوع پوشش گیاهی نشان می‌دهد که بین تنوع و تراکم پوشش گیاهی با رسوب ذرات گرد و غبار خروجی از دودکش‌های کارخانه یک همبستگی معکوس برقرار است.

نتیجه گیری: هر قدر از منبع انتشار ذرات دورتر می‌شویم میزان رسوب ذرات کاهش و تنوع و تراکم پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. در اطراف کارخانه میزان رسوب ذرات بیشتر و تنوع گونه‌ها کمتر می‌شود. در این منطقه تعدادی از گونه‌های مقاوم مثل وِرک و درمنه جایگزین می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: سیمان، گرد و غبار، پوشش گیاهی، تنوع، شاهرود

دریافت: ۹۳/۱/۱۹ پذیرش: ۹۳/۸/۳

مقدمه

بخش سیمان یکی از مهمترین بخش‌های تولیدکننده گازهای آلاینده در محیط می‌باشد که اثرات محیط زیستی مهمی را بر اکوسیستم دارد. مهمترین آلاینده‌های منتشره از صنایع تولید سیمان از نظر اثرات فوری و محلی ذرات و منوکسید کربن هستند که هر کدام اثرات مختلفی را بر موجودات زنده و محیط وارد می‌سازند. در تولید سیمان به ازای تولید

هر تن کلینکر حدود یک تن گاز دی اکسید کربن در هوا منتشر می‌شود. در حال حاضر میزان تولید گاز دی اکسید کربن توسط کارخانجات سیمان حدود ۳۰ میلیون تن در سال می‌باشد و با افزایش ظرفیت‌های تولید سیمان در حد ۷۰ میلیون تن در سال ۱۴۰۰ میزان تولید دی اکسید کربن به رقمی معادل تولید سیمان در آن سال خواهد رسید که با توجه به اثر گازهای گلخانه‌ای، سهم بخش تولید سیمان ایران در

ایجاد آسیب‌های محیط زیستی قابل توجه خواهد بود. از طرفی ۱۴٪ از حمل بار کشور اختصاص به سیمان دارد و لذا ۱۴٪ از آلودگی‌های ناشی از شبکه حمل و نقل کشور بر عهده بخش سیمان می‌باشد. از طرف دیگر صنایع سیمان کشور حدود ۸۱٪ از انرژی خود را از سوخت فسیلی تأمین می‌کنند که عاقبت این کار اثرات نامطلوب دیگری بر تولید گازهای گلخانه‌ای دارد (۱).

آلودگی هوای ناشی از آلاینده‌های خروجی از صنایع تولید سیمان، می‌تواند یکی از منابع مهم آلودگی زیست محیطی به شمار آید. گرد و غبار و گازهای ناشی از صنعت سیمان امروزه از اهمیت خاصی برای تولیدکنندگان و سازمان‌های طرفدار محیط زیست و سکنه اطراف کارخانجات برخوردار می‌باشد. وجود ذرات به همراه گازهای آلاینده هوا از جمله ترکیبات نیتروژن و کربن در خروجی دود این صنایع می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری را بر انسان‌ها و محیط اطراف صنایع فوق از جمله گیاهان وارد سازد (۲). از سوی دیگر مصرف انرژی در صنعت سیمان به دلیل انرژی‌بر بودن این صنعت و از طرف دیگر حمل و نقل سیمان در شرایط فعلی که بزرگترین قلم کالا در حمل و نقل کشور می‌باشد، سهم بخش سیمان را در آلودگی محیط زیست مهم کرده است. مصرف انرژی و مصرف انواع سوخت‌های فسیلی نظیر زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی باعث افزایش شدید گازهایی در جو شده است. پدیده تغییر آب و هوا یکی از این تبعات است (۳). ذرات منتشره از صنعت سیمان نیز با توجه به اندازه و ترکیب با سایر آلاینده‌های هوا، اثرات مختلف و جبران‌ناپذیری را بر گیاهان وارد می‌سازند. این در حالی است که وجود معادن فراوان، ذخایر انرژی مطلوب و نیاز فراوان بازار داخلی و خارجی سبب شد تا آهنگ رشد صنایع سیمان در سال‌های اخیر رشدی چشمگیر و جهشی داشته باشد. گرد و غبار و زائدات ناشی از صنایع سیمان با افزایش تولید نیز افزایش یافته و

علاوه بر آلودگی هوا، آلودگی خاک و به دنبال آن آسیب به بافت‌های گیاهی را در پی خواهد داشت. در استان سمنان بعد از گذشت ۱۵ سال از احداث کارخانه سیمان شاهرود، از آنجا که محل قرارگیری این کارخانه نزدیک به باغات کشاورزی در منطقه حاصلخیز بسطام است و استفاده از سوخت‌های غیرگازی در فصل زمستان و پاییز کشاورزان ۳ سال پیاپی شکایت‌هایی مبنی بر آسیب گرد و غبار به محصولات باغی را داشتند. کارگران خود کارخانه نیز از آلودگی ذرات گرد و غبار در محیط رنج می‌بردند (۴). افزایش غلظت گرد و غبار منتشره از کارخانجات سیمان در هوا باعث کاهش شدید قابلیت فتوسنتز، بسته‌شدن روزنه برگ‌ها و به طور عمده کاهش رشد و باروری گیاهان می‌شود. همچنین موجب کاهش نسبت کلروفیل نوع a به نوع b می‌شود که این تغییرات در دو نوع کلروفیل آسیب به دستگاه فتوسنتز را در پی دارد که از عواقب آن مسمومیت و افزایش تنش‌های آبی در گیاه است (۵). در مقاله بررسی آثار گرد و غبار ناشی از صنایع سیمان بر تنوع و تراکم پوشش گیاهی (کارخانه سیمان آبیگ) نتایج حاصل از آنالیز عناصر نمونه‌های خاک، ارزیابی تراکم گیاهان مرتعی، میزان ذرات رسوب یافته بر روی گیاهان و ارزیابی تنوع پوشش گیاهی نشان می‌دهد که بین تنوع و تراکم پوشش گیاهی با رسوب ذرات گرد و غبار خروجی از دودکش‌های کارخانه یک همبستگی معکوس برقرار است. با دورشدن از منبع انتشار ذرات میزان رسوب ذرات کاهش و تنوع و تراکم پوشش گیاهی افزایش می‌یابد. در اطراف کارخانه میزان رسوب ذرات بیشتر و تنوع گونه‌ها کمتر می‌شود. در این منطقه تعدادی از گونه‌های مقاوم مثل ورک^۱ و درمنه^۲ جایگزین می‌شوند (۶).

به طور کلی ذرات گرد و غبار اتمسفری باعث بسته‌شدن روزنه‌ها و افزایش دمای برگ‌ها می‌شود

^۱ Persica Hulthemia

^۲ Artemisia

سال است. درجه حرارت بین $+43$ و -18 - درجه سانتی گراد قرار دارد و متوسط رطوبت نسبی $50/5$ است. 75 درصد سوخت کارخانه سیمان شاهرود گاز طبیعی و 25 درصد آن را مازوت تشکیل می‌دهد. نوع سیمان تولیدی در شرکت سیمان شاهرود تیپ 2 و 5 خاکستری است و برای هر دو تیپ علامت استاندارد اخذ گردیده است. درصد اختلاط مواد خام برای تولید سیمان خاکستری تیپ 2 و 5 به شرح زیر است:

- مارل $95-86$ درصد

- سنگ آهک $8-0$ درصد

- سنگ آهن $1/8-1/3$ درصد

- سنگ گچ حدود 4 درصد

مقدمات اجرای خط دوم سیمان شاهرود از سال 1380 آغاز و در سال 1382 سیمان شاهرود موفق به اخذ موافقت اصولی برای تولید 3400 تن سیمان خاکستری تیپ دو و متعاقباً تیپ‌های $1-325$ ، $1-425$ ، 5 و با توان تولید 990000 تن کلینکر در سال گردید (13).

آنالیز کمی و کیفی عناصر موجود بر پیکره گیاهان

در ابتدا به منظور تعیین عنصر شاهد بار آلودگی، اقدام به آنالیز نمونه‌های تصادفی تهیه شده از مواد خام خوراک کوره برداشت شده از سیلوهای نهایی خوراک کوره به عنوان ورودی سیستم و غبار جمع‌آوری شده از الکتروفیلتر خط یک کارخانه به عنوان خروجی به روش دیفراکتومتری با اشعه X شد. سپس نتایج حاصل با نتایج تجزیه گرد و غبار موجود بر پیکره گیاهان (تحت تأثیر) واقع در شعاع یک کیلومتری کارخانه مورد ارزیابی مقایسه‌ای قرار گرفت. آنالیز حاصل از گرد و غبار کارخانه و گیاهان در جدول زیر داده شده است.

جدول ۱. غلظت عناصر موجود در مواد خام خوراک کوره

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O
$21/2$	$4/1$	$3/1$	$70/3$	$2/14$	2

(۷). ذرات گرد و غبار در داخل برگ‌ها وارد می‌شوند و باعث کاهش فعالیت فتوسنتزی و کاهش رشد می‌شود. گرد و غبار با غلظت $28/9 \mu g/m^3$ باعث کاهش معنی‌دار فتوسنتز و افزایش معنی‌دار تنفس تاریکی می‌شود. آلودگی جوی به طور مستقیم بر روی تبادل گاز دی اکسید کربن و تجمع ماده خشک گیاهی تأثیر می‌گذارد ($8,9$). رسوب گرد و غبار بر روی برگ مانند لایه محافظی برای انتشار آفات و بیماری‌های گیاهی و فعالیت قارچ‌های بیماری‌زا عمل می‌کند (10). محققان گزارش دادند که غبار ناشی از کوره‌های سیمان با غلظت $0/5$ گرم در مترمربع باعث کاهش 73% فتوسنتز برگ‌های لوبیا می‌شود ($11,12$). با توجه به مطالب یاد شده که نشان‌دهنده توسعه روزافزون صنعت سیمان در کشور می‌باشد و از آن جا که این صنایع به طور بالقوه آلاینده محیط تحت تأثیر خود می‌باشد، لازم است که اثرات یادشده شناسایی و راهکارهای مناسب جهت کنترل و کاهش آن لحاظ شود. لذا کارخانه سیمان شاهرود با تولید بیش از 3 میلیون تن سیمان پرتلند در سال به عنوان یکی از بزرگترین تولیدکننده کارخانه سیمان در کشور که در مجاورت مراتع طبیعی قرار دارد، جهت بررسی اثرات گرد و غبار بر اراضی مرتعی در نظر گرفته شد.

روش کار

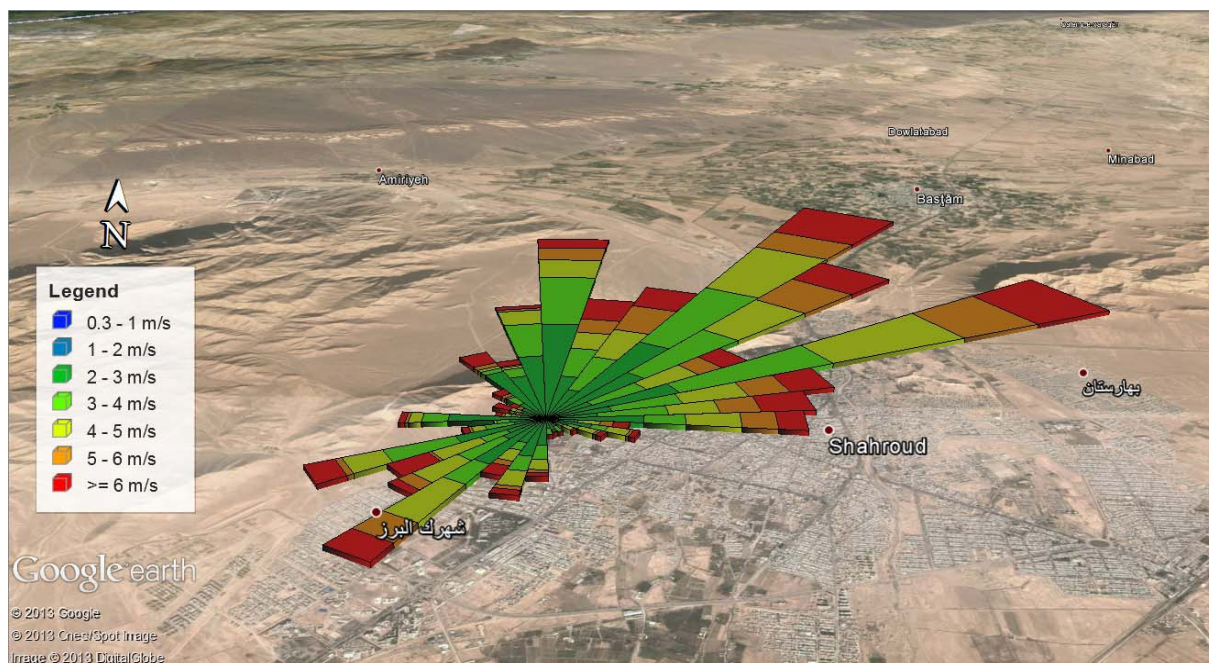
تاریخچه و ویژگی‌های منطقه

شرکت سیمان شاهرود در سال 1363 و با سرمایه‌ای معادل یک صد و چهل میلیون ریال تأسیس و بعد از اتمام مطالعات اولیه در سال 1365 موفق به اخذ موافقت اصولی برای تولید 2300 تن سیمان خاکستری پرتلند در روز گردید. کارخانه در منطقه پهن‌دره در قسمت شمال غربی و به فاصله 12 کیلومتری شاهرود قرار دارد. ارتفاع محل احداث کارخانه سیمان شاهرود از سطح دریا 1570 متر و میزان بارندگی در منطقه مذکور 202 میلی‌متر در

گلبداد منطقه مورد مطالعه

در شکل ۱ گلبداد منطقه مورد مطالعه رسم شده است. برای رسم این گلبداد از اطلاعات هواشناسی ایستگاه همدیدی بندر امیرآباد استفاده شده است. همان طور که در این شکل دیده می شود، جهت وزش باد غالب از شمال شرقی به جنوب غربی

می باشد که از اسفندماه شروع شده و سرعت و شدت آن کم کم رو به افزایش گذاشته و در تابستان به حداکثر می رسد. باد شمال در بهار و تابستان از حیث سرعت و شدت دارای اهمیت بوده و باد جنوب غرب نیز در زمستان و بهار قابل توجه می باشد.

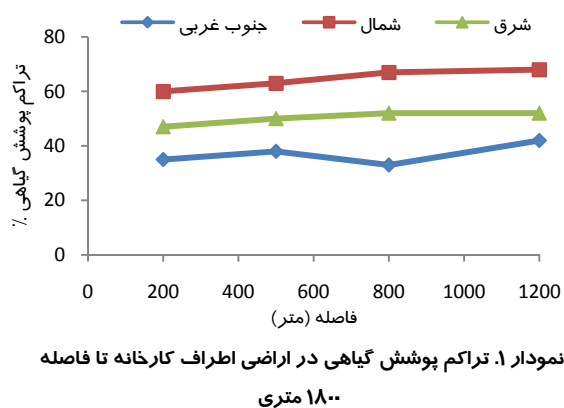


شکل ۱. گلبداد منطقه مورد مطالعه

ارزیابی تراکم گیاهان مرتعی حوزه نفوذ

به منظور تعیین تراکم گیاهی در حوزه کارخانه از منبع انتشار تا شعاع ۱۸۰۰ متری از روش متر ترانس کت استفاده شد. بدین صورت که به منظور امکان مقایسه تطبیقی با نتایج حاصل از آنالیز نمونه های خاک و غبار سیمان رسوب یافته در اراضی، تراکم گیاهی در جهت جنوب غربی در فواصل ۲۰۰، ۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۸۰۰ متری از منبع انتشار، مورد سنجش قرار گرفت. بدین ترتیب که در هر ایستگاه سه ترانس کت به صورت تصادفی زده شد و نتایج حاصل در جدول صحرائی که برای هر ایستگاه تنظیم شده بود، درج و در ادامه تراکم گیاهی هر ایستگاه از میانگین نتایج سه ترانس کت مذکور به دست آمد. در نهایت به منظور سهولت بررسی و دریافت

نتایج، طبق جداول یادشده نشان X برای هر جهت نموداری ترسیم شد که در آن محور X نشان دهنده تراکم پوشش گیاهی و Y نشان دهنده فاصله از منبع انتشار می باشد (نمودار ۱).



بررسی تنوع گونه‌های گیاهی و تعیین گونه‌های غالب

جهت بررسی تنوع گونه‌های گیاهی و ارزیابی تپه غالب گیاهی از روش کوادرات استفاده شد. به منظور انجام مطالعات سیستماتیک و امکان مقایسه تطبیقی با سایر مطالعات، اقدام به نمونه‌برداری در جهت، شمال، شرقی و غرب (جنوب منتهی به کوه‌ها بوده و ورود ممنوع می‌باشد) در فواصل ۱۸۰۰، ۸۰۰، ۵۰۰ و ۲۰۰ متری از منبع انتشار گردید. با توجه

به اینکه جهت باد غالب به سمت جنوب غرب بود جهت بررسی اثر ذرات معلق بر پوشش گیاهی فقط پوشش گیاهی این ناحیه مورد بررسی قرار گرفت. طی این مرحله کلیه گیاهان داخل هر کوادرات جمع‌آوری و به منظور شناسایی و شمارش گونه‌ها به هرباریوم گونه مراجعه گردید (جدول ۲).

جدول ۲. پوشش گیاهی حوزه نفوذ کارخانه سیمان شاهرود تا فاصله ۱۸۰۰ متری

جهت جغرافیایی	فاصله به متر	نام خانواده	گونه	جنس	نام فارسی	تکرار گونه	درصد تراکم پوشش گیاهی
شمال	۲۰۰	Leguminosaeae	<i>bisulcatus</i>	<i>Astragalus</i>	گون	۸	۲۹
		Compositae	<i>sieberi</i>	<i>Artemisia</i>	درمنه	۱۲	
		Plumbaginaceae	<i>bracteatum</i>	<i>Acantholimon</i>	کلاه میرحسن	۹	
	۵۰۰	Nitrariaceae	<i>harmala</i>	<i>Peganum</i>	اسپند	۹	۳۳
		Fabaceae	<i>maurorum</i>	<i>Alhagi</i>	خارشتر	۵	
		Asteraceae	<i>annua</i>	<i>Artemisia</i>	گندجارو	۱۱	
		poaceae	<i>Fatua</i>	<i>Avena</i>	یولاف وحشی	۶	
		Tamaricaceae	<i>hispida</i>	<i>Tamarix</i>	گز	۲	
	۸۰۰	poaceae	<i>mysuroides</i>	<i>Alopecurus</i>	دم روباهی	۱۶	۴۹
		chenopodiaceae	<i>album</i>	<i>Chenopodium</i>	سلمک	۱۰	
		Fabaceae	<i>maurorum</i>	<i>Alhagi</i>	خارشتر	۹	
		Compositae	<i>tinctorius</i>	<i>arthamus</i>	گلرنگ وحشی	۵	
		Asteraceae	<i>Orientalis</i>	<i>Scariola</i>	گاوجاق کن	۹	
۵۹	۱۸۰۰	Fabaceae	<i>maurorum</i>	<i>Alhagi</i>	خارشتر	۱۶	
		chenopodiaceae	<i>album</i>	<i>Chenopodium</i>	سلمک	۲	
		Rosaceae	<i>persica</i>	<i>Hulthemia</i>	رز وحشی یا ورک	۸	
		Asteraceae	<i>Orientalis</i>	<i>Scariola</i>	گاوجاق کن	۶	
		Amaryllidaceae	<i>tataricum</i>	<i>Ixiolirion</i>	خیارک	۲	
		cuscutaceae	<i>sp</i>	<i>cuscuta</i>	سس	۵	
		Labiatae	<i>pulegium</i>	<i>Mentha</i>	پونه	۹	
		poaceae	<i>Fatua</i>	<i>Avena</i>	یولاف وحشی	۶	
		Labiatae	<i>persica</i>	<i>Phlomis</i>	گوش بره	۴	
		Compositae	<i>salistialis</i>	<i>Centaurea</i>	گل گندم	۱	
شرق	۲۰۰	Leguminosaeae	<i>bisulcatus</i>	<i>Astragalus</i>	گون	۲	۱۵
		Plumbaginaceae	<i>bracteatum</i>	<i>Acantholimon</i>	کلاه میرحسن	۳	
		Compositae	<i>sieberi</i>	<i>Artemisia</i>	درمنه	۵	
		Asteraceae	<i>annua</i>	<i>Artemisia</i>	گندجارو	۲	
		Rosaceae	<i>persica</i>	<i>Hulthemia</i>	ورک	۳	
		Fabaceae	<i>maurorum</i>	<i>Alhagi</i>	خارشتر	۹	۱۲
	۵۰۰	Compositae	<i>repence</i>	<i>acrotlion</i>	تلخه	۳	

جهت جغرافیایی	فاصله به متر	نام خانواده	گونه	جنس	نام فارسی	تکرار گونه	درصد تراکم پوشش گیاهی
	۸۰۰	کف رود خانه و فاقد هر گونه پوشش گیاهی					
غرب و جنوب غرب	۱۸۰۰	Leguminosaeae	<i>bisulcatus</i>	<i>Astragalus</i>	گون	۶	۵۲
		Plumbaginaceae	<i>bracteatum</i>	<i>Acantholimon</i>	کلاه میرحسن	۱۰	
		Compositae	<i>sieberi</i>	<i>Artemisia</i>	درمنه	۱۶	
		(Asteraceae)	<i>annua</i>	<i>Artemisia</i>	گندجارو	۱۲	
		Tamaricaceae	<i>hispida</i>	<i>Tamarix</i>	گنر	۳	
		Nitrariaceae	<i>harmala</i>	<i>Peganum</i>	اسپند	۱۰	
	۲۰۰	Compositae	<i>tinctorius</i>	<i>arthamus</i>	گلرنگ وحشی	۳	۹
		Compositae	<i>sieberi</i>	<i>Artemisia</i>	درمنه	۴	
		Asteraceae	<i>annua</i>	<i>Artemisia</i>	گندجارو	۲	
		Compositae	<i>sieberi</i>	<i>Artemisia</i>	درمنه	۵	
Nitrariaceae		<i>harmala</i>	<i>Peganum</i>	اسپند	۶		
۵۰۰	Asteraceae	<i>annua</i>	<i>Artemisia</i>	گندجارو	۴	۱۵	
	Compositae	<i>sieberi</i>	<i>Artemisia</i>	درمنه	۸		
	Tamaricaceae	<i>hispida</i>	<i>Tamarix</i>	گنر	۳		
	Compositae	<i>sieberi</i>	<i>Artemisia</i>	درمنه	۱۱		
	Compositae	<i>sieberi</i>	<i>Artemisia</i>	درمنه	۱۱		
۱۸۰۰	Tamaricaceae	<i>hispida</i>	<i>Tamarix</i>	گنر	۳	۳۱	
	Tamaricaceae	<i>hispida</i>	<i>Tamarix</i>	گنر	۳		
	Leguminosaeae	<i>bisulcatus</i>	<i>Astragalus</i>	گون	۵		
	Rosaceae	<i>persica</i>	<i>Hulthemia</i>	رز وحشی یا ورک	۱۲		
	منتهی به کوه‌ها بوده و ورود ممنوع می‌باشد						
جنوب	۰						

برآورد سیمان رسوب یافته بر روی اندام گیاهی

به منظور دستیابی به مقدار درصد سیمان رسوب یافته بر روی اندام گیاهی، از روش وزن سنجی استفاده شد. در ابتدا سه نمونه گیاه علفی غالب در فواصل و جهات ذکر شده به وسیله پاکت نایلونی به آزمایشگاه انتقال یافت. سپس وزن نمونه ها اندازه گیری شد که به این ترتیب وزن گیاه همراه سیمان رسوب یافته به دست آمد. در مرحله بعدی نمونه های گیاهی کاملاً با آب مقطر شسته شد و پس از خشک شدن، مجدداً وزن گردید که در این مرحله وزن نمونه ها بدون سیمان رسوبی به دست آمد. سپس با مقایسه وزن نمونه های همراه با سیمان و وزن نمونه های بدون سیمان، درصد وزن سیمان رسوب یافته بر روی گونه های گیاهی محاسبه شد (جدول ۳).

نتایج و بحث

طبق آنالیز انجام شده بر روی مواد خوراک کوره و غبار جمع آوری شده از گیاهان جداول ۱ و ۲ نتیجه گیری می شود که بیش از ۶۰٪ از نمونه ها از اکسید کلسیم تشکیل یافته اند. بنابراین اکسید کلسیم موجود در خاک به عنوان مهمترین عنصر شاهد نمایش دهنده بار آلودگی صنعت سیمان در نظر گرفته شد. پس از آن اکسید سیلیسیم (۲۰٪) مهمترین ذره آلاینده شناخته شد. این ذرات به راحتی به بافت میانی گیاه نفوذ می کند و از آن جا عمده این ذرات را ترکیبات کلسیم تشکیل می دهد، با آب میان بافتی موجود در گیاه واکنش نشان داده و اسید کربنیک ایجاد می کند. اسید تولید شده بر سیتوپلاسم، هسته یاخته ای، واکوئل و خصوصاً کلروپلاست و کوتیکول اثرات منفی گذاشته و باعث اختلال در عملکرد ژنتیکی، تنظیم مواد غذایی و آب سلولی، و سلب

مقاومت گیاه در مقابل ورود باکتری‌ها و عوامل بیماری‌زا می‌شوند (۱۴).

جدول ۳. تراکم پوشش گیاهی در اراضی اطراف کارخانه تا فاصله ۱۸۰۰ متری

جهت جغرافیایی	فاصله از دودکش (متر)	گونه گیاهی غالب	وزن نمونه با سیمان (گرم)	وزن نمونه بدون سیمان (گرم)	وزن سیمان همراه با گیاه (گرم)	درصد وزن سیمان
شمال	۲۰۰	درمنه	۷/۷۳	۷/۰۴	۰/۶۹	۸/۹۲
	۵۰۰	گند جارو	۵/۲۴	۳/۹۴	۰/۳	۸/۱۷
	۸۰۰	دم روباهی	۴/۷۰	۴/۴۶	۰/۲۴	۵/۰۲
	۱۸۰۰	خارشتر	۵/۱۴	۴/۸۳	۰/۳۱	۶
شرق	۲۰۰	درمنه	۵/۸۰	۴/۶۷	۱/۰۴	۱۷/۸۶
	۵۰۰	خارشتر	۵/۴۵	۴/۲۵	۱/۲۱	۲۲/۱۴
	۱۸۰۰	درمنه	۵/۴۲	۴/۹۱	۰/۵۱	۹/۳۳
جنوب غرب	۲۰۰	درمنه	۶/۲۴	۴/۰۳	۲/۲۱	۳۵/۴
	۵۰۰	اسپند	۶/۳۲	۳/۰۲	۱/۳۰	۳۲/۱۸
	۸۰۰	درمنه	۷/۳۹	۵/۷۷	۲/۶۲	۳۰/۱۸
	۱۸۰۰	ورک	۱۱/۰۸	۹/۰۲	۴/۰۶	۲۹/۰۴

جدول ۲ بیانگر این مطلب است که در جهت جنوب غرب تا فاصله ۸۰۰ متری از منبع انتشار گیاهان غالب درمنه، اسپند می‌باشند. این گیاهان در واقع مهاجم هستند که در اراضی تخریب یافته در حوزه کارخانه و در جهت باد غالب توسعه یافته‌اند. با مطالعات میدانی مشاهده شد که تیپ گیاهی مذکور از فاصله ۸۰۰ متری تغییر کرده و در فاصله ۱۸۰۰ متری ورک جایگزین شده است. بنابراین جهت تعیین جامعه گیاهی و گیاه غالب از نمونه‌های برداشت شده در دو جهت شمال و شرق که دارای توزیع متعادل‌تری بودند، استفاده شد. طبق ارزیابی‌های انجام گرفته از گیاهان منطقه اراضی تحت نفوذ کارخانه تا شعاع ۱۸۰۰ متری که جمع‌آوری و مورد شناسایی قرار گرفتند، دو گونه گیاهی خارشتر و درمنه توانسته‌اند موجودیت خود را حفظ کنند و با تراکم بالا به عنوان تیپ غالب گیاهی منطقه شناخته شدند.

در نهایت با بررسی مقدار وزنی رسوب غبار سیمان بر روی اندام گیاهی، بر نتایج حاصل از تنوع و تراکم گیاهی صحه گذاشته شد. به نحوی که با مشاهده جدول ۲ این نتیجه حاصل می‌شود که میزان رسوب گرد و غبار سیمان بر روی اندام گیاهی در فواصل نزدیک به کارخانه افزایش یافته و بالعکس به صورتی

که دامنه تغییرات اندازه‌های درصد وزن سیمان همراه گیاه در جهات مختلف از ۵ تا ۳۵ درصد می‌رسد که بیشترین رسوب در فاصله ۵۰۰ متری و کمترین آن در فاصله ۱۸۰۰ متری مشاهده می‌شود. همچنین در جهت جنوب غرب که جهت باد غالب است، رسوب بیشتری از سیمان ملاحظه می‌گردد. در این جهت سه گیاه ورک، درمنه و اسپند گونه‌های غالب هستند. با ملاحظه نمودار و جدول تراکم و تنوع پوشش گیاهی این نتیجه گرفته می‌شود که میان تنوع و تراکم پوشش گیاهی مرتعی حوزه کارخانه با رسوب ذرات گرد و غبار خروجی از کارخانه یک همبستگی معکوس برقرار است. به صورتی که هر چه به کارخانه نزدیک شویم، میزان رسوب غبار بیشتر شده و در نتیجه از تراکم گیاهی کاسته می‌شود و بالعکس. همچنین انتشار این آلاینده‌ها در حوزه نفوذ باعث پایین بودن تنوع گونه‌ای بوده و در عین حال گونه‌های گیاهی مقاوم همانند ورک و درمنه در برابر آلاینده‌ها باقی مانده و دارای تراکم بالایی بودند. در تحقیقی که توسط محققان انجام شد وقوع گرد و غبار اثر معنی‌داری بر رشد رویشی و خصوصیات فیزیولوژیکی دو گیاه برنج (C3) و ذرت (C4) داشت (۱۴،۵). با افزایش مدت

زمان پایداری تنش گرد و غبار از یک روز به سه روز ارتفاع گیاهان، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی آنها به طور معنی داری کاهش یافته و میزان کاهش این صفات در گیاه برنج بیش از گیاه ذرت مشاهده شد. همچنین میزان کلروفیل a و b برگها بر اثر این تنش افزایش معنی دار یافت (۱۵). در تحقیق دیگری ریختن غبار سیمان بر روی برگهای زیتون کلروفیل نوع a را کاهش داد و کلروفیل نوع b را افزایش بخشید. همچنین موجب کاهش نسبت کلروفیل نوع a به کلروفیل نوع b و کاهش اندک کلروفیل کل شد. این تغییرات در دو نوع کلروفیل موجب آسیب به دستگاه فتوسنتز می شود که از عواقب آن مسمومیت و افزایش تنش های آبی در گیاه است (۱۶). گیاهان در پاسخ به شرایط تنش حاصل از پدیده گرد و غبار روزنه های خود را بسته نگاه داشته و این امر موجب عدم تبادلات گازی O₂ و CO₂ مورد نیاز فرآیند فتوسنتز شده و در نتیجه سبب کندشدن رشد و زردی گیاه می شود. مشاهدات مزرعه ای نشان می دهد که در اثر اختلال در تبادلات گازی و جذب، یک نوع توقف رشد در گیاهان زراعی شبیه کوتولگی بوجود می آید که کاهش عملکرد را به دنبال دارد. در صورت شسته شدن ذرات گرد و غبار از روی گیاه و از بین رفتن لایه های گرد و غبار، گیاه از شرایط استرس خارج شده و در این حالت گیاه قادر به فتوسنتز خواهد شد (۱۴). بنابراین به منظور حفظ مراتع و جلوگیری از تخریب بیشتر و کاهش اثرات گرد و غبار بر روی اراضی مرتعی، می بایست باتوجه به کارکرد عینی کمر بند سبز در تصفیه غبار سیمان خروجی در جهت جنوب غربی کارخانه و همچنین ماده ۱۹ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا که اشاره دارد «واحدهای تولیدی مکلفند حداقل ۱۰٪ از فضای اختصاص یافته جهت احداث واحدهای تولیدی و خدماتی را به فضای سبز اختصاص دهند» (۴) حداقل دو هکتار را به فضای سبز دارای کاربرد تصفیه ای به منظور کاهش آلاینده های ذره ای

اختصاص دهند. در میان گونه های گیاهان مرتعی مورد مطالعه، گونه ورک و درمنه توانسته بودند موجودیت خود را حفظ کنند، بنابراین لازم است با کاشت مصنوعی این دو گونه از تیره Compositae در حوزه کارخانه از انتشار وسیع تر ذرات جلوگیری کرد. این گونه های گیاهی مرتعی خوش خوراک بوده و کیفیت مراتع نیز حفظ می شود. مطالعات انجام شده همچنین بیانگر این است که بیشترین اثرات گرد و غبار در فاصله ۲۰۰ تا ۵۰۰ متری از کانون انتشار ایجاد می شود، بنابراین توصیه می شود که در فاصله مذکور جهت کاهش هر چه بیشتر آلاینده ها و جلوگیری از انتشار ذرات و تحت تاثیر قرار دادن گیاهان حساس مرتعی اقدام به ایجاد کمر بند پوشش گیاهی محافظتی حول محور کارخانه شود. در این راستا می بایست پارامترهای مختلفی از جمله نوع گونه، تراکم و غیره مورد توجه قرار گیرد. به منظور کاهش اثرات گرد و غبار منتشره، باید علاوه بر اقدامات ذکر شده، از انتشار این ذرات از مبدأ نیز جلوگیری گردد که جهت دستیابی به این امر، با توجه به این که قسمت قابل توجهی از گرد و غبار خروجی، به علت وجود درز و شکاف و پوسیدگی در قسمت های مختلف فرایند تولید شامل سالن ها، سوله ها، سیلوهای سیمان و غیره می باشد، می بایستی عملیات درزگیری، تهویه و هدایت گرد و غبار به تجهیزات غبارگیری و به موازات آن سرویس مرتب تجهیزات و غبارگیرها صورت پذیرد. از آن جا که قسمت عمده ای از غبار جمع آوری شده توسط الکتروفیلترها ریزدانه می باشد، کاربرد این مواد به عنوان مواد خوراک کوره باعث صرف انرژی بیشتر به منظور تصفیه و کاهش بازدهی عملکرد الکتروفیلترها می شود. لذا می بایست از کاربرد این مواد به عنوان مواد خوراک کوره جلوگیری نموده و از آن ها به جای گچ، جهت افزایش گیرایش سیمان تولیدی، در آسیاب سیمان استفاده شود. با توجه به اینکه عمده ذرات معلق تولیدی در کارخانه سیمان

- شاهرود در طی مراحل آسیاب کردن مواد، آماده‌سازی و پخت مواد، خنک کننده کلینکر، انبار کلینکر، آسیاب نهایی و بسته بندی و بارگیری ایجاد می‌گردد، به منظور کاهش میزان ذرات معلق خروجی از دود کش کارخانه می‌توان اقدامات زیر را در نظر گرفت:
- ۱- کنترل آلودگی هوا در بخش آسیاب مواد اولیه (برای کنترل آلودگی هوا در بخش آسیاب مواد اولیه)
 - از فیلترهای کیسه‌ای استفاده شده و غبار جمع‌آوری شده به فرایند تولید باز گردد).
 - ۲- کنترل آلودگی هوا در مرحله آماده سازی مخلوط مواد؛
 - ۳- کنترل آلودگی هوا در خنک کن کلینکر؛
 - ۴- کنترل آلودگی هوا در انباشت کلینکر؛
 - ۵- کنترل آلودگی هوا در مرحله بسته بندی و بارگیری.

References

- 1- Abbasi J, Salari M. Environmental pollution of cement industries. Proceedings of the 5th Student festival on mining engineering. 2006 5: 14-23.
- 2- Singh SN, Rao DN. Certain responses of wheat plants to cement dust pollution. Environmental pollution Series A, Ecological and Biological. 1998 24(1):75-81.
- 3- Shukla G, Pandey V, Singh SN, Yunus M, Singh N, Ahmad KG. Effect of cement dust on the growth and yield of Brassica campestris L. Environmental pollution. 1999 66(1): 81-88.
- 4- Environmental protection organization, Office of Legal and Parliamentary Affairs. Iranian terms and rules of environmental protection, First Ed., Tehran, Iran. 2003:44-53 [In Persian].
- 5- Choab A. Effect of dust occurrence time on growth and physiological properties of rice. First international congress on dust and natural resources. Iran, 2011: 68-71 [In Persian].
- 6- Sadeghi-ravesh MH, Khorasani NA. Effects of dust from cement industry on vegetation diversity and density. Environmental science and technology, 2009 10(1): 7-19 [In Persian].
- 7- Ye B, Ji X, Yang H. Concentration and chemical composition of PM_{2.5} in Shanghai for a 1-year period. Atmospheric Environment 2003 37(4): 449-510.
- 8- Farmer AM. The effect of dust on vegetation-a review. Environmental pollution. 1993; 79(1): 63-75.
- 9- Krueger BJ, Grassian VH, Cowin JP, Laskin A. Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy, Atmospheric Environment 2004 38(36): 6253-61.
- 10- Blake-Kalff MMA, Hawkesford MJ, Zhao FJ, McGrath SP. Diagnosing sulfur deficiency in field-grown oilseed rape (Brassica napus L.) and wheat (Triticum aestivum L.). Plant and Soil. 2000 225: 95-107.
- 11- Aunan K., Bernsten TK, Seip HM. Surface ozone in China and its possible impact on agricultural crop yields. Ambi. 2000 29: 294-301.
- 12- Abdul Rahim N. General problems associated with air pollution in developing countries. In Air Pollution and the Forests of Developing and Rapidly Industrializing Countries, Oxfordshire, U.K. 2000: 112-134.
- 13- Abbasi J, Salari M. Environmental pollutants of Shahrood cement industries. Proceedings of the 5th Student festival on mining engineering. Iran. 2006: 18-31. [In Persian].
- 14- Larcher W. Physiological plant ecology and stress physiology of functional groups. Springer verlag. 2003: 125-129.
- 15- Migahid M, El-Darier M. Effect of cement dust on three halophytic species of the Mediterranean salt marshes in Egypt. Journal of Arid Environment. 1995; 30(3): 361-366
- 16- Adams RM, Glyer JD, McCarl BA. The NCLAN economic assessment: approaches and findings and implication. Assessment of Crop Losses from Air Pollutants. 1988: 473-504.

Investigating the Effects of the Dust from Cement Industry on Vegetation Diversity and Density, Case Study: Shahroud Cement Industry

Mosavi Z¹, Motassadi S^{*2}, Jozi A³, Khorasani NA⁴

1. PhD Student of Environmental Science, School of Energy and Environmental Science, Science and Research Branch, Azad University, Tehran, Iran

2. Associate Professor in Department of Environmental Health, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3. Associate Professor in Department of Environmental sciences, Azad university, Tehran branch, Iran

4. Professor in environmental sciences, School of Energy and Environmental Science, Science and Research Branch, Azad University, Tehran, Iran.

* **Corresponding author.** Tel/Fax: +982122432043 E-mail: smotesaddi@sbmu.ac.ir

Received: Apr 8, 2014 Accepted: Oct 25, 2014

ABSTRACT

Background & Objectives: Cement industries are a major source of pollution. Cement dust deposition affects photosynthesis, plant production and reproductivity. High dust concentration in air causes a severe reduction in the photosynthetic capacity of the leaves, fertility and plant growth.

Methods: In this work, the effects of dust particles from Shahroud cement plant on diversity and density of the vegetation were studied. Quadrate method was used to assess type of the dominant vegetation and the diversity. The type and amount of the dust deposited on the plants, vegetation diversity and density were measured in different directions and distances from the emission source.

Results: Analysis of dust samples from the plants surface showed that the main component of contamination due to cement industry is calcium oxide (CaO). The results of the evaluation of plants density and diversity and the amount of particles deposited on plant surface showed that there is an inverse correlation between the amount of dust deposition and the vegetation density and diversity.

Conclusion: As the distance from the source of particles emission increased, the particle deposition rate decreases and the density and diversity of the vegetation increase. In this region, the plants are replaced by the resistant species such as *Artemisia aucheri* and *Hulthemia persica*.

Keywords: Cement; Dust; Vegetation; Diversity; Shahroud.