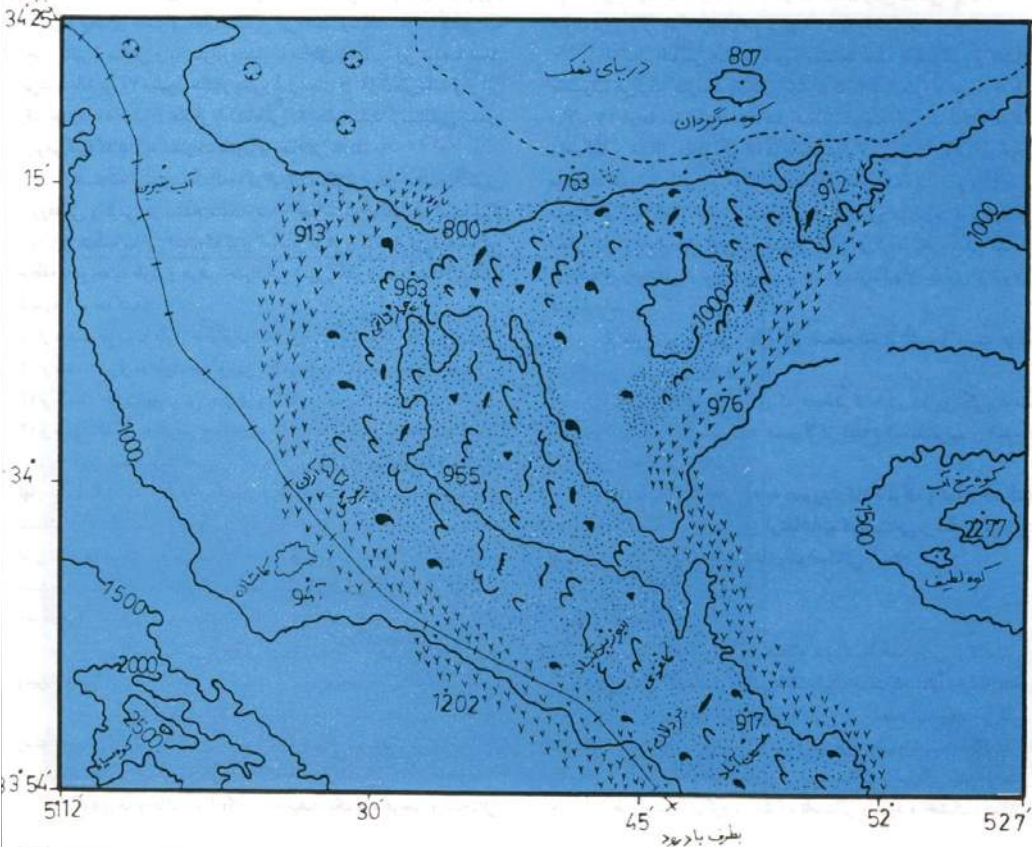


مورفودینامیک بادی و شکلهای ناشی از آن در منطقه کاشان

نگارش: عباس خسروی
کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی



پیشگفتار:

کشور ایران با بیش از ۱,۶۴۸,۱۹۵ کیلومتر مربع وسعت، بیش از پیش نیاز به تحقیق در شکل‌شناسی زمین دارد. از این جهت هر تحقیقی که در این راستا انجام شود، بالارزش است. از طرفی توجه و اهمیت به شکل‌شناسی زمین، امروز بیشتر از هر زمانی نسبت به گذشته، در میان صاحبان علم و دانشجویان مورد بحث است. از طریق شکل‌شناسی زمین می‌توان راه‌حل مناسبی را جهت کنترل و حفظ منابع طبیعی و نیز مصون ماندن از خطرهای طبیعی انتخاب کرد.

منطقه مرکزی ایران که بخش وسیعی از ایران را شامل می‌شود به صورت قطعه مثلثی است که توسط بلوک لوت از شرق و سلسله جبال البرز از شمال و زون سندج - سیرجان در جنوب محدود می‌شود و جز کم‌بارترین و خشکترین مناطق ایران محسوب می‌گردد. مناطق خشک از نظر زمین‌شناسی، نوع آب و هوا، آبهای زیرزمینی، پوشش گیاهی و فعالیت‌های بادها و تپه‌های ماسه‌ای حائز اهمیت است. نزدیک به ۱۳ میلیون هکتار از اراضی مناطق خشک را تپه‌های ماسه‌ای دربر گرفته که از این مقدار حدود ۵ میلیون هکتار را تپه‌های ماسه‌ای فعال تشکیل می‌دهند. وسعت عرصه‌هایی که تحت تأثیر فرسایش و به عنوان منشاء یا مناطق برداشت این تپه‌ها عمل می‌کنند بالغ بر ۳۰ میلیون هکتار یعنی $\frac{1}{6}$ وسعت کل ایران می‌باشد و از این رقم حدود ۱۰ میلیون هکتار را مناطقی با حساسیت فرسایشی شدید دربر می‌گیرد که نیاز به عملیات کنترل و حفاظتی دارند.

منطقه مورد مطالعه، در ایران مرکزی و در حاشیه جنوبی فرورفتگی وسیعی در امتداد شمالغرب - جنوب شرق کشیده شده قرار دارد. این منطقه بیابانی است که کویر قسمتی از آن را تشکیل می‌دهد، و این منطقه با توجه به طول و عرض جغرافیایی تعیین حدود شده است (به نقشه شماره ۱ توجه کنید):

- ۱) از سمت غرب به طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه محدود است.
 - ۲) از سمت شرق به طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱ دقیقه محدود است.
 - ۳) از سمت جنوب به عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۰ دقیقه محدود است.
 - ۴) از سمت شمال به عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه محدود است.
- این منطقه مانند اغلب نقاط مرکزی ایران، سالهاست که مورد تهاجم ماسه است. مسئله ماسه‌ها بیش از همه، روستاهای شمال و شمالشرق کاشان یعنی آران و بیدگل، چهار تا قی و مجموعه‌های روستای ابوزیدآباد که شامل محمدآباد، گز، فخره، قاسم‌آباد، یزدلان و حسین‌آباد است، را تهدید کرده و خانه‌ها، جاده‌ها، چاه‌های آب و مزارع را می‌پوشاند و همراه خود خشکی را در منطقه افزایش می‌دهد.

منطقه کاشان بخش کوچکی از یک واحد طبیعی، مورفولوژی و زمین‌شناسی است که خود بر دو قسمت متمایز و مشخص تقسیم می‌شود: الف) برآمدگیهای معروفه به سلسله جبال جنوبی کاشان یا رشته‌کوه‌های کرکس که دارای امتداد شمالغرب - جنوبشرق می‌باشد.

ب) گودی یا فرورفتگی قم - کاشان - اردکان^۱
گودی قم و کاشان و اردکان در حقیقت یک دره عریض و صحرائی

است که محدود به رشته‌کوه‌هایی از جنس سنگهای آتشفشانی می‌باشد و گسلهای سرتاسری موجود در پای این رشته‌کوه‌ها باعث بالا آمدن آنها شده است. این گودی به وسیله رسوبهای ضخیم و چین‌خورده طبقات قرمز نئوژن که قسمتهایی از آن تخریبی است در بخش دریایی تشکیلات قم دارای سن الیگو-میوسن می‌باشد، پر شده و به وسیله رسوبهای بهاد، شن، قلوه‌سنگهای درشت، رسوبهای پلایا و بالاخره تپه‌های ماسه‌ای پوشیده شده است.

از نظر ساختمان زمین‌شناسی، ارتفاعات جنوبغرب و جنوب کاشان جزء ارتفاعات مرکزی ایران بوده و در کمربند آتشفشانی بزمان - تبریز قرار دارند. ارتفاعات شمالی‌تر، یعنی مجموعه کوه‌های لطیف و بیخ آب نیز به موازات آن کشیده شده که این دو مجموعه، خود به موازات زاگرس و روزاندگی بزرگ آن و در امتداد منطقه دگرگونی سندج - سیرجان کشیده شده است. بین ارتفاعات جنوبغربی در جنوب کاشان و ارتفاعات قدماي آن (کوه‌های لطیف و بیخ آب و غیره) فرورفتگی عظیمی است که از قم تا جنوب اردکان کشیده شده و در ساختمان زمین‌شناسی ایران از آن به عنوان فرورفتگی قم - اردکان نام می‌برند. به نگاره شماره ۱ توجه کنید.

از نظر اقلیمی منطقه مورد مطالعه جزء اقلیم گرم و خشک محسوب می‌گردد. متوسط بارندگی سالانه ۱۱۵ میلیمتر، متوسط دمای سالانه ۱۹ درجه سانتیگراد، حداکثر مطلق درجه حرارت ۴۴/۵ درجه سانتیگراد و حداقل مطلق آن ۶- درجه سانتیگراد می‌باشد. ریزشهای جوی منطقه، عمدتاً ناشی از جریانهای مرطوب وابسته به کم‌فشارهای مدیترانه‌ای بوده که از غرب و شمالغرب وارد کشور می‌شود. ناپایداریهایی محلی نیز در فصل بهار موجب مقداری بارش می‌گردد. بطور کلی منشاء بارندگیهای زمستانی از نوع جبهه‌ای و منشاء بارندگیهای بهاری از نوعی عروسی است.

از نظر رژیم بادنایی، بطور کلی منطقه تحت تأثیر دو دست عمده جریانات باد بشرح زیر قرار می‌گیرد:

الف) بادهای ناحیه‌ای که عمدتاً تحت تأثیر جریانات نیواری ایران مرکزی است و معمولاً از قطاع شمالغرب و غرب وارد این منطقه می‌گردد.

ب) بادهای محلی که به صورت کاتاباتیک (کوه و دشت) بر اثر اختلافات فشارناشی از ارتفاعات کوهستانی و دشت بوجود می‌آید که جهت آن تابع دره‌های کوهستانی است.

۲) ژئومورفولوژی

از دیدگاه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه یکی از کاملترین حوزه‌های مناطق خشک و بیابانی فلات ایران است که غالباً رخصاره‌های فرسایشی آبی و بادی (هیدروآئولین) توام بر سطح آن دیده می‌شود. کوه‌های لخت و بدون پوشش گیاهی و در عین حال پرشیب منطقه که با تغییر شیب ناگهانی به دشتهای منتهی می‌شود، بیانگر فرسودگی بیش از حد و نهایتاً شرایط رگزریستازی گرم و خشک تابستانی و سرد و خشک زمستانی



نگاره شماره ۱
موقعیت فروافتادگی قم
کاشان - اردکان در ایران



منظره لخت شده ریشه گیاهان
بر اثر فرسایش بادی

سمت دشت و پلایا منتقل می‌شوند. دشتهای لخت منطقه با شیب کمتر از ۱۵ درصد غالباً توسط عناصر درشت سنگریزه پوشیده شده‌اند. این فرآیند بیانگر مراحل پایانی فرسایش سطحی ناشی از آب و باد در این مناطق طی

دوره پنجم، شماره هفدهم / ۲۹

حاکم بر منطقه است که دائماً در اثر فرآیندهای مکانیکی مختلف ناشی از هوازدگی از قبیل دما، یخ‌شکافتگی، پودرشدن، خوردشدن، بدون هیچ‌گونه وقفه‌ای توسط سیلابهای بوجود آمده، در فصول پرباران شسته شده و به



نگاره شماره ۲:
تراکم غیر عادی مالچ در پای
دامنه‌ها بدلیل شیب زیاد

قرون گذشته و پایداری نسبی آن در حال حاضر می‌شود. منطقه خشک و بیابانی کاشان به وسیله دو عامل مشخص می‌شوند ناهمواریهای با شیب تند و ناهمواریهای مسطح. در این گونه مناطق پس از عبور از مناطق کوهستانی با شیب تند به مناطق مسطح و هموار می‌رسیم که به آنها دشت‌سراسر^۳ گفته می‌شود که مساحت وسیعی از ایران را پوشانیده و مشخصات خاص به خود دارد. در میان ناهمواریهای منطقه خشک کاشان، دشت سرها از

مهمترین واحدهای ژئومورفولوژی این مناطق به شمار می‌روند. چون علاوه بر این که در آبهای سطحی و زیرزمینی مناطق خشک نقش اساسی دارند، در بیشتر نواحی، نقش مهمی در اقتصاد روستاها بویژه از نظر منابع طبیعی تجدید شونده مانند مراتع و غیره ایفا می‌کنند. از نظر مطالعه آبهای سطحی و استفاده از سیلابها و یا به عبارت دیگر در طرحهای پخش سیلاب با توجه به کمبود آب در این نواحی شناخت دشت سرها ضروری به نظر می‌رسد.

مهمترین واحدهای ژئومورفولوژی این مناطق به شمار می‌روند. چون علاوه بر این که در آبهای سطحی و زیرزمینی مناطق خشک نقش اساسی دارند، در بیشتر نواحی، نقش مهمی در اقتصاد روستاها بویژه از نظر منابع طبیعی تجدید شونده مانند مراتع و غیره ایفا می‌کنند. از نظر مطالعه آبهای سطحی و استفاده از سیلابها و یا به عبارت دیگر در طرحهای پخش سیلاب با توجه به کمبود آب در این نواحی شناخت دشت سرها ضروری به نظر می‌رسد.

۱-۲) تپ دشت سرلخت

در این نوع دشت سر سنگها در عمق کم قرار گرفته و یا در سطح خاک نمایان می‌باشند و اغلب اوقات سنگ ما در ظاهر گردیده و یا سنگهایی که از مناطق دیگر به وسیله جریانهای آبی حمل شده‌اند، مشاهده می‌گردند. این رسوبها ضخامت چندانی نداشته و اغلب سطحی می‌باشند. در بعضی مناطق برون‌زدگیهای سنگی دیده می‌شود که یادگار ناهمواری سختی است که در مقابل عوامل فرسایشی مقاوم بوده‌اند. ارتفاع برجستگیها به چند متر می‌رسد و به صورت اینسلب‌رگهای^۵ کوچک و بزرگ در سطح این دشت سر نمایان است. بنابراین نیمرخ دشت سر در منطقه منظم نبوده و به علت برون‌زدگیهای سنگی، شیب دشت سر در این منطقه تغییر می‌کند ولی برعکس در نقاطی که از موارد ریزتر پوشیده شده است، شیب کاهش

در کتب جغرافیایی بویژه کتب مورفولوژی، برای این بخش اصطلاح‌های خاص و ویژه‌ای به کار برده می‌شود. بدون شک طبیعی است که با شیب کم بین دامنه‌های پرشیب کوهستان و قسمت‌های مسطح مرکز حوضه‌های رسوبی و یا بین کوهستان و یک منطقه سوسه کوانت^۴ قرار دارد. دشت یک عارضه مورفوگرافی است. بدون توجه به نحوه بوجود آمدن و یا ساختمان آن به تمام سطوح هموار با شیب کم که در حاشیه کوهها و یا دیگر برآمدگیهای زمین قرار دارند و اغلب قسمت‌های پست تر عوارض طبیعی را تشکیل می‌دهند، اطلاق می‌شود. این عارضه توسط محققین ایرانی و خارجی به نامهای گوناگون خوانده می‌شود. دشت سر، گلاسی

الف) رخساره مخروط افکنه:

این رخساره در جنوب آرگ^۶ واقع شده و از سیلابهای دوران چهارم تشکیل گردیده است. در مناطق خشک مخروط افکنه، محل عبور آبهائی است که به منطقه دشت و کویر می‌رسد. در این مناطق آبهای سطحی محدوده بوده و معمولاً در فصل مرطوب و بهار جریان پیدا می‌کند. موقعی که شدت طغیان زیاد باشد قدرت تخریبی آن افزایش یافته و در نتیجه قادر به حمل مواد خواهد بود. در این بخش خاک نسبتاً تحول یافته‌تر است ولی به علت عدم پوشش گیاهی در حال حاضر یکی از کانونهای فرسایش بادی در منطقه می‌باشد.

۴-۲) تپ دشت

بعد از دشت سرپوشیده، دشت به صورت سطح نسبتاً همواری مشاهده می‌گردد. از عناصر ریز و درشت شامل مواد آبرفتی کم و بیش ساییده شده، و وسعت زیادی از منطقه را پوشانده است. پیدایش این دشت به جریانهای آبی که این رسوبها را در گذشته برجای گذاشته‌اند، مربوط می‌شود. در حال حاضر اکثر مناطق کشاورزی و مسکونی منطقه را در برگرفته و دارای شیب خیلی کم و بیش از یک درصد نیست. آبراهه‌های منطقه در این تپ تقریباً پایان یافته و رسوبهای حاصل از آن دشتهای سیلابی منطقه را پوشانده است. هم اکنون با توجه به پادهای شدید که در منطقه می‌وزد به صورت مراکز برداشت ماسه درآمده است. رخساره این تپ عبارتند از:

الف) دشت ریگی

ب) نیکا

۵-۲) تپ ناهمواریهای ماسه‌ای

این تپ از ناهمواریها در منطقه از تجمع رسوبهای بادی تشکیل گردیده است. در اثر تخریب و فرسایش خاک، واحدهائی در ژئومورفولوژی منطقه بوجود آمده است. شیب سطح زمینی که این ناهمواریها بر روی آن قرار گرفته بسیار ناچیز و حداکثر حدود ۱ درصد است. بطور کلی دوران چهارم از تپهای دشت سرلخت، دشت سرانتهایی، دشت سرپوشیده، دشت و ناهمواریهای ماسه‌ای تشکیل گردیده است. در این میان تپ ناهمواریهای ماسه‌ای به دلیل ایجاد مشکلات عدیده‌ای که از جهت اقتصادی و اجتماعی قابل اهمیت می‌باشد، مورد نظر بوده است و لذا این تپ به عنوان تحقیق انتخاب گردیده است.

۶-۲) ماسه‌ها و منشاء آن در منطقه

از نظر زمین‌شناسی بین شن و ماسه تفاوت حجمی و فیزیکی خاصی موجود است. آنچه که از رسوبهای بادی در کویر موجود است و با حرکت باد به هر طرف حرکت می‌کند، اکثراً ماسه‌های بادی هستند که از نظر حجم و وزن کوچکتر از ذرات شن است. اما کلمه شنهای روان در اثر تکرار سالهای متمادی در اذهان عمومی مردم جایگزین گردیده و با بیان آن

یافته و در بعضی مناطق تشکیلات آن دارای عناصر ریزدانه و نرم هستند آثار فرسایش بادی نیز کم و بیش به چشم می‌خورد. رخساره قابل تشخیص در این تپ عبارتند از:

الف) رخساره پروزدگی سنگی - این رخساره بیشتر

در حدفاصل کوهستان و دشت به چشم می‌خورد و در بعض مناطق دشت سرلخت، پروزدگیهای سنگی به چشم می‌خورد که هیچ‌گونه پوشش خاکی بر روی آنها وجود ندارد، شیب آن نسبت به سایر رخساره‌ها بالاتر است.

ب) رخساره آبراهه - آبراهه‌های حاصل از بارندگی در شیب

شمالی باعث فرسایش شیاری نسبتاً فعالی شده و رسوبهای آنها به پائین دشت حمل می‌گردند.

۲-۲) تپ دشت سرانتهایی

این تپ در منطقه تقریباً دارای همان مختصات دشت سرلخت می‌باشد، با این تفاوت که ضخامت مواد زیادتر و به چندین متر می‌رسد. عناصر تشکیل دهنده آن کوچکتر و بقایای قدیمی و یا به عبارت دیگر بیرون زدگی کمتری در آن دیده می‌شود. در روی این دشت سرها نیز آثار فرسایش آبی به صورت فرسایش شیاری که معمولاً به شکل مارپیچی و یا شبکه‌ای است، به چشم می‌خورد، این آبراهه‌ها ابعاد متفاوتی دارند. رخساره این تپ عبارت است از:

الف) رخساره رسوبهای جدید

نهشته این رخساره ریزدانه بوده و اکثریت گونه‌های خوب مرتعی در این رخساره مستقر می‌باشد. رسوبهای موجود در این خساره، یکی از کانونهای برداشت ماسه بادی است.

۳-۲) تپ دشت سرپوشیده

این دشت سر در منطقه به وسیله ضخامت زیاد رسوبهایش، خود را از سایر دشت سرها مشخص می‌کند. بطوری که عمق رسوبها از چندین ده متر و در بعضی جاها عمق آن از ۱۰۰ متر تجاوز می‌کند. این دشت سر در منطقه با ضخامت زیاد رسوبها و شیب کم مشخص شده و نیز در این ناحیه پروزدگیهای سنگی دیده نمی‌شود، زیرا به وسیله سازند آبرفتی پوشیده شده است. از طرف دیگر چون شیب زمین کم است جریانهای آبی فرصت تخریب نداشته و بیشتر در زمین نفوذ کرده و یا به صورت جریانهای سطحی به مناطق دیگر هدایت می‌شوند. بنابراین دشت سرها دارای سطحی کاملاً مسطح و پوشیده از مواد تخریبی به ابعاد گوناگون کم و بیش سائید نشده می‌باشد، که نشان دهنده این است که عامل محل (آب) آنها را دستکاری نموده است و فرسایش بادی در این دشت سر بسیار نقش دارد و بیشتر به صورت مناطق برداشت می‌باشد. رخساره این دشت عبارتند از:

ماسه‌های ناپیوسته که در اثر مالج‌سنگین شده‌اند، در سطح پرتیب دیده می‌شود. غالب قله‌ها فاقد مالج بوده و در عوض تراکم غیرعادی مالج در پای دامنه دیده می‌شود ویژگی این ماسه‌ها روی منحنی عبارتند از:

- (۱) کودفی ۰/۲۸ میلیمتر
- (۲) مدیان ۱۸۰ میلیمتر
- (۳) مد فراوانی در اندازه ۱۲۵ میکرون، ۷۰/۵ درصد

(د) گروه ماسه‌های درشت؛ این ماسه‌ها در شمالشرق کاشان در محلهای قاسم‌آباد و حسین‌آباد قرار گرفته است. این ماسه‌ها درشت هستند. فراوانی ذرات درشت و تیره در این ماسه‌ها، با نزدیکی آن به توده آذرین یخ آب که در شمال منطقه قرار دارد، توجیه می‌شود، و تحت تأثیر بادهای شمال منطقه، از توده‌های تخریبی جدا و در نوار ماسه‌ای متمرکز می‌گردد.

۲-۶-۲) بررسی مورفوسکی نمونه و تعیین اندیسهای مختلف از قبیل گردشگی و درخشندگی محل برداشت؛ کمپ شماره ۲ مرکز تثبیت شن (ابوزیدآباد)

نتایج مورفوسکی دانه‌های کوارتز بدین صورت بود که ۲۵ درصد دانه‌های کوارتز دارای N.U. بودند که معرف دانه‌های سائیده نشده با زوایای تیز می‌باشند، ۲۰ درصد دانه‌های کوارتز دارای E.L. و بقیه که ۵۵ درصد می‌باشد دارای R.M. بودند. بالا بودن R.m معرف تأثیر فرسایش بادی در منطقه است. با یک نگاه اجمالی به درصد دانه‌های کوارتز، می‌توان پی برد که در رسوبهای تپه‌های ماسه‌ای نیز دانه‌های کوارتز N.U. درصد قابل توجهی دارد. این مطلب را می‌توان این طور تفسیر کرد که تپه‌های ماسه‌ای منشاء تقریباً محلی دارند و هنوز آفتد تغییر مکان نداده‌اند که بادی فرصت کافی برای فرسودن ذرات کوارتز و تبدیل به ذرات R.M. داشته باشد. (به جدول شماره ۱ توجه کنید).

رنگ نمونه	E.L.	R.M.	N.u.	فطرده‌های کوارتز بر حسب میلی‌متر
فهره‌ای روشن	٪۱۴	٪۶۵	٪۲۶	۰/۳۵
فهره‌ای روشن	٪۲۶	٪۴۵	٪۲۴	۰/۱۷۷

جدول شماره ۱: نتایج مورفوسکی دانه‌های ماسه

بر اساس مطالعات انجام گرفته، منشاء ماسه‌های کاشان نزدیک یا بسیار نزدیک و یا به عبارت دیگر محلی است، دلایل زیر نزدیکی این مناطق رانست به تپه‌های ماسه‌ای روشن می‌کند:

(الف) فراوانی کانیهای حساس و آسیب‌پذیر در بین رسوبهای تپه‌های ماسه‌ای از جمله میکای سیاه و فلدسپات نیز نشان‌دهنده محلی بودن اراضی تپه‌های ماسه‌ای می‌باشد. وجود کانی میکا در ماسه‌های منطقه قاسم‌آباد به خاطر نزدیکی این منطقه به کوه آذرین یخ آب است. به این دلیل که میکا به علت مورفولوژی خاصی که دارد (به علت ورقه‌ای و مسطح بودن) این ذرات به خوبی توسط باد جابه‌جا نمی‌شود و از این جهت در

تصویری از کویر و ذرات متحرک سطحی آن (ماسه‌ها) با تمام ظاهر زیبا و مخرب خود مجسم می‌گردد و از طرفی، طرحی بنام تثبیت شنهای روان در سازمان جنگلها و مراتع برای ایجاد جنگلهای کویری و احیاء پوشش گیاهی در این مناطق در دست اجراء است. بدین منظور جهت روشن شدن این مسئله، ابتدا ماسه‌ها را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و سپس کارهای انجام شده در این زمینه تشریح می‌گردد.

ماسه، ذرات تخریبی ریزی هستند که در تقسیم‌بندی استاندارد بین‌المللی دارای قطری معادل ۰/۴۰ میلیمتر تا ۲ میلیمتر هستند، بنابراین قطر پائین این ذرات بین ۵۰ تا ۴۰ میکرون (بنابر تقسیمات موجود) است، در حالی که در مورد خدبالای آن تقریباً در ۲ میلیمتر همگان توافق دارند. ذرات درشت‌تر از آن به ترتیب شن، گراول، سنگ ریزه، ریگ، قلوه سنگ و تخته سنگ می‌نامند و ذرات ریزتر آن را بین ۱ میکرون تا ۴۰ میکرون بنامهای سیلت، لوم و ذرات خیلی ریزتر را که خاصیت کلئیدی دارند نام رس موسوم کرده‌اند. خود ماسه را از نظر اندازه کلی به ذرات ماسه درشت، ماسه متوسط، ماسه ریز و ماسه خیلی ریز تقسیم می‌نمایند، باد با سرعتی که در منطقه دارد نادر است که بتواند ذرات بیشتر از ۲ میلیمتر یعنی شنها و ریگها را حمل کند.

۱-۶-۲) نمونه برداری و گرانولومتری تپه‌های ماسه‌ای

برای این منظور سه نمونه ماسه از سه مکان مختلف برداشت شد بعد در آزمایشگاه رسوب‌شناسی و مکانیک خاک دانشکده علوم زمین دانشگاه شهیدبهشتی از طریق الک آمریکائی گرانولومتری گردید. سپس منحنی دانه‌سنجی روی کاغذ نیمه‌لگاریتمی رسم گردید که منحنی دانه‌بندی وجود چند دسته ماسه‌ها را در منطقه نشان می‌داد که عبارت بودند از:

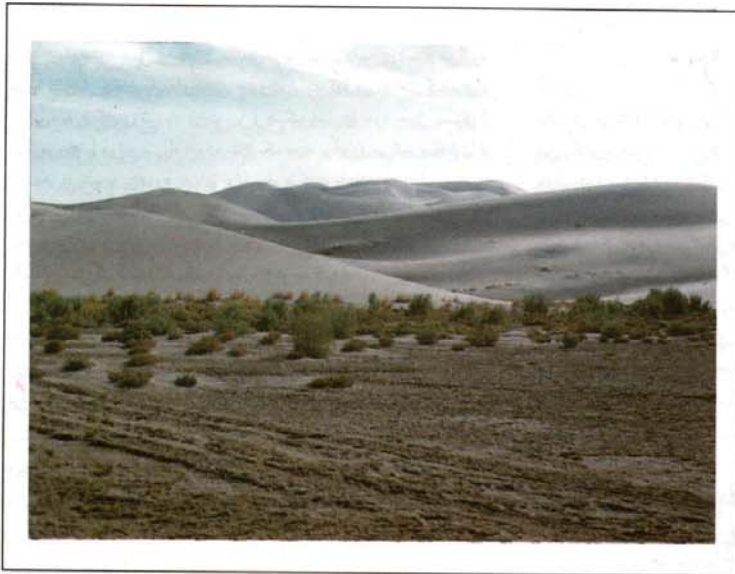
(الف) گروه ماسه‌های خیلی ریز؛ این گروه در منتهی‌الیه غربی تپه‌های ماسه‌ای و در شمال منطقه چهارتاقی و بیدگل و نزدیک کمپ شماره ۱ مرکز تثبیت شن قرار دارد. ویژگی این ماسه‌ها روی منحنی عبارتند از:

- (۱) کودفی ۰/۳ میلیمتر
- (۲) مدیان ۱۹۰ میکرون
- (۳) مدفراوانی در اندازه ۱۲۵ میکرون، ۶۹/۵ درصد

(ب) گروه ماسه‌های متوسط ریز؛ موقعیت این رسوبها در جنوب دریاچه نمک قرار دارد. ویژگی این ماسه روی منحنی عبارتند از: به نگاره شماره ۲ توجه کنید

- (۱) کودفی ۰/۳۵ میلیمتر
- (۲) مدیان ۱۸۰ میکرون
- (۳) مدفراوانی در اندازه ۱۲۵ میکرون، ۷۳ درصد

(ج) گروه ماسه‌های متوسط؛ این رسوبها در اطراف روستای مرکزی ابوزیدآباد قرار دارند، این منطقه مالج پاشی شده و جابه‌جائی



نگاره شماره ۳:
مورفولوژی
تپه‌های ماسه‌ای

برجای می‌گذارند که به آنه تلماسه می‌گویند، (به نگاره شماره ۳ توجه کنید) در منطقه مورد مطالعه ماسه‌ها، ارتفاع ۸۰۰ متری تا ۹۵۰ متری و ندرتاً ۱۰۵۰ متری را می‌پوشاند، سطح ماسه‌ها را غرب در امتداد خط تراز ۸۵۰ متری، در شرق در ارتفاع ۱۰۰۰ متری است. ارتفاع ماسه‌ها متغیر است و افزایش ارتفاع و تراکم ماسه، معلول تغییرات سطح توپوگرافی و ارتفاع محل است که از غرب به شرق بیشتر می‌شود، به قسمی که در غرب ماسه‌ها در بالای سطح ۸۰۰ متر و در شرق در بالای سطح ۹۵۰ متر تا ۱۰۵۰ متر تراکم است. تراکم عمومی ماسه در منطقه قیف نامنظم دسته‌داری را نشان می‌دهد که دهانه آن به طرف غرب و لوله و بدنه آن به طرف شرق و دسته آن در شمال به طرف دریای نمک و کوه لطیف قرار دارد. دهانه وسیع این قیف را خط نامنظم کاشان - آران و بیدگل - چهارتاقی تا نزدیک دریای نمک تشکیل می‌دهد، بدنه آن به صورت مخروط در امتداد خط آهن کاشان - نواب کشیده شده و روستاهای محمدآباد، ابوژیدآباد، کاغذی، قاسم‌آباد و غیره را دربرمی‌گیرد که دنباله آن به سمت شرق و جنوبشرق اردستان می‌رسد.

به طور خلاصه می‌توان گفت که قدرت فرسایش باد به حدی است که می‌توان آنرا به عنوان فاکتور اصلی و فرم دهنده مورفولوژی منطقه دانست، زیرا که تخریب و از بین رفتن زمینهای حاصلخیز، دشتهای غرق شده در ماسه‌های روان، برخانها و غیره همگی مدیون اثر مستقیم و غیرمستقیم باد هستند. بدین منظور فرمهای ساخته شده توسط باد در منطقه مورد بررسی قرار گرفته و سپس دینامیک و تغییر و تحول فرمهای ساخته شده، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند؛

نزدیکی منشاء بیش از دیگر نقاط یافت می‌شود.

(ب) ویژگی دوم وضعیت غربالی شدن آن است که عملاً ذرات ریزتر از ۰/۰۵ میلیمتر را حذف کرده است. زیرا در ماسه‌های منطقه به مقدار کم کانیهای رس یافت می‌شود. ولی در مطالعه سطح پلایا دریای نمک و دشتها، وجود کانیهای رس دیده می‌شود.

(ج) قطر متوسط ماسه‌های موجود از ۳۵۰ میکرون تا ۱۸۰ میکرون متغیر است، از سوی دیگر وجود عناصر آلی با قطر متوسط بیش از ۵۰۰ میکرون در بین رسوبهای تپه‌های ماسه‌ای نشان دهنده نزدیکی بسیار زیاد نقاط برداشت به ترسیب است.

(د) پسااین بودن ضریب سایش دانه‌های کوارتز و همچنین درخشندگی نسبی آن نیز دلیل دیگری بر نزدیک بودن نقاط برداشت در منطقه است.

(و) آثار و علامت ناشی از بادبردگی بر روی اراضی نزدیک به تپه‌های ماسه‌ای از جمله نیکا، دشت ریگی و غیره.

۳) مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای و عملکرد باد

باد در تمام نقاط با شدت و ضعف وجود دارد. اما مسئله اصلی روی اثرهای آن است، که تغییراتی را در مورفولوژی سطح زمین ایجاد می‌کند. بنابراین باد از یک سو چهره ناهمواری موجود منطقه را دستخوش تغییرات کوچک و بزرگ می‌نماید و از طرف دیگر مواد تخریب شده را از جایی به جای دیگر حمل نموده و ناهمواریهای جدید را در منطقه بوجود می‌آورد. باد معمولاً ماسه‌ها را به شکل تپه یا رشته تپه‌هایی در سطح زمین

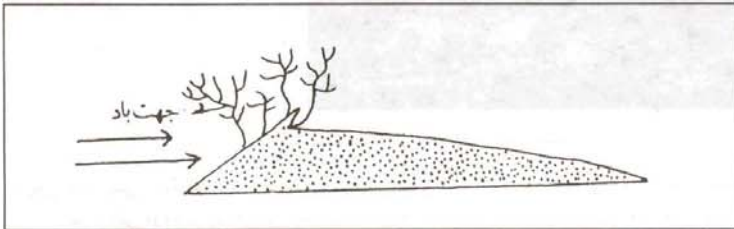
۳-۱) فلش یا پیکان ماسه‌ای

این نوع عمل فرسایشی بیشتر در بیابانهای ماسه‌ای انجام می‌گیرد. نحوه تشکیل پیکان ماسه‌ای بدین صورت است که در مناطق کویری و بیابانی، به هنگام وزش باد ذرات ریز و سبک زمین با خود حمل نموده و هنگامی که با موانع سرراه خود، مثلاً یک بوته برخورد می‌کند مقداری از ماسه‌ها در نتیجه برخورد به پای بوته سقوط کرده و به مرور زمان به تعداد این ماسه‌ها که در پای بوته جمع می‌شود، افزوده می‌گردد و در نتیجه فرم مخصوص در مرحله تراکم باد را تشکیل می‌دهد که به فلش یا پیکان ماسه‌ای معروف است (به نگاره شماره ۴ توجه کنید).

رنگ ماسه‌های حمل شده از رنگ زمینهای اطراف آن روشتتر است. این فرم در اکثر نقاط منطقه دیده می‌شود. ولی بیشترین تراکم این فرم در منطقه تقی‌آباد، مشکان یا بطور کلی در غرب منطقه که یکی از مناطق برداشت ماسه است، دیده می‌شود به نگاره شماره ۵ توجه کنید.

۳-۲) نیکا

یکی دیگر از اشکال تراکمی باد در منطقه، نیکا است که در اثر حضور نباتات بوجود می‌آیند. البته نیکا همان شکل تراکم یافته پیکان ماسه‌ای می‌باشد، که پس از بوجود آمدن پیکان ماسه‌ای، در اثر مرور زمان این پیکان به صورت تپه‌ای ظاهر می‌شود و با قسمت دیگر بوته که پشت به باد است متصل شده و نیکا را تشکیل می‌دهد. شکل نیکا در ارتباط با رشد شاخه‌های نباتات و بوته‌ها می‌باشد، بدین صورت که اگر رشد گیاهان طولی باشد تپه‌های مخروطی شکل را بوجود می‌آورد. ولی اگر رشد گیاه به صورت چتری باشد تپه‌های گنبدی شکل را بوجود می‌آورد. تا موقعی که گیاه بتواند رطوبت لازم را از زمینهای اطراف به دست آورد باد به هیچ وجه نمی‌تواند در نیکا نفوذ کرده و آنرا متلاشی سازد. ولی وقتی که گیاه قادر به جذب رطوبت خود نباشد، خشک شده و بتدریج ماسه‌های تشکیل دهنده نیکا نیز خشک می‌شوند. عامل فرسایش مسلط یعنی باد، ساختمان نیکا را



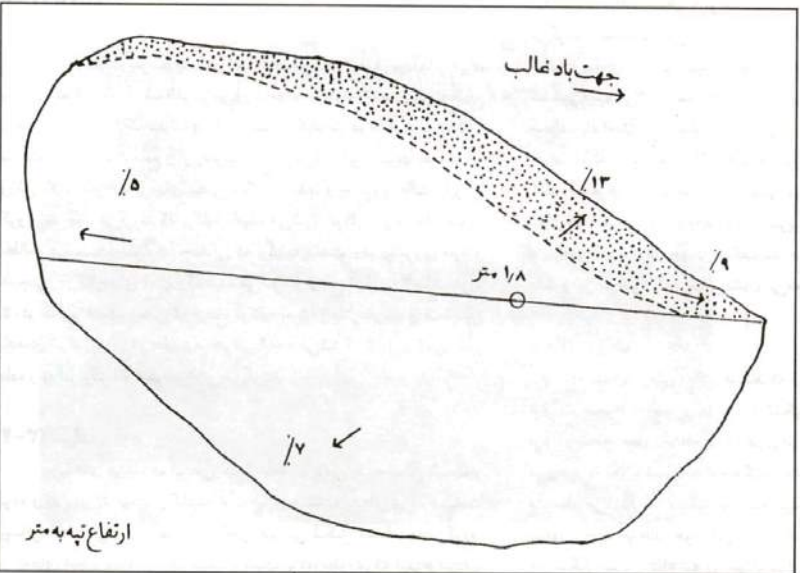
نگاره شماره ۴:
طرز تشکیل پیکان ماسه‌ای






نگاره شماره ۵:
فلش یا پیکان ماسه‌ای



نگاره شماره ۶:
نبکای در حال تخریب



خشک تند 
 خشک ملایم 
 قله تپه 

نگاره شماره ۷:
تصویر قائم یک تپه سیف

نبکا در تمام منطقه متناسب با پوشش گیاهی به صورت پراکنده و متراکم دیده می‌شود. ارتفاع بزرگترین نبکائی که در منطقه دیده شده ۳ متر است.

فرسایش می‌دهد. باید این مطلب را گفت که فرسایش و خرابی ساختمان نبکا ابتدا از جبهه رو به باد شروع شده و در جهات دیگر گسترش می‌یابد. به نگاره شماره ۶ توجه کنید.



نگاره شماره ۸:
یک سیلک ناهمگن

۳-۳) بوکلیه

به نگاره شمال ۷ توجه کنید، همان طور که از نگاره ۷ ملاحظه می‌گردد مشخصات کلی یک تپه سیف را نشان می‌دهد، در این شکل اگر از قسمت پهلوی تپه نگاه کنیم در قسمت شیب تند، تپه به صورت یک شمشیر دیده می‌شود. شیبهای تند در جهت باد غالب ۵ درصد و در جهت مخالف باد اصلی ۹ درصد، ولی بیشترین مقدار شیب تپه با جهت باد اصلی تقریباً ۱۰ تا ۱۵ درجه اختلاف داشته و برابر ۱۳ درصد است و این مشخص کننده باد فرعی شدید غیر از باد اصلی در منطقه است. این تپه همچنین دارای دو دامنه محدب و مقعر بوده و تقریباً دامنه مقعر در جهت باد اصلی و دامنه‌های محدب در جهت مخالف باد اصلی قرار دارد. پروفیل عرضی تپه مذکور این موضوع را به خوبی نشان می‌دهد.

۳-۵) سیلک

سیلکها تپه‌ای فعالی هستند که از اتصال سیفها حاصل شده و به صورت خطوط موج‌داری درمی‌آیند تشکیل سیلکها بستگی به باد غالب و نوع ذرات ماسه‌های منطقه دارد، طول این تپه‌ها گاهی به چندین کیلومتر می‌رسد. به نگاره شماره ۸ توجه کنید. همان طور که از نگاره شماره ۸ ملاحظه می‌گردد مشخصات یک تپه سیلکی را نشان می‌دهد که از اتصال سیفها بوجود آمده‌اند. طول این تپه ۵۰۰ متر و از نوع سیلک مارپیچی غیرهمگن است. ارتفاع تپه در جهت طول به ترتیب ۳/۷۰ متر، ۷/۲۰ متر، ۴/۱۰ متر و ۲/۹۰ متر می‌باشد و این نشان دهنده ناهمگنی سیفهای متصل به یکدیگر است. شیب تپه از ۴ درصد تا ۳۰ درصد متغیر است. سیلکها در بیشتر نقاط ارگ دیده می‌شود و از نوع تپه‌های فعال هستند.

در منطقه رسوب، ابتدا در کنار موانع موجود از قبیل بوته‌ها و غیره، بادهایی که از قسمت شمالغرب می‌وزند مواد محموله خود را پشت مانع برجای می‌گذارند. یک باد شدید با سرعت ۴۰ کیلومتر در ساعت به مدت ۷ ساعت وزش، پشت مانع را از رسوب بادی پرمی‌کند. این رسوبها بعداً در اثر وزش باد به صورت فرمهای بیضی شکل درآمده، و به مرور حالت دایره یا کروی به خود می‌گیرند که بوکلیه نامیده می‌شود. بوکلیه در منطقه مورد مطالعه در قسمت جلوآرگ، جاهایی که ارگ به سمت جلو پیشروی دارد و همچنین در کناره‌های فعال ارگ دیده می‌شود و ارتفاع آنها از ۳۰ سانتیمتر تا ۲ متر متغیر است. زمانی که ارتفاع بوکلیه به ۳/۵ متر برسد و همچنین بادهای شرقی بوزد، در جلو تپه حفره‌ای ایجاد می‌کند که شکل راکمی تغییر داده و به آن بوکلیه با حفره بر خانی می‌گویند.

۳-۴) سیف

تپه‌های سیف همان طور که از نامشان برمی‌آید به شکل شمشیر بوده و به صورت تپه‌های کشیده نوک تیزی هستند، به طوری که قسمت پیشانی آن مثلثی و با پالهای تیزوگامی قوسی شکل مشاهده می‌گردد. دامنه‌های ایجاد شده در یک سیف پرشیب بوده، بطوری که نمرخ سیف نامتقارن و دارای دامنه‌های محدب و مقعر می‌باشد. سیف عامل اصلی تپه‌های فعال است. بنابراین تشکیل آن به سرعت صورت می‌گیرد و ممکن است در اثر یک باد شدید یا طوفان ایجاد گردد.

۳-۶) برخان

برخانها شکل مشخصی هستند که اولین بار در آسیای مرکزی (بیابانهای ترکستان) و سپس در سایر نواحی خشک مشاهده گردیده‌اند. مکانیسم ایجاد برخان را می‌توان بدین صورت بیان نمود؛ اگر توده‌ای از ماسه‌های خشک را روی هم بریزیم، این توده ماسه‌ای به صورت هرمی شکل قرار می‌گیرد، زیرا برای ماسه پایدارترین وضعیت حالت هرمی شکل است. در طبیعت نیز شرایط بدین صورت است که وقتی ماسه‌ها، معمولاً پس از سکون بادی به صورت هرمهایی برجا می‌مانند، در مرحله بعدی اگر وزش باد دارای جهت غالبی باشد در این صورت نیروی باد سبب می‌گردد تا به دو طرف قاعده هرم فشار بیشتری وارد آورده و در نتیجه سبب حرکت آن به جلو گردد. مقطع پیکر برخان بی‌قرینه است. بدین معنی که طرف محدب هلال دارای شیب ملایمتری است و برعکس طرف مقعر دارای شیب تندتر می‌باشد. هنگامی که برخان تحول پیدا می‌کند بازوها نسبت به پیکر سریعتر پیش می‌روند، زیرا توده ماسه پیکر که باید جایجا شود پرجمتر است.

به نگاره شماره ۹ توجه کنید. همان طور که از نگاره شماره ۹ ملاحظه می‌گردد مشخصات یک تپه برخانی را نشان می‌دهد، این تپه در مرکز منطقه مورد مطالعه (حوالی حسین‌آباد) دارای ارتفاع حداکثر ۱/۵ متر و با شیبهای ۲۰ درصد در جهت مخالفت باد و ۴/۲ درصد در جهت باد اصلی و عرض ۱۲ متر واقع شده است. برطبق تحقیقات انجام گرفته، حداکثر ارتفاع برخانها در منطقه ۸/۳ متر و بیشترین حد گستردگی آن از یک سر هلال تا سر دیگر آن ۷۰ متر است. بیشترین تراکم برخانها را در منطقه چاه‌تقی، جنوب دریاچه نمک و مرنجاب و قاسم‌آباد و حسین‌آباد داریم.

۳-۷) برخانهای طولی (تپه‌های طولی)

تپه‌های طولی از برخانهایی بوجود می‌آیند که در اثر تغییر جهت باد غالب منطقه و یا پیدایش باد فرعی شدید که با باد اصلی زاویه‌ای در حدود ۴۵ درجه بسازد، تشکیل می‌گردند. در منطقه مورد مطالعه غیر از باد اصلی که شمالغربی است باد فرعی دیگری که از شمال می‌وزد، دارای سرعت زیادی بوده و با باد اصلی تقریباً زاویه‌ای ۴۵ درجه می‌سازد. به این علت یکی از بازوهای برخان تحت تأثیر باد شمال، بزرگ شده و کم کم به تپه طولی تبدیل می‌گردد. تپه‌های طولی که در منطقه یافت می‌شوند در بعضی مواقع طول آنها به ۲ کیلومتر می‌رسد و شیب این تپه‌ها از ۱۰ درصد الی ۱۲ درصد در جهت باد اصلی و از ۴۲ درصد تا ۴۴ درصد در جهت مخالف باد اصلی در نوسان است. این نوع تپه‌ها تقریباً نصف ارگ را در برمی‌گیرد و در سمت شمال غربی و شمال و مرکز ارگ واقع شده‌اند. اگر در امتداد طول و جهت پیشروی تپه‌ها (از شمالغرب به جنوبشرق) حرکت کنیم، قله برخانهای متصل بهم دارای ارتفاعات مختلف می‌باشند، یعنی هرچه به سمت جلو پیش می‌رویم به ارتفاع تپه افزوده می‌گردد و این مسئله فعال بودن تپه را نشان می‌دهد.

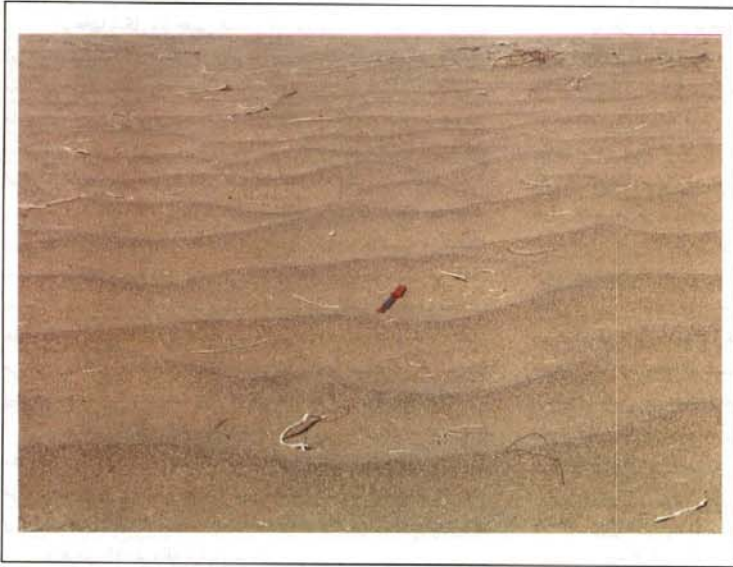
۳-۸) ریبیل مارک

از جمله آثار دیگری که در اثر نیروی باد در صحاری و ماسه‌زارها بر جای می‌ماند، ریبیل مارک است. این آثار به صورت اشکال مواجی بر روی ماسه‌های روان دیده می‌شود. در مورد طرز تشکیل ریبیل مارک، تئوریهایی مختلفی وجود دارد. فیزیکی‌دان آلمانی فن هلمهوتس مشهورترین تئوری را در این باره بیان نموده است که بنا به عقیده وی «سطح ایجاد شونده بین

نگاره شماره ۹:

تشکیل تپه برخانی
بر روی ماسه‌های تثبیت شده





نگاره شماره ۱۰:
منظره ریپل مارک

می‌دهد که بیشتر دامنه‌های غربی و جنوبی و شرقی منطقه را پوشانده است که یکی از منشاء تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه است. به نگاره شماره ۱۲ توجه کنید.

۱۰-۳) بادساب

ذرات جهنده ماسه‌ای که توسط باد به حرکت درمی‌آیند، عامل موثری در سایش سطح سنگ به شمار می‌روند. چهره هر بادساب ممکن است که فقط از یک یا بیست سطح و یا بیشتر تشکیل یافته باشد، این سطوح ممکن است صاف باشند، اما در اغلب موارد خمیدگی دارند، در محل برخورد هر دو سطح یک تیغه مشخص بوجود می‌آید و تقاطع سه و یا تعداد بیشتری از سطوح ظاهری همانند یک هرم به بادساب می‌دهد. حفره‌های کوچک ظاهراً هنگامی در سطوح بادساب پدید می‌آیند که با زاویه‌ای ۵۵ درجه و با بیشتر، عمود بر جهت حرکت باد قرار گرفته باشند. اما اگر این زاویه کمتر از ۵۵ درجه باشد حفره‌ها به شیار تبدیل می‌گردد. در واقع بادسابها در تقاطعی دیده می‌شوند که وزش باد، باعث برخورد دانه‌های ماسه به سطوح سنگها شده است، به نگاره شماره ۱۳ توجه کنید.

سطوح بادسابها از طریق جلا و درخشندگی زیاد، وجود سطوح تراشیده و صاف و گاهی اوقات حفره‌های کوچک، شیارها و تیغه‌ها مشخص می‌شوند. در صورتی که بادساب دارای سه سطح باشد در زبان آلمانی به آن Dreikanter می‌گویند.

حرکت دو ماده با وزن مخصوص مختلف (مثلاً با دو ماسه) همیشه سطحی موج دار خواهد بود، زیرا سطح تماس در این مورد به حداقل خود تقلیل خواهد یافت. ویژگیهایی که یک ریپل مارک دارد، عبارتند از:

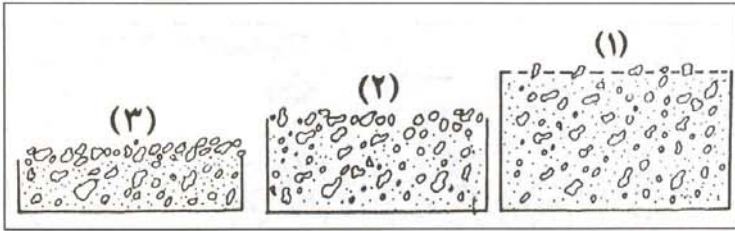
۱) یک موج در سطح ریپل مارک می‌تواند جهت باد را مشخص کند، بدین صورت که سطح مقابل باد کم شیب و سطح دیگر پرشیب‌تر است.
۲) قله هرچین با داشتن دانه‌های درشت‌تر نسبت به بخش فرو رفته خود مشخص می‌شود به نگاره شماره ۱۰ توجه کنید.

ریپل مارکها در تمام منطقه به وفور یافت می‌شوند، طول موجها گاهی به ۲۰ متر هم می‌رسند، اما فاصله بین موجها هرگز از ۳۰ سانتیمتر تجاوز نمی‌کند.

۹-۳) دشت ریگی

سطح پوشیده از عناصر ریزدانه و درشت مواد آبرفتی که توسط جریانهای آبی گذشته برجای گذاشته شده‌اند، تحت فرسایش باد قرار می‌گیرند، وقتی رسوبهای سطحی زمین (مثلاً رسوبهای آبرفتی) از دانه‌های ریز و درشت تشکیل شده باشند، باد موجب فرسایش دانه‌های ریز می‌شود و آنها را از لابه‌لای دانه‌های درشت‌تر جدا می‌کند و با خود می‌برد، بر اثر ادامه این عمل سطح زمین پائین می‌رود و ممکن است دانه‌های درشت‌تر به صورت پوشش ممتدی درآیند که از فرسایش بیشتر سطح زمین به وسیله باد جلوگیری کند، این قشر دانه درشت را که بر اثر باد بردگی ایجاد می‌شود اصطلاحاً «سنگفرش بیابان» می‌نامند.

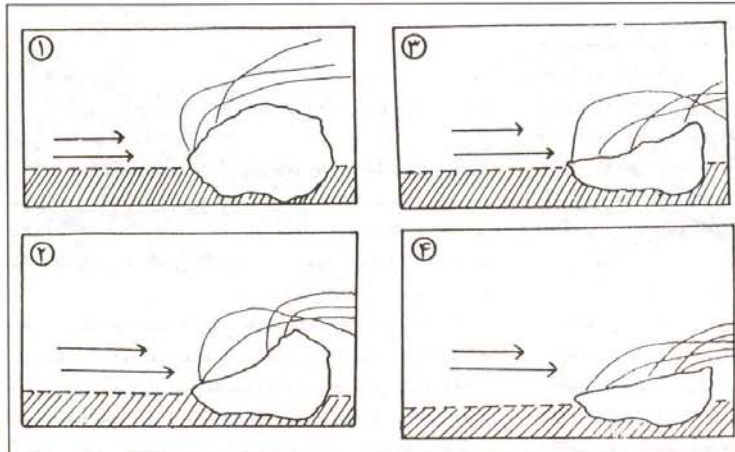
دشت‌ریگی وسعت نسبتاً زیادی از منطقه مورد مطالعه را تشکیل



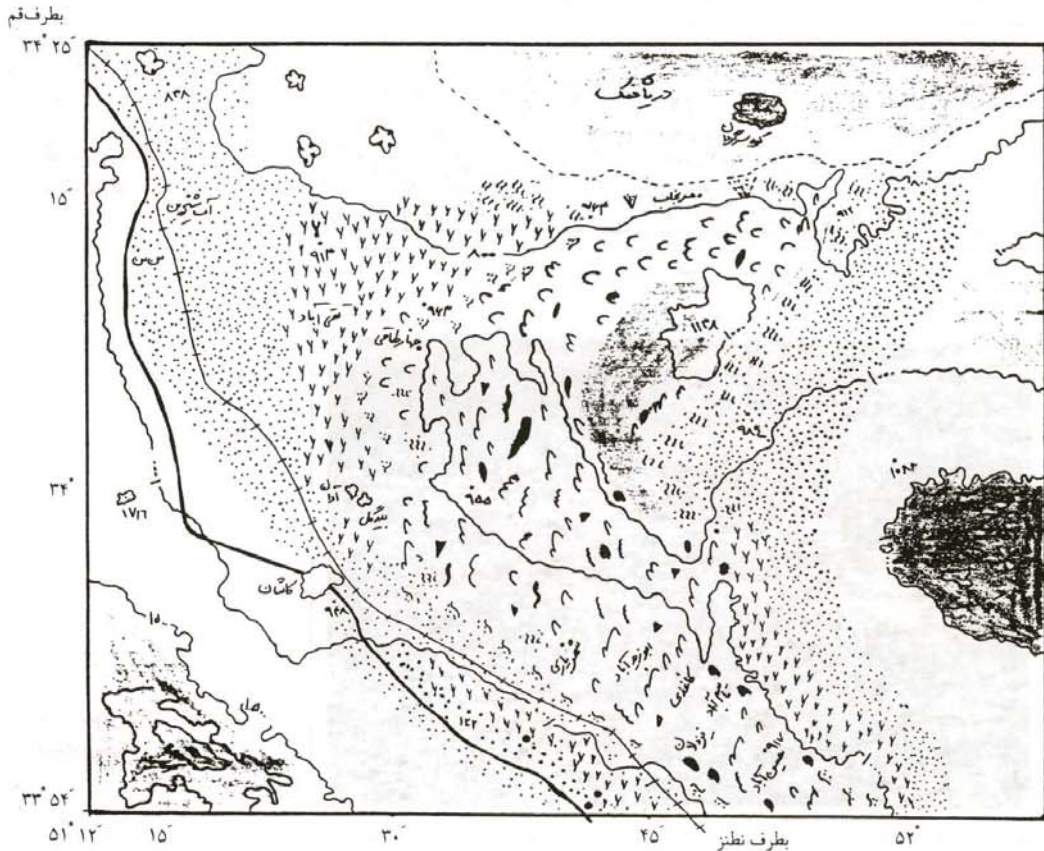
نگاره شماره ۱۱:
طریقه تشکیل دشت ریگی



نگاره شماره ۱۲:
دشت ریگی



نگاره شماره ۱۳:
چهره یک بادسآب



نگاره شماره ۱۴

نتیجه‌گیری

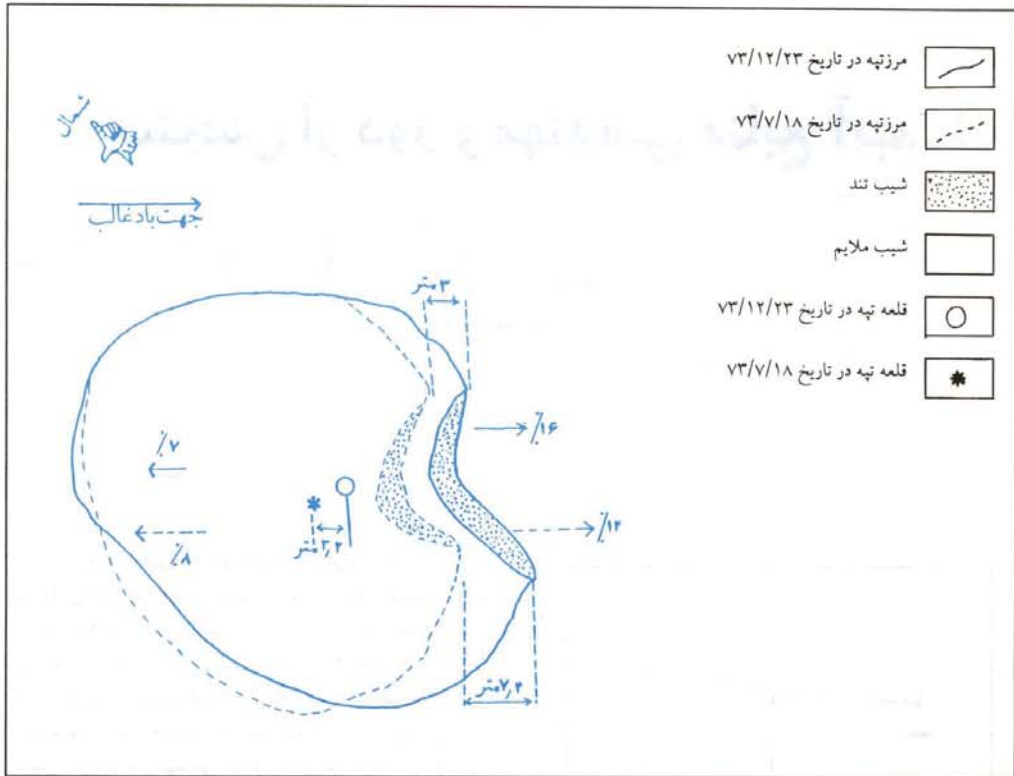
بطور کلی از مطالعه و بررسی تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه چنین نتیجه می‌شود که:

(۱) با توجه به این که عکسهای ماهواره‌ای در مقیاسی که بتواند در تحقیق حاضر موثر شود، موجود نبود از دو سری عکسهای هوایی سال ۱۳۴۴ به مقیاس ۱:۵۵۰۰۰ و عکسهای هوایی سال ۱۳۷۰ به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ با اختلاف زمانی ۲۶ ساله از ایران مورد استفاده قرار گرفته است. به منظور بررسی دقیق سرعت و جهت گسترش تپه‌های ماسه‌ای، از نقاط برجسته و شاخص منطقه همچون نقاط مسکونی و یا زراعی، جاده‌ها، رشته قنات و غیره که در محدوده تپه‌ها ماسه‌ای وجود داشت، استفاده گردیده است. نتایجی که ضمن مقایسه محدوده تپه‌ها در روی دو نوع عکس در پرونده‌های مختلف زمانی، تفاوت حاصله در طی بازدید صحرایی حاصل گردیده که جهت عمومی حرکت ارگ منطقه از شمالغرب و غرب به طرف

جنوب شرق و شرق است، البته به علت درصد نسبتاً بالای وزش باد در جهت مخالف (بادهای شرقی)، ارگ مقداری عقب‌نشینی داشته که مزارع گندم و بادشکنهای روستاهای قاسم‌آباد، ابوزیدآباد و دیگر نقاط را در خود مدفون نموده است. به نگاره شماره ۱۴ توجه کنید

(۲) تحرک تپه‌ها بستگی به نوع تپه، ارتفاع تپه و موقعیت محل از مواد محموله و غیره دارد، در این شرایط بوکلیه‌ها، برخانها و سیفها از همه تحرک بیشتری داشته و گاهی احتمال دارد سالانه حدود ۱۰ متر تا ۱۵ متر پیشروی کنند.

(۳) از آنجائی که تپه برخانی جزء تپه‌های فعال ارگ بوده، لذا دینامیک این تپه مورد بررسی قرار گرفته است، بدین صورت که: تپه مورد مطالعه دارای ارتفاع حداکثر ۳/۲ متر با شیبهای ۱۶ درصد در جهت مخالف باد اصلی و ۸ درصد در جهت باد اصلی بود. تپه مذکور کلاً از تاریخ ۷/۱۸/۷۳ لغایت ۷/۲۳/۷۳ حدود ۳ متر پیشروی داشته که بطور متوسط ۳/۸ متر در سال است. به نگاره شماره ۱۵ توجه کنید.



نگاره شماره ۱۵: تغییرات ۶ ماهه تپه برخانی

منابع و مأخذ

- (۱) احمدی، حسن (۱۳۶۷):
ژئومورفولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول
- (۲) احمدی، حسن و اختصاصی، محمدرضا (۱۳۷۲)
گزارش طرح پژوهشی تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی اراضی حوزه دشت یزد - اردکان، مرکز تحقیقات کویری و بیابانی دانشگاه تهران.
- (۳) خوش‌خلق، حسن (۱۳۵۴)
شنه‌ای روان و مکانیسم فرسایش بادی، انتشارات سازمان جنگلها و مراتع.
- (۴) متعبد، احد (۱۳۶۷)
بررسی منشاء و نحوه انتشار ماسه‌ها در حوضه شمال کاشان، پژوهش‌نامه خبری دانشگاه تهران، سال دوم، شماره ۴.
- (۵) نبوی، محمدحسین (۱۳۵۵) دیباچه بر زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- 6- Stergel, Ingrid (1992):
zur äolischen Morphodynamik von Dünen sanderflächen, würzburg, Germany
- پاورقی:**
- 1) Gom - Kashan - Ardekan - Depresion 2) Convictional
3) Glaci, Pediment 4) Subsequent
5) Inselberg 6) Erg
7) مخفف دانه‌های کوارتز زاویه دار است 8) مخفف دانه‌های کوارتز نیمه مدور است
9) مخفف دانه‌های کوارتز مدور است 10) Ventifacts

مقادیر مربوط به تحرک برخان در طول ۶ ماه

- (۱) قله تپه ۸/۲ متر
(۲) پیشانی تپه ۱/۵ متر
(۳) بازوی راست ۲ متر
(۴) بازوی چپ ۷ متر
- (۱) قله تپه ۳/۹ متر
(۲) پیشانی تپه ۱/۳ متر
(۳) بازوی راست ۰/۷۰ متر
(۴) بازوی چپ -

افزایش ارتفاع تپه در طول ۶ ماه ۱/۹۰ متر

کاهش ارتفاع تپه در طول ۶ ماه ۱/۴۰ متر

با توجه به مراتب بالا می‌توان چنین نتیجه گرفت که تپه برخان با مشخصات اولیه برداشت شده، یک تپه فعال به شمار می‌رود. □