

## بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گردوغبار معدنی در حومه شهر اصفهان

رَبّانه روغنی<sup>۱</sup>، سادات فیض‌نیا<sup>۲\*</sup>، سعید سلطانی<sup>۳</sup> و رضا شهبازی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی دکتری منابع طبیعی، گروه احیاء مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه احیاء مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیک: sfeiz@ut.ac.ir

۳- استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران

۴- دکترای منابع طبیعی، مرکز پژوهش‌های کاربردی زمین‌شناسی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۰۸

### چکیده

در سالهای اخیر خشکسالی و فعالیت‌های صنعتی و معدنی سبب افزایش رسوبات گردوغبار در حومه شهر اصفهان شده است. هدف از این تحقیق بررسی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی ذرات گردوغبار معدنی در حومه شهر اصفهان و مقایسه آن با سال‌های گذشته است. برای این منظور تعداد ۸۰ نمونه رسوبات گردوغبار به کمک ظروف تیل‌های در ۲۰ ایستگاه طی مدت یکسال (تیر ۱۳۹۴- تیر ۱۳۹۵) در منطقه مورد مطالعه برداشت شد. سپس ترکیبات شیمیایی و مرفولوژی رسوبات گردوغبار با استفاده از روش‌های پیشرفته آزمایشگاهی پلاسمای جفت شده القایی-طیف‌سنج جرمی، پلاسمای جفت شده القایی-طیف‌سنج نشری، پراش پرتو ایکس و میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد به‌طور کلی بخش عمده ترکیبات ذرات گردوغبار معدنی در منطقه مورد مطالعه از عناصر کلسیم، آلومینیم، آهن، منیزیم، سدیم، پتاسیم، تیتانیم، استرانسیم، روی، فسفر، منگنز و باریوم تشکیل شده است. همچنین این تحقیق نشان داد در منطقه مورد مطالعه غلظت اغلب عناصر فلزات سنگین حتی تا حدود ۵ برابر بالاتر از میزان آن در مطالعات قبلی طی سال‌های گذشته شده است. بخش شمال‌شرقی منطقه مورد مطالعه بالاترین میزان رسوبات گردوغبار را دارا بود؛ با این حال بیشترین غلظت عناصر شیمیایی به‌ویژه فلزات سنگین در ناحیه جنوب‌غربی مشاهده شد. منیزیم، سدیم، استرانسیم، مولیبدن، سزیم و اورانیوم در شمال‌شرق، آهن، روی، منگنز، کروم، زیرکونیم، سرب، وانادیوم، آنتیموان و کادمیوم در جنوب‌غرب، جیوه در شمال‌غرب و کلسیم در جنوب‌شرق بالاترین غلظت را داشتند و می‌توان این عناصر را به‌عنوان شاخص‌های آلودگی گردوغبار منطقه‌ای در نظر گرفت. گردوغبار در ناحیه شمال‌شرق حاوی کانی‌های کوارتز، کلسیت و ژیبس با پوششی از جنس کانی‌های دولومیت و مسکویت بودند. مرفولوژی زاویه‌دار و نیمه مدور ذرات می‌تواند شاهدهی بر وجود منبع محلی باشد.

واژه‌های کلیدی: گردوغبار رسوبی، تله رسوب‌گیر تیل‌های، خصوصیات شیمیایی و فیزیکی، کانی‌شناسی گردوغبار.

## مقدمه

ذرات گردوغبار معدنی در اتمسفر به دلیل فرایندهای طبیعی مانند فرسایش خاک و یا فعالیت‌های انسانی تولید می‌شوند. فعالیت‌های صنعتی اغلب باعث انتشار ذرات گردوغبار محتوای عناصر سمی می‌شوند. خصوصیات شیمیایی این آلاینده‌ها به منبع منتشر کننده آنها بستگی دارد (Remeteiová *et al.*, 2006). این ذرات ممکن است مسافت زیادی جابه‌جا شوند (Prospero, 1999). با این حال نقش ذرات گردوغبار در فرایندهای اتمسفری مانند تشکیل ابرها، تابش نور خورشید، ذوب شدن برف به میزان زیادی به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها، توزیع مکانی و نحوه انتقال آنها دارد (Kandler *et al.*, 2007).

در مطالعات گذشته برای جمع‌آوری و مطالعه خصوصیات ذرات گردوغبار معدنی از روش‌ها و ابزارهای مختلف بهره گرفته شده است؛ با این حال استفاده از تله‌های رسوبگیر متداول‌تر بوده است (Goossens & Offer, 1994). اساس عملکرد تله‌های رسوبگیر فراهم آوردن سطوحی برای به دام انداختن ذرات گردوغبار در حال حرکت است. به‌عنوان مثال این سطوح می‌تواند از جنس آب (McTainsh, 1980)، تپله‌های شیشه‌ای (Ganor, 1975)، فیلترهای کاغذی مرطوب (Goossens & Offer, 1993)، پلاستیک (Gregory, 1962)، شیشه مسطح (Mahmoodi & Khademi, 2014) و یا امثال آن باشد. بازدهی تله‌های رسوبگیر بر اساس اندازه، شکل، طراحی، سائز ذرات گردوغبار، مسیر جریان باد و نوع محیط اکوسیستم متفاوت است (Goossens and Offer, 2000). در محیط‌های بیابانی استفاده از ظروف جمع‌آوری کننده گردوغبار تپله‌ای (Marble Dust Collector, MDCO) کاربرد بیشتری داشته است؛ زیرا سطوح کروی تپله‌ها ضمن افزایش سطح برخورد ذرات با سطح، مانع خروج ذرات گردوغبار حتی در اندازه‌های ریز بوسیله باد و باران می‌شوند (Sow *et al.*, 2006). Torabi Mirzaei و همکاران (۲۰۱۲) به‌منظور بررسی اثر پوشش گیاهی بر کاهش گردوغبار در شهر یزد از ظروف تپله‌ای MDCO برای جمع‌آوری و

اندازه‌گیری گردوغبار استفاده کردند. Huang (۲۰۰۸) و Ghanei (۲۰۱۵) نیز ضمن جمع‌آوری رسوبات گردوغبار با ظروف تپله‌ای MDCO به مطالعه اثرهای معادن بر خصوصیات گردوغبار پرداختند.

شهر اصفهان یکی از شهرهای پرجمعیت ایران است که با دارا بودن صنایع و معادن مهم کشور از جمله کلان‌شهرهای صنعتی ایران به‌شمار می‌آید. Zarabi و همکاران (۱۳۸۹)، صنایع شهری، منابع خانگی و ترافیک را به‌عنوان مهمترین منابع آلاینده هوای شهر اصفهان معرفی کردند. همچنین وضعیت ژئومرفولوژی خاص شهر اصفهان و قرارگیری در گودال سبب تجمع بیشتر مواد آلاینده در هوای سطحی و افزایش میزان غلظت بیشتر ذرات گردوغبار به‌ویژه در سال‌های اخیر شده است. Kiani و همکاران (۲۰۱۴) هزینه سالانه مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوا در شهر اصفهان را ۳۴۶ میلیارد ریال برآورد کردند.

مطالعات اخیر با بهره‌گیری از تله‌های رسوبی به بررسی میزان گردوغبار معدنی و تغییرات زمانی و مکانی آن در شهر اصفهان و حومه آن پرداخته‌اند. Mahmudi و Khademi (۲۰۱۴)، با استفاده از تله رسوب‌گیر میز شیشه‌ای با توری با مش دو میلی‌متر رسوبات گردوغبار را مناطق شهری در حومه شهر اصفهان طی آذر تا مرداد ۱۳۸۹ جمع‌آوری نمودند. آنان با بررسی غلظت فلزات سنگین نشان دادند در این منطقه غلظت فلزات سنگین با توجه به منابع آلاینده متفاوت است. Noroozi و همکاران (۲۰۱۷) نیز با مطالعه تغییرات مکانی و فصلی میزان فرونشست گردوغبار معدنی و غلظت فلزات سنگین آن طی خرداد ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ به این نتیجه دست یافتند که میزان فرونشست گردوغبار معدنی در منطقه طی فصل تابستان ۱۳۹۱ به دلیل کاهش بارندگی نسبت به زمان‌های دیگر سال بیشتر بوده است. البته غلظت عنصر کبالت در مناطق شهری و عنصر کروم در تمام مناطق بالا بوده است (Norouzi *et al.*, 2017).

با این حال خصوصیات گردوغبار پویا و مدام در حال

شهر اصفهان به مختصات  $30^{\circ}39'30''$  شمالی و  $51^{\circ}40'03''$  شرقی می‌باشد. این منطقه به وسعت ۷۸۵۰۰۰ هکتار در محدوده ۱۲ شهرستان استان اصفهان واقع شده و از لحاظ حفظ سلامت جمعیت انسانی ساکن در آن اهمیت ویژه‌ای دارد. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه با بارش متوسط سالیانه ۱۲۳ میلیمتر و دمای میانگین سالانه ۱۶ درجه سانتیگراد دارای اقلیم خشک و بیابانی است. باد غالب بجز در فصل گرم غربی و جنوب‌غربی بوده است. در فصول گرم بادهای غالب از سمت شرق می‌وزد.

#### نمونه‌برداری

نمونه‌برداری گردوغبار معدنی با استفاده از ظروف تیله‌ای جمع‌آوری‌کننده گردوغبار (Marble Dust collector, MDCO) انجام شد. در این مطالعه از یک ظرف تفلون دایره‌ای شکل به قطر ۲۷ و ارتفاع ۱۰ سانتیمتر محتوای دو یا سه ردیف تیله‌ها شیشه‌ای به قطر ۱/۶ سانتیمتر استفاده شد (Goossens, 2010). برای حفظ امنیت و دقت نمونه‌برداری تله‌های رسوب‌گیر اغلب در پشت بام ساختمان ادارات دولتی یک یا دو طبقه نصب گردید. پراکنش مکانی نقاط نمونه‌برداری بر اساس نوع محیط، اهمیت گردوغبار در منطقه و فعالیت‌های مؤثر بر افزایش آن انتخاب شد. به‌عنوان مثال در نیمه شرقی به دلیل اکوسیستم بیابانی نقاط بیشتری نمونه‌برداری گردید. با این حال به دلیل وجود کوهستان و امکانات موجود پراکنش مکانی نقاط نمونه‌برداری به صورت منظم نمی‌باشد. موقعیت نقاط نمونه‌برداری در شکل ۱ نشان داده شده است. نمونه‌برداری در دوره زمانی (تیر ۱۳۹۴ - تیر ۱۳۹۵) انجام شد و رسوبات کف ظرف هر سه ماه یکبار در پاکت‌های پلاستیکی درب‌دار به روش خشک و با کمک برس پلاستیکی جمع‌آوری گردید. در این مطالعه برای به حداقل رساندن تغییرات ترکیبات شیمیایی در اثر ترکیب با آب و مراحل تبخیر از روش تر برای جمع‌آوری

تغییر است. به‌عنوان مثال در شهر اصفهان در سال‌های اخیر وقوع خشکسالی‌ها، طوفان‌های گردوغبار، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی و حتی عملیات بیابان‌زدایی و احیا به‌ویژه در شرق منطقه می‌تواند تغییراتی در میزان گردوغبار و خصوصیات آن ایجاد کرده باشد (Fassò et al., 2014). در نتیجه مطالعه جدید در مورد خصوصیات گردوغبار در این منطقه و مقایسه آن با نتایج مطالعات قبل می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار مدیران مقابله با گردوغبار قرار دهد. از سوی دیگر جمع‌آوری رسوبات گردوغبار با روش متفاوت و آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی پیشرفته‌تر اطلاعات جامع‌تری در مورد خصوصیات گردوغبار معدنی در اصفهان فراهم خواهد کرد و عملیات مقابله با گردوغبار با بازدهی بیشتری انجام خواهد شد.

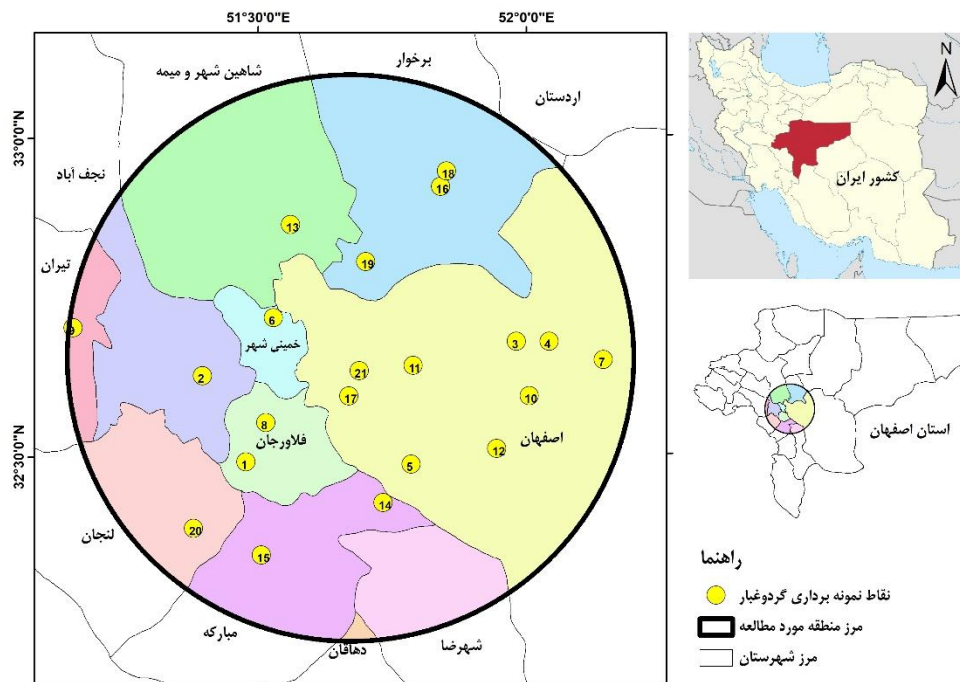
هدف از این تحقیق بررسی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی ذرات گردوغبار معدنی جمع‌آوری شده در مدت یکسال (تیر ۱۳۹۴ - تیر ۱۳۹۵) و مقایسه آن با سال‌های اخیر است. در این مطالعه برای جلوگیری از هدررفت ذرات گردوغبار در اثر باد و باران شدید نمونه‌برداری ذرات گردوغبار معدنی بوسیله تله رسوب‌گیر تیله‌ای (MDCO) انجام شد. غلظت ۶۴ عنصر شیمیایی، درصد کانی‌های غالب، مورفولوژی و توزیع مکانی ذرات گردوغبار با استفاده از روش‌های پیشرفته آزمایشگاهی پلاسمای جفت‌شده القایی-طیف‌سنج نوری (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, ICP-OES)، پلاسمای جفت‌شده القایی-طیف‌سنج جرمی (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS)، پراش پرتو ایکس (X-Ray Diffraction, XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (Scanning Electron Microscope, SEM) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

#### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دایره‌ای به شعاع ۵۰ کیلومتری از مرکز

رسوبات استفاده نشد. هر نمونه پس از حذف خار و خاشاک اضافی با ترازوی دقیق وزن شد (شکل ۲).



شکل ۱- موقعیت مکانی منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری



شکل ۲- ظروف تیل‌های جمع‌آوری‌کننده گردوغبار (Marble Dust collector, MDCO) و نحوه جمع‌آوری رسوب آن

Ba & Al) به روش پلاسما جفت‌شده القایی-طیف‌سنج نشری (ICP-OES) و ۴۹ عنصر شیمیایی (Ag, Be, Bi, Cd, Ce, Co, Cs, Dy, Er, Eu, Ga, Hf, Hg, Ho, In, Ir, La, Lu, Mo, Nb, Ni, Os, Pb, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, Ru, Sb, Sc, Sm, Sn, Ta, Tb, Te, Th, Tl, Tm, W, Y, Yb & Zn) به روش پلاسما جفت‌شده القایی-طیف‌سنج جرمی (ICP-MS) تعیین شد.

روش پراش پرتو ایکس (XRD) برای تشخیص کانی‌های موجود در نمونه‌های گردوغبار معدنی به‌کار برده شد. برای این منظور به میزان ۲ گرم از نمونه جدا شد و با اسپاتول در

در بررسی‌های خصوصیات شیمیایی و فیزیکی نمونه‌ها بر اساس موقعیت مکانی ایستگاه‌های نمونه‌برداری مطابق جدول ۱ در چهار ناحیه شمال‌شرقی، جنوب‌شرقی، شمال‌غربی و جنوب‌غربی طبقه‌بندی شدند.

آنالیزهای شیمیایی و فیزیکی

میزان ۰/۱ گرم از هر نمونه مورد هضم چهار اسیدی HClO<sub>4</sub>، HF، HCl، HNO<sub>3</sub> قرار گرفت و غلظت ۱۴ عنصر شیمیایی (Ca, Zr, V, Ti, Sr, P, Na, Mn, Mg, K, Fe, Cr،

قالب مخصوص نمونه در داخل دستگاه XRD با تشعشع Cuka قرار داده شد.

جدول ۱- طبقه‌بندی و مشخصات ایستگاه‌های نمونه‌برداری

فاصله تا مرکز اصفهان (km)	برچسب نمونه	نام محل نمونه‌برداری	Easting (39N)	Northing (39N)	ناحیه
۴۸	9	تیران	۵۱۴۴۲۹/۹	۳۱۱۸۳۲۸	شمال غربی
۲۶	2	نجف آباد	۵۶۶۹۲۶/۵	۳۶۰۹۹۹۴	
۱۶	19	دولت آباد	۵۶۵۳۰۶	۳۶۲۹۸۶۷	
۲۵	13	شاهین شهر	۵۵۲۲۵۳/۶	۳۶۳۶۲۸۶	
۳	21	فیض	۵۶۴۳۷۱/۳	۳۶۱۰۸۸۵	
۱۵	6	دانشگاه صنعتی اصفهان	۵۴۹۲۷۰/۱	۳۶۲۰۰۸۷	
۳۰	12	زیار	۵۸۸۰۹۲/۹	۳۵۹۷۳۴۱	جنوب شرقی
۲۱	5	بهارستان	۵۷۳۲۱۷/۹	۳۵۹۴۶۳۷	
۶	17	کوی امام	۵۶۲۳۶۸/۹	۳۶۰۶۴۵۹	
۲۵	14	شهرک صنعتی مبارکه	۵۶۸۳۴۷/۸	۳۵۷۸۹۲۴	جنوب غربی
۴۰	20	زرین شهر	۵۳۵۳۷۰/۵	۳۵۸۳۴۷۳	
۲۶	1	اشترجان	۵۴۴۴۹۱/۵	۳۵۹۴۹۹۴	
۳۷	15	مبارکه	۵۴۷۴۷۱/۱	۳۵۷۸۷۹۴	
۱۸	8	فلاورجان	۵۴۷۹۲۹/۴	۳۶۰۱۸۴۹	
۱۱	11	خوراسگان	۵۷۳۵۵۶/۸	۳۶۱۱۷۹۵	شمال شرقی
۳۴	4	شهرک صنعتی سگری	۵۹۷۲۲۳/۴	۳۶۱۵۹۹۹	
۲۸	3	ایستگاه بیابان‌زدایی	۵۹۱۵۳۰/۴	۳۶۱۵۹۹۰	
۳۱	10	فساران	۵۹۳۷۳۰/۵	۳۶۰۶۵۱۹	
۴۴	7	مزرعه شور	۶۰۶۶۵۰/۲	۳۶۱۲۸۲۶	
۳۳	18	شهرک صنعتی کمشچه	۵۷۸۳۱۹/۷	۳۶۴۲۹۴۸	
۳۶	16	کمشچه	۵۷۹۳۴۲/۱	۳۶۴۵۵۹۲	

این منظور میزان کمی از نمونه بر روی پایه‌های مخصوص با چسب رسانا قرار داده شد و تصاویر به کمک دستگاه SEM با بزرگنمایی ۲۵ و ۱۰ میکرون گرفته شد. کلیه آنالیزهای XRD، ICP-OES، ICP-MS و SEM توسط آزمایشگاه‌های مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات

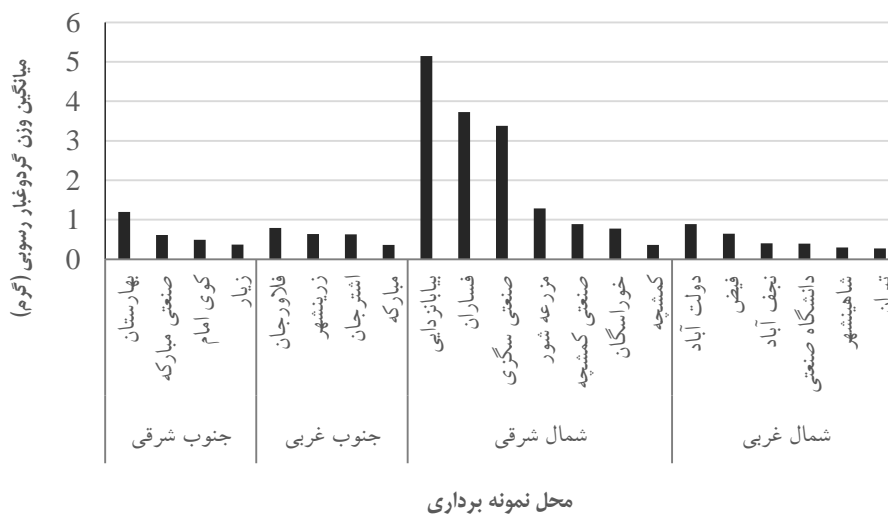
سپس نتایج ارائه شده توسط دستگاه به کمک نرم‌افزار Match! مورد آنالیز قرار گرفت و نوع و درصد کانی‌های غالب مشخص گردید. به منظور بررسی و مشاهده نوع، اندازه، شکل و ریخت‌شناسی ذرات گردوغبار معدنی از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده گردید. برای

شده است. در محدوده شمال شرقی منطقه مورد مطالعه به ویژه ایستگاه‌های واقع در دشت سگری (بیابان زدایی، فساران، صنعتی سگری و مزرعه شور) بیشترین میزان گردوغبار معدنی مشاهده شد. به عنوان مثال در ایستگاه بیابان زدایی در مدت زمان سه ماه توسط هر ظرف تیل‌های به طور متوسط بیش از ۵ گرم گردوغبار معدنی جمع‌آوری شده است. شمال غربی منطقه کمترین میزان گردوغبار را داشته است.

معدنی کشور انجام شد. با توجه به محدودیت میزان نمونه و هزینه آنالیزها، تنها نمونه‌های محدوده شمال شرقی مورد آنالیز XRD و SEM قرار گرفتند.

## نتایج

در شکل ۳ میانگین فصلی گردوغبار معدنی جمع‌آوری شده در طی یکسال نمونه‌برداری در ایستگاه‌های مختلف نشان داده



شکل ۳- میانگین فصلی گردوغبار معدنی جمع‌آوری شده به روش MDCO در ایستگاه‌های مختلف (تیر ۱۳۹۴ - تیر ۱۳۹۵)

است. تنها غلظت عنصر آلومینیم در تمامی مناطق تقریباً یکسان مشاهده شد، در صورتی که سایر عناصر در هر منطقه غلظت متفاوتی داشتند. در شمال شرق منطقه غلظت عناصر منیزیم، سدیم، استرانسیم، مولیبدن، سزیم و اورانیوم بیشتر از سایر نواحی بود. در این منطقه عنصر استرانسیم بیش از سه برابر (بیش از ۱۵۰۰ ppm) سایر مناطق (حدود ۵۰۰ ppm) مشاهده شد. در منطقه مورد مطالعه بیشترین میزان غلظت اغلب عناصر در نواحی جنوب غرب گزارش شده است. افزایش نسبی غلظت عناصر آهن، روی، منگنز، کروم، زیرکونیم، سرب، وانادیوم، آنتیموان و کادمیوم در ناحیه جنوب غربی نسبت به سایر مناطق قابل ملاحظه بود. در نواحی شمال غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه

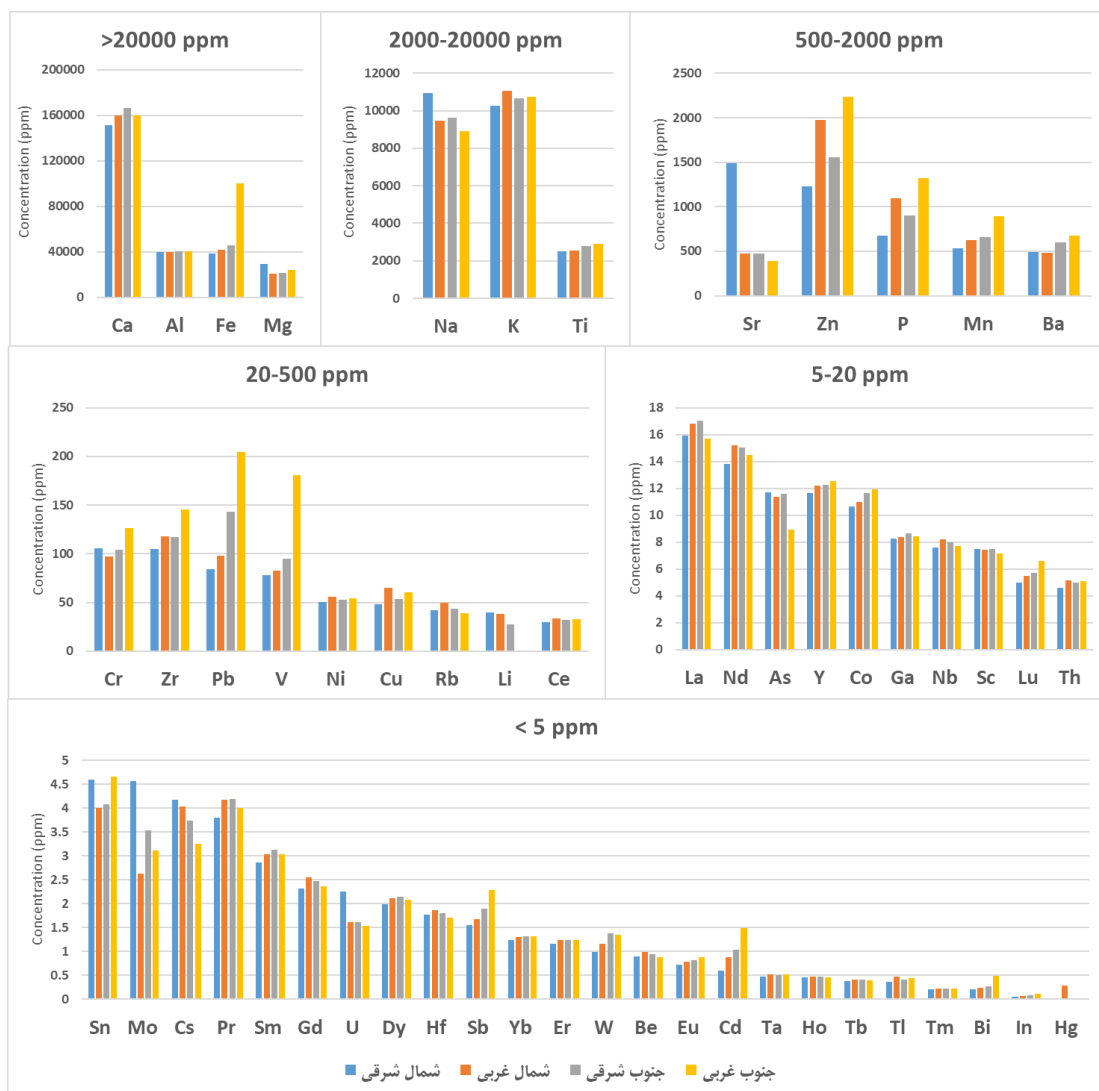
به طور کلی بر اساس نتایج آنالیزهای ICP-MS و ICP-OES، مطابق با جدول ۲ عناصر در نمونه‌های رسوبات گردوغبار در منطقه مورد مطالعه از لحاظ میزان غلظت (ppm) در پنج گروه (بیش از ۲۰۰۰)، (۵۰۰-۲۰۰۰)، (۲۰-۵۰۰)، (۵-۲۰) و (کمتر از ۵) طبقه‌بندی شدند. این طبقه‌بندی برای مقایسه نسبی غلظت عناصر موجود در گردوغبار در این مطالعه انجام شد. بخش عمده ترکیبات ذرات گردوغبار معدنی در منطقه مورد مطالعه از عناصر کلسیم، آلومینیم، آهن، منیزیم، سدیم، پتاسیم، تیتانیوم، استرانسیم، روی، فسفر، منگنز و باریوم تشکیل شده است.

در شکل ۴ غلظت متوسط عناصر شیمیایی در رسوبات گردوغبار در نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه نشان داده

میزان غلظت اغلب عناصر شیمیایی رسوبات گردوغبار فوسفور در شمال غربی و عنصر کلسیم و مولیبدن در جنوب شرقی با اهمیت است. تقریباً مشابه بود، به طوری که میزان بالای عناصر روی و

جدول ۲- طبقه بندی عناصر شیمیایی از لحاظ میزان غلظت در ترکیب گردوغبار رسوبی

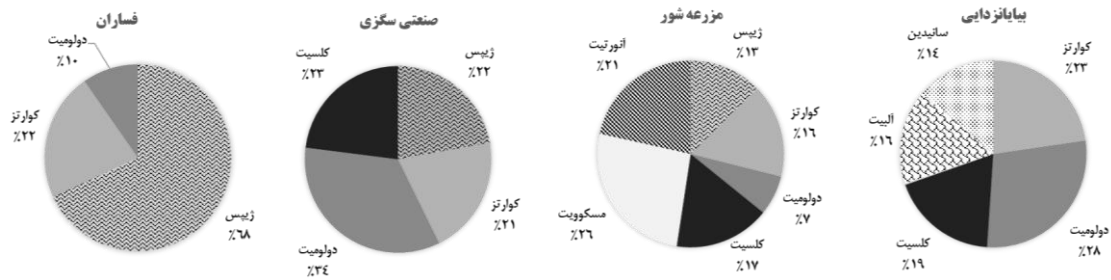
نام عناصر (به ترتیب میزان غلظت)	میزان کمی (ppm)
Ca, Al, Fe, Mg, Na, K, Ti	بیش از ۲۰۰۰
Sr, Zn, P, Mn, Ba	۲۰۰۰-۵۰۰
Cr, Zr, Pb, V, Ni, Cu, Pb, Li, Ce	۵۰۰-۲۰
La, Nd, As, Y, Co, Ga, Nb, Sc, Lu, Th	۲۰-۵
Sn, Mo, Cs, Pr, Sm, Gd, U, Dy, Hf, Yb, Er, W, Be, Eu, Cd, Ta, Ho, Tb, Tl, Tm, Bi, In, Hg	کمتر از ۵



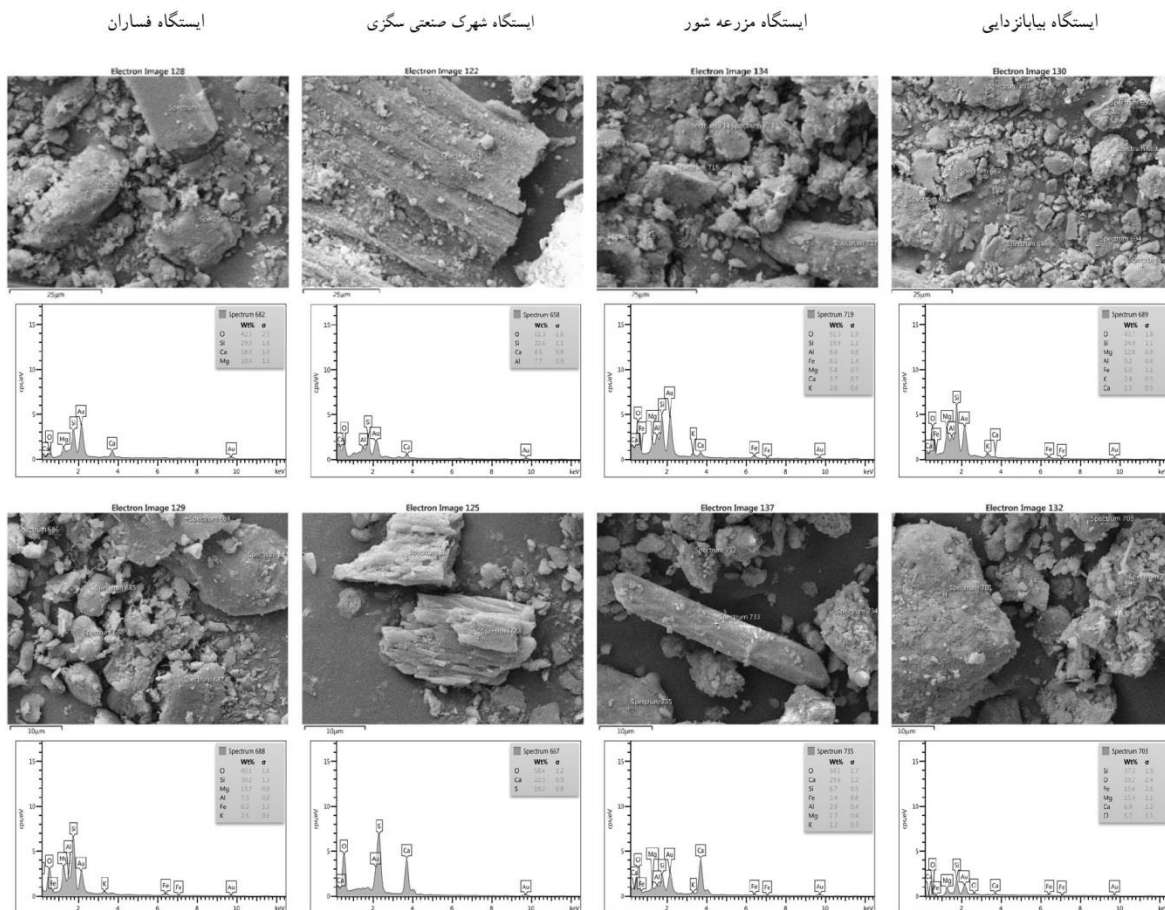
شکل ۴- غلظت متوسط عناصر شیمیایی در رسوبات گردوغبار در نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه (تیر ۱۳۹۴- تیر ۱۳۹۵)

به جنوب (ایستگاه‌های فساران و مزرعه شور) کاهش یافته است. البته میزان کانی کوارتز و کلسیت در دشت سگری دارای تغییرات قابل ملاحظه‌ای نبوده است و به ترتیب بین ۱۶-۲۲ و ۱۷-۲۳ کانی‌های غالب موجود در ترکیبات دشت سگری را کوارتز و کلسیت تشکیل داده است.

بر اساس نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD)، رسوبات گردوغبار ناحیه دشت سگری و شرق منطقه مورد مطالعه دارای کانی‌های غالب ژیس، دولومیت، کوارتز و کلسیت بودند (شکل ۵). با در نظر گرفتن موقعیت نقاط نمونه‌برداری (شکل ۱)، درصد کانی دولومیت در رسوبات گردوغبار دشت سگری از شمال (ایستگاه‌های بیابان‌زدایی و صنعتی سگری)



شکل ۵- درصد کانی‌های غالب در رسوبات گردوغبار در ایستگاه‌های واقع در شرق منطقه مورد مطالعه (دشت سگری)



شکل ۶- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگنمایی ۲۵ میکرون (تصاویر ردیف بالا) و ۱۰ میکرون (تصاویر ردیف پایین) نمونه‌های گردوغبار معدنی در شرق منطقه مورد مطالعه (دشت سگری)



رسوبات می‌توان از تعداد ظروف بیشتر در یک محل نمونه‌برداری استفاده کرد. در جدول ۳ میزان غلظت عناصر فلزات سنگین در منطقه در زمان مطالعاتی این تحقیق با مطالعات قبلی در سال‌های قبل مقایسه شده است. غلظت عناصر روی، کروم، منگنز، کبالت و سرب افزایش قابل توجهی نسبت به سال‌های گذشته داشته است. البته افزایش بسیار بالای غلظت عناصر روی و منگنز نسبت به ۵ سال گذشته در حومه شهر اصفهان خطرناک بنظر می‌رسد و نیاز به بررسی بیشتری در جهت شناخت منبع و کاهش این عناصر دارد. تغییرات مهمی در مورد غلظت عناصر کادمیوم و نیکل نسبت به سال‌های گذشته مشاهده نشد. با توجه به اینکه در مطالعات قبلی نمونه‌برداری به کمک میز شیشه‌ای با توری ۲ میلیمتری بوده است، انتظار می‌رود اندازه ذرات جمع‌آوری شده در مطالعات قبلی نسبت به این مطالعه درشت‌تر باشد. بنابراین می‌توان گفت تا حدودی اختلاف غلظت عناصر شاید در ارتباط با دامنه اندازه ذرات جمع‌آوری شده نیز باشد. در این تحقیق به علت نوع تله رسوب‌گیر استفاده شده ذرات گردوغبار در اندازه‌های ریز ناشی از طوفان‌ها و یا فعالیت‌های انسانی نیز جمع‌آوری گردیده است. از این رو افزایش میزان غلظت عناصر روی و منگنز احتمالاً ناشی از فعالیت‌های انسانی و یا رخداد‌های گردوغبار در منطقه بوده است.

تلفیق نتایج XRD و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نشان می‌دهد که در دشت سگری رسوبات گردوغبار اغلب از کانی‌های کوارتز و کلسیت و ژیبس تشکیل شده‌اند و بیشتر دارای پوششی از جنس کانی‌های مانند دولومیت و مسکوویت هستند (شکل ۶). به‌طور کلی مرفولوژی ذرات رسوبات گردوغبار در هر دو اندازه ۱۰ و ۲۵ میکرومتر زاویه‌دار و نیمه مدور هستند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی ایستگاه صنعتی سگری با بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر کانی ژیبس محتوای عناصر S, O و Ca را نشان می‌دهد. این کانی به صورت کاملاً زاویه‌دار در رسوبات مشاهده شد. ذرات آهن به میزان نسبی کمتر در رسوبات گردوغبار به‌ویژه در اندازه‌های ریزتر (بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر) مشاهده شد.

## بحث

در این تحقیق رسوبات گردوغبار به روش ظروف تیل‌ای MDCO جمع‌آوری گردید. مطابق با نظرات Sow و همکاران (۲۰۰۶) تله رسوب‌گیر MDCO برای محیط بیابانی مانند حومه شهر اصفهان نیز روش مناسب و مقرون به صرفه برای جمع‌آوری رسوبات گردوغبار در مقیاس زمانی فصلی شناخته شد. با این حال در صورت نیاز به جمع‌آوری میزان بیشتر

جدول ۳- مقایسه غلظت عناصر فلزات سنگین گردوغبار منطقه مطالعاتی در این تحقیق با سایر مطالعات در سال‌های گذشته

برداری‌زمان نمونه	مرداد ۸۹- آذر ۸۹	تیر ۹۱- اردیبهشت ۹۲	تیر ۹۴- تیر ۹۵
منبع	Mahmudi و Khademi (۲۰۰۴)	و همکاران (۲۰۱۷) Noroozi	این مطالعه
کادمیوم	۳/۵	۰/۹۸	۰/۹۳
کروم	۲۴/۴	۳۷/۲	۱۰۶/۸
مس	۷۱	۶۷	۵۶/۴۸
منگنز	۵۴	-	۶۴۷/۹
نیکل	۸۲/۲	۵۳/۴	۵۳
سرب	۲۲۳/۵	۹۶/۲	۱۲۳/۹
روی	۴۷۰/۳	۴۰۰/۳	۱۶۷۲/۸
کبالت	۲۶/۵	۸/۵	۱۱/۲

کلسیت و ژئیس با پوششی از جنس کانی‌های دولومیت و مسکوئیت بودند. مرفولوژی زاویه‌دار و نیمه مدور اغلب ذرات گردوغبار می‌تواند شاهدی بر وجود منبع محلی و انسانی باشد. شکل نامنظم و زاویه‌دار کانی ژئیس در این منطقه نشان می‌دهد که این کانی از فاصله نزدیک حمل شده است، در نتیجه احتمالاً معادن گچ موجود در منطقه منبع اصلی ترکیب ژئیس در رسوبات گردوغبار منطقه هستند. در مطالعات گذشته مرفولوژی و کانی‌شناسی مشابه گردوغبار در ارومیه و آبادان توسط Ahmady و همکاران (۲۰۱۵) و در کویت و افغانستان توسط Engelbretch و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش شده است. در این مطالعات نیز گردوغبار حاوی کانی‌های اصلی کوارتز و کلسیت با پوششی از دولومیت و مسکوئیت و ذرات گردوغبار به صورت نیمه مدور و زاویه‌دار بوده است.

### سپاسگزاری

از مسئولان محترم مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور برای حمایت و همکاری در انجام آنالیزهای آزمایشگاهی و نیز از کارکنان ادارات منابع طبیعی استان اصفهان به دلیل همکاری در برداشت نمونه‌های گردوغبار صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

### منابع مورد استفاده

- Alleman, L.Y., Lamaison, L., Perdrix, E., Robache, A. and Galloo, J.-C., 2010. PM1 • metal concentrations and source identification using positive matrix factorization and wind sectoring in a French industrial zone. *Journal of Atmospheric Research*, 96(4): 612-625.
- Ahmady-Birgani, H., Mirnejad, H., Feiznia, S. and McQueen, K. G. 2015. Mineralogy and geochemistry of atmospheric particulates in western Iran. *Journal of Atmospheric Environment*, 119: 262-272.
- Ashrafi, K., Fallah, R., Hadei, M., Yarahmadi, M. and Shahsavani, A., 2018. Source Apportionment of Total Suspended Particles (TSP) by Positive Matrix Factorization (PMF) and Chemical Mass Balance (CMB) Modeling in Ahvaz, Iran. *Journal of Archives of environmental contamination and toxicology*, 1-17.

با مطالعه غلظت ۶۴ عنصر در ترکیبات گردوغبار عناصر معرف هر ناحیه در منطقه مورد مطالعه شناخته شد. منیزیم، سدیم، استرانسیم، مولیبدن، سزیم و اورانیوم در شمال‌شرق، آهن، روی، منگنز، کروم، زیرکونیم، سرب، وانادیوم، آنتیموان و کادمیوم در جنوب‌غرب، جیوه در شمال‌غرب و کلسیم در جنوب‌شرق بالاترین غلظت را داشتند و می‌توان این عناصر را به‌عنوان شاخص‌های آلاینده‌های گردوغبار منطقه‌ای در نظر گرفت. بخش شمال‌شرقی منطقه مورد مطالعه بالاترین میزان رسوبات گردوغبار را داشته است؛ با این حال بیشترین غلظت عناصر شیمیایی به‌ویژه فلزات سنگین در ناحیه جنوب‌غربی مشاهده شد. بنابراین بهتر است عملیات مقابله با گردوغبار تنها در شرق منطقه انجام نشود، بلکه کاهش آلاینده‌های صنایع به‌ویژه در غرب اصفهان و اجرای طرحی برای عدم ورود این آلاینده‌ها به محیط شهر اصفهان نیز پیشنهاد می‌شود. میزان بالای عناصر Cd, Fe, Pb و Sb در نیمه غربی احتمالاً ناشی فعالیت‌های صنعتی، انتشارات وسایل نقلیه و لنت ترمز آنها می‌باشد (Alleman et al., Ashrafi et al., 2018; Jain et al. 2010; 2010). صنایع بزرگ در نیمه غربی از جمله پالایشگاه و صنایع فولاد و ذوب آهن را می‌توان به‌عنوان منابع احتمالی افزایش عناصر فلزات سنگین در ترکیبات ذرات گردوغبار معدنی نام برد. در مطالعات Khademi و Mahmudi (۲۰۰۴) و Noroozi و همکاران (۲۰۱۷)، فعالیت‌های معدنی و صنعتی را به‌عنوان منبع اصلی آلاینده‌های گردوغبار در منطقه مورد مطالعه دانستند. در نیمه شرقی میزان بالاتر عناصر Na و Mg بیانگر منبع پوسته زمین در ذرات گردوغبار است. احتمالاً اراضی کشاورزی رها شده و شور در منطقه مورد مطالعه نقش بیشتری در ترکیبات گردوغبار در شرق منطقه داشته است. از این رو عملیات بیابان‌زدایی در منطقه مانند تاغ‌کاری‌های مصنوعی در شرق (دشت سگری) را می‌توان به‌عنوان مؤثرترین شیوه مقابله با گردوغبار دانست.

در این مطالعه رسوبات گردوغبار در بخش شمال‌شرقی مورد بررسی بیشتری قرار گرفت. بر اساس نتایج آنالیزهای XRD و SEM گردوغبار این مناطق حاوی کانی‌های کوارتز،

- Kandler, K., Benker, N., Bundke, U., Cuevas, E., Eber, M., Knippertz, P., Rodríguez, S., Schütz, L. and Weinbruch, S., 2007. Chemical composition and complex refractive index of Saharan Mineral Dust at Izaña, Tenerife (Spain) derived by electron microscopy. *Journal of Atmospheric Environment*, 41(37): 8058-8074.
- Kiani, G.H., Yari, F. and Amiri, H., 2014. An estimation on mortality cost through air pollution in Isfahan city. *Journal of Environmental Science*, 40(1): 247-254.
- Mahmoodi, Z. and Khademi, H., 2014. Concentration of Selected Heavy Metals in Atmospheric Dust of Isfahan and Neighboring Metropolitan Areas. *Journal of Water and Soil Science*, 18(67): 243-255.
- McTainsh, G., 1980. Harmattan dust deposition in northern Nigeria. *Journal of Nature*, 286: 587-588.
- Norouzi, S., Khademi, H., Ayoubi, S., Cano, A. F. and Acosta, J. A., 2017. Seasonal and spatial variations in dust deposition rate and concentrations of dust-borne heavy metals, a case study from Isfahan, central Iran. *Journal of Atmospheric Pollution Research*, 8 (4): 686-699.
- Prospero, J.M., 1999. Long-range transport of mineral dust in the global atmosphere: Impact of African dust on the environment of the southeastern United States. *Journal of Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(7): 3396-3403.
- Remeteiová, D., Sminčáková, E. and Flórián, K., 2006. Study of the chemical properties of gravitation dust sediments. *Journal of Microchimica Acta*, 156(1): 109-113.
- Sow, M., Goossens, D. and Rajot, J.L., 2006. Calibration of the MDCO dust collector and of four versions of the inverted frisbee dust deposition sampler. *Journal of Geomorphology*, 82(3-4): 360-375.
- Torabi Mirzaei, F., Tajamolian, M., Sarkargar Ardakani, A. and Azimzadeh, H., 2012. Study of the vegetation effect on dust reduction using satellite images (case study: Yazd city). *International Geo informatics Research and Development Journal*, 2:11-16.
- Zarabi, A., Mohamadi, J. and Abdolahi, A., 2010. Investigation and assessment of stable and mobile resources at the air pollution of Esfahan city. *Geographic Journal*, 8(26): 151-164.
- Engelbrecht, J. P., Moosmüller, H., Pincock, S., Jayanty R. K. M., Lersch, T. and Casuccio, G., 2016. Technical note: Mineralogical, chemical, morphological, and optical interrelationships of mineral dust re-suspensions. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(17): 10809-10830.
- Fassò, A., Finazzi, F., Mahaki, B. and Rabiei, K., 2014. Statistical analysis of water policies, air quality and climate in Isfahan.
- Ganor, E., 1975. Atmospheric dust in Israel-sedimentological and meteorological analysis of dust deposition. Unpublished Ph. D. thesis, The Hebrew University.
- Ghanei, M., 2015. The role of mineral deposits and mining on pollution distribution and soil and plant degradation (Case study: Kushk Lead and Zinc Mine – Bafgh). Ph.D. Thesis, Natural and Agricultural Department, University of Tehran.
- Goossens, D., 2010. Wind tunnel calibration of the USGS dust deposition sampler: sampling efficiency and grain size correction. *Journal of Aeolian Research*, 2(2): 159-170.
- Goossens, D. and Offer, Z., 1993. Eolian deposition of dust over symmetrical hills-an evaluation of wind-tunnel data by means of terrain measurements. *Journal of Zeitschrift fur geomorphologie*, 37(1): 103-111.
- Goossens, D. and Offer, Z.Y., 1994. An evaluation of the efficiency of some Aeolian dust collectors. *Soil Technology*, 7(1): 25-35.
- Goossens, D. and Offer, Z.Y., 2000. Wind tunnel and field calibration of six aeolian dust samplers. *Journal of Atmospheric Environment*, 34(7): 1043-1057.
- Gregory, P.H., 1962. The microbiology of the atmosphere. *Soil Science*, 94(5): 349.
- Huang, Y. and Jia, Q., 2008. Coarse dust around mining areas: a study of available dust collectors and their efficiency. Master Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Luleå University of Technology.
- Jain, S., Sharma, S.K., Choudhary, N., Masiwal, R., Saxena, M., Sharma, A., Mandal, T.K., Gupta, A., Gupta, N.C. and Sharma, C., 2017. Chemical characteristics and source apportionment of PM2.5 using PCA/APCS, UNMIX, and PMF at an urban site of Delhi, India. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 24(17): 14637-14656.

## Physicochemical characteristics of dust deposits collected by MDCO in the suburbs of Isfahan

R.Roughani<sup>1</sup>, S. Feiznia<sup>2\*</sup>, S. Soltani<sup>3</sup> and R. Shahbazi<sup>4</sup>

1- Ph.D. Student, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran

2\*- Corresponding author, Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Natural Resources Faculty, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: sfeiz@ut.ac.ir

3- Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

4- Ph.D. Student in Applied Geological Research Centre, Geology Survey of Iran, Karaj, Iran

Received: 02/27/2018

Accepted:07/17/2018

### Abstract

In recent years, drought, industrial and mining activities have increased the amount of dust deposits in the suburbs of Isfahan. The aim of the present study was to investigate the chemical and physical properties of dust particles in the suburbs of Isfahan and to compare it with previous years. In total, 80 dust sediment samples were collected with Marble Dust Collector (MDCO) at 20 stations across the study area during July 2014 to July 2015. The physicochemical characteristics of the collected samples were analyzed by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP\_MS), Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP\_OES), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscope (SEM) methods. The results indicated that the main element composition of dust sediment was Ca, Al, Fe, Mg, Na, K, Ti, Sr, Zn, P, Mn, and Ba. The study also found that concentrations of most heavy metals in the study area were up to five times higher than in previous studies. The northeast part of the study area had the highest amount of dust deposits; However, the highest concentrations of chemicals, especially heavy metals, were observed in the southwest. Considering the highest mean concentration of dust sediments across the study area, the index elements are grouped as Mg, Na, Sr, Mo, Cs and U in the north-east, Mn, Cr, Zr, Pb, Cd and V in the south-west, Hg in the north-western, and Ca in the south-east. According to the mineralogy and morphology analysis, dust sediments in north-east part contained Quartz, Calcite and Gypsum, coated with Dolomite and Muscovite. Angular and semi-rounded morphologies of dust sediment indicate their local source contribution.

**Keywords:** Dust sediment, marble dust collector, physicochemical characteristics, mineralogy.