Study of the chemical properties of dust storms and their relationship with geological formations (Case Study: Southern Damghan County)

Mohsen Sadeghian [a], Hayedeh Ara[b,*], Shima Nikou[c] Mohammadkia Kianian [d]

[a] *Master's degree graduate, Department of Arid and Desert Areas Management, Faculty of Desert studies, Semnan University, Semnan, Iran*
[b] *Assistant Professor, Department of Arid and Desert Areas Management, Faculty of Desert studies, Semnan University, Semnan, Iran*
[c] *Assistant Professor, Department of Combat Desertification, Faculty of Desert studies, Semnan University, Semnan, Iran*
[d] *Assistant Professor, Department of Combat Desertification, Faculty of Desert studies, Semnan University, Semnan, Iran*

Research Full Paper
Article History (Received: 2025/03/18 Accepted: 2025/07/29)

Extended abstract

1- Introduction

Desertification and dust storms are among the most important environmental challenges in arid and semi-arid regions of the world. These phenomena not only affect natural ecosystems, but also have extensive social, economic, and health consequences. Iran, being located in the world's desert belt and having a predominantly arid and semi-arid climate, is constantly exposed to these challenges. One of the important aspects in the study of dust is to understand the physical, chemical, and mineralogical properties of these particles, since determining the composition of dust can play a significant role in identifying emission sources and providing control solutions. The global dust cycle includes three stages: separation of particles from the surface, their transport in the atmosphere, and finally settling and deposition, each of which can affect the properties of the particles. In Iran, over the past two decades, the intensity and frequency of dust storms have increased significantly, so that in 2008, eighteen provinces of the country were affected by this phenomenon. This highlights the need for extensive and detailed research on the sources, characteristics, and consequences of dust. One of the important sources of dust production is geological formations, which, with their specific mineralogical composition, determine the rate of dust erosion and production. Today, the study of chemical and physical indices of dust and dust has gained great importance as the basis for geobiochemical studies of dust storms. This research was conducted with the aim of investigating the chemical characteristics of dust and its relationship with geological formations in the south of Damghan County.

2- Methodology

This study was conducted to investigate the genetic relationship between dust and geological formations in the southern Damghan region. Dust samples were collected in Esfand 2023 and Farvardin 2024 from 9 stations using funnel-shaped samplers at a height of 2-4 meters. The chemical compositions of the particles were analyzed using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), mineral identification with X-ray Diffraction (XRD), and particle morphology with a Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM). Geological data were extracted from 1:100,000 maps of the Geological Survey and evaluated through cluster analysis and statistical modeling (SPSS). Soil samples were also collected from a depth of 20-50 cm.

[*] **Corresponding Author: ara338@semnan.ac.ir**

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

3- Results

The results showed that according to the cluster diagram, the geological formation and dust of southern Damghan at stations 2, 5, 6, and 8 have a close genetic relationship with the geological formation qc, as a result of which all stations are located in cluster number one, and also in cluster number two, four stations 3, 7, 9, and 4 have a similar genetic relationship with the geological formations Qal, Qsg, Qt2 and Qs2. Calcium (Ca), sodium (Na), aluminum (Al), and iron (Fe) are the dominant elements in dust that originate from evaporative and geological sources (clay formations Qc and alluvial sediments Qal). Cluster analysis divided the stations into two groups: Cluster 1 (stations 1, 2, 4, 5, 6, 8) related to clay sediments and Cluster 2 (stations 3, 7, 9) related to sandy and alluvial formations. High arsenic (As) concentrations near industrial areas (such as a ferroalloy plant) indicated the role of human activities in the pollution. Silt-sized particles (less than 10 microns) were dominant, with a tendency towards finer particles during dust storms. This study suggests that Quaternary formations (especially Qt2 and Qs2) play a key role in dust generation due to their high erodibility.

4- Discussion & Conclusions

Geochemical studies of elements and unusual concentrations of some chemical elements (Ca, Fe, Al, Na, As) in the region show that human sources such as coal mine pollution, active industries, chemical and non-chemical industrial wastewater (such as Damghan Industrial Park) and agricultural pesticides play an important role in increasing these pollutants. Also, regarding the role of geological formations as land sources of pollution, due to differences in lithological outcrops such as sandstone, coal shales, and clay stones, uneven erosion has occurred and has been effective in sediment production and sedimentation. It can be said that the geological structure and geological formations of the region are important and effective factors in sediment production and erosion. It is suggested that the aforementioned research be carried out at the level of the entire province, considering the importance of the issue and the dust conditions of Semnan province. It is also suggested that researchers and students conduct research on the chemical elements present in the dust of the region and their role in causing some diseases. Another point is that appropriate solutions should be identified to reduce the factors underlying desertification based on dust in different regions of the country. It is also suggested that studies be conducted to investigate the origin of dust in relation to human factors in the region. Finally, the limitations of the research include the lack of complete access to the region due to the lack of suitable roads and the difficulty of sampling due to strong winds.

Key Words: Damghan, Dust, Formation, Geochemistry, Sedimentology**.**

Cite this article: Sadeghian, M., Ara, H., Nikou, S. & Kianian, M. (2026). Study of the chemical properties of dust storms and their relationship with geological formations (Case study: Southern Damghan County). *Journal of Environmental Erosion Research. 2026; 15 (4):149-169*. http//doi.org/10.61186/jeer.15.4.149

© The Author(s).
DOI: http//doi.org/10.61186/jeer.15.4.149
Published by Hormozgan University Press.
URL: http://magazine.hormozgan.ac.ir

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

بررسی خصوصیات شیمیایی گردوغبار و ارتباط آن با سازندهای زمین شناسی (مطالعه موردی: جنوب شهرستان دامغان)

محسن صادقیان: *دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران*
هایده آرا *: *استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران*
شیما نیکو: *استادیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران*
محمدکیا کیانیان: *استادیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۰۷)
DOI: http//doi.org/10.61186/jeer.15.4.149

چکیده

گردوغبار یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی‌های جوی محسوب می‌شود. اگرچه این پدیده به‌طور طبیعی رخ می‌دهد، اما فعالیت‌های انسانی می‌توانند با تشدید فرسایش، نقش بسزایی در افزایش گردوغبار ایفا کنند. طوفان‌های گردوغباری که عمدتاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان رخ می‌دهند، حجم زیادی از ذرات معلق را حمل کرده و به‌عنوان یکی از چالش‌های زیست‌محیطی مهم شناخته می‌شوند. این پژوهش با هدف بررسی خصوصیات شیمیایی گردوغبار و ارتباط آن با سازندهای زمین‌شناسی در جنوب شهرستان دامغان انجام شده است. پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نوع تحلیلی-توصیفی است و روش انجام آن ترکیبی از روش‌های توصیفی، اسنادی، تحلیلی و میدانی می‌باشد. پس از تعیین محل نمونه‌برداری، نمونه‌های گردوغبار به‌صورت تصادفی و در فواصل زمانی مشخص جمع‌آوری شدند. این نمونه‌ها پس از خشک و آسیاب شدن، به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی از روش‌های طیف‌سنجی القایی، پراش پرتو ایکس، شناسایی فلزات و کانی‌های موجود، میکروسکوپ الکترونی و آنالیز لیزری استفاده شدند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند، که واحدهای مختلف سازندهای زمین‌شناسی، به‌عنوان منابع اصلی آلودگی گردوغبار، به دلیل تفاوت در رخساره‌های سازندی نقش مهمی در تولید رسوبات دارند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت، که سازندهای زمین‌شناسی منطقه، از عوامل کلیدی در فرسایش و تولید گردوغبار محسوب می‌شوند. همچنین، بررسی‌های ژئوشیمیایی عناصر و غلظت نامتعارف برخی عناصر شیمیایی (Ca, Fe, Al, Na, As) در منطقه نشان می‌دهد، که منابع انسانی مانند آلودگی معدن زغال‌سنگ، صنایع فعال، مواد شیمیایی و غیرشیمیایی فاضلاب‌های صنعتی (مانند شهرک صنعتی دامغان) و سموم کشاورزی، نقش مهمی در افزایش این آلاینده‌ها دارند. پیشنهاد می‌شود، تحقیق مذکور با توجه به اهمیت موضوع و شرایط گرد و غبار استان سمنان، در سطح کل استان نیز انجام گیرد. همچنین، پیشنهاد می شود، در ارتباط با عناصر شیمیایی موجود در گرد و خاک منطقه و نقش آنها در ایجاد برخی بیماری‌ها توسط محققین و دانشجویان بررسی صورت پذیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود، مطالعات بررسی منشاء گردوغبار در رابطه با عوامل انسانی در منطقه نیز انجام شود.

واژگان کلیدی: دامغان، رسوب‌شناسی، ژئوشیمی، سازند، گردوغبار.

* **نویسندهٔ مسئول:** ara338@semnan.ac.ir

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

۱ـ مقدمه

بیابان‌زایی و طوفان‌های گردوغبار، از جمله مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شوند (Sun et al., 2024). این پدیده‌ها نه تنها اکوسیستم‌های طبیعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند، بلکه پیامدهای اجتماعی، اقتصادی و بهداشتی گسترده‌ای را نیز به همراه دارند (Horwell et al., 2024; Ma et al., 2023). ایران، با قرارگیری در کمربند بیابانی جهان و برخورداری از اقلیمی عمدتاً خشک و نیمه‌خشک، به طور مداوم در معرض این چالش‌ها قرار دارد (Shen et al., 2023; Yousefi & Naseri. 2014). یکی از جنبه‌های مهم در مطالعه گردوغبار، شناخت ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی این ذرات است (Shaker et al., 2025)، چراکه تعیین ترکیبات گردوغبار می‌تواند نقش بسزایی در شناسایی منابع انتشار و ارائه راهکارهای کنترلی داشته باشد (Luan et al., 2023; Jeong, 2022; Filonchyk et al., 2024). سیکل جهانی گردوغبار شامل سه مرحله جداسازی ذرات از سطح، انتقال آن‌ها در اتمسفر و در نهایت نشست و رسوب‌گذاری است، که هر یک از این فرآیندها می‌تواند بر خصوصیات ذرات اثرگذار باشد (Baghaei et al., 2020; Hamzeh pour, 2024). در ایران، طی دو دهه اخیر، شدت و فراوانی طوفان‌های گردوغبار به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است، به‌گونه‌ای که در سال ۲۰۰۸، هجده استان کشور تحت تأثیر این پدیده قرار گرفتند (Pourhashemi, 2024). این امر لزوم تحقیقات گسترده و دقیق درخصوص منابع، ویژگی‌ها و پیامدهای گردوغبار را آشکار می‌سازد. یکی از منابع مهم تولید گردوغبار، سازندهای زمین‌شناسی هستند، که با ترکیب کانی‌شناسی خاص خود، میزان فرسایش‌پذیری و تولید گردوغبار را تعیین می‌کنند (Soltani-Gord Faramarzi & Morovati, 2021; Usman et al., 2022). امروزه مطالعه شاخص‌های شیمیایی و فیزیکی گرد و غبار، به عنوان اساس بررسی‌های ژئوبیوشیمیایی طوفان‌های گرد و غبار اهمیت زیادی یافته است (Jafari & Bashiri Khuzestani et al., 2016; Rashki et al., 2013; Darvishi Khatouni et al., 2018; Khademi, 2017).

در تحقیق Karimian و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی ذرات گردوغبار در شهر اهواز پرداختند. نتایج نشان داد، که نرخ ترسیب ذرات در زمان طوفان‌های گردوغبار افزایش قابل توجهی داشت و عوامل محلی مانند زمین‌های بایر و پروژه‌های عمرانی رهاشده نیز تأثیرگذار بودند. ترکیب کانی‌شناسی عمدتاً شامل کلسیت، کوارتز و فلدسپات بود و توزیع اندازه ذرات بیشتر به سمت ذرات ریزتر در زمان طوفان‌ها گرایش داشت. همچنین، غلظت فلزات سنگین در مناطق صنعتی و پرترافیک بالاتر بود. در تحقیق دیگری، Salahi & Behrouzi و همکاران (۲۰۲۰)، به بررسی ویژگی‌های فیزیکی وشیمیایی و شرایط اتمسفری توفان‌های گرد و غبار در ایستگاه دزفول طی یک دوره ۲۰ ساله (۱۹۹۴-۲۰۱۳) پرداختند. نتایج نشان داد، که گرد و غبار در این منطقه روند افزایشی داشته و بیشترین میزان آن در تابستان (به‌ویژه در ماه جولای) و کمترین مقدار آن در پاییز (دی‌ماه) رخ داده است. آنالیز ذرات نشان داد، که PM10 اندازه غالب ذرات بوده و از بافت سیلتی تشکیل شده است. همچنین، فلزات سنگین مانند منگنز، روی، سرب و کادمیوم در نمونه‌های گرد و غبار حضور داشتند، که نشان‌دهنده آلودگی متوسط تا شدید است. در میان عناصر محلول، کلسیم، پتاسیم، سدیم و منیزیوم بیشترین غلظت را داشتند، که نشان‌دهنده منشاء بیابانی ذرات است.

همچنین، Mahmoudi و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی، به بررسی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی گردوغبار در منطقه آبیک قزوین پرداختند. آن‌ها از دستگاه پراش‌سنج پرتو ایکس (XRD) برای شناسایی ترکیبات معدنی، از تکنیک

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS)، برای تعیین ترکیبات شیمیایی و از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM) برای بررسی شکل و اندازه ذرات استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد، که کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده گردوغبار شامل سیلیکات منیزیم، کربنات کلسیم و کوارتز هستند. در میان عناصر سنگین، روی، سرب، کادمیم، کروم، کبالت، نیکل و مس بیشترین میزان را داشتند.

در پژوهشی، Roghani و همکاران (۲۰۱۹)، پیرامون خصوصیات فیزیکی و شیمیایی گردوغبار معدنی در حومه شهر اصفهان، پرداختند. نتایج نشان داد، که عناصر غالب گردوغبار شامل کلسیم، آلومینیوم، آهن، منیزیم، سدیم، پتاسیم و فلزات سنگین هستند. غلظت فلزات سنگین در منطقه به طور قابل‌توجهی افزایش یافته است. بیشترین میزان رسوبات در شمال شرقی و بالاترین غلظت عناصر شیمیایی، به‌ویژه فلزات سنگین، در جنوب غرب مشاهده شد. همچنین، گردوغبار شامل کانی‌های کوارتز، کلسیت و ژیپس و مورفولوژی ذرات، نشان‌دهنده منبع محلی گردوغبار بوده است. علاوه بر این، Khatooni (۲۰۱۶)، به بررسی رسوب‌شناسی و زمین‌شیمی رسوبات دشت خوزستان و پتانسیل ایجاد ریزگرد پرداخت. نتایج نشان داد، که رسوبات عمدتاً از نوع گل، گل‌ماسه‌ای و ماسه‌گلی با منشأ رودخانه‌ای هستند. پراکنش درصد رس (زیر ۲ میکرون)، برای شناسایی مناطق پتانسیل‌دار ریزگرد مفید است. زمین‌شیمی رسوبات سه منشأ اصلی را برای عناصر شناسایی کرد: آواری، تبخیری و آلودگی‌های ناشی از جنگ تحمیلی. نتایج آنالیز فاکتوری و خوشه‌ای نیز این یافته‌ها را تأیید کرده‌اند. Ziaei و همکاران (۲۰۱۹)، با انجام تجزیه‌وتحلیل ژئوشیمیایی بر روی ۵۰۰ نمونه گردوغبار در شمال شرقی ایران، منابع زمین‌شناختی (ژئونیک) و انسانی این گردوغبار را شناسایی کردند. نتایج این مطالعه نشان داد، که نیکل، کروم، منگنز و آهن عمدتاً از منابع زمین‌شناختی طبیعی منشأ گرفته‌اند، در حالی که، عناصر مس، سرب و روی با فعالیت‌های انسانی مرتبط هستند. Bazarbayev و همکاران (۲۰۲۲)، به بررسی خواص فیزیکی و شیمیایی گرد و غبار منطقه ازبکستان مانند قراقالپکستان و خوارزم -که در نزدیکی سه بیابان آرالکم، قراقوم و قیزیلکوم قرار دارند-، پرداختند. ذرات گرد و غبار ریخته شده بر روی نمونه‌بردار شیشه‌ای در قراقالپکستان و خوارزم جمع‌آوری و با استفاده از طیف وسیعی از روش‌ها به طور سیستماتیک مورد مطالعه قرار گرفت. توزیع اندازه ذرات بین ۶۰۰ نانومتر و۱۰ میکرومتر اندازه‌گیری شد. مواد تشکیل دهنده اصلی و فرعی موجود در گردوغبار به طور سیستماتیک توسط طیف‌سنجی نشر نوری پلاسما جفت‌شده القایی مورد مطالعه قرار گرفتند. کوارتز، هماتیت، آهک، کوراندوم، منیزیم و چندین ماده معدنی دیگر در ذرات گرد و غبار شناسایی گردید.

این پژوهش، با هدف بررسی ارتباط ژنتیکی بین گردوغبار و سازندهای زمین‌شناسی در جنوب شهرستان دامغان انجام شده است. در این راستا، ویژگی‌های شیمیایی و کانی‌شناسی گرد و غبار مورد تجزیه و تحلیل و نقش سازندهای زمین‌شناسی در انتشار این ذرات مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق می‌تواند به درک بهتر مکانیزم‌های تولید و پراکنش گردوغبار کمک کرده و مبنای اقدامات مدیریتی برای کاهش اثرات آن در حوزه‌های محیط زیست، سلامت و اقتصاد قرار گیرد.

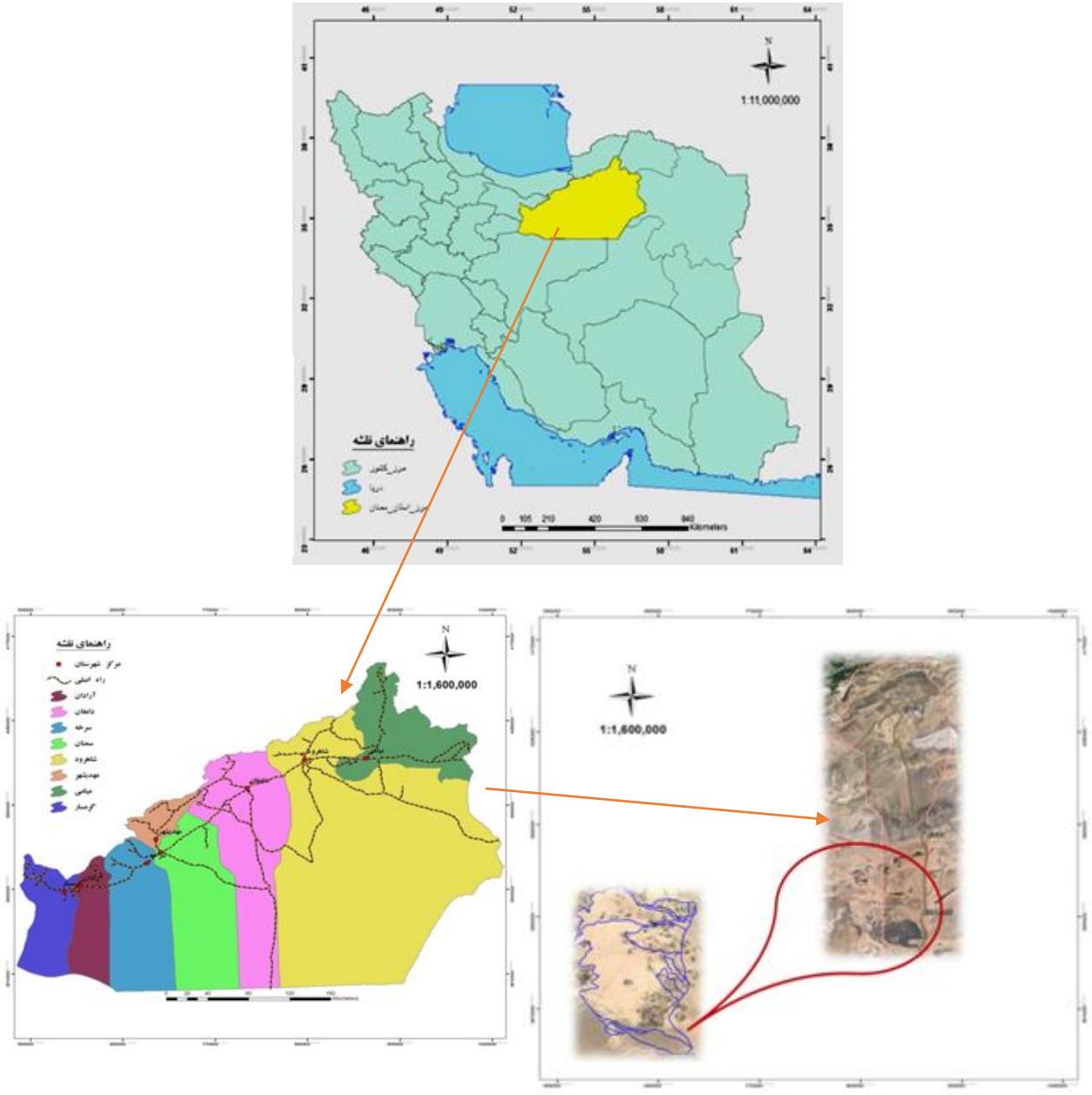
۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بیابان‌های جنوب شهر دامغان از شهرستان‌های استان سمنان می‌باشد. این منطقه در استان سمنان، در عرض جغرافیایی ۳۶ و ۲۹ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ و ۱۲ درجه شرقی و در حاشیه دشت کویر قرار گرفته

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

است. مطالعات انجام شده در منطقه نشان داد، که حدود ۴۳/۸۸ درصد از منطقه به صورت زمین‌های مرتفع با شیب بالای ۲۰ درصد و ۵۶/۱۲ درصد منطقه را زمین‌های هموار تشکیل می‌دهند، که دارای شیب کمتر از ۲۰ درصد هستند.



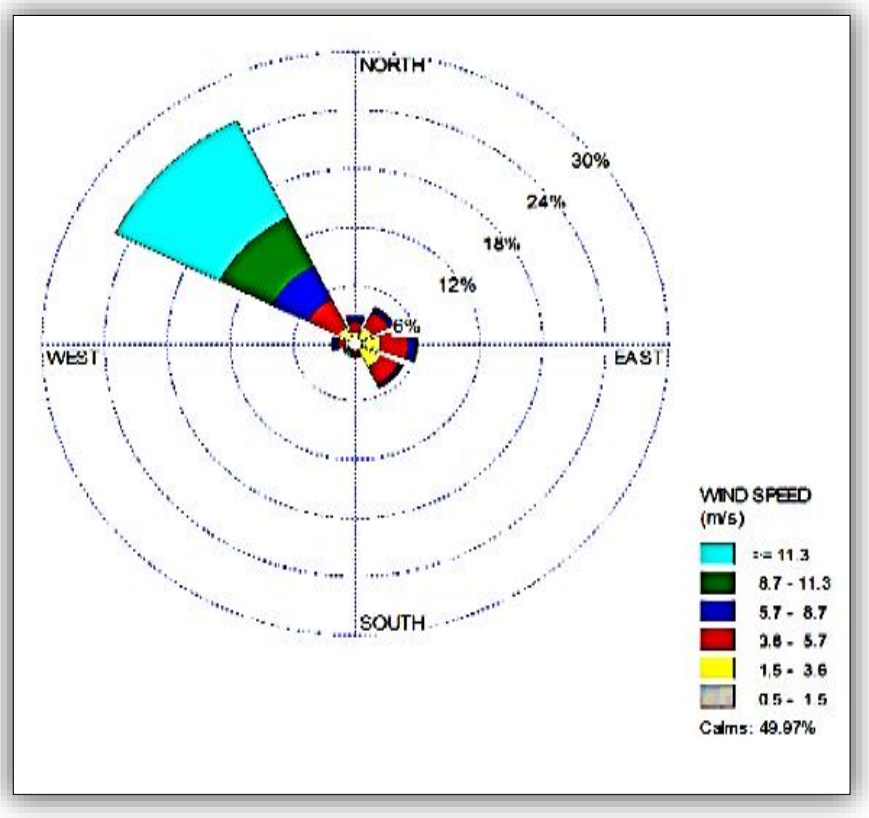
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضهٔ میناب، کاربری اراضی و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده

۱-۲-گلباد منطقه مورد مطالعه

با توجه به گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک دامغان، مشاهده شد، که ۴۹/۹ درصد از کل ساعات دیدبانی سالانه، هوا آرام است. وزش بادها از سمت شمال غرب بیشترین فراوانی را دارد. بادهای ۳/۶-۱/۵ متر بر ثانیه بیشترین فراوانی را به خود اختصاص دادند. به عبارت دیگر، این نوع باد، ۱۲/۶ درصد از کل بادها را شامل می‌شود و بادهایی با سرعت ۳/۶ تا ۵/۷ متر بر ثانیه و بیش از ۱۱/۳ متر بر ثانیه، به ترتیب ۱۲/۶ و ۱۱/۶ درصد از کل بادها را به خود اختصاص دادند. با

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

توجه به نمودار توزیع فراوانی بادهای سالانه ایستگاه سینوپتیک دامغان، بادهای با سرعت بیش از ۰/۵ متر بر ثانیه، ۱/۰۵ درصد از کل بادها را به خود اختصاص دادند. از این رو، طبق نتایج، به طور کلی دامغان منطقه‌ای بادخیز می‌باشد. گلبادهای فصلی نشان می‌دهد، که جهت باد غالب در بهار، تابستان، پاییز و زمستان از سمت شمال غرب دامغان می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲: گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک دامغان

۲-۲- وضعیت زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

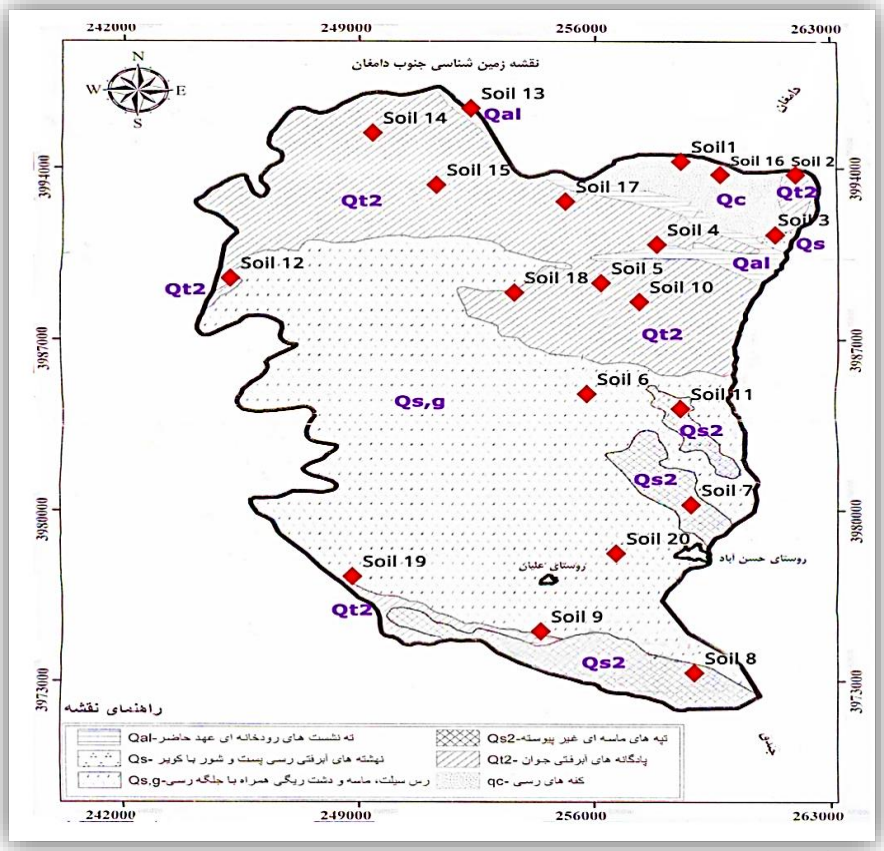
سازندهای زمین‌شناسی در منطقه مطالعاتی از قدیم به جدید شامل دوره سنوزوئیک، کواترنری و زیر دوره پلیئستوسن-هولوسن هستند. این رسوبات شامل انباشته‌های آبرفتی و بادرفتی هستند، که به صورت لایه‌های چین نخورده به گونه‌های دگر شیب بر روی سازندهای قدیمی قرار دارند. آنچنان که بیان گردید، این نهشته‌ها را می‌توان معادل واحد دشت سر در مطالعات ژئومورفولوژی در نظر گرفت، که از تخریب اراضی بالادست و ترسیب در مناطق پایین‌دست به دلیل کاهش شیب تشکیل یافته‌اند. این رسوبات از قدیم به جدید در منطقه شامل پادگانه‌های آبرفتی جوان (Qt2)، کفه‌های رسی (Qc)، رس، سیلت ماسه و دشت ریگی همراه با جلگه‌های رسی دشتگون و اراضی کشاورزی (Qs،g)، تپه‌های ماسه‌ای متراکم سیمانی شده دارای پوشش گیاهی (Qs1)، نهشته‌های تپه‌ای ماسه‌ای غیرپیوسته (Qs2)، نهشته‌های آبرفتی(رسی) پست و شور یا کویر (Qs) و ته‌نشست‌های رودخانه‌ای عهد حاضر می‌باشد.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

۳ـ مواد و روش

۳ـ۱ـ داده‌ها و مراحل اجرای پژوهش

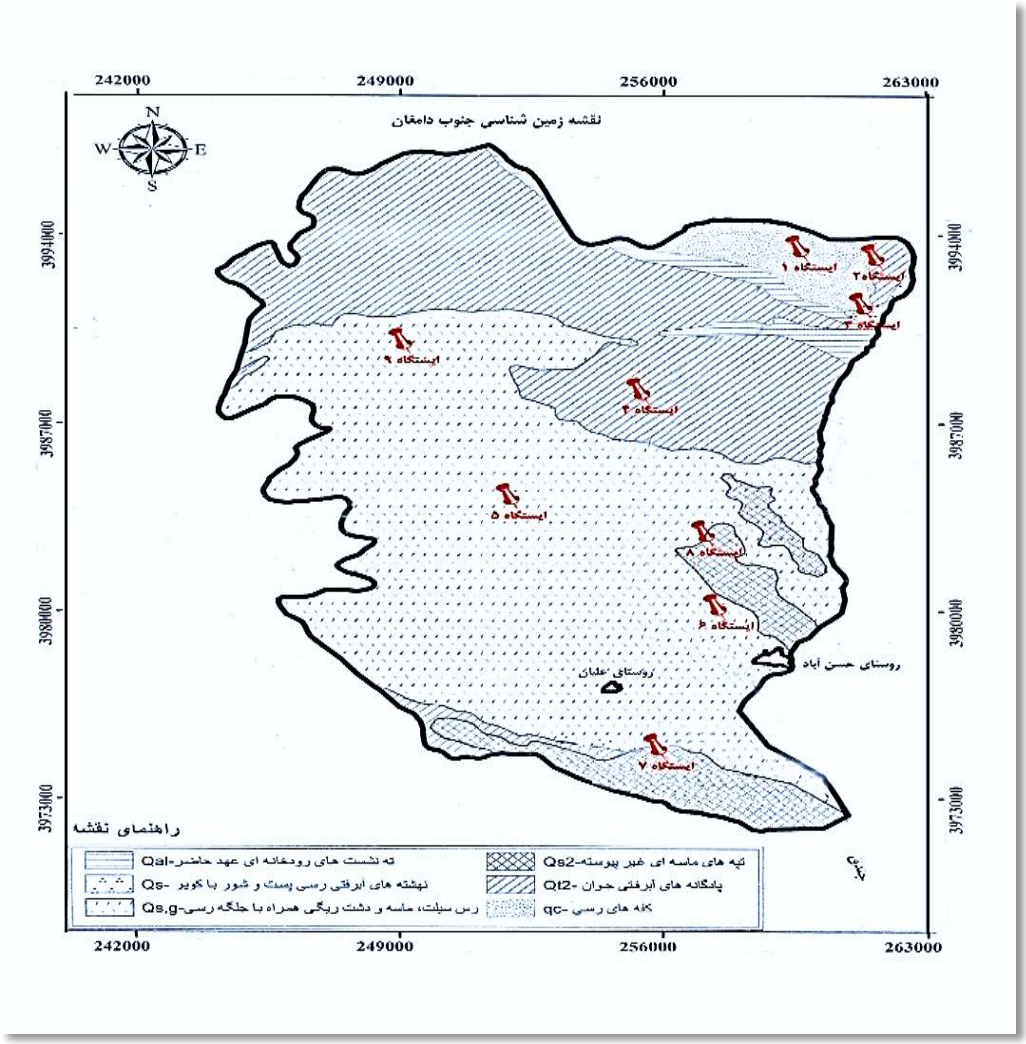
پژوهش حاضر از نوع تحلیلی-توصیفی و هدف آن کاربردی است. روش تحقیق، ترکیبی از روش‌های توصیفی، اسنادی، تحلیلی و میدانی می‌باشد. پس از تعیین محل نمونه‌برداری، نمونه‌های تصادفی از گردوغبار در فواصل زمانی معین جمع‌آوری شد. این نمونه‌ها پس از خشک‌سازی و خردایش، برای شناسایی ترکیبات شیمیایی با استفاده از تکنیک طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP-MS) آنالیز شدند. برای شناسایی سازندهای زمین‌شناسی منطقه، از نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی کشور استفاده شد و سازندهای حساس به فرسایش شناسایی گردیدند. دستگاه‌های نمونه‌برداری قیفی‌شکل در ارتفاع ۲ تا ۴ متر از سطح مزارع نصب شدند و نمونه‌برداری از ذرات کمتر از ده میکرون به صورت تصادفی در ماه‌های اسفند ۱۴۰۲ و فروردین ۱۴۰۳ انجام گرفت. همچنین نمونه‌هایی از عمق‌های ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متری زمین برداشت گردید (شکل‌های ۳ و ۴). عناصر شیمیایی موجود در نمونه‌ها پس از آنالیز ICP، شامل کلسیم (Ca)، آهن (Fe)، آلومینیوم (Al)، سدیم (Na) و آرسنیک (As) می‌باشد. داده‌های حاصل از آنالیزها در قالب جدولی شامل اطلاعات جغرافیایی، فراوانی رسوبات و عناصر شیمیایی، ثبت و پس از نرمالیزه کردن، تحلیل‌های آماری شامل نمودارهای هیستوگرام، P-P Plot، Q-Q Plot و Box Plot برای شناسایی مقادیر خارج از رده انجام شد. در نهایت، ارتباط بین عناصر شیمیایی و سازندهای زمین‌شناسی با استفاده از مدل‌سازی آماری و نرم‌افزار SPSS ارزیابی گردید.



شکل ۳: نقشه موقعیت نقاط نمونه‌برداری زمینی بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]



شکل ۴: نقشه موقعیت ایستگاه‌های (Station) نمونه‌برداری رسوبات گرد و غبار بر روی نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

۴-یافته‌ها

۴-۱- بررسی خصوصیات شیمیایی گردوغبار جمع‌آوری شده

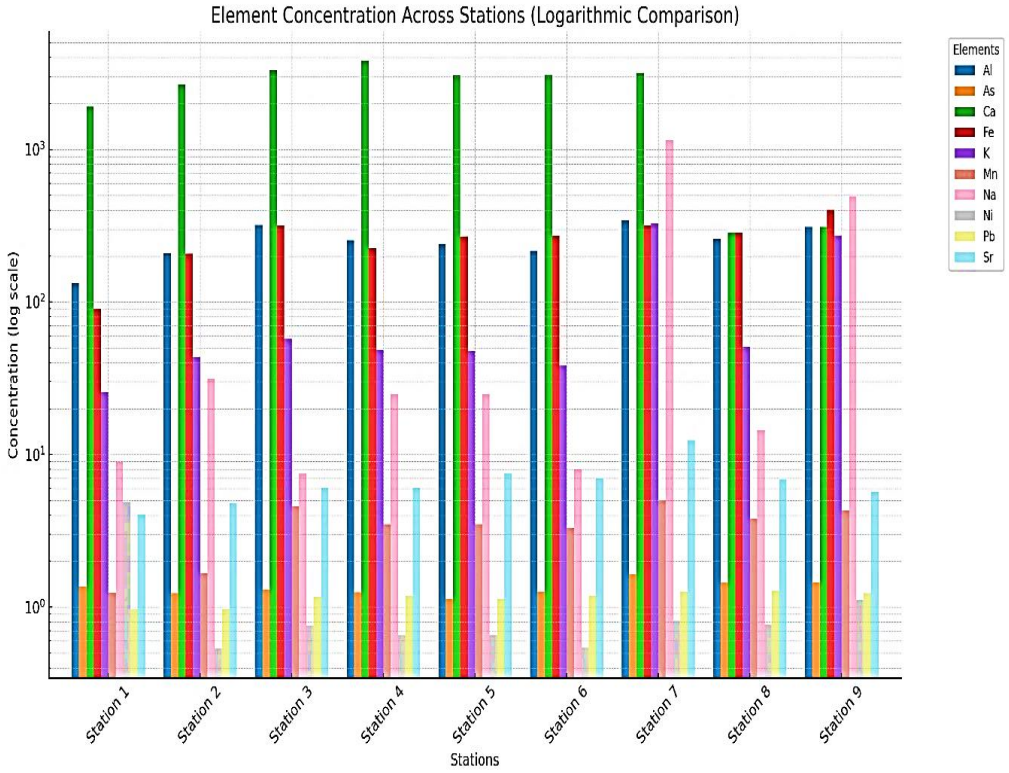
غلظت عناصر تشکیل‌دهنده ذرات گردوغبار در ایستگاه‌های مشخص‌شده در شکل (۵)، نشان‌دهنده مقادیر این عناصر است. کلسیم، آلومینیوم، سدیم و آهن، بیشترین درصد از عناصر را در روستاهای مورد نظر -که به عنوان ایستگاه‌های نمونه‌برداری گردوغبار انتخاب شده بودند-، به خود اختصاص داده‌اند. از میان این عناصر شیمیایی، کلسیم و سدیم بیشتر با منشأ تبخیری و شیمیایی همراه هستند، در حالی که آهن و آلومینیوم عمدتاً منشأ زمینی دارند و منبع این عناصر از سازندهای زمین‌شناسی می‌باشد.

این نمودار، مقایسه غلظت عناصر مختلف در ایستگاه‌ها را با استفاده از مقیاس لگاریتمی نشان می‌دهد. به دلیل تفاوت‌های زیاد در غلظت عناصر مختلف (مانند کلسیم و سرب)، از مقیاس لگاریتمی استفاده شده است، تا مقادیر کوچک و بزرگ به طور مؤثر در یک نمودار نمایش داده شوند. در این مقیاس، هر واحد در محور عمودی (غلظت)، نمایانگر

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

افزایش ۱۰ برابری است. بر اساس این نمودار، کلسیم (Ca) بیشترین غلظت را در تمام ایستگاه‌ها دارد و اختلاف قابل-توجهی با دیگر عناصر به چشم می‌خورد. همچنین، سرب (Pb) و آرسنیک (As) به طور قابل توجهی کم‌یاب هستند، اما با استفاده از مقیاس لگاریتمی، امکان مشاهده دقیق‌تر غلظت آن‌ها فراهم شده است. غلظت سدیم (Na) در ایستگاه ۷ به طور چشمگیری بیشتر از سایر ایستگاه‌ها است. از طرف دیگر، آلومینیوم (Al) و آهن (Fe) مقادیر متوسطی دارند و روند تغییرات آن‌ها در ایستگاه‌های مختلف نسبتاً یکنواخت است.

در مقایسه بین ایستگاه‌ها، غلظت عناصر در ایستگاه ۷، به ویژه برای سدیم (Na) و پتاسیم (K)، قابل توجه است. ایستگاه شماره ۳ نیز برای عناصری مانند آهن (Fe) و آلومینیوم (Al)، مقادیر بالاتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارد. عناصری مانند منگنز (Mn) و استرانسیم (Sr) در بیشتر ایستگاه‌ها روند پایداری دارند و تغییرات شدید در آن‌ها مشاهده نمی‌شود. تغییرات غلظت سدیم (Na) در ایستگاه‌ها، می‌تواند نشان‌دهنده تفاوت‌های محلی در منابع یا شرایط محیطی باشد. در نهایت، توزیع عناصر نشان می‌دهد، که هر ایستگاه ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود را دارد، که این ویژگی‌ها ناشی از تفاوت در ساختار زمین‌شناسی و تأثیرات محیطی هستند.



شکل ۵: نمودار غلظت عناصر شیمیایی گرد و غبار نمونه‌برداری شده

۲-۴- بررسی خصوصیات شیمیایی سازندهای زمین‌شناسی منطقه جنوب دامغان

پس از بررسی غلظت عناصر تشکیل‌دهنده رسوبات زمین‌شناسی منطقه (در عمق ۵۰ سانتی‌متر)، مشخص گردید، که آلومینیوم، کلسیم، آهن، سدیم، گوگرد و پتاسیم بیشترین درصد از عناصر را به خود اختصاص داده‌اند. بر اساس آنالیز فاکتوری در نرم‌افزار SPSS 26، عناصر شیمیایی پتاسیم، آرسنیک، سدیم، آلومینیوم، آهن و استرانسیوم در یک گروه

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

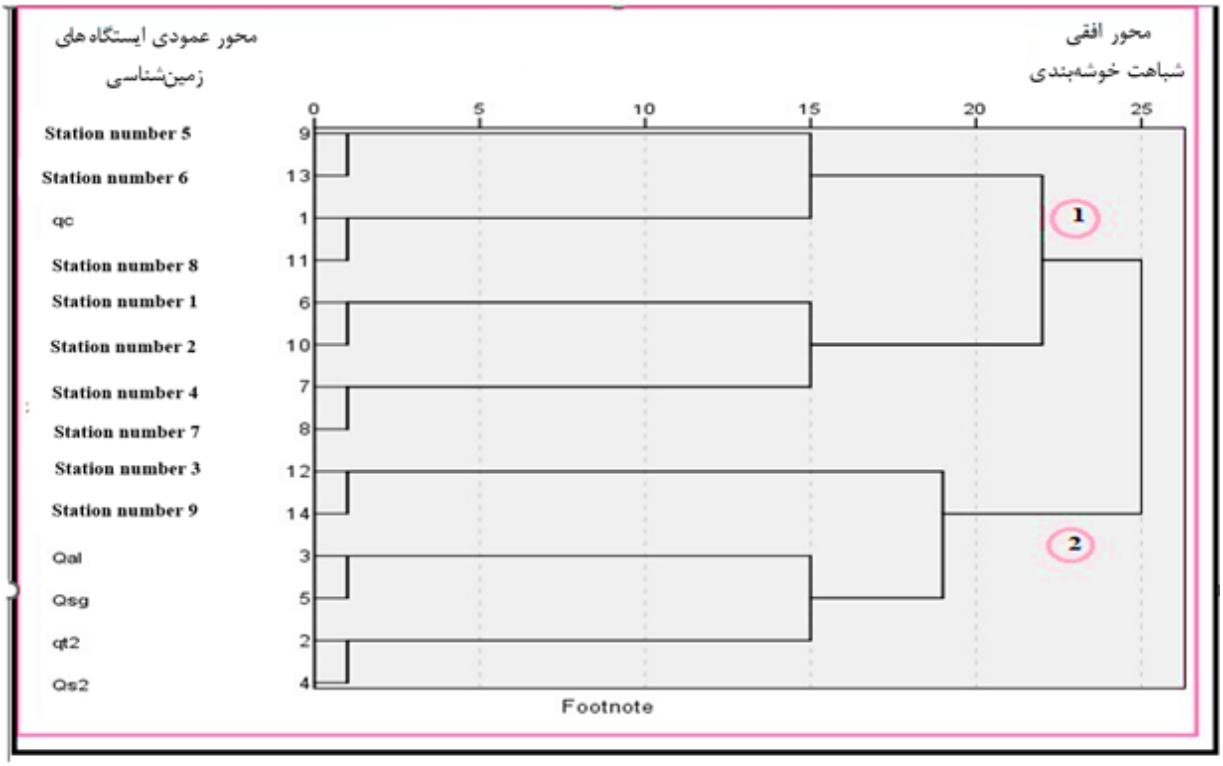
قرار گرفتند و به عنوان عناصر سمی و شیمیایی منطقه شناخته شدند. همچنین، عناصر نیکل، کلسیم، منگنز و سرب در گروه دوم قرار دارند و به عنوان عناصر زمینی شناسایی گردیدند. بنابراین، منشأ گردوغبار منطقه به دو دسته اصلی زمینی و شیمیایی تقسیم می‌شود. بر اساس تحقیقات میدانی، کارخانه فروسیلیس در ۱۱ کیلومتری جاده سمنان به دامغان قرار دارد، که در ایجاد آلودگی آرسنیک در منطقه نقش بسزایی ایفا کرده و موجب افزایش آلودگی می‌شود. شکل (۶)، نشان‌دهنده ارتباط ژنتیکی واحدهای زمین‌شناسی و گردوغبار جنوب دامغان است. ایستگاه‌های شماره ۱، ۲، ۴، ۵، ۶ و ۸ در خوشه شماره ۱ قرار دارند و ارتباط نزدیکی با واحد زمین‌شناسی Qc دارند. از طرف دیگر، ایستگاه‌های شماره ۳، ۷ و ۹ با واحدهای زمین‌شناسی Qal، Qsg، Qt2 و Qs2 ارتباط ژنتیکی دارند و در خوشه شماره ۲ قرار گرفته‌اند. این شکل خوشه‌بندی، روابط میان سازندهای زمین‌شناسی و غلظت عناصر را به‌وضوح نشان می‌دهد. شکل فوق، یک نمودار خوشه‌ای (Dendrogram) را به تصویر می‌کشد، که ارتباط بین ایستگاه‌های زمین‌شناسی را بر اساس ترکیبات شیمیایی و زمین‌شناسی نمونه‌ها در دو خوشه اصلی گروه‌بندی کرده است. برای تحلیل این نمودار، ابتدا تمامی ناحیه‌ها و شاخه‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرند و سپس فرآیند رسیدن به دو خوشه توضیح داده می‌شود.

در تحلیل نمودار خوشه‌ای، محور عمودی نشان‌دهنده ایستگاه‌های زمین‌شناسی مختلف است، که در آن موقعیت‌های مختلف نمونه‌برداری مشخص شده‌اند، مانند ایستگاه‌های ۵ و ۶. این محور به ترتیب ایستگاه‌ها را نمایش می‌دهد. محور افقی نیز به فاصله یا شباهت خوشه‌بندی اشاره دارد. مقادیر عددی بر روی این محور نشان‌دهنده میزان نزدیکی یا دوری ایستگاه‌ها از یکدیگر در زمینه ترکیب زمین‌شناسی است. در این نمودار، ایستگاه‌هایی که شاخه‌های آنها در ابتدای محور افقی به هم متصل می‌شوند، مانند ایستگاه‌های ۳ و ۷، نشان‌دهنده شباهت بیشتر در ترکیب زمین‌شناسی هستند و در یک خوشه قرار می‌گیرند. از سوی دیگر، ایستگاه‌هایی که خوشه‌هایشان فاصله زیادی دارند، مانند ایستگاه‌های ۵ و ۶، ترکیب‌های متفاوت‌تری دارند. در واقع، شباهت بین ایستگاه‌ها در نمودار خوشه‌ای با توجه به فاصله افقی بین آن‌ها مشخص می‌شود. هرچه شاخه‌های دو ایستگاه (یا خوشه) به یکدیگر نزدیک‌تر باشند و زودتر به هم متصل شوند، نشان‌دهنده شباهت بیشتر ترکیب‌های زمین‌شناسی آن‌هاست.

۳-۴-ارتباط بین واحدهای زمین‌شناسی و ایستگاه‌های مورد مطالعه

دو خوشه اصلی در نمودار شناسایی شدند، که از یک نقطه بزرگ‌تر در محور افقی منشعب می‌شوند. خوشه اول، که شاخه‌های آن به سمت چپ نزدیک‌تر هستند، ترکیباتی با ویژگی‌های بادی و شور دارد. در مقابل، خوشه دوم که شاخه‌های آن دورتر از هم قرار دارند، ترکیباتی با ویژگی‌های رودخانه‌ای و ماسه‌ای را نشان می‌دهد. این تقسیم‌بندی نشان‌دهنده تفاوت‌های عمده در ترکیب زمین‌شناسی دو منطقه است. در این نمودار خوشه‌ای، ایستگاه‌هایی که در خوشه اول قرار دارند (ایستگاه‌های ۵، ۶ و ۸)، از نظر زمین‌شناسی مشابه‌تر به هم هستند، زیرا شاخه‌های آن‌ها ابتدا به یکدیگر متصل می‌شوند. در مقابل، ایستگاه‌های خوشه دوم (ایستگاه‌های ۳، ۷، ۹ و ۴) دیرتر به هم متصل می‌شوند و فاصله بیشتری دارند، که نشان‌دهنده تفاوت‌های بیشتری در ویژگی‌های زمین‌شناسی است جدول (۱).

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]





شکل ۶: نمودار خوشه‌ای در ارتباط با سازند زمین‌شناسی و نمونه‌های گرد و غبار منطقه مورد مطالعه

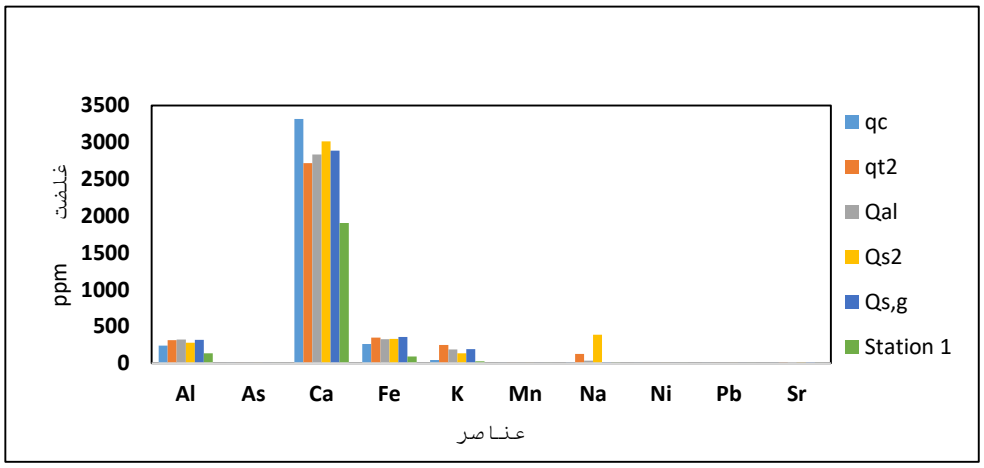
غلظت عناصر در ایستگاه شماره یک (شکل ۷)، ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی این ایستگاه را نشان می‌دهد، که باعث تفاوت در غلظت برخی عناصر نسبت به سایر سازندهای زمین‌شناسی می‌شود. طبق نمودار، عناصر کلسیم، آهن و آلومینیوم بیشترین غلظت را در ترکیب شیمیایی گردوغبار این ایستگاه دارند. سازند آهکی منبع اصلی کلسیم در منطقه است و کاهش فرسایش این سازند می‌تواند به کاهش غلظت کلسیم در گرد و غبار کمک کند. غلظت عناصر موجود در ایستگاه شماره دو (شکل ۸)، نشان‌دهنده رابطه مستقیم و معنادار بین غلظت کلسیم و سازندهای آهکی و همچنین آهن، آلومینیوم و پتاسیم است. حضور معادن در نزدیکی این سازندها، موجب افزایش بیشتر غلظت این عناصر می‌شود. علاوه بر این، غلظت آهن ارتباط قوی با سازندهای شیل دارد، به‌طوری‌که، شیل به دلیل محتوای بالای آهن و فرسایش‌پذیری بالا، نقش قابل‌توجهی در توزیع این عنصر ایفا می‌کند.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

غلظت عناصر موجود در ایستگاه شماره سه (شکل ۹)، نشان‌دهنده ویژگی‌های خاص زمین‌شناسی این ایستگاه است، که باعث تفاوت در غلظت برخی عناصر نسبت به سازندهای زمین‌شناسی دیگر می‌شود. طبق نمودار، غلظت سدیم به‌شدت وابسته به سازندهای ماسه‌سنگی است. همچنین، آلومینیوم در مناطقی با شیل و ماسه‌سنگ‌های ریزدانه افزایش یافته است. در این بخش، عنصر کلسیم (Ca) بیشترین غلظت را دارد، که نشان‌دهنده تأثیر بالای سازندهای رسی در غلظت این عنصر است.

جدول ۱: خوشه‌بندی ایستگاه ها و واحد زمین‌شناسی

خوشه مرتبط	ایستگاه های مرتبط	واحد زمین شناسی
خوشه ۱	۵ و ۶ و ۸	Qs2
	۲و ۵ و ۶ و ۸	Qc
خوشه ۲	۳ و ۷ و ۹ و۴	Qal
	۱و ۳ و ۷ و ۹ و۴	Qsg

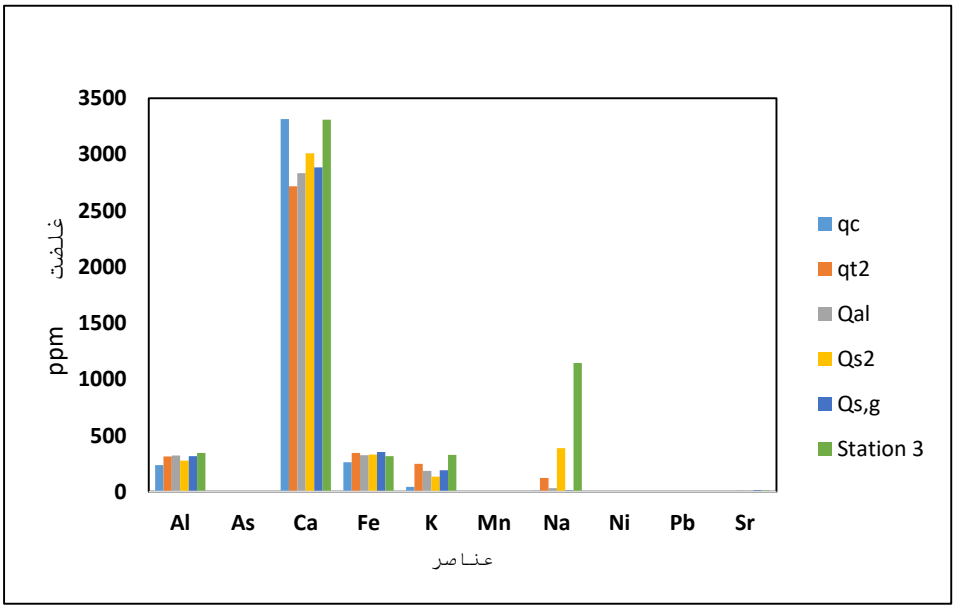


شکل ۷: مقایسه غلظت کل عناصر در واحدهای زمین شناسی در ایستگاه شماره ۱ جنوب دامغان

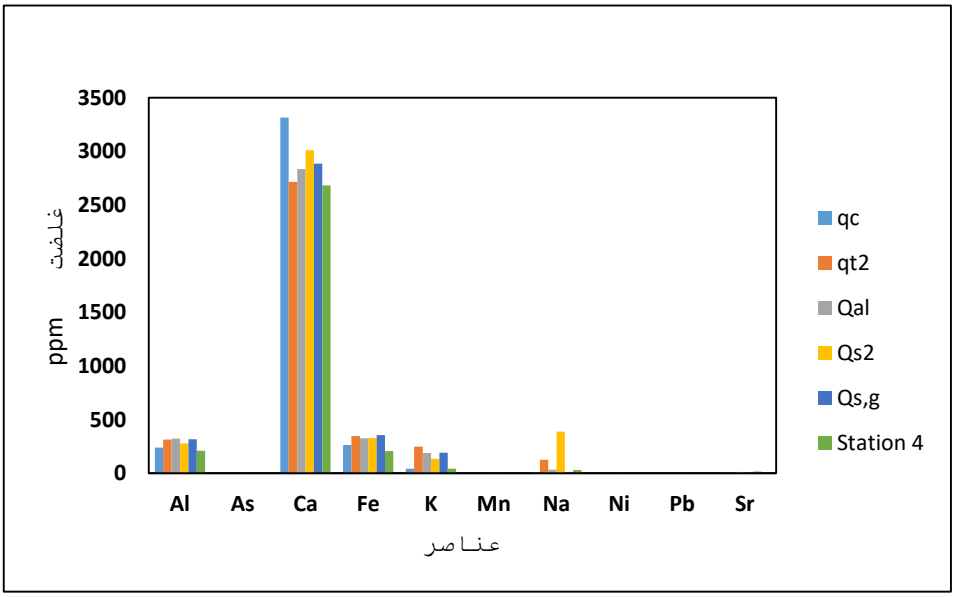
غلظت سدیم در ایستگاه شماره چهار (شکل ۱۰)، رابطه معناداری با ماسه سنگ دارد و در فرسایش این سازند نقش کلیدی دارد. غلظت سدیم در ایستگاه شماره ۵ (شکل ۱۱) به‌شدت به سازندهای ماسه‌سنگی وابسته است. همچنین غلظت آلومینیوم در مناطقی با شیل و ماسه‌سنگ‌های ریزدانه افزایش یافته است. در ایستگاه‌های شماره ۶ (شکل ۱۲)، ۷ (شکل ۱۳)، ۸ (شکل ۱۴) و ۹ (شکل ۱۵)، غلظت سدیم به‌شدت به سازندهای ماسه‌سنگی وابسته است. همچنین غلظت آلومینیوم در مناطقی با شیل و ماسه‌سنگ‌های ریزدانه افزایش یافته و میزان غلظت کلسیم وابستگی شدیدی به سازندهای رسی دارد. در چهار ایستگاه پایانی، غلظت عناصر سدیم، آلومینیوم و کلسیم، به طور کلی رفتار شیمیایی مشابهی را نشان می‌دهند. این شباهت به دلیل نزدیکی جغرافیایی و شباهت زمین‌شناسی بین این دو منطقه می باشد. غلظت کلسیم در هر چهار ایستگاه بالاترین مقدار را دارد، که نشان‌دهنده تسلط کانی‌های کربناته یا رسوبات کلسیمی در این مناطق است. در عین

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

حال، اختلاف جزئی در عناصر Fe و Mn به شرایط محلی خاص، مانند نوع خاک، جریان‌های آبی یا تغییرات رسوبی، مرتبط است.



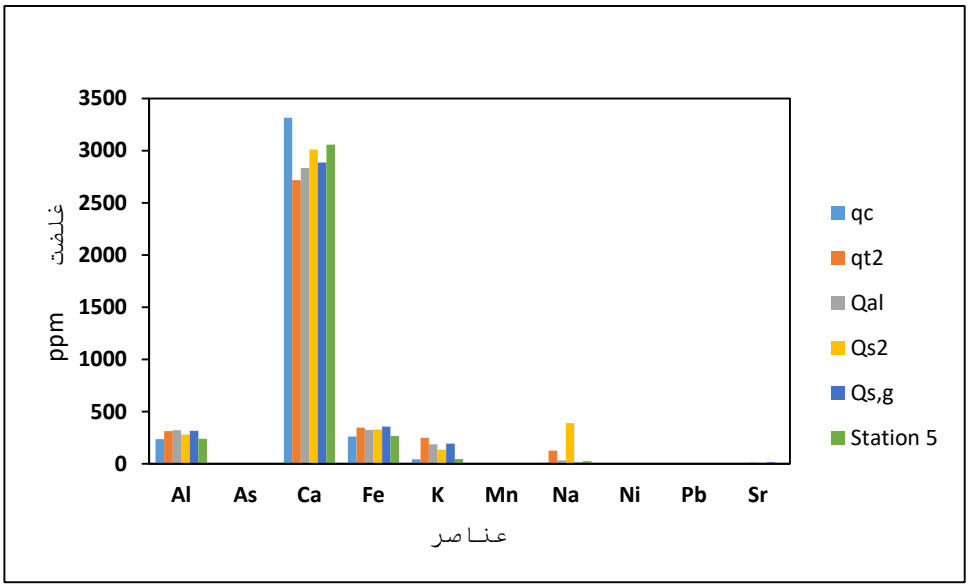
شکل ۹: مقایسه غلظت کل عناصر در واحد های زمین شناسی در ایستگاه شماره ۳ جنوب دامغان



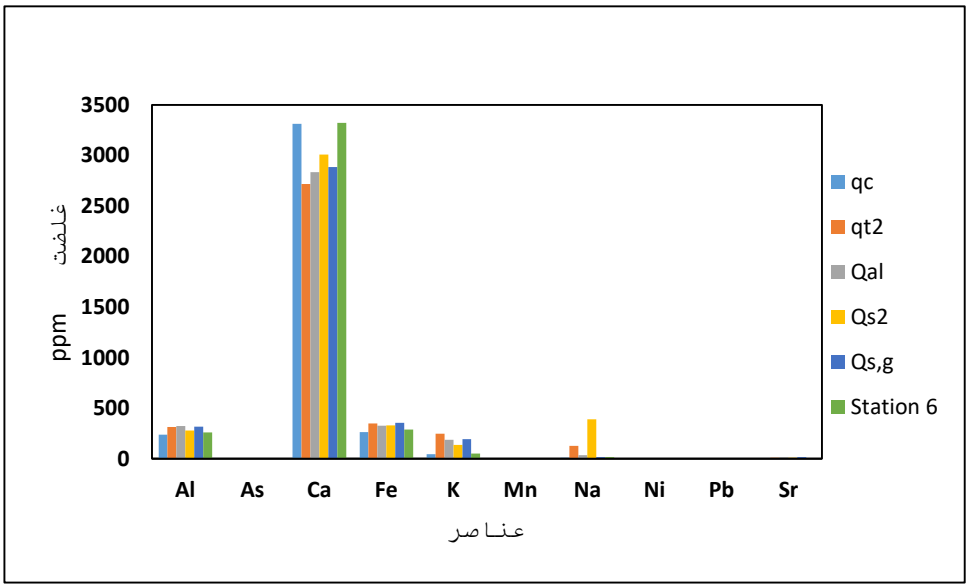
شکل ۱۰: مقایسه غلظت کل عناصر در واحدهای زمین شناسی در ایستگاه شماره ۴ جنوب دامغان

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]



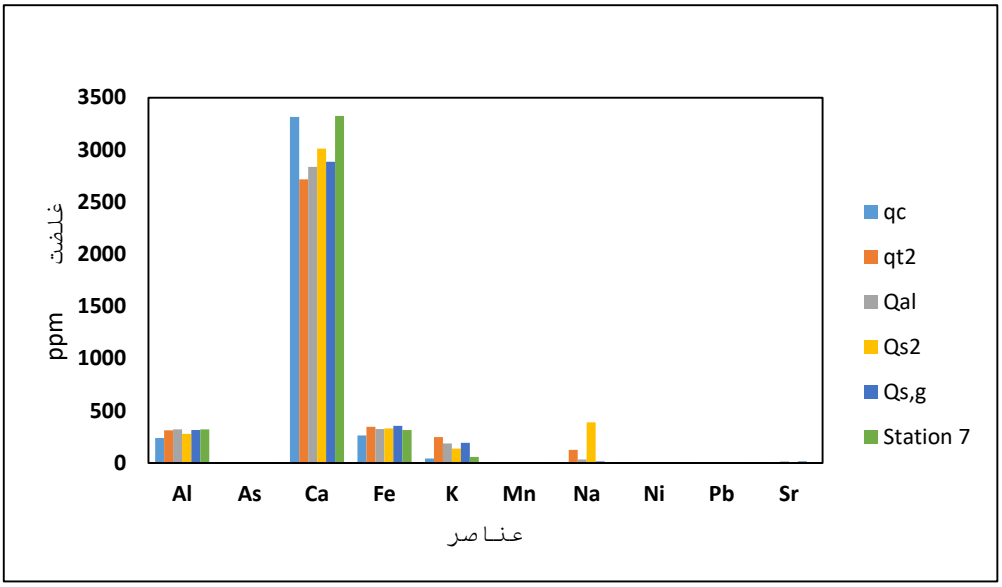
شکل ۱۱: مقایسه غلظت کل عناصر در واحد های زمین شناسی در ایستگاه شماره ۵ جنوب دامغان



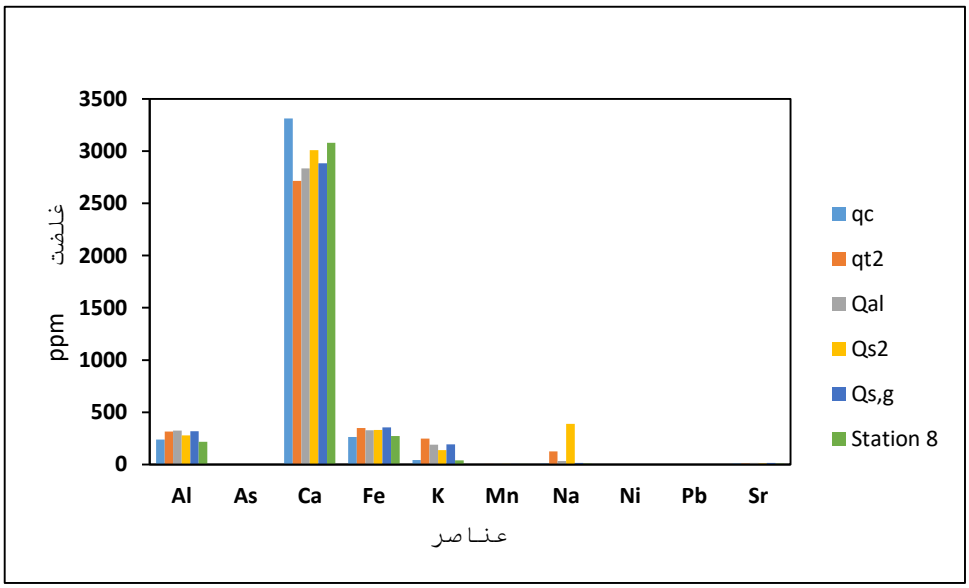
شکل ۱۲: مقایسه غلظت کل عناصر در واحد های زمین شناسی در ایستگاه شماره ۶ جنوب دامغان

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]



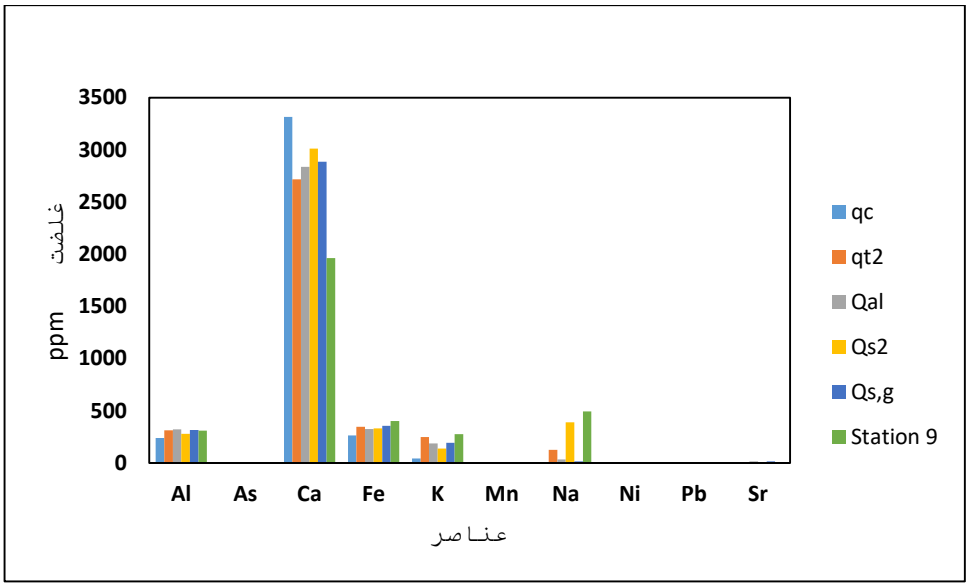
شکل ۱۳: مقایسه غلظت کل عناصر در واحد های زمین شناسی در ایستگاه شماره ۷ جنوب دامغان



شکل ۱۴: مقایسه غلظت کل عناصر در واحدهای زمین شناسی در ایستگاه شماره ۸ جنوب دامغان

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]



شکل ۱۵: مقایسه غلظت کل عناصر در واحدهای زمین شناسی در ایستگاه شماره ۹ جنوب دامغان

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

ترکیب کانی‌شناسی ذرات گردوغبار عمدتاً شامل کلسیم، آرسنیک، سدیم، آلومینیوم و آهن است. بررسی توزیع اندازه ذرات گردوغبار نشان داد، که فراوانی ذرات در اندازه سیلت بیشتر است و این توزیع در زمان وقوع طوفان‌های گردوغبار به سمت ذرات ریزتر گرایش دارد. نتایج این پژوهش تا حد زیادی با نتایج مطالعات محققانی چون (Nishita- Wang et al., 2022a,b; Hara et al., 2023; Tang et al., 2019; Saurabh et al., 2022; Darmani et al., 2020) و (Rashnod & Jalili, 2022; Shaker et al., 2025; Zeineddine et al., 2023) مطابقت دارد. مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد، که رسوبات زمین‌شناسی منطقه بسیار جوان بوده و تماماً شامل نهشته‌های کواترنر هستند، که مربوط به واحد دشت‌سر و تیپ دشت‌سرهای آپانداژ و پوشیده می‌باشند. این نهشته‌ها را می‌توان رسوبات آبرفتی بادی و سیلابی کواترنری با شرایط فرسایش‌پذیری بالا در نظر گرفت (Ahmadi Birgani et al., 2016; Feiznia & Zare Khosh Eghbal, 2003). این رسوبات به دوره سنوزوئیک، کواترنری و زیر دوره پلیئستوسن-هولوسن تعلق دارند و شامل انباشت‌های آبرفتی و بادرفتی هستند، که به صورت لایه‌های چین‌نخورده و دگرشیب بر روی سازندهای قدیمی قرار دارند (Moghaddasi et al., 2015; Pourhashemi, 2024; Ziyaee et al., 2019). این رسوبات از قدیم به جدید در منطقه شامل پادگانه‌های آبرفتی جوان(Qt2)، کفه‌های رسی(Qc)، رس، سیلت ماسه و دشت‌های ریگی همراه با جلگه‌های رسی دشتگون و اراضی کشاورزی (g)، (Qs)، تپه‌های ماسه‌ای متراکم سیمانی‌شده با پوشش گیاهی(Qs1)، نهشته‌های تپه‌ای ماسه‌ای غیر پیوسته (Qs2)، نهشته‌های آبرفتی (رسی) پست و شور یا کویری (Qs) و ته‌نشست‌های رودخانه‌ای عهد حاضر می‌باشند. همان‌طور که بیان شد، این نهشته‌ها معادل واحد دشت سر در مطالعات ژئومورفولوژی بوده که از تخریب اراضی بالادست و ترسیب مواد در مناطق پایین‌دست به دلیل کاهش شیب تشکیل شده‌اند، که همسو با تحقیقات Motamed Vaziri و همکاران (۲۰۲۳) است.

Fayz Nia & Khosh Aghbal (۲۰۰۳)، نیز در بررسی حساسیت سازندهای زمین‌شناسی نسبت به فرسایش و تولید رسوب در حوزه آبخیز لتیان نیز بیان کردند، بعضی از واحدهای سنگ‌شناسی حساس به فرسایش و مستعد تولید رسوب

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

هستند. برخی تحقیقات دیگر نیز با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد (Sufi & Shahriari, 2020; Moghaddasi et al., 2015; Ziyaee et al., 2019; Hamdamjoo et al., 2015; Rezaei et al., 2013; Ahmadi Birgani et al., 2016; Feiznia & Zare Khosh Eghbal, 2003; Mousavi & Pourkhabaz, 2017; Motamed Vaziri et al., 2023; MalAmiri et al., 2022). طبق نمودارخوشه ای سازند زمین شناسی و گرد و غبار جنوب دامغان در ایستگاه های شماره ۲ و ۵ و ۶ و ۸ با سازند زمین شناسی qc ارتباط ژنتیکی و نزدیکی داشته که در نتیجه همگی ایستگاه ها در خوشه شماره یک قرار گرفته اند و همچنین در خوشه شماره دو، چهار ایستگاه شماره ۳ و ۷ و ۹ و۴ با سازندهای زمین شناسی QalQsgQt2Qs2 ارتباط ژنتیکی و مشابه ای دارند. ضروری است، که اشاره کنیم ممکن است بخشی از این آلاینده‌ها که در منطقه رسوب کرده‌اند، ناشی از گردوغبارهایی با منشأ فرامنطقه‌ای باشند، که در این تحقیق بررسی نشده است. Bagheri & Rezaei (2021) نیز با منشأیابی کانون‌های گردوغبار ذرات معلق کمتراز ۵/۲ میکرون **($PM_{2.5}$)** در شهر مشهد بیان کردند، ویژگی‌های زمین‌شناسی و اقلیمی مناطق خشک و نیمه‌خشک در کنار فعالیت‌های انسانی، نقش مهمی در تولید گردوغبار دارند. این نتیجه با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد.

بررسی‌های ژئوشیمیایی عناصر و غلظت نامتعارف برخی عناصر شیمیایی **(Ca, Fe, Al, Na, As)** در منطقه نشان می‌دهد، که منابع انسانی مانند آلودگی معدن زغال‌سنگ، صنایع فعال، مواد شیمیایی و غیرشیمیایی فاضلاب‌های صنعتی (مانند شهرک صنعتی دامغان) و سموم کشاورزی، نقش مهمی در افزایش این آلاینده‌ها دارند. همچنین، در خصوص نقش سازندهای زمین‌شناسی به عنوان منابع زمینی آلوده‌کننده، به دلیل تفاوت در رخنمون‌های سنگ‌شناختی همچون ماسه‌سنگ، شیل‌های زغال‌دار، و رس‌سنگ‌ها، فرسایش نابرابر رخ داده و در تولید رسوب و رسوب‌زایی تأثیرگذار بوده‌اند. می‌توان گفت که ساختار زمین‌شناسی و تشکیلات زمین‌شناسی منطقه از عوامل مهم و مؤثر در تولید رسوب و فرسایش می‌باشند. پیشنهاد می‌شود، تحقیق مذکور با توجه به اهمیت موضوع و شرایط گرد و غبار استان سمنان، در سطح کل استان نیز انجام گیرد. همچنین، پیشنهاد می شود، در ارتباط با عناصر شیمیایی موجود در گرد و خاک منطقه و نقش آنها در ایجاد برخی بیماری‌ها توسط محقیقن و دانشجویان تحقیقی صورت پذیرد. نکته دیگر اینکه، راهکارهای مناسب برای کاهش عوامل زمینه ساز بیابان‌زایی بر پایه گردوغبار در مناطق مختلف کشور شناسایی گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود، مطالعات بررسی منشاء گردوغبار در رابطه با عوامل انسانی در منطقه نیز انجام شود.

در نهایت، از محدودیت‌های تحقیق می‌توان به عدم دسترسی کامل به منطقه به دلیل نبودن راه‌های مناسب و سختی نمونه‌برداری با توجه به بادهای شدید را نام برد.

منابع:

1. Ahmadi Birgani, H., Feiznia, S., Mirnejad, H., McQueen, K., Ebrahimi, S., Tabe'h Alhajjeh, M., Ebrahimi, Sh., Salemi Mojarad, A., Khalifehzadeh, A., & Badri, J. (2016). Chemical composition of TSP dust particles as an indicator for geochemical source identification of sediments. *Journal of Natural Environment*, 69(2), 283-301. (In Persian)
2. Bagheri, F. & Rezaei, M. (2021). Source identification of air pollution hotspots of PM2.5 particles in Mashhad city using HYSPLIT and DREAM8b models. *Health and Environment*, 14(1), 129-146.
3. Baghaei, M., Rashki, A. & Mahmoudi Gharaei, M. H. (2020). Investigation of the chemical and mineralogical properties of incoming dust in northeastern Iran and its potential health risks. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 33.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

4. Bashiri Khuzestani, R. & Souri, B. (2016). Investigation of physicochemical properties of particulate matter larger than 10 micrometers in Kurdistan province, western Iran. *Environmental Science and Technology*, 18(3), 67-79.
5. Bazarbayev, R., Zhou, B., Allaniyazov, A., Zeng, G., Mamedov, D., Ivanitskaya, E. & Karazhanov, S. (2022). Physical and chemical properties of dust in the Pre-Aral region of Uzbekistan. *Environmental Science and Pollution Research, 29(27),* 40893-40902.
6. Darmani, M., Ara, H. & Rashki, A. (2020). Source identification and investigation of physical and chemical characteristics of dust particles in Sarakhs County. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 35. (In Persian)
7. Darvishi Khatouni, J., Abbas Aghaei, F. & Mohammadi, A. (2018). Mineralogy and geochemistry of dust sediments entering Khuzestan province (Case study: June 2012). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 6(14), 1-16. (In Persian)
8. Feiznia, S., & Zare Khosh Eghbal, M. (2003). Investigation of geological formations' sensitivity to erosion and sediment production in Latian watershed. *Iranian Journal of Natural Resources*, 3(53). (In Persian)
9. Filonchyk, M., Peterson, M. P., Zhang, L. & Yan, H. (2024). An analysis of air pollution associated with the 2023 sand and dust storms over China: aerosol properties and PM10 variability. *Geoscience Frontiers, 15,* Article 101762. https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101762
10. Hamdamjoo, M., Rashki, A. & Jafari. (2015). Investigation of chemical composition of Lut desert dust using XRF analysis. *Geography and Natural Hazards*, 7(14), 1-20. (In Persian)
11. Hamzeh pour, N. (2024). Temporal changes in elemental composition and physicochemical properties of airborne particulate matter emitted from sandy areas (Case study: West of Lake Urmia). *Journal of Natural Environment*, 76, 79-95. (In Persian). https://doi.org/10.22059/jne.2023.356230.2533
12. Horwell, C. J., Damby, D. E., Stewart, C., Joseph, E. P., Barclay, J., Davies, B. V., Mangler, M.F., Marvin, L.G., Najorka, J., Peek, S. Tunstall, N. (2024). Physicochemical hazard assessment of ash and dome rock from the 2021 eruption of La Soufrière, St. Vincent, for the assessment of respiratory impacts and water contamination. *Geological Society, London, Special Publications, 539(1),* 311–329. https://doi.org/10.1144/sp539-2023-46
13. Jafari, F. & Khademi, H. (2017). The most important chemical and physical properties of atmospheric dust in Kerman city. *Water and Soil Science (Agricultural and Natural Resources Sciences and Techniques*), 21(1), 13-22. (In Persian)
14. Jeong, G. Y. (2022). Mineralogical comparison between Asian dust and bedrock in southern Mongolia. *Korean Journal of Mineral and Petroleum, 35,* 397–407.
15. Karimian, Behnaz., Landi, Ahmad., Hojati, Saeed. & Ahadian, Javad. (2016). Investigation of physical, chemical, and mineralogical properties of dust in Ahvaz city. *Iranian Journal of Water and Soil Research*, 47(1), 159-173. (In Persian). https://doi.org/10.22059/ijswr.2016.57988
16. Darvishi Khatouni, J. (2016). Sedimentology and geochemistry of sediments in Khuzestan plain with a focus on dust generation potential. *New Findings in Geology and Applications*, 20(10), 92-105.
17. Luan, B. Y., Zhou, W., Jiskani, I. M. & Wang, Z. M. (2023). An improved machine learning approach for optimizing dust concentration estimation in open-pit mines. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20,* 1353.
18. Ma, T. J., Niuhe, J., Lu, S., Zhang, L., Zhou, S., Liu, J., Zhang, W., Liu, X., Ebere, E. C., Wang, Q. & Wang, W. (2023). Comparison of the heterogeneous reaction of NO2 on the surface of clay minerals and desert dust particles. *Environmental Pollution, 334,* Article 122134. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122134
19. Mahmoudi, M., Behrami, H.A., Darvish Bloorani, A. & Mirzaei Tork, S. (2023). Investigation of the physical and chemical properties of dust in Abyek, Qazvin region. *Paya Shahr Monthly*, 5(57), 21. (In Persian)
20. MalAmiri, N., Rashki, A., Hosseinzadeh, S. R. & Kaskaoutis, D.G. (2022). Mineralogical, geochemical, and textural characteristics of soil and airborne samples during dust storms in Khuzestan, southwest Iran. *Chemosphere, 286,* 131879.
21. Moghaddasi, P., Yazdi, M. & Bayati, A. (2015). Geochemical characteristics of dust in main squares of Tehran. *Environmental Sciences*, 13(1), 75-84. (In Persian)

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

22. Motamed Vaziri, B., Valeh, S. & Ahmadi, H. (2023). Investigation of the relationship between geological units and erosion intensity using two different models (Case study: Akhtarabad watershed). *Geography and Environmental Hazards*, 41, 12(3). (In Persian)
23. Mousavi, H.S. & Pourkhabaz, A. (2017). Source identification of dust particles by examining their physical and chemical properties in Birjand County. *Environmental Geology Quarterly*, 9(38), 33-39. (In Persian)
24. Nishita-Hara, C., Kobayashi, H., Hara, K. & Hayashi, M. (2023). Dithiothreitol-measured oxidative potential of reference materials of mineral dust: Implications for the toxicity of mineral dust aerosols in the atmosphere. *GeoHealth, 7,* e2022GH000736. https://doi.org/10.1029/2022GH000736.
25. Pourhashemi, S. (2024). Preparing a map of the sensitivity of the lands of Ilam province to dust production using data mining models. *Journal of Environmental Erosion Research (E.E.R.)*, 14 (3) :83-101. (In Persian)
26. Rashki, A., Eriksson, P. G., Rautenbach, C. J., Kaskaoutis, D. G., Grote, W. & Dykstra, J. (2013). Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. *Chemosphere*, *90*, 227-236.
27. Rashnod, H., & Jalili, N. (2022). Investigation of mineral components of settled dust particles in agricultural areas of Poldokhtar (2019-2020*). Journal of Faculty of Public Health and Institute of Health Research*, 20(4), 11-15. (In Persian)
28. Rezaei, S., Abbasnejad, A. & Zakirinpour, Z. (2013). Mineralogical and chemical characteristics of dust in different areas of Kerman city. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 21(5), 521. (In Persian)
29. Roghani, R., Feiznia, S., Soltani, S. & Shahbazi, R. (2019). Investigation of physical and chemical properties of mineral dust in the suburbs of Isfahan city. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(2). (In Persian)
30. Salahi, B. & Behroozi, M. (2020). Identification of dust sources and physicochemical analysis of dust particles in Dezful region. *Natural Environmental Hazards*, 23(9), 187-208. (In Persian)
31. Saurabh, K., Chaulya, S. K., Singh, R. S., Kumar, S., & Mishra, K. K. (2022). Intelligent dry fog dust suppression system: An efficient technique for controlling air pollution in the mineral processing plant. *Clean Technologies and Environmental Policy, 24,* 1037–1051.
32. Shaker, M., Eskandari Damaneh, H. & Khosravi, H. (2025). Analyzing the Trends in Aerosol Optical Depth (AOD) Changes Over a 20-Year Period (2001–2020): A Case Study of Alborz Province. *Journal of Environmental Erosion Research (E.E.R.)*, 15 (2) :110-126. (In Persian)
33. Shen, Z. Y., Ao, Z. C., Wang, Z. M., & Yang, Y. Q. (2023). Study on crust-shaped dust suppressant in non-disturbance areas of open-pit coal mines—A case study. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 20,* 934.
34. Soltani-Gord Faramarzi, S. & Morovati, M. (2021). The most important physical, chemical, and mineralogical properties of atmospheric dust in Yazd city, *central Iran. Natural Geography Research*, 1(53), 21-36. (In Persian)
35. Sufi, A.M. & Shahriari, A. (2020). Investigation of some chemical properties and the amount of some nutrients associated with dust in Sistan Plain. *Natural Environmental Hazards*, 9(23), 99-116. (In Persian)
36. Sun, N., Wu, L., Zheng, F., Liang, D., Qi, S., Song, J., Peng, Y., Zhang, H., & Mao, W. (2024). Atmospheric environment characteristics of severe dust storms and its impact on sulfate formation in downstream cities. *Science of the Total Environment, 922,* Article 171128. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171128
37. Tang, H., Zhang, W., Gu, J., Gao, X., Jian, G., Shi, B., Zhu, L., Xie, L., Guo, X., Gao, Z., Wang, G., Zhang, X., & Wang, X. (2019). Hygroscopic properties of saline mineral dust from different regions in China: Geographical variations, compositional dependence, and atmospheric implications. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 124,* 10844-10857. https://doi.org/10.1029/2019JD031128
38. Usman, F., Zeb, B., Alam, K., Huang, Z., Shah, A., Ahmad, I., & Ullah, S. (2022). In-depth analysis of physicochemical properties of particulate matter (PM18, PM0.2, and PM1) and its characterization through FTIR, XRD, and SEM-EDX. *Technology and Engineering Journal.*

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]

39. Wang, W. H., Shao, L. Y., Zhang, D. Z., Li, Y. W., Li, W. J., Li, P. J., Liu, J. P., & Xing, P. (2022a). Mineralogical similarities and differences of dust storm particles at Beijing from deserts in the north and northwest. *Science of the Total Environment, 803,* Article 149980. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149980
40. Wang, Z. M., Zhou, W., Jiskani, I. M., Ding, X. H., & Luo, H. T. (2022b). Dust pollution in cold region surface mines and its prevention and control. *Environmental Pollution, 292,* Article 118293.
41. Yousefi, H., & Naseri, H.R. (2014). Investigation of the relationship between desertification and wind erosion phenomenon. *The Second National Desert Conference with an Approach to Management of Dry and Arid Regions*, Semnan. (In Persian)
42. Zeineddine, M. N., Urupina, D., Romanias, M. N., Riffault, V., & Thevenet, F. (2023). Uptake and reactivity of acetic acid on Gobi dust and mineral surrogates: A source of oxygenated volatile organic compounds in the atmosphere? *Atmospheric Environment, 294,* Article 119509. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2022.119509
43. Ziyaee, A., Hirmas, D. R., Karimi, A., Kehl, M., Macpherson, G. L., Lakzian, A., & Roshanizarmehri, M. (2019). Geogenic and anthropogenic sources of potentially toxic elements in airborne dust in northeastern Iran. *Aeolian Research, 41,* Article 100540.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOI: 10.61186/jeer.15.4.149]