

## نقش بررسی‌های کانی‌شناسی و شاخص‌های آماری رسوبات در منشاء یابی تپه ماسه‌های شن‌سازان سراوان-بلوچستان<sup>۱</sup>

حسن احمدی<sup>۴</sup>سادات فیض‌نیا<sup>۳</sup>عبدالحمید دهواری<sup>۲</sup>

### چکیده

در این مطالعه، ابتدا از کلیه واحدهای سنگ‌شناسی و نیز از ارگ شن‌سازان سراوان در قالب شبکه‌بندی نقطه‌ای نمونه‌برداری شد، سپس نمونه‌ها تحت بررسی‌های کانی‌شناسی و مورفوسکوپی قرار گرفتند و پارامترهای آماری ذرات (میانگین، جورشدگی و...) برای ترسیم نقشه‌های هم‌مقدار در ارگ مورد استفاده قرار گرفت. بررسی نقشه‌های ترسیمی و نحوه توزیع پارامترها در ارگ، کاهش اندازه ذرات را از غرب (۰/۳۷ میلی‌متر) به طرف شرق (۰/۱۸ میلی‌متر) نشان داد که با بهبود جورشدگی و گردشدگی آنها در این مورد همخوانی دارد. درشت‌ترین ذرات در ورقه‌های ماسه‌ای و ریپل مارک‌ها و ریزترین آنها در ساختمان نیک‌ها مشاهده می‌شود. همچنین رابطه اندازه ذرات با مسافت حملشان توسط باد نخستین فاز رسوبگذاری ماسه‌ها (D<sub>۱</sub>) را در فرایند حمل آبی در فاصله ۳۰ کیلومتری غرب ارگ شن‌سازان نشان می‌دهد.

نتایج حاصل از کانی‌شناسی، ۸۵ درصد فراوانی ذرات متشکله تپه‌ها را خرده‌سنگ‌ها و ۱۵ درصد بقیه را به ترتیب کانی‌های کوارتز، کلسیت، فلدسپات، کلریت و ایلیت نشان می‌دهد. مقایسه بررسی‌های میکروسکوپی و دیفراکسیون اشعه ایکس نشان داد که فراوانی زیاد کوارتز ناشی از وجود ماسه‌سنگ‌های کوارتزی و فراوانی کلسیت ناشی از سنگ آهک (فلیشی) بوده و کانی‌های رسی هم از سنگ منشا شیلی ناشی شده است. در دومین فاز رسوبگذاری (D<sub>۲</sub>) یا ارگ، ۹۸/۵۴ درصد ماسه‌ها به صورت جهشی، ۱/۲ درصد به صورت معلق و ۰/۲۶ درصد به صورت کششی حمل شده‌اند. بررسی فرآیند حمل ذرات با توجه به مورفوسکوپی سطح ذرات توسط بینوکولر، تجزیه و تحلیل تصاویر حاصل از SEM بر روی ذرات کوارتز و نتایج حاصل از نمودار فردمن نشان داد که درصد بسیار ناچیز ماسه‌ها منحصرأ، توسط آب، ۲۰ درصد آنها به وسیله باد و حدود ۸۰ درصد آنها توسط آب و باد حمل شده‌اند که این مسئله موید شدت تاثیرگذاری فرایند حمل آبی ذرات در محیط بیوکلیماتیک نیمه‌بیابانی شدید است. با توجه به بررسی‌های کانی‌شناسی، سنگ منشا تپه ماسه‌ها را به ترتیب اهمیت واحدهای سنگ‌شناسی سراوان (ES<sup>۳</sup> و ES<sup>۴</sup>) و واحد سنگ‌شناسی زابلی (EZ) تشکیل می‌دهند و میزان حساسیت و رسوبدهی سایر واحدهای سنگ‌شناسی در فرایند ماسه‌زایی برای تغذیه تپه‌های ماسه‌ای در فاز اول برداشت (P<sub>۱</sub>) ناچیز است.

**واژه‌های کلیدی:** منشاء یابی، تپه‌های ماسه‌ای، کانی‌شناسی، منطقه برداشت، سراوان، شن‌سازان، منشا اولیه و محیط برداشت.

۱- تاریخ دریافت: ۸۲/۱۰/۲۵، تاریخ پذیرش: ۸۳/۶/۳۰

۲- مربی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران (E\_mail:sfeiz@ut.ac.ir)

۴- استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

## مقدمه

سنگ منشا تغذیه شده است (۱۷). با توجه به اختلافات فاحش موجود بین واحدهای سنگ منشا از نظر حساسیت به هوازدگی که منجر به رسوبدهی متفاوتی می‌گردد و نظر به اهمیت و نقشی که مناطق برداشت ماسه در طرح‌های بیابان‌زدایی و آبخیزداری دارند، سعی شد تا حساس‌ترین واحدهای سنگ‌شناسی در آبخیز شناسایی شوند تا با اقدامات آبخیزداری و حفاظت خاک در سنگ منشا بتوان از ورود رسوبات به فاز  $P_2$  (منشا ثانویه) جلوگیری کرد و بدین ترتیب دبی وروی ماسه‌ها به ارگ کاهش یابد. بنابراین برای مبارزه با فرسایش بادی، فقط شناخت فاز برداشت، حمل و رسوبگذاری فرآیندهای بادی کفایت نمی‌کند، بلکه شناسایی و مطالعه مراحل مختلف فرسایش آبی نیز الزامی به نظر می‌رسد (۱۷).

منشایابی تپه‌های ماسه‌ای به روش‌های مختلفی می‌تواند مطالعه شود. بعضی از این روش‌ها عبارتند از:

- ۱- استفاده از سرعت آستانه فرسایش بادی (۸ و ۱)،
- ۲- مطالعه آماری ذرات حساس به فرسایش بادی (۱۵)، (۱۲)،
- ۳- تشابه کانی‌شناسی میان ارگ و منشا (۹، ۱۶، ۱۳، ۲ و ۳).

کاربرد هر یک از روش‌های مذکور، به ویژگی‌های ژئومورفولوژی، اقلیمی و میزان هزینه و تجربه افراد بستگی دارد. این مطالعه با استفاده از روش‌های دوم و سوم صورت گرفته است.

مریام<sup>۴</sup> (۱۹۶۹) برای بررسی منشا رسوبات بادی جنوب شرق کالیفرنیا در ایالات متحده از کانی‌شناسی و پارامترهای آماری استفاده کرد و با اینکه مواد منشا، سنگ‌های رسوبی بودند و کانی سنگینی نداشتند، پی به منشأ آنها برد (۱۳). همچنین با استفاده از پارامترهای آماری ذرات رسوب برای تعیین منشأ ماسه‌های بادی در ارگ کیل پیکر<sup>۵</sup> واقع در جنوب غربی وایومینگ در ایالات متحده آمریکا نتایج قابل قبولی بدست آمد (۴) محاسبات آماری و تجزیه و تحلیل ذرات در ارگ بدین منظور انجام گرفت تا

تپه‌ماسه‌های بادی منطقه مورد مطالعه در اطراف شندان، پایین دست حوزه آبخیز روتک، ۴۰ کیلومتری غرب شهرستان سراوان، استان سیستان و بلوچستان واقع شده‌اند (شکل ۱). هدف از این مطالعه، مکان‌یابی اولین فاز برداشت ( $P_1$ ) یا تعیین سنگ منشا اولیه تپه‌ماسه‌های مورد نظر بوده است که پس از نخستین فاز یا فازهای حمل ( $T_1 - T_2 \dots$ ) به صورت رسوبات آبرفتی در مخروط افکنه‌ها، دشت‌سرها و بستر مسیل‌ها، فاز اول رسوبگذاری را تشکیل می‌دهند. بنابر عقیده اسمالی و اسمالی<sup>۱</sup> (۱۹۸۳)، ماسه‌های بادی اغلب همانند ذرات ریز غبار نسبت به منشأ اولیه خود (سنگ‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی) که به فاز  $P_1$  معروف است، فاصله زمانی دارند، به طوری که سیکل حمل آنها متنوع بوده و حتی ممکن است فازهای رسوبگذاری آنها نیز متعدد باشد (فاز  $D_1 - D_2 \dots$ ). براساس بررسی‌های انجام شده در نقاط مختلف جهان مشخص شده که رسوبات بادی متشکل از ذرات تخریبی بوده که از هوازدگی سنگ‌ها و بیرون‌زدگی‌های سطحی زمین ناشی شده‌اند و در مراحل بعدی توسط فرایندهای فیزیکی (نیروی ثقل و جریان آب و باد) حمل گشته و رسوب کرده‌اند (۱۷). بنابراین ذرات ماسه‌های بادی از هر نوعی که باشند، از نظر ژنتیکی با مواد مادریشان ارتباط دارند و مطالعات کانی‌شناسی در بیشتر موارد، ماهیت سنگ منشا را نشان می‌دهد. هرچند ماسه‌هایی که به طور مستقیم از سنگ منشا اولیه می‌آیند (فاز  $P_1$ )، بسیار نادرند، اما مثال‌های متعددی موجود است که نشان می‌دهد ذرات ماسه‌های بادی مستقیماً در تغذیه تپه‌های ماسه‌ای سهیم‌اند (مانند تپه‌های پامپالاجویا<sup>۲</sup> در پرولتو<sup>۳</sup> ۱۹۶۹ و بارخان‌های قاره آفریقا) بیشتر مطالعات در مورد منشایابی ماسه‌ها تنوع تاثیرات ناشی از فرآیندهای مختلف حمل و رسوبگذاری را در سطح ذرات ماسه نشان داده و ثابت شده است که فاز دوم برداشت ماسه (فاز  $D_2$ ) آبرفت‌هایی است که خود توسط رسوبات ناشی از فاز  $D_1$

۱-Smalley & Smalley

۲-Pampalajoya

۳-Lateau

۴-Merriam

۵-Kilpecker

ماسه‌ای عرضی، طولی، بارخان و بادرفتی گیاه دار که در انتهای دشت سرپوشیده در محل خروجی حوزه قرار دارند. منطقه از نظر زمین‌شناسی ساختمانی در جنوب زیر زون (فلیش) نهبندان - خاش قرار دارد (۲). از ویژگی‌های سنگ چینه‌شناسی آن گسترش رخساره‌های (فلیش) متنوع و با سن کرتاسه تا ائوسن است که تحت دگرگونی خفیف قرار گرفته و شامل ماسه‌سنگ دگرگون شده، فیلیت و اسلیت مشتق شده از رخساره‌های شیلی می‌باشند. روند عمومی زمین‌ساخت شمالی غربی - جنوب شرقی است.

واحدهای سنگ چینه‌شناسی منطقه شامل واحد سنگ - چینه‌شناسی بیرک ( $K^b$ ) متشکل از آهک کرتاسه، واحد ائوسن سراوان (ES) شامل زیر واحد آپاتان، ( $ES^1$ ) متشکل از کنگلومرا، زیر واحد موردان ( $ES^2$ ) متشکل از آهک و کمی کنگلومرا و ماسه سنگ، زیر واحد سیمیش ( $ES^3$ ) متشکل از شیل و ماسه سنگ متعلق به ائوسن (که دارای بخش ISV متشکل از آهک، شیل و سنگ‌های آتشفشانی است) و زیر واحد دبه ( $ES^4$ ) متشکل از ماسه‌سنگ، واحد ائوسن زابلی (EZ) متشکل از شیل، ماسه‌سنگ و آهک، واحد کنگلومرای پلیوکواترنر (PQC) و واحد کواترنر متشکل از رسوبات آبرفتی و بادی (شکل ۲) است.

رسوبات بادی به صورت تپه‌های ماسه‌ای به شکل بارخان، تپه‌های طولی، عرضی و بادرفتی گیاه‌دار و به صورت پوشش ماسه‌ای در منطقه دیده می‌شوند. شکل (۳) مورفولوژی رسوبات بادی را نشان می‌دهد.

**ب) نمونه‌برداری:** برای بررسی ماهیت کانی‌ها و خرده‌سنگ‌ها و تغییرات مکانی آنها از نظر جنس و توزیع اندازه ذرات در محل تجمع تپه‌های ماسه‌ای، در حدود ۱۲ نمونه ماسه بادی در قالب شبکه‌بندی مربعی به فاصله دو کیلومتر از هم جمع‌آوری شد. این نمونه‌ها از نقاط مختلف تپه‌های ماسه‌ای (راس، شیب ملایم، شیب تند) و باتوجه به مورفولوژی خاص تپه‌ها انتخاب شدند (شکل ۴). از آبراهه‌های بالادست کلیه واحدهای سنگ‌شناسی نیز ۲۰ نمونه رسوب به منظور مطالعه کانی‌شناسی ذرات

نقشه مناطق هم‌اندازه با توجه به نحوه پراکنش ذرات ترسیم و اهداف زیر حاصل شود:

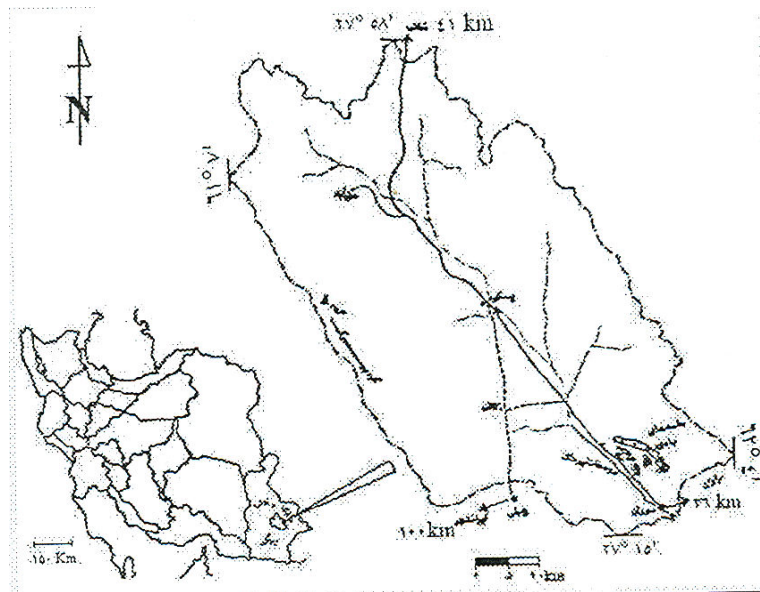
- ۱- ماهیت و جهت منشاء تپه‌های ماسه‌ای را نشان دهد،
- ۲- برای جهت پیشروی و نحوه گسترش ارگ الگوی مناسبی فراهم شود.

در مواردی که ایستگاه‌های هواشناسی تا ارگ فاصله بسیار زیادی دارند یا تصاویر ماهواره‌ای یا عکس‌های هوایی در دسترس نباشند، جهت یابی مناطق برداشت می‌تواند بدین روش حاصل شود. البته شایان ذکر است که اندازه آماری نمونه‌ها در کلاس‌های مختلف دانه‌بندی، معیار حساسی برای منشا نیست، اما اگر فرضیه ساده‌ای در مورد فرایندهای جورشدگی و گردشگی بادی مدنظر قرار گیرد، این الگو به‌طور تضمینی تئوری منشا را طرح‌ریزی خواهد کرد. چنانچه بپذیریم حمل باد ماسه‌های ریزتر با جورشدگی بهتری نسبت به منشا‌های رودخانه‌ای و دریایی ایجاد می‌کند، بنابراین ماسه‌های درشت‌تر و با جورشدگی ضعیف‌تر باید به جهت منشا‌شان نزدیک بوده و با آن ارتباط داشته باشند.

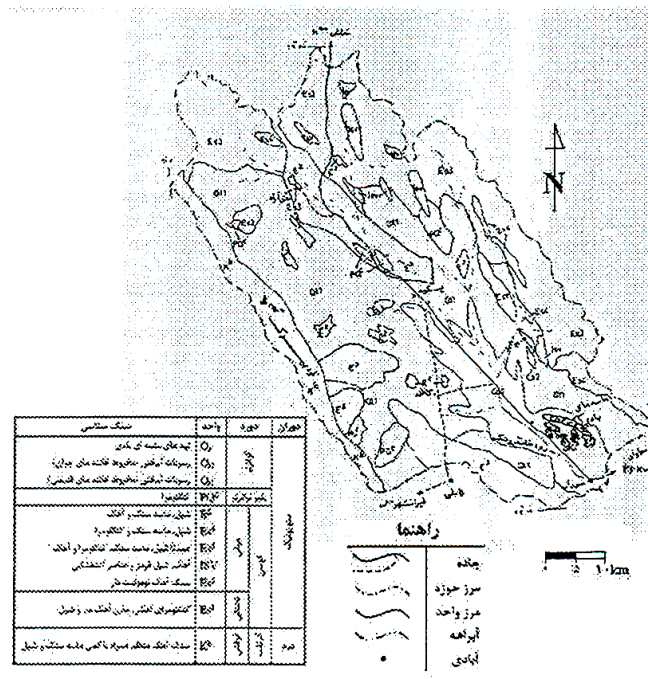
## مواد و روش‌ها

**الف- مطالعات پایه** (اقلیم، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی) اطلاعات اقلیمی محیط بیوکلیماتیک را در روش گوسن به‌صورت اقلیم نیمه‌بیابانی شدید و با ضریب خشکی ۲۹۴ روز در سال نشان می‌دهد و نشان‌دهنده دامنه گسترده فعالیت باد در منطقه است. بیشتر بادهای عمده از طرف غرب تا شمال غرب می‌وزند.

از نظر ژئومورفولوژی، حوزه از واحد کوهستان و دشت‌سر تشکیل شده است که واحد پلایای آن در کشور پاکستان واقع شده و هامون ماشکیل نامیده می‌شود. رخساره‌های مهم دشت‌سر عبارتند از مخروط‌افکنه‌های فعال که در شمال شرقی تپه‌ماسه‌ها قرار دارند، مخلوط‌افکنه‌های غیرفعال که در دشت سرلخت واقع‌اند، مسیل‌های پراشعاب مربوط به دشت سراپانداژ، اینسلیبرگ و در نهایت تپه‌های



شکل ۱- موقعیت مورد مطالعه و تپه‌های ماسه‌ای بادی



شکل ۲- واحدهای سنگ چینه‌شناسی حوزه آبخیز روتک

- در نهایت برای محاسبه پارامتر کشیدگی یا نوک تیزی منحنی توزیع ذرات، از روش لحظه‌ای و معادله مک براید (۱۹۷۱) استفاده به عمل آمد (۱۱).

$$K\phi = \frac{\sum f(m - x\phi)^4}{100(\delta\phi)^4}$$

$K\phi$  مقادیر کشیدگی منحنی ذرات بر حسب فی. پارامترهای کج‌شدگی و کشیدگی کلیه نمونه‌ها با مقادیر فولک<sup>۲</sup> (۱۹۷۴) مقایسه شد (۵).

۲- ترکیب کانی‌شناسی ذرات با قطر ۰/۱۵ تا ۰/۳ توسط بینوکولر و یک نمونه به روش دیفراکسیون اشعه ایکس بررسی شد. شکل دانه‌ها با قطر ۰/۲ میلی‌متر توسط بینوکولر بررسی شد. بافت سطح دانه‌های ۰/۴۵ میلی‌متر متشکل از کوارتز و خرده‌های کوارتزیتی توسط بینوکولر و میکروسکوپ انعکاسی الکترونی (SEM) مطالعه شد. برای جلوگیری از اثر قطر ذرات در پراکنش کانی‌ها، کلیه نمونه‌های متعلق به واحدهای سنگ‌شناسی در قطر ۰/۱۵ تا ۰/۳ و ۰/۳ تا ۰/۶ میلی‌متر نیز توسط بینوکولر کانی‌شناسی شدند.

۳- میزان کربنات کلسیم کلیه نمونه‌ها به روش کلسیمتر برنارد تعیین شد تا الگوی پراکنش کربنات کلسیم در ارگ به جهت‌یابی کانی‌های کربناته کمک کند.

## نتایج

### الف: پارامترهای آماری و ویژگی اندازه ذرات

مقادیر پارامترهای آماری رسوبات بادی در جدول (۱) آورده شده است.

۱- میانگین: پراکنش میانگین اندازه ذرات نمونه‌ها در گروه‌هایی با اختلاف اندازه ۰/۱ میلی‌متر در شکل (۵) نشان داده شده است. اندازه ذرات ماسه در حد ماسه‌های متوسط تا ریز و با میانگین ۰/۲۳ و میانه ۰/۲۱۵ میلی‌متر است که با قطر ماسه‌های بادی در سایر نقاط جهان مطابقت دارد. درشت‌ترین ماسه‌ها با میانگین ۰/۳۷ میلی‌متر در شمال غرب و بخش میانی ارگ در ورقه‌های ماسه‌ای و ریپل

برای مقایسه با کانی‌های متشکله تپه‌های ماسه‌ای جمع‌آوری شد.

### ج) بررسی روی نمونه‌های برداشت‌شده

۱- پارامترهای آماری: پس از اینکه مشخص شد کلیه نمونه‌ها، دارای نمک نیستند، به روش A.S.T.M و به فواصل یک فی دانه‌بندی شدند. سپس پارامترهای آماری ذرات در ارگ تعیین شد تا با استفاده از این اطلاعات، تعبیر و تفسیر محیط رسوبی و همچنین فرایندهای رسوبگذاری ممکن شود. اندازه ذرات به روش لحظه‌ای و با استفاده از معادله مک براید<sup>۱</sup> (۱۹۷۱) به شرح زیر حاصل شد (۱۱):

$$X\phi = \frac{\sum Fm}{100}$$

که در آن:

$X\phi$ : میانگین اندازه ذرات بر حسب فی،

$F$ : درصد فراوانی وزنی در هر گروه و

$m$ : نقطه وسط هر رده به مقیاس فی است.

مزیت این روش نسبت به روش‌های دیگر تعیین میانگین، این است که در آن توزیع کلیه ذرات در نمونه اندازه‌گیری می‌شود.

- انحراف معیار یا جورشدگی ذرات نیز به روش لحظه‌ای و توسط معادله زیر حساب شد:

$$\delta\phi = \sqrt{\frac{\sum f(m - x\phi)^2}{100}}$$

$\delta\phi$ : جورشدگی ذرات بر حسب فی.

- مقادیر کج‌شدگی نمونه‌ها برای مقایسه نحوه توزیع ذرات در تپه‌های ماسه‌ای با مورفولوژی خاص به‌وسیله معادله زیر حساب شد:

$$SK\phi = \frac{\sum f(m - x\phi)^3}{100(\delta\phi)^3}$$

$SK\phi$ : مقادیر کج‌شدگی منحنی توزیع ذرات.

پراکنش میانگین اندازه ذرات (شکل ۵) مشخص است. مطالعه میانگین نشان داد که اندازه ذرات در ارگ تابع مورفولوژی و میزان تحرک تپه‌ها نیز می‌باشد (جدول ۱). علاوه بر این، درصد سیلت و رس تپه‌ها در مقایسه با سایر ارگ‌های جهان اندکی کمتر است که نشان‌دهنده جوان بودن ارگ است.

مارک‌ها و ریزترین آنها با میانگین  $0/18$  میلی‌متر در شرق ارگ و در بارخان‌ها شرکت دارند. قطر ذرات از غرب به شرق کاهش می‌یابد. وجود بارخان‌های فعال در بخش میانی و شرق ارگ و همچنین کاهش قطر ذرات، حرکت ماسه‌ها را از غرب به شرق نشان می‌دهد. از این‌رو مناطق برداشت ماسه باید در سمت غرب تپه‌های ماسه‌ای باشد. جزئیات بیشتر در مورد نحوه تغییر اندازه ذرات در نقشه

جدول ۱- پارامترهای آماری رسوبات بادی بر حسب فی

کج شدگی	کج شدگی	جورشدگی	میانگین	میانه	تعداد نمونه	مورفولوژی رسوبات بادی
۴/۳۵۲	۰/۰۲۲	۰/۵۵۱	۲/۲۵۰	۲/۱۵	۲	تپه‌های طولی
۲/۸۸۳	۰/۰۱۲	۰/۶۷۴	۲/۱۷۴	۲/۱۵	۳	تپه‌های عرضی
۳/۸۹۰	۰/۱۸۲	۰/۷۶۸	۳/۴۴۱	۲/۱۵	۲	تپه‌های بادرفتی گیاه دار
۱/۸۱۷	۰/۲۸۰	۰/۵۲۹	۳/۴۴۱	۲/۱۵	۲	بارخان و تپه‌های منفرد
۱/۹۴۸	۰/۲۸۳	۱/۳۰۲	۱/۳۹۷	۱/۱۵	۲	پوشش ماسه‌ای و ریپل مارک

و بادرفتی گیاه‌دار کج‌شدگی متوسطی ( $0/93$  میلی‌متر) دارند. این مسئله نشان می‌دهد که در مورد تپه‌های بادرفتی گیاه‌دار که در جنوب و جنوب شرقی واقع‌اند، به‌علت نقش بادشکنی گیاهان مستقر بر روی آنها باد قادر نبوده تا ذرات درشت آنها را حمل کند و منحنی توزیع آنها دارای تقارن بهتری است.

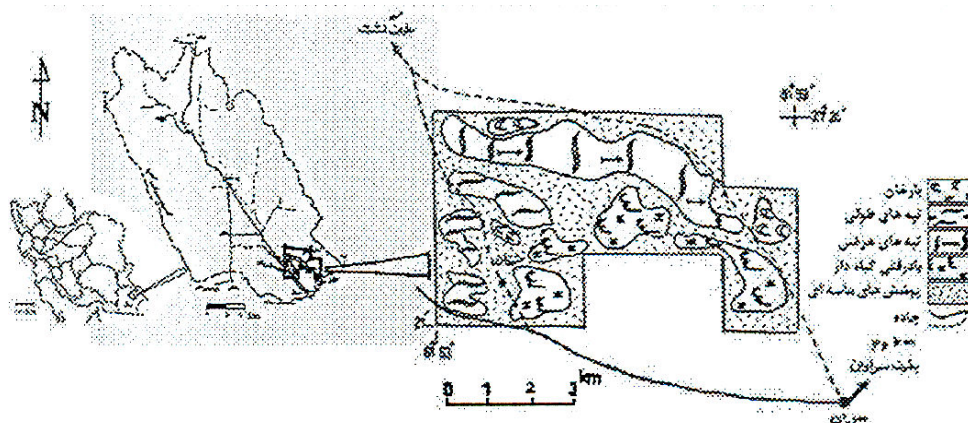
کلیه نمونه‌های ماسه‌بادی از نظر کشیدگی در مقیاس فولک بسیار کشیده بودند ( $0/13-0/35$  میلی‌متر)، در این میان پوشش‌های ماسه‌ای و ریپل مارک‌ها کشیدگی کمتری نشان دادند. این مسئله حکایت می‌کند که ذرات این تپه‌ها از نظر ریزی و درشتی متنوع‌اند و دامنه گسترده‌ای دارند. البته کشیدگی این تپه‌ها در مقایسه با ارگ‌های جهان کمی بیشتر است، زیرا در این رسوبات، فراوانی ذرات خیلی ریز و خیلی درشت اندک است.

#### ب: کانی‌شناسی

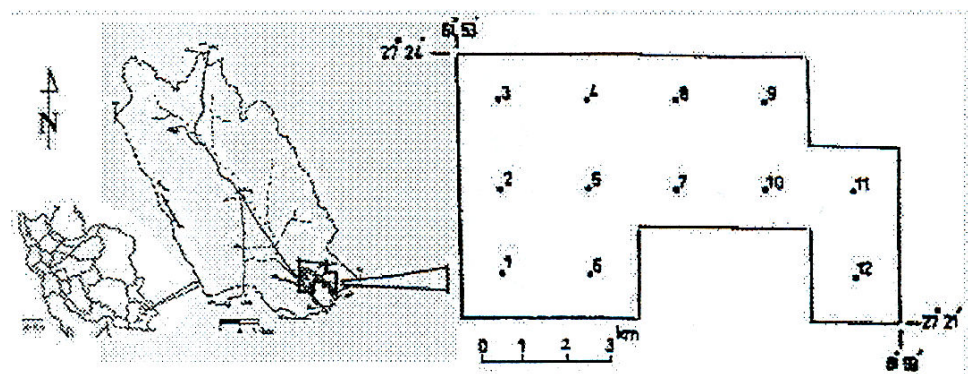
نتایج کانی‌شناسی نمونه‌های تپه‌های ماسه‌ای و واحدهای سنگ‌شناسی در جدول (۲) آورده شده است. در میان ماسه‌های بادی، ۸۵ درصد ذرات را خرده سنگ‌ها تشکیل می‌دهند که فراوانی آنها با کاهش قطر ذرات کاهش می‌یابد. در بین خرده‌سنگ‌ها قطعات ماسه‌سنگی ۳۲

**۲- جورشدگی:** پراکنش مقادیر جورشدگی نمونه‌ها در گروه‌هایی با اختلاف  $0/1$  فی یا  $0/93$  میلی‌متر در شکل (۶) نشان داده شده است. اغلب تپه‌های ماسه‌ای در ارگ، جورشدگی خوب تا متوسطی ( $0/71-0/62$  میلی‌متر) را به نمایش می‌گذارند. در این میان، می‌توان از تپه‌های عرضی و بارخان‌ها نام برد. جورشدگی بهتر این تپه‌ها در منطقه با تحرک آنها (در مقایسه با تپه‌های دیگر) رابطه مستقیمی دارد. از آنجا که مقادیر جورشدگی از غرب به شرق بهبود می‌یابد، می‌توان نتیجه گرفت که جهت پیشروی ارگ از غرب به شرق است. تپه‌های بادرفتی گیاه‌دار که توسط پوشش‌های گیاهی پراکنده‌ای به‌صورت نیمه‌فعال در قسمت‌های جنوب ارگ واقع‌اند، جورشدگی متوسطی ( $0/62-0/57$  میلی‌متر) را نشان می‌دهند. تحرک این تپه‌ها موجب شده است که جورشدگی آنها نسبت به تپه‌های دیگر ضعیف‌تر باشد. ضعیف‌ترین جورشدگی در میان ورقه‌های ماسه‌ای و ریپل مارک‌ها ( $0/43$  میلی‌متر) مشاهده شد.

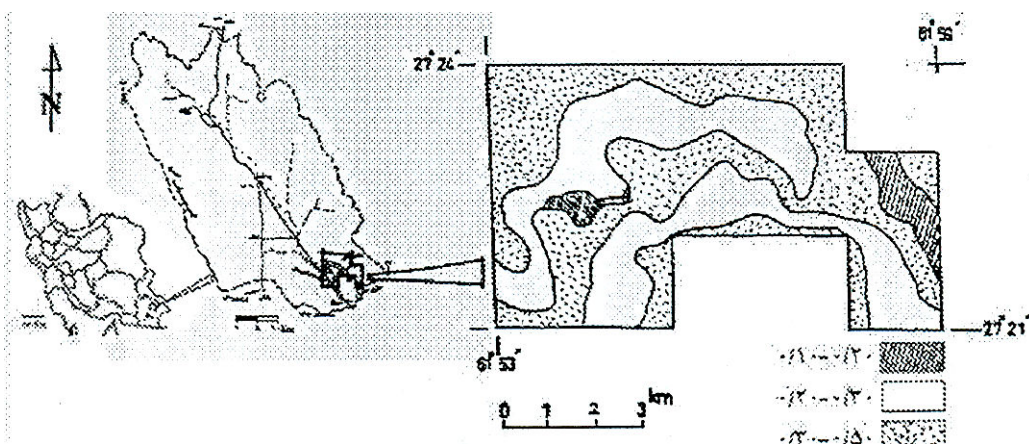
**۳- پارامترهای آماری دیگر:** اغلب نمونه‌های ماسه بادی کج‌شدگی مثبتی را در مقیاس فولک ( $0/93-0/81$  میلی‌متر) نشان می‌دهند، ولی تپه‌های ماسه‌ای طولی



شکل ۳- مورفولوژی تپه های ماسه ای



شکل ۴- نقاط نمونه برداری شده در ارگ



شکل ۵- پراکنندگی میانگین اندازه ذرات در ارگ برحسب میلی متر

اکنون نحوه تغییرات و پراکنش کانی‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد تا نقش واحدهای سنگ‌شناسی در تولید این ذرات مشخص شود.

۱- خردده‌های ماسه‌سنگی: ۲۰ درصد خردده‌سنگ‌های ماسه‌سنگی دارای سیمان سیلیسی و ۱۰ درصد بقیه دارای سیمان آهکی‌اند. این مسئله اهمیت نسبی واحدهای (فلیش) ائوسن را نشان می‌دهد. در میان واحدهای فلیش به ترتیب زیر واحدهای Ez و ES<sup>۳</sup> فراوان‌ترین قطعات ماسه‌سنگی با سیمان سیلیسی را تولید می‌کنند. خردده‌های ماسه‌سنگی قرمز نیز در نمونه‌ها یافت می‌شوند. ماسه‌سنگ قرمز در شمال و غرب تپه‌ماسه‌ها رخنمون دارد و وجود این قلوه‌سنگ‌ها به عنوان مواد شاخص، تئوری منشا اولیه تپه‌های ماسه بادی را قوت می‌بخشد. تشابه اشتراک قطعات ماسه‌سنگی زرد در تپه‌های ماسه‌ای با زیرواحدهای ES<sup>۳</sup> و ES<sup>۴</sup> نیز همچون ماسه‌سنگ قرمز، منشا بودن آنها را نشان می‌دهد.

درصد، خردده‌های آهکی ۲۵ درصد، خردده‌های شیلی ۲۴ درصد، خردده‌های سیلت سنگ ۴ درصد و خردده‌های آتشفشانی ۰/۰۶ درصد را به خود اختصاص می‌دهند. کانی‌ها ۱۵ درصد ذرات را تشکیل می‌دهند که شامل کلسیت (۸/۸۷ درصد)، کوارتز (۴/۶۱ درصد)، فلدسپات (۱/۲۲ درصد)، مسکویت (۰/۰۷ درصد) و دولومیت (۰/۰۵ درصد) است که نتیجه مشاهده مستقیم ذرات با قطر ۰/۴۵ و ۰/۲۲۵ میلی‌متر در زیر بینوکولر است. دیفراکسیون اشعه X فراوانی کانی‌ها را در ماسه بادی به صورت زیر نشان داد:

کوارتز < کلسیت < فلدسپات < کلریت < ایلیت  
مقایسه بررسی‌های میکروسکوپی و دیفراکسیون اشعه X نشان می‌دهد که فراوانی زیاد کوارتز در بررسی‌های دیفراکسیون اشعه X نشان‌دهنده منشا ماسه سنگ کوارتزار و فراوانی کلسیت ناشی از قلوه‌های آهکی است. کانی‌های رسی (کلریت و ایلیت) از خردشدن قطعات شیلی ناشی شده‌اند (کانی‌های رسی از هوازدگی فلدسپات‌ها ایجاد نشده‌اند، زیرا فلدسپات‌ها در محیط خشک پایدارند).

جدول ۲- درصد فراوانی کانی‌ها و خردده‌سنگ‌ها در تپه‌های ماسه‌ای و واحدهای سنگ‌شناسی

K <sup>b</sup>	ISV	PQC	Ez <sup>۵</sup>	Ez <sup>۴</sup>	Ez	Es <sup>۵</sup>	Es <sup>۴</sup>	Es <sup>۳</sup>	Es <sup>۲</sup>	Es <sup>۱</sup>	Q	واحد زمین‌شناسی کانی و خردده‌سنگ	
												آهکی	خردده‌های ماسه سنگی
۸/۲۵	۸/۲۷	-	۴/۰۵	۱/۱۶	۲/۲۳	۵/۰۵	۷/۴۷	۲/۷۱	۸/۷۱	۸/۷۸	۸/۸۷	کلسیت	آهکی
۱/۹۹	۴/۱۰	-	-	-	-	-	-	-	۱/۰۲	۱/۱۳	۰/۰۵	دولومیت	
۳/۲۱	۵/۹۳	۷/۷۴	۹/۶۷	۹/۶۵	۱۶/۶۹	۳/۹۹	۵/۲۳	۶/۲۹	۲۴/۰۹	۶/۱۸	۱۴/۱۵	معمولی	
۰/۳۷	-	-	-	-	۱/۰۴	-	-	۰/۴۳	-	-	۰/۰۷	فسیلی	
-	-	-	-	-	۰/۹۶	-	-	-	-	-	۱/۶۳	تیره	
۲/۲۱	-	-	-	-	-	-	۱/۱۷	۰/۰۲	۰/۰۲	-	۰/۰۱	زرد	
۱۰/۸	-	۰/۸۶	۳/۲۰	۱/۷۸	۱/۲۲	۷/۴۹	۰/۵۶	۲۲/۸	۲۲/۸	۵/۰۷	۹/۳۹	خاکستری	
۲۳/۰۳	۵۸/۹	۲۷/۸	۳۳/۵	۱۲/۳	۱۶/۵۸	۳۲/۸۳	۳۱/۰۱	۳۱/۰۸	۱۸/۸۴	۱۸/۹۳	۲۹/۲۵	معمولی	خردده‌های ماسه سنگی
۰/۹	۳/۸۹	-	-	۰/۲۸	۰/۵۶	-	۶/۷۴	۶/۱۲	۳/۸۸	۷/۰۹	۰/۹۵	قرمز	
۰/۹۶	-	-	-	-	-	-	۱/۵۹	۰/۱۶	-	-	۱/۰۲	زرد	
۰/۰۶	-	-	-	۰/۰۴	-	-	-	۰/۳۱	-	-	۰/۱۲	ژیپسی	خردده شیلی
۳۷/۰۱	۱۳	۳۹/۴	۴۳/۵	۶۴/۵	۵۲/۳۷	۴۵/۴۹	۳۰/۳۹	۴۳/۷۷	۱۱/۹۹	۴۳/۵۸	۲۳/۲۲	معمولی	
۰/۵۹	-	-	-	-	-	-	۲/۳۱	۱/۸۴	-	۴/۲۲	۰/۲	قرمز	
۱/۷۶	-	-	-	-	-	-	-	۱/۲۷	-	۰/۵	۰/۲۱	سیاه	
۲/۱۷	۰/۴۹	۱۰/۶	۰/۱۳	۹/۲۸	۴/۴۱	۳/۱۳	۵/۳۷	۱/۲۴	۱/۹۵	۱/۰۹	۳/۹۳	خردده سیلت سنگ	کوارتز
۳/۳۹	۲/۰۶	۷/۶۵	۳/۹۵	۰/۸۲	۱/۲۲	۲/۳۳	۶/۹۸	۲/۸۱	۳/۷۹	۱/۳	۴/۶۱		
۲/۲۴	۱/۵۶	۶	۳	۰/۲۸	۰/۹۸	۱/۷۹	۳/۴۹	۱/۱۸	۲/۲۳	۰/۱۳	۱/۲۲	فلدسپات	مسکویت
۰/۹۹	۱/۶۵	-	-	-	۰/۳۴	-	-	-	۰/۶۱	۱/۰۲	۰/۰۷		
۰/۰۶	۰/۱۹	-	-	-	۰/۱۳	-	-	۰/۰۷	۰/۰۷	-	۰/۰۶	خردده آتشفشانی	



ماسه سنگ کوارتزی و تبدیل آن به کوارتز هنگام پیشروی ارگ به طرف شرق است.

میکای سفید: وجود بسیار کم آن در حاشیه غربی و فقدان آن در سایر بخش‌های ارگ نشان‌دهنده نزدیکی سنگ منشا و اهمیت زیرواحدهای  $ES^1$ ،  $ES^2$ ،  $EZ$  به عنوان سنگ منشا است.

ج: تغییرات کربنات کلسیم

پراکنش درصد کربنات کلسیم در نمونه‌های تپه‌های ماسه‌ای در شکل (۸) نشان داده شده است.

پراکنش کربنات کلسیم در ارگ بین  $34/12$  تا  $39/87$  درصد متغیر و متوسط کربنات کلسیم  $36/29$  درصد است که با توزیع خرده‌سنگ‌های آهکی در ارگ همپوشانی دارد. علاوه بر این، میزان کربنات کلسیم در ارگ و مقایسه آن با کربنات کلسیم موجود در واحدهای سنگ‌شناسی (جدول ۲) نقش واحدهای با کربنات بالا نظیر  $EZ$ ،  $ES^2$ ،  $ES^3$  را به عنوان سنگ منشا تعیین کرد. توزیع کربنات کلسیم در ارگ در سمتی که سنگ منشا آهکی گسترش بیشتری دارد، مقدار بیشتری را نشان می‌دهد.

د: فرایند حمل ذرات

دانه‌بندی: تفسیر منحنی دانه‌بندی تجمعی ماسه‌های بادی نشان می‌دهد که ذرات با قطر  $0/12$  تا  $0/45$  میلی‌متر و با فراوانی  $98/54$  درصد به صورت جهشی، ذرات با قطر کمتر از  $0/11$  میلی‌متر و با فراوانی  $1/2$  درصد به صورت معلق و ذرات بزرگ‌تر از  $0/45$  میلی‌متر و با درصد فراوانی  $0/26$  درصد به صورت کششی حمل شده‌اند (۲). از آنجا که پارامترهای آماری در بیشتر موارد چگونگی عامل حمل و شرایط انرژی محیط حمل را منعکس می‌کنند (۶)، مقادیر میانگین اندازه ذرات نمونه‌ها و جورشدگی آنها رسم شد تا ماهیت عامل حمل ماسه‌های بادی به منظور شناخت تاریخ فرایندهای گذشته حمل و رسوبگذاری شناسایی شود (شکل ۹). جورشدگی و کج‌شدگی ذرات تاثیر توأم فرایندهای حمل و رسوبگذاری باد و آب را در ذرات ماسه نشان داد. شکل (۹) نیز نشان داد که درصد ناچیزی از ماسه‌های ارگ صرفاً توسط آب و ۲۰ درصد به طور مستقیم به وسیله باد حمل شده‌اند. ۸۰ درصد آنها ابتدا توسط آب تا مسافت

۲-**قطعات آهکی:** این ذرات در ناحیه شمال و غرب ارگ نیمه‌گرد و در بخش شرقی ارگ کاملاً گرد شده‌اند. این وضعیت جهت حمل ماسه‌ها و موقعیت منشا آنها را در سمت غرب ارگ توجیه می‌کند. سنگ منشا ذرات مذکور عمدتاً زیر واحدهای  $ES^2$ ،  $EZ$ ،  $ES^3$  است که در غرب ارگ رخنمون دارند. تعدادی قطعات آهکی فسیلی در حاشیه غربی ارگ مشاهده شد و از آنجا که سنگ‌های موجود در زیرواحدهای  $EZ$ ،  $ES^3$  حاوی عناصر فسیلی‌اند، این امر مبین منشا بودن آنهاست.

۳-**خرده‌های شیلی:** دانه‌بندی ذرات شیلی نشان داد که اندازه این ذرات در غرب و شمال ارگ درشت‌تر از بخش‌های شرقی است. این مسئله نیز پیشروی ماسه‌ها را در امتداد غربی - شرقی نشان داد. با توجه به موقعیت بیرون‌زدگی زیرواحدهای مستعد ایجاد قطعات شیل در سمت غرب و شمال حوزه، واحدهای سنگ‌شناسی  $ES^3$ ،  $EZ$ ،  $ES^2$  منشا مهمی برای این ذرات تلقی می‌شود.

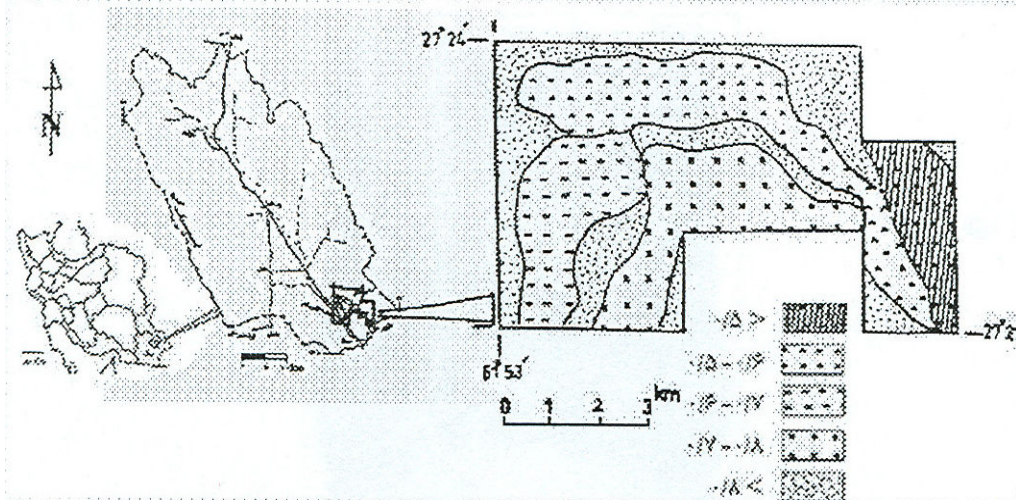
۴-**قطعات سیلت سنگی:** فراوانی این ذرات در ارگ و واحدهای سنگ‌شناسی به گونه‌ای نبود تا در منشایی موثر باشد.

۵-**خرده‌سنگ‌های آتشفشانی:** واحد سنگ‌شناسی  $ISV$  دارای سنگ‌های آتشفشانی است که مساحت کمی از منطقه را به خود اختصاص می‌دهد، اما از نظر منشایی مهم است، زیرا از غرب به شرق میزان خرده‌سنگ‌های آتشفشانی کاهش می‌یابد و به عنوان ذرات شاخص در تعیین موقعیت سنگ منشا  $ISV$  در غرب ارگ موثر واقع شدند. پراکنش درصد خرده‌های آتشفشانی در بخش‌های مختلف ارگ در شکل (۷) نشان داده شده است.

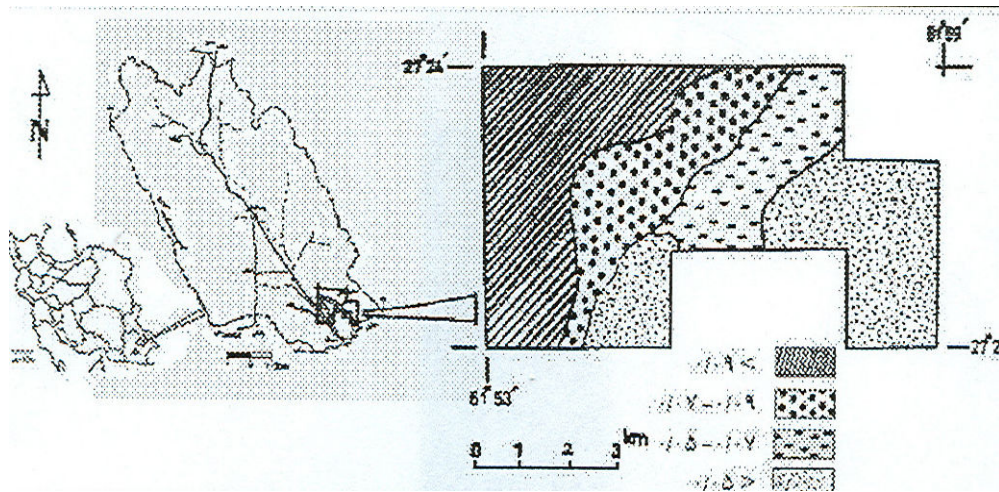
#### ۶- کانی‌ها

دولومیت: وجود دولومیت سنگ  $ES^2$  را به عنوان یکی از واحدهای مهم منشا نشان داد.

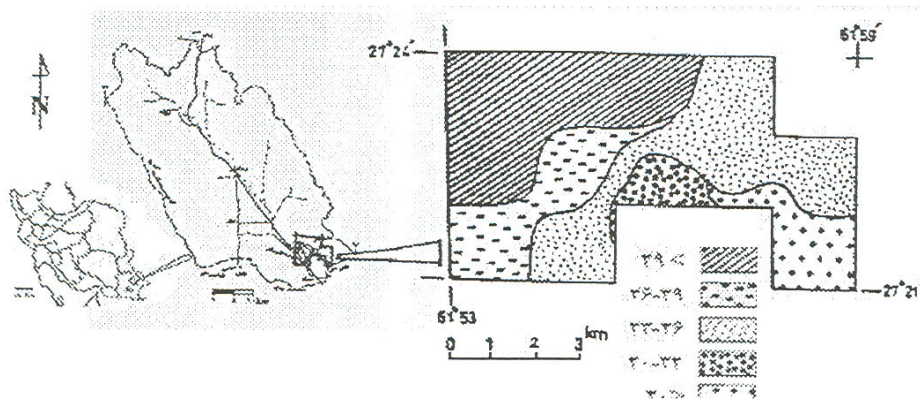
کوارتز: فراوانی کوارتز بر خلاف کلیه کانی‌های مورد بررسی در امتداد غربی - شرقی الگوی معکوسی را نشان داد، به نحوی که فراوانی ذرات آن از غرب به شرق افزایش داشت. عامل اصلی این پدیده خردشدن تدریجی قطعات



شکل ۶- پراکندگی مقادیر جوردگی نمونه‌ها در ارگ برحسب  $\phi$



شکل ۷- پراکندگی درصد عناصر آتشفشانی در نمونه‌های بادی ارگ



شکل ۸- پراکنش درصد کربنات کلسیم در تپه‌های ماسه‌ای (برحسب درصد میانگین نمونه‌ها)

- بافت سطح دانه‌ها: بررسی سطح ذرات ۳۰۰ تا ۶۰۰ میکرون نشان داد که ۱۰ درصد ذرات به‌طور مستقیم حمل شده و از سنگ منشا آمده‌اند (قلوه‌های آهکی)، ۹ درصد ذرات فقط فرایند حمل آبی را پشت سر گذاشته و ۷۹ درصد بقیه توسط آب و باد به‌طور مشترک حمل شده‌اند (ذرات مات). چون حمل آبی در مورد ذرات با فراوانی حمل ۷۹ درصد قبل از حمل بادی صورت گرفته، تاثیر حمل آبی در این گونه ذرات از بین رفته است.

- بافت سطح ذرات کوارتز: مطالعه بافت سطح ذرات کوارتز به قطر ۰/۴۵ میلی‌متر توسط میکروسکوپ الکترونی نشان داد که منشا اولیه ذرات کوارتز واحدهای فلیش است، زیرا بلورهای آن رشد مشخصی داشتند و نیمه‌زاویه‌دار بودند که این مسئله ویژگی رسوبات محیط‌های رسوبی دریایی عمیق را نشان می‌دهد. شکستگی‌های صدفی شکل و نامنظم، گویای حمل کوارتز در محیط آبی است که همراه با تاثیرات ثانویه باد که به شکل چندضلعی‌های نامنظم در سطح ذرات است، مشاهده می‌شود.

خاصی حمل شده و در حدود ۲۰ تا ۵۰ کیلومتر باقیمانده را به وسیله باد جابه‌جا شده‌اند، زیرا اغلب ماسه‌ها در ناحیه همپوشانی یعنی محیط مشترک آب و بادی جای دارند.  
- مورفوسکوپی دانه‌های ماسه: نتایج مورفوسکوپی ذرات ماسه بادی در جدول (۳) آورده شده است.

- شکل دانه‌ها: نتایج حاصل از بررسی شکل ذرات ۱۵۰ تا ۳۰۰ میکرون و مقایسه آنها با نمودار بصری پاورز<sup>۱</sup> (۱۹۵۳) به صورت زیر ارائه می‌شود:  
در خرده‌های آهکی میزان گردش‌گی با کاهش قطر ذرات افزایش نشان داد، به‌طوری‌که ذرات ۰/۶۵ میلی‌متری نیمه‌زاویه‌دار و ذرات ۰/۲۲۵ میلی‌متری کاملاً گرد شده بودند. میزان گردش‌گی برای قطر خاصی از ذرات از غرب به شرق افزایش نشان داد. در میان ذرات گرد شده قلوه‌های آهکی فراوانی بیشتری داشتند. قطعات شیلی گردش‌گی ضعیف‌تری را ارائه کردند، درحالی‌که کوارتزها نیمه‌زاویه‌دار و قطعات ماسه سنگی نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه گرد بودند. قطعات سیلت سنگی حد واسط بودند، به‌طوری‌که تعداد دانه‌های گرد شده آنها از قطعات ماسه‌سنگی بیشتر و از قطعات شیلی کمتر است (جدول ۳).

جدول ۳- مورفوسکوپی ذرات ماسه بادی

شکل دانه					وضعیت سطح دانه
زاویه‌دار	نیمه‌زاویه‌دار	نیمه‌گرد شده	گرد شده	درصد کل	
۰/۲۵	۰/۷۵	۱	۰/۵	۳	لکه‌های خالدار
۰/۵	۱/۲۵	۲/۷۵	۲/۷۵	۷/۲۵	پوسته با خراش سطحی
-	۰/۲۵	۱	۰/۵	۱/۷۵	درخشان
۰/۲۵	۳	۲/۵	۲	۷/۷۵	هاله‌ای
۴/۲۵	۱۸/۲۵	۲۰/۷۵	۳۷/۵	۸۰/۷۵	مات
۵/۲۵	۲۳/۵	۲۸	۴۳/۲۵	۱۰۰	مجموع

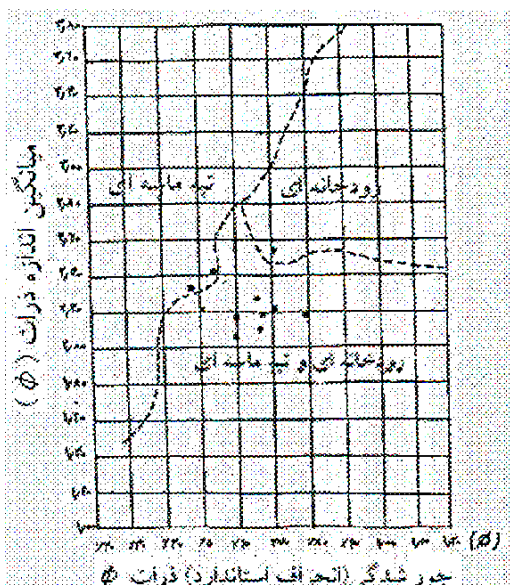
دارند، جوان تر است، از این رو تشدید فعالیت‌های انسانی در دهه‌های اخیر می‌تواند غیر از عوامل زمین‌شناسی به‌عنوان عامل جدید در گسترش ارگ مطرح باشد.

در این مطالعه، با توجه به مشخص شدن فازهای برداشت، فرایندهای حمل و رسوبگذاری ذرات ماسه، می‌توان با دخالت در چرخه شکل‌گیری تپه‌ماسه‌ها از طریق اقدامات حفاظت خاک و آبخیزداری که در سنگ منشا یا فاز اول

## بحث و نتیجه‌گیری

میانگین ذرات در مقایسه با سایر ارگ‌های جهان اندکی درشت‌تر است، بنابراین مناطق برداشت باید در فاصله نزدیکی قرار داشته باشند که با توجه به قطر ذرات و رابطه آن با مسافت حملشان توسط باد، مناطق برداشت، در فاصله ۳۰ کیلومتری قرار دارد. میزان سیلت و رس موجود در تپه‌ها نشان می‌دهد که سن ارگ مورد مطالعه در مقایسه با سایر ارگ‌های جهان که از نظر اندازه ذرات مشابهت

<sup>۱</sup>-Powers



شکل ۹- دیاگرام میانگین و انحراف معیار برحسب  $P_2O_5$  برای تشخیص ماسه‌های رودخانه‌ای و تپه‌های ماسه‌ای صحرایی. نمونه‌های منطقه مورد مطالعه با علامت  $\blacksquare$  مشخص شده‌اند. (۶)

- فقدان قطعات درشت شیلی در شرق ارگ و فراوانی زیاد آنها در سمت مخالف،  
 - انطباق نحوه پراکنش دولومیت در ارگ با سنگ منشا کربناته،  
 - افزایش تدریجی فراوانی کانی‌های کوارتز به سمت شرق ارگ در اثر خرد شدن ماسه‌سنگ‌های کوارتزی،  
 - وجود میکای سفید در غرب ارگ و عدم شرکت آن در بخش‌های دیگر،  
 - همپوشانی پراکنش کربنات کلسیم با قلوه‌های آهکی در ارگ و فراوانی قابل توجه آن در سمت غرب.  
 با وجود فقدان کانی‌های سنگین در ارگ، از خرده‌سنگ‌های شاخص همچون ماسه‌سنگ قرمز و بعضاً خرده‌سنگ‌های آتشفشانی بیش از کانی‌ها در منشایابی سنگ منشا استفاده شد. در این مطالعه مشخص شد که خرده‌سنگ‌ها بیش از کانی‌هایی چون کوارتز، فلدسپات، کلسیت و کانی‌های رسی در منشایابی موثرند زیرا به دلیل درشت‌بودن و عدم تاثیرپذیری از هوازدگی ناشی از شب‌نم‌های صحرایی، اغلب خصوصیات سنگ منشا را دارا هستند.

برداشت ماسه صورت می‌گیرد، روند رسوب‌زایی را در بالادست آبخیز کاهش داد و دبی حمل ماسه‌ها را به تاخیر انداخت. بدین ترتیب هزینه اقدامات اجرایی در منطقه برداشت ثانویه ماسه ( $P_2$ ) کاهش می‌یابد.  
 موارد زیر نشان داد که تپه ماسه‌ها از غرب به شرق مهاجرت می‌کنند و سنگ منشا ماسه‌ها در غرب منطقه تجمع ماسه‌ها واقع است:  
 - کاهش تدریجی اندازه ذرات در ارگ در امتداد غربی - شرقی،  
 - بهبود جورشدگی ذرات از غرب به شرق،  
 - متلاشی شدن خرده‌سنگ‌ها در جهت غرب به شرق و کاهش میزان آنها در این امتداد،  
 - سایش خرده‌های آهکی و بهبود گردشگری آنها به طرف شرق،  
 - کاهش میزان خرده‌های ماسه‌سنگ قرمز از غرب به شرق،  
 - وجود خرده‌های آهک در غرب ارگ و قرابت حاشیه غربی ارگ با سنگ منشا آهکی،

کمکی به شناخت فازهای اولیه برداشت، حمل و رسوبگذاری نکند در صورتی که در ارگ کانی سنگین وجود داشته باشد، پیشنهاد می‌شود از ترسیم نمودار میانگین اندازه ذرات، (کانی‌های سبک/کانی‌های سنگین) در مقابل جورشدگی (کانی‌های سبک/کانی‌های سنگین) سود جسته شود تا میزان تاثیرگذاری سایر فرایندهای حمل و رسوبگذاری ذرات ماسه (بجز فرایندهای بادی) مشخص شود و بدین ترتیب بتوان تاریخ گذشته ماسه‌ها را مطالعه کرد تا بدین وسیله درصد موفقیت طرح‌های بیابان‌زدایی و مبارزه با فرسایش بادی در درازمدت افزایش یابد.

### تقدیر و تشکر

در پایان نگارندگان مراتب سپاس را از دفتر تثبیت شن و بیابان‌زدایی سازمان جنگل‌ها و مراتع به دلیل تامین هزینه‌ها و نیز پژوهشگاه صنعت نفت و گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی دانشگاه تهران به سبب در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی اعلام می‌کنند.

از آنجا که گستره وسیعی از کانی‌ها در سنگ منشا و تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد، فراوانی کم کانی متعلق به یک سنگ منشا خاص در تپه‌ها نمی‌تواند مبین عدم اشتراک واحد سنگ‌شناسی مربوطه باشد، بلکه نشان‌دهنده نقش ناچیز واحد مذکور به‌عنوان منشا است. در واقع، در منشایابی اولیه تعداد وسیعی از واحدها مشارکت دارند، اما باید دید که سهم هر کدام از آنها چقدر است و سپس براساس درصد اشتراک، اولویت‌بندی برای سنگ منشا صورت می‌گیرد. بنابراین در آبخیزهایی که از تنوع سنگ منشاهای احتمالی کمی برخوردارند، تعداد نمونه‌ها باید افزایش یابد.

شناسایی فرایندهای برداشت، حمل و رسوبگذاری تپه‌های ماسه‌ای بادی، فقط به فرایند بادی محدود نمی‌شود، بلکه باید تاریخ گذشته چرخه تشکیل تپه‌ها را که فرایندهای دیگر حمل (آبی، یخچالی و ثقلی) را حداقل در کواترنر پشت سر گذاشته‌اند، مطالعه کرد. بنابراین بررسی سطح دانه‌ها به روش‌های مختلف (میکروسکوپی، SEM)، پارامتر اندازه ذرات و تفکیک جمعیت‌های مختلف حمل و رسوبگذاری در این زمینه موثر است. چنانچه مطالعه مذکور

### منابع

- ۱- اختصاصی، محمدرضا، حسن احمدی، ناصر باغستانی، علی خلیلی و سادات فیض‌نیا، ۱۳۷۵. منشایابی تپه‌های ماسه‌ای درحوزه دشت یزد-اردکان، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، شماره انتشار ۱۴۵-۱۳۷۵، تهران، ۲۶۰ ص.
- ۲- دهواری، عبدالحمید، ۱۳۷۳. بررسی منشا رسوبات بادی در سراوان، بلوچستان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۹۷ ص.
- ۳- فیض‌نیا، سادات، حسن احمدی و عبدالحمید دهواری، ۱۳۷۷. منشایابی رسوبات بادی تپه‌ماسه‌های حوزه آبخیز روتک سراوان در منطقه بلوچستان، مجله منابع طبیعی ایران ۵۱ (۱): ۹۹-۱۰۹.
- 4-Albrandt, T.S., 1974. The Source of Sand for the Kilpecker Sand Dune Field, South. Western Wyoming, Sed. Geol. 2:39-57.
- 5-Folk, R.L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphil Pub. Co., Texas, 182p.
- 6-Friedman, G.M., 1961. Distinction Between Dune Beach and River Sand From Their Textural Characteristics, Jour. Sed. Petrol. 31:514-529.
- 7-Fryberger, S. G. & G. Dean, 1979. Dune Forms and Wind Regime, in: Mckee, E.D. (ed), Study of Global Sand Seas, USGS Professional Paper 1052:305-397.
- 8-Gillette, D. A., J. Adams, A. Endo, D. Smith & R. Kihl, 1980. Threshold Velocities for Input of Soil Particles Into The Air by Desert Soils, Jour. Geophy. Research 85:5621-5630.
- 9-Goudie, A., R. Cook & A. Warren, 1993. Desert Geomorphology. University College, London Press, 1st Pub., 526 p.

- 10-Heine, K., 1982. The Main Stages of the Late Quaternary Evolution of the Kalahari Region, South Africa, in: Vogel, J.A., et al., (eds.), South African Society for Quaternary Research, Proceedings, Rotterdam, Balkema: 53-76.
- 11-McBride, E. F., 1971. Mathematical Treatment of Size Distribution Data, In : Carver, R.E (ed), Procedures in Sedimentary Petrology, John Wiley: 105-127.
- 12-McCoy, Jr, F. W., W.G. Nokleberg & R.M. Norris, 1967. Speculations on the origin of the Alogdones Dunes, Southern California, Geol. Soc. Amer., Bull. 78:1034-1044.
- 13-Merriam, R., 1969. Source of Sand Dunes of Southern California and Northwestern Sonora, Mexico, Geol. Soc. Of America, Bull. 80:531-533.
- 14-Powers, M.C., 1953. A New Roundness Scale For Sedimentary Particles, Jour. Sed. Pet. 23:117-119.
- 15-Price, W. A., 1950. Saharan Sand Dunes and the Origin of the Longitudinal Dunes, a Review, Geographical Review 40:462-465.
- 16-Rouys, J.S., 1992. Linear Dunes Near the Orange River, Mineralogy and Climate, Geographical Journal 74 (1):3-7.
- 17-Smalley I.J. & V. Smalley, 1983. Loess Material and Loess Deposits: Formation, Distribution and Consequences, In: Brookfield. M.E. & T.S. Ahlbrandt (eds.), Eolian Sediments and Processes, Amsterdam, Elsevier: 51-68.
- 18-Wilson, I.G., 1971. Desert Sand Flow Basins and a Model for the Development of Ergs, Geographical Journal 137:180-199.

## The Role of Mineralogical and Statistical Analyses of Sediments In Source Studies of Shandan-Saravan Sand Dunes, Baloo chestan

A. Dehvari<sup>1</sup>S. Feiznia<sup>2</sup>H. Ahmadi<sup>3</sup>

### Abstract

Samples taken from lithological units and sand dunes in point grid, were analyzed through morphoscopic and mineralogical studies. The same-sized maps of sand dunes were then drawn by using statistical parameters of grains. Maps and distribution of statistical parameters show that grain size decreases from 0.37 mm in west to 0.18 mm in east through Erg. Also there is an increase in the degree of sorting and roundness in this direction. The coarsest particles are found in ripple marks as well as in sand sheets whereas nebkas contain the finest ones. According to the relationship between grain size and their transportation distances by winds, the first accumulation phase (D1) is 3 km far from the erg. Based on microscopical results, rock fragments make up 85%, whereas minerals make up 15% of grains including quartz, feldspar and calcite. According to X-ray diffraction and Electron Microscope Scanning, quartz frequency relates to quartzose-sandstones, calcite frequency is related to flishe limestone with clay minerals having originated from shale sources. In the second sedimentation phase (D2) or erg, 98.54% of sands have been transported through saltation, while only 1.2 %, and 0.26% through suspension and creep processes respectively. According to morphoscopic analyses by using binocular and SEM photos of quartz and results from Friedman's Diagram, 80% of sands were shown to be transported by collaboration of water and wind, while only 20% by water alone. This indicates that water is an important agent in semi-arid bioclimatical zones. Finally, based on mineralogical studies, the most important sources of Shandan sand dunes are recognized as Saravan lithological units (ES<sup>3</sup>, ES<sup>4</sup>) as well as Zaboli lithological unit (EZ) with other units having little effect in sand production for the erg.

**Keywords:** Source studies of erg, Sand dunes, Mineralogy, Deflation zone, Saravan, Shandan, Primary source, Deflation environment.

<sup>1</sup> -Instructor, Faculty of Natural Resources, Zabol University,

<sup>2</sup> - Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran (E-mail: sfeiz@ut.ac.ir)

<sup>3</sup> - Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran