

منشأیابی رسوبات بادی منطقه رفسنجان^۱

هادی معماریان خلیل آباد^۲ حسن احمدی^۲ محمدرضا اختصاصی^۴ سید کاظم علوی پناه^۵

چکیده

جلوگیری از بادرفتنگی خاک در مناطق برداشت یک کار بنیادی است و عملیات اجرایی بایستی بیشتر در منطقه برداشت متمرکز شود. منشأیابی رسوبات بادی منطقه رفسنجان طی دو مرحله انجام شد. ابتدا جهت‌یابی مناطق برداشت و سپس مکان‌یابی. به منظور جهت‌یابی قطاع برداشت در حوزه رفسنجان ابتدا اطلاعات مربوط به بادهای منطقه با تکمیل پرسشنامه از ساکنین محدوده اطراف ارگ به دست آمد. سپس تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دو دوره زمانی با یکدیگر مقایسه شد و با استفاده از تصویر ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرایی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ارگ تعیین شد. در نهایت با مطالعه رژیم با دو رسم گلبادها، بادهای فرساینده و مؤثر در تشکیل تپه‌های ماسه‌ای شناسایی شد. پس از مشخص شدن قطاع برداشت (قطاع غرب و جنوب غرب)، مرحله مکان‌یابی نقاط برداشت آغاز شد. در این مرحله با مطالعه ژئومورفولوژی قطاع برداشت و نمونه‌برداری از رخساره‌های این قطاع اقدام به کانی‌شناسی و مطالعه مورفوسکوپی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای و قطاع برداشت شد و ارتباط ژنتیکی عناصر با یکدیگر بررسی شد. در نهایت با توجه به شواهدی مثل جهت قرارگیری سیف‌ها و بارخان‌ها (جنوب غربی - شمال شرقی)، قرارگیری زیبارها در سمت غرب و جنوب غرب ارگ، شدید بودن شاخص انرژی بادهای جنوب غرب و غرب، وجود کانی‌های سنگین هماتیت و آمفیبول در میان نمونه‌ها، زیاد بودن قطر میانه ذرات (۲۴۰ میکرون)، کج شدگی برخی نمونه‌ها به سمت ذرات دانه درشت و پایین بودن ضرایب گردشگری رخساره‌های قطاع برداشت، مشخص شد که منشأ رسوبات تپه‌های ماسه‌ای نزدیک بوده (کمتر از ۲۰ کیلومتر) و اکثراً اراضی مرتعی، زراعی متروکه و باغات پسته دشت‌سرهای پوشیده غرب و جنوب غرب رفسنجان، اراضی فاقد پوشش و یا دارای پوشش ضعیف دشت‌سرهای پوشیده و اپانداز شرق رفسنجان و مسیل رودخانه‌های شور، شاهزاده عباس و کبوترخان است.

واژه‌های کلیدی: ارگ، تپه‌های ماسه‌ای، جهت‌یابی، رسوبات بادی، فرسایش بادی، قطاع برداشت، مکان‌یابی، منشأیابی.

^۱ - تاریخ دریافت: ۸۳/۲/۱۳، تاریخ پذیرش: ۸۳/۱۲/۲۴

^۲ - کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی (Email: hadi_memarian@yahoo.com)

^۳ - استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۴ - استادیار دانشکده منابع طبیعی و کوه‌شناسی دانشگاه یزد

^۵ - دانشیار دانشکده جغرافیای، دانشگاه تهران

مقدمه

بیش از دو سوم مساحت ایران را اراضی خشک و نیمه خشک فرا گرفته است. کمبود بارش در این مناطق از تنوع اکولوژیک آن کاسته و پوشش گیاهی با تراکم کم بر روی آن استقرار یافته است. فقر پوشش گیاهی سبب می‌شود که باد به راحتی بر سطح خاک بوزد و سالانه مقادیر فراوانی از خاک سطحی را باخود از نقطه‌ای به نقطه دیگر حمل کند. در فرسایش بادی سه منطقه برداشت، انتقال و رسوبگذاری وجود دارد. جلوگیری از باد رفتگی خاک در منطقه برداشت یک کار بنیادی است و عملیات اجرایی بایستی بیشتر در منطقه برداشت متمرکز شود. برای تثبیت مناطق برداشت تپه ماسه‌ها نیاز به شناخت محدوده‌های برداشت است (۳). حاکمیت فرسایش بادی، تجمع و حرکت ذرات ماسه که به جاده‌ها، اراضی زراعی، باغات پسته، روستاهای مجاور و شهر رفسنجان خسارات سنگین وارد می‌نماید و همواره مهار آن مورد توجه مسئولین و دست‌اندرکاران منطقه و شهر رفسنجان بوده علت انتخاب این منطقه برای تحقیق حاضر بوده است. در زمینه منشاء یابی رسوبات بادی تاکنون تحقیقات زیادی در داخل و خارج از کشور و با روش‌های مختلف انجام شده است که می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد.

در سال ۱۳۷۵ اختصاصی و همکاران منشاء رسوبات دشت یزد - اردکان راطی دو مرحله جهت یابی و مکان یابی بررسی کرده و اراضی دشت رسی، اراضی شوره‌زار و دشت سرهای پوشیده و اپانداز را به عنوان محل‌های برداشت معرفی کردند. این محققین ابتدا جهتی را که رسوبات به سمت محل ترسیب حمل می‌شود (قطاع برداشت) مشخص کرده و سپس داخل این قطاع نقاط حساسی به فرسایش را تعیین کردند. از این روش برای منشاء یابی تپه‌های ماسه‌ای حوزه دشت نرماشیر (بخش شرقی) (۴) و تپه‌های ماسه‌ای جنوب بافق (۵) و بررسی شیوه‌های مهار آنها استفاده شده است. پاتریک و پیز^۱ (۱۹۹۹) با استفاده از داده‌های لندست

TM در کشور عمان به شناخت و توصیف کانی‌شناسی تپه‌های ماسه‌ای و شناسایی مسیر انتقال آنها با پرداختند (۷).

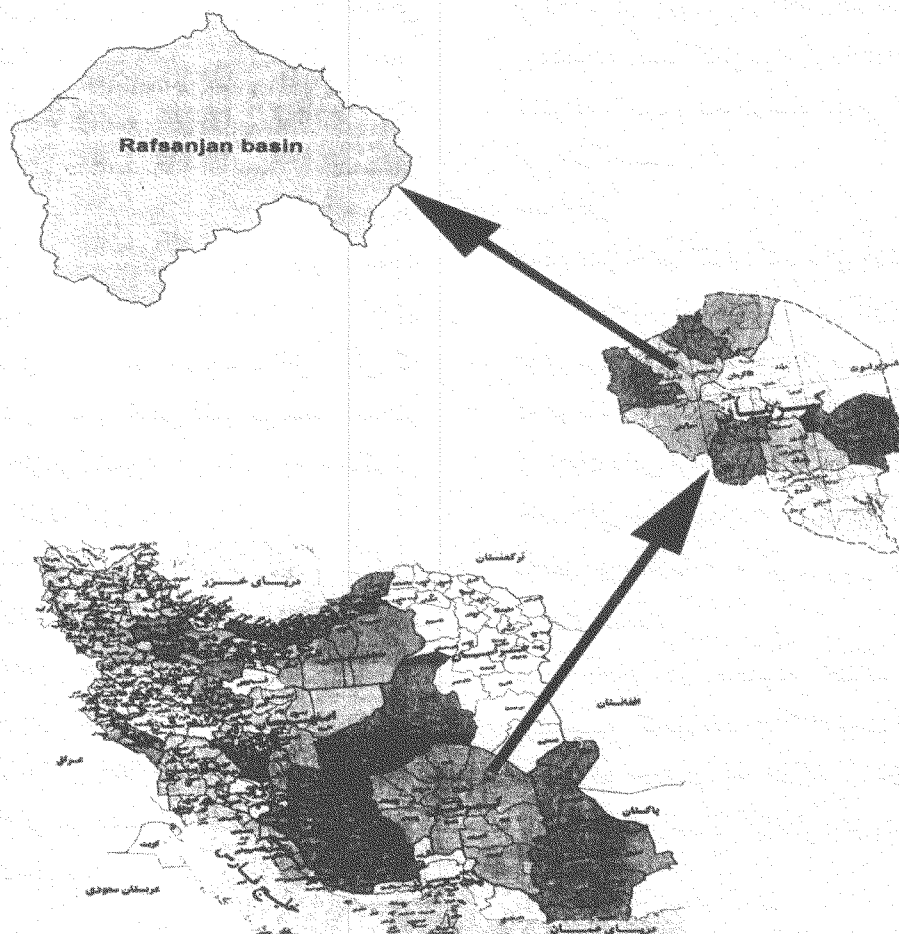
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

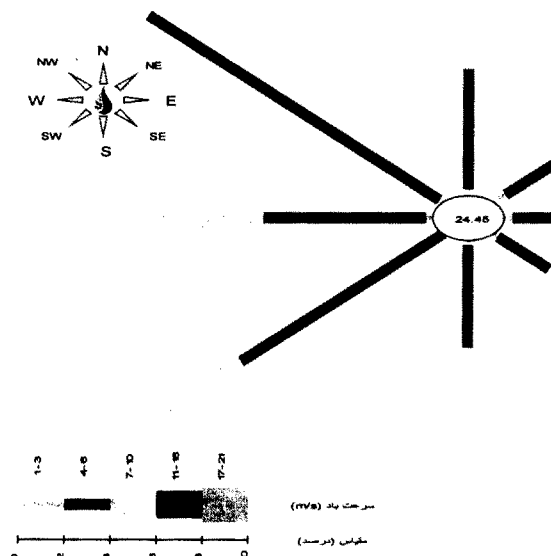
منطقه رفسنجان از نظر تقسیمات سیاسی در برگیرنده بخش نسبتاً وسیعی از استان کرمان می‌باشد و از نظر تقسیم‌بندی حوزه‌های آبخیز کشور جزو حوزه آبخیز لوت و در انجیر در محدوده استان کرمان می‌باشد. حوزه مورد مطالعه در بین ۳۰' تا ۳۱' درجه عرض شمالی قرار گرفته و مساحت آن ۵۱۶۰۰۰ هکتار می‌باشد (شکل ۱). این حوزه، بخشی از دشت وسیع رفسنجان، نوق و انار است. میانگین بارندگی منطقه در محل ایستگاه رفسنجان، داوران، مراویه، شاهزاده عباس وارجاس به ترتیب ۸۴/۳، ۱۴۶/۵، ۱۳۷/۳، ۱۶۸/۵ و ۲۰۱/۸ میلی‌متر است و با توجه به نقشه هم‌دمای منطقه پهنه حرارتی بیش از ۱۷/۵ درجه سانتیگراد منطبق بر مناطق پست شمال غربی رفسنجان است که به سمت دشت نوق امتداد می‌یابد و پهنه حرارتی کمتر از ۱۲/۵ درجه نیز بخش جنوبی منطقه رفسنجان را به خود اختصاص داده است. با توجه به آمار ایستگاه تبخیرسنجی مراویه رفسنجان میانگین سالانه تبخیر از سطح منطقه ۲۶۱۴/۱ میلی‌متر است. اقلیم منطقه نیز بر پایه سیستم دومارتن گسترش یافته فراخشک معتدل است (۶). جدول (۱) رژیم بادناکی هوا را در طول سال در محل ایستگاه سینوپتیک رفسنجان نشان می‌دهد. بر اساس بررسی‌های انجام شده بیشترین سرعت‌های متوسط مربوط به ماه‌های اسفند و فروردین است که فراوانی باد در جنوب غرب و غرب در آنها بیشتر از سایر جهات است. شکل (۲) گلباد دوره شاخص را در محل ایستگاه سینوپتیک رفسنجان نشان می‌دهد.

جدول ۱- رژیم بادناکی هوادرطول سال درمحل ایستگاه سینوپتیک رفسنجان(سرعت به m/s)

سرعت و جهت شدیدترین باد	سرعت متوسط ماهانه	چیره باد اصلی			درصد حالات آرام	ماه	
		سرعت متوسط	درصد	جهت		شمسی	میلادی
۱۸ W	۴/۴۷	۶/۱۶	۱۱/۸۳	SW	۳۴/۴	دی	ژانویه
۱۸ W	۵/۰۴	۷/۸۳	۲۱/۷۶	SW	۲۲/۲۷	بهمن	فوریه
۲۰ W	۵/۲۳	۷/۶۶	۲۴/۱۵	SW	۱۹/۸۵	اسفند	مارس
۲۰ W	۵/۲۱	۷/۳۲	۲۱/۸۲	SW	۲۲/۴۶	فروردین	آوریل
۲۰ W	۴/۸۹	۵/۳۳	۲۳/۲۷	NW	۱۹/۱۸	اردیبهشت	می
۲۵ S	۴/۸۱	۵۵/۰	۲۳/۱۰	NW	۲۵/۱۶	خرداد	ژوئن
۱۶ W	۴/۹۷	۵/۱۶	۲۳/۸۹	NW	۲۰/۶۶	تیر	ژولای
۱۲ W	۴/۹۱	۵/۱۶	۲۸/۶۲	NW	۱۳/۹۲	مرداد	آگوست
۱۸ E	۴/۵۲	۴/۱۸	۲۴/۹۴	NW	۲۱/۲۵	شهریور	سپتامبر
۲۰ W	۴/۵۲	۵/۵۰	۲۳/۲۴	SW	۲۶/۵۶	مهر	اکتبر
۱۴ W	۴/۳۸	۵/۵۰	۱۸/۵۶	SW	۳۴/۳۴	آبان	نوامبر
۱۵ W	۴/۲۹	۴/۸۳	۱۹/۳۲	SW	۳۱/۶۷	آذر	دسامبر
۱۸ W	۴/۷۷	۵/۷۷	۱۷/۷۰	NW	۲۱/۴۰	سالانه	سالانه



شکل ۱- موقعیت منطقه مطالعاتی



شکل ۲- گلاباد دوره شاخص (۱۹۹۴-۹۹) ایستگاه سینوپتیک رفسنجان

نامیده می‌شود. این رودخانه پس از اتصال با مسیل‌هایی که از ارتفاعات جنوب رفسنجان سرچشمه می‌گیرند، با نام رودشور به سمت کویر در انجیر امتداد می‌یابد. رودخانه‌های شاهزاده عباس و شور مرادیه نیز در جنوب رفسنجان دارای آب دایم هستند (۶).

منشأیابی

همان‌طور که قبلاً اشاره شد برای منشأیابی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای حوزه رفسنجان از روش گام به گام استفاده شد. در این روش مطابق شکل (۳) منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در دو مرحله انجام می‌گیرد:

۱- جهت یابی قطاع برداشت

جهت یابی قطاع برداشت با توجه به مطالعات زیر انجام شد:

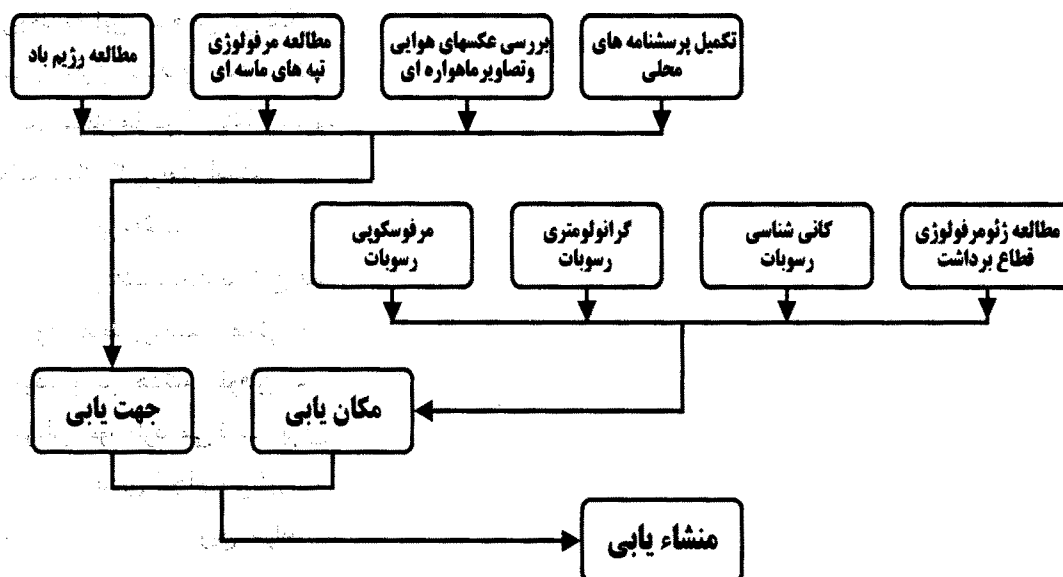
تکمیل پرسشنامه و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به

بادهای منطقه

در مجموع در محدوده اطراف تپه‌های ماسه‌ای ۱۳ پرسشنامه تکمیل شد که افراد پرسش شونده شامل کسانی بودند که حداکثر به فاصله ۵-۱۰ کیلومتر از تپه‌های ماسه‌ای ساکن بودند یا باغدار (باغ پسته) بودند.

حوزه آبخیز رفسنجان از نظر زمین‌شناسی از تنوع زیادی برخوردار بوده و زمین‌های آن به سه دوران زمین‌شناسی پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک تعلق دارد. به لحاظ ژئومورفولوژی نیز این حوزه جزو حوزه‌های تکامل یافته مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. خاک‌های محدوده مورد مطالعه به دو رده انتی سول‌ها و اریدی سول‌ها متعلق هستند. بخش اعظم پوشش گیاهی نیز در دشت رفسنجان و حواشی آن قرار گرفته که تحت تاثیر آب و هوای بیابانی حاکم در این عرصه می‌باشند، این مراتع که عمدتاً دارای وضعیتی فقیر یا خیلی فقیر می‌باشند اکثراً از گونه‌های خشبی، خاردار، شورپسند، مقاوم به خشکی و دارای ارزش غذایی کم تشکیل شده‌اند (۶).

مسیل شور رفسنجان از دو شاخه اصلی تشکیل می‌گردد که در دشت رفسنجان به یکدیگر می‌پیوندند. شاخه شرقی آن از اتصال رودخانه‌های هفت کوسک، چاری و گسک در جنوب شرقی حوزه پدید می‌آید. این رودخانه‌ها دارای آب دایم می‌باشند ولی آبدهی آنها چندان زیاد نیست. شاخه غربی آن از کوه لاله‌زار سرچشمه گرفته و به نام آب بخشاء در جهت عمومی شمال و شمال غرب جریان می‌یابد و در شمال بردسیر پس از دریافت شاخه‌ای دیگر، بنام کبوترخان



شکل ۳- نمودار جریان روش منشأ یابی گام به گام

تهیه شده با استفاده از تصویر ETM+ سال ۲۰۰۲ میلادی و نقشه ارگ تهیه شده در مطالعات ارزیابی فعالیت های ۳۰ ساله بیابان زدایی استان کرمان بر اساس تصویر TM سال ۱۹۸۹، با یکدیگر مقایسه شدند.

مطالعه مورفولوژی تپه های ماسه ای (ارگ)

به منظور بررسی مورفولوژی تپه های ماسه ای از نقشه تهیه شده در مطالعات ارزیابی فعالیت های ۳۰ ساله بیابان زدایی استان کرمان که با استفاده از تصاویر ماهواره ای TM و کنترل صحرایی به دست آمده بود، استفاده شد. این نقشه با عکس های هوایی، تصاویر ماهواره ای ETM+ و بازرسی مجدد صحرایی نیز کنترل، تصحیح و تکمیل شد.

مورفولوژی عمومی ارگ خوشه سیلک نامتقارن نامنظم و حدود در ازا و پهنای آن به ترتیب ۷۵ و ۱۵ کیلومتر است. ویژگی های مورفولوژیک تپه های ماسه ای ارگ در جدول (۲) آمده است.

مطالعه رژیم بادی منطقه

در این بخش با کمک داده های ایستگاه سینوتیپیک رفسنجان بادهای فرساینده و شدید که در فرسایش بادی نقش اساسی دارند بررسی شد. یکی از شاخص هایی که به منظور شناخت نسبی بادهای شدید در مناطق فاقد بادنگار کاربرد دارد حاصل ضرب سرعت در فراوانی باد است. نتیجه

بررسی و مقایسه عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای

در این مطالعه به منظور تشخیص تغییرات تپه های ماسه ای از نقشه ارگ تهیه شده در مطالعات ارزیابی فعالیت های ۳۰ ساله بیابان زدایی استان کرمان (۶) و تصویر ماهواره ای ETM+ سال ۲۰۰۲ میلادی استفاده شد.

نقشه ارگ تهیه شده در مطالعات ارزیابی فعالیت های ۳۰ ساله بیابان زدایی استان کرمان بر اساس تصویر ماهواره ای لندست TM سال ۱۹۸۹ میلادی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده است. ویژگی مهم تصاویر ETM+ اینست که علاوه بر باندهای محدوده مرئی، مادون قرمز و حرارتی دارای یک باند PAN در محدوده طیفی ۰/۵۲ تا ۰/۹ میکرومتر با اندازه تفکیک ۱۴/۲۵ متر است. اندازه تفکیک در سایر باندها ۲۸/۵ متر است که به منظور تشخیص شکل تپه های ماسه ای و تفکیک دقیق مرز ارگ بهتر است از اندازه تفکیک ۱۴/۲۵ متری استفاده شود. به این منظور از روش ادغام^۱ داده های ماهواره ای به روش تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA)^۲ استفاده شد و در نهایت به منظور تشخیص تغییرات، نقشه محدوده ارگ رفسنجان

۱- Merging

۲-Principal Component Analysis

الک‌ها طوری انتخاب شده است که قطر سوراخ‌های هر الک تقریباً نصف قطر سوراخ‌های الک قبلی باشد تا تعیین پارامترهای آماری مربوط به آنها بهتر صورت بگیرد. برای تعیین کانی‌های موجود در رسوبات تپه‌های ماسه‌ای و رخساره‌های قطاع برداشت از ذرات ۱۵۰ تا ۳۰۰ و ۳۰۰ تا ۶۰۰ میکرون استفاده شد. علت استفاده از این دو سری فراوانی بیشتر آنها بود. در هر نمونه پس از تعیین فراوانی انواع ذرات موجود در رسوبات بین درصد فراوانی هر کانی در دو سری قطری ۱۵۰ تا ۳۰۰ و ۳۰۰ تا ۶۰۰ میکرون میانگین گرفته شد. به منظور شناسایی کانی‌های ذرات کوچکتر از ۶۳ میکرون از روش پراش پرتوی X (XRD) استفاده شد. نتایج کانی شناسی در جداول (۳ و ۴) ذکر شده است.

گرانولومتری رسوبات و رخساره‌های قطاع برداشت

به روش گفته شده در مرحله قبل نمونه‌های تپه‌های ماسه‌ای و قطاع برداشت در آزمایشگاه تحت آزمایشات دانه‌بندی قرار گرفتند. با توجه به اینکه داخل رسوبات تپه‌های ماسه‌ای دانه‌های گلی مشاهده نشد، نیازی به استفاده از الک تر نبود، اما در مورد خاک سطحی رخساره‌ها، چون دارای خاک‌دانه‌های رسی و دانه‌های گلی بودند نیاز به الک تر داشتند. محاسبه شاخص‌های گرانولومتری بر اساس روش جامع ترسیمی فولک انجام شد (۲ و ۱) که نتایج آن در جدول (۵) آمده است.

بررسی مورفوسکوپی رسوبات و رخساره‌های قطاع

برداشت جهت تعیین فرآیندهای رسوبگذاری

در بررسی مورفوسکوپی عناصر موجود در رسوبات اعم از رسوبات تپه‌های ماسه‌ای و قطاع برداشت معیارهایی نظیر مقدار گردشگری ذرات و ویژگی‌های سطحی آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد و برای هر نمونه جدولی تکمیل می‌گردد. برای تکمیل این جدول ۲۵ دانه از ذرات موجود در رسوبات (عموماً کوارتز) را به طور تصادفی انتخاب کرده و معیارهای جدول بر روی آنها بررسی شد. نتایج حاصل از بررسی‌های مورفوسکوپی در جدول (۶) آمده است.

محاسبات مربوط به این شاخص در شکل (۴) آمده است. بررسی احتمال وقوع بادهای شدید نشان می‌دهد که سرعت ماکزیمم طوفان‌ها در ایستگاه سینوتیپیک رفسنجان تابع توزیع لوگ نرمال ۳ پارامتر است.

۲- مکان یابی نقاط برداشت

پس از تعیین قطاع برداشت باید در این قطاع در جستجوی نقاط برداشت بود. نقاط برداشت نقاطی هستند که حساس به فرسایش بوده و در هنگام طوفان به طور فعال ذرات خاک را به جریان هوا وارد می‌کنند. برای رسیدن به این مناطق مطالعات متعددی انجام می‌گیرد و از شاخص‌هایی استفاده می‌شود که در ذیل تشریح خواهد شد.

مطالعات ژئومورفولوژی قطاع برداشت

به منظور مشخص نمودن رخساره‌های ژئومورفولوژی قطاع برداشت از مطالعات ژئومورفولوژی طرح ارزیابی فعالیت‌های ۳۰ ساله بیابان زدایی استان کرمان استفاده شد (شکل ۵). کلیه واحدها، تپه‌ها و رخساره‌های اراضی قطاع برداشت در منطقه بازدید شد و با توجه به بازدیدهای صحرائی و تصاویر ماهواره‌ای مرز رخساره‌ها تصحیح شد.

کانی شناسی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای و رخساره‌های قطاع برداشت

پس از آماده سازی نقشه ژئومورفولوژی و مشخص شدن رخساره‌های موجود در قطاع برداشت از تپه‌های ماسه‌ای و خاک سطحی رخساره‌ها نمونه برداری شد. از میان نمونه‌های برداشت شده، ۹ نمونه از تپه‌های ماسه‌ای و ۱۳ نمونه از رخساره‌های قطاع برداشت مورد ارزیابی قرار گرفتند. نمونه برداری از سه نقطه صورت گرفت که از هر نقطه سه نمونه، یکی از دامنه رو به باد، یکی از دامنه پشت به باد و دیگری از نوک تپه برداشته شد و سپس از مخلوط آنها یک نمونه یک کیلویی گرفته شد. از خاک سطحی رخساره‌های قطاع برداشت نیز به ابعاد ۲۰×۲۰×۳ سانتیمتر نمونه‌گیری شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه با استفاده از الک‌های ۱۱۹۰، ۱۷۰۰، ۶۰۰، ۳۰۰، ۱۵۰ و ۶۳ میکرون از هر نمونه ۵۰۰ گرم الک شد و محتوی رسوب باقی مانده بر روی هر الک به دقت وزن شد. ترتیب

نتایج

جهت یابی قطاع برداشت

با توجه به نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها مشخص می‌شود که در این منطقه سه باد اصلی (فرساینده) وجود دارد، باد جنوب غرب (قبله) باد غرب (کفه) و باد شمال غرب که در بین این سه، باد قبله است که به طور معمول طوفان‌زا بوده و با خود مواد بیشتری حمل می‌کند.

با بررسی و مقایسه تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد که در مجموع در مرز کلی ارگ گسترش حرکتی و ترسیبی چندانی مشاهده نمی‌شود و حرکت و گسترش بیشتر در درون محدوده ارگ است که منجر به تغییراتی در مرز انواع گوناگون تپه‌های ماسه‌ای موجود شده است. به عنوان مثال در قسمت غربی ارگ به علت شدت بیشتر فرسایش بادی مرز بین بارخان‌های ناقص و بارخان‌های کمی تغییر کرده، به این صورت که بارخان‌های ناقص با گسترش و پیوستن به یکدیگر بارخان‌هایی را ایجاد کرده‌اند و باعث گسترش محدوده بارخان‌های در این قسمت از ارگ شده‌اند و یا در مرکز ارگ در پاره‌ای از نقاط با گسترش محدوده سیلک‌ها این رخساره درون محدوده تپه‌های ماسه‌ای سیف گسترش یافته ولی تغییری در مرز ارگ در این قسمت‌ها دیده نمی‌شود. در مجموع از مقایسه تصاویر ماهواره‌ای این نتیجه به دست می‌آید که قطاع برداشت رسوبات رخساره‌های مختلف فرسایش بادی درون ارگ، اراضی غربی و جنوب غربی آنست.

در بخش بعدی که انواع تپه‌های ماسه‌ای موجود در ارگ بررسی شد بنا به شواهد زیر قطاع جنوب غربی و غرب قطاع برداشت است:

الف - تپه‌های بی شکلی که ناشی از تجمع رسوب می‌باشند در ضلع غربی و جنوب غربی ارگ تشکیل شده‌اند.
ب - سیف‌ها دارای جهت جنوب غربی - شمال شرقی می‌باشند.

ج - تپه‌های نسبتاً مرتفع بارخانی در قسمت شمال غربی ارگ قرار گرفته‌اند که جهت آنها جنوب غربی - شمال

شرقی است و این نشان دهنده حرکت بیشتر ذرات و رسوب‌گذاری بیشتر در این قسمت از ارگ است.

د - شکل عمومی خوشه سیلک به نحوی است که بدنه سیلک در سمت غرب و جنوب غرب واقع شده و دسته آن در سمت شرق و شمال شرق است. لازم به ذکر است که هرچه به سمت بدنه خوشه سیلک پیش رویم تپه‌ها جوان‌تر می‌شوند.

ه - پهنه‌های شنی و زیبارها به همراه ریپل مارک‌های درشت بیشتر در سمت غرب و جنوب غرب تشکیل شده‌اند. البته در قسمت داخلی ارگ نیز زیبارها وجود دارند که در نتیجه حرکت رسوبات از روی باغات و اراضی زراعی تشکیل شده‌اند و برای ریپل مارک‌ها در آنها نشان دهنده حرکت رسوبات از قسمت‌های جنوب غربی و غربی است.

بررسی و تحلیل‌های انجام شده بر روی بادهای منطقه نیز نشان دهنده اینست که فراوان‌ترین بادهای جنوب غرب، شمال غرب و غرب می‌باشند. بادهای جنوب غرب، بیشترین شاخص شدت فرسایش را دارا هستند. شکل (۴) این مطلب را به وضوح نشان می‌دهد.

مکان یابی قطاع برداشت

رخساره‌های فرسایشی اراضی قطاع برداشت در حوزه رفسنجان به شرح زیر است:

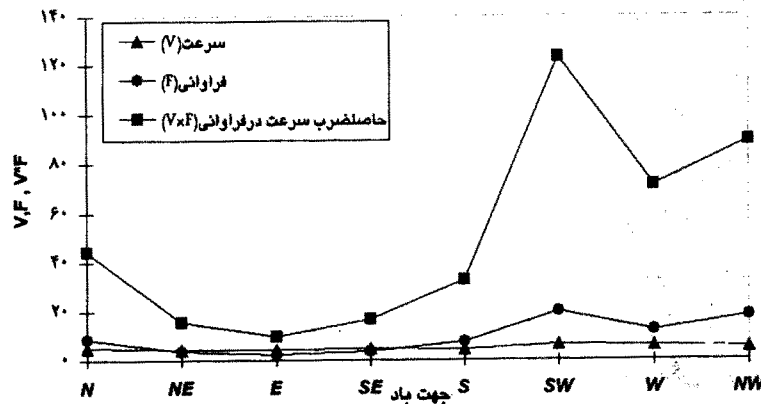
۱- رخساره دشت ریگی در تیپ دشت سر پوشیده: در بسیاری از مناطق ریزدانه بوده و یا دچار دستکاری و خاکورزی شده است.

۲- رخساره دشت ریگی در تیپ دشت سراپانداژ: به علت دستکاری‌هایی که بر روی اراضی این منطقه انجام شده تا حدی استعداد فرسایش بادی این اراضی افزایش یافته است.

۳- رخساره منطقه مسکونی و جلگه رسی در تیپ دشت سرپوشیده: در این رخساره که در اصل همان جلگه رسی است برای بهره‌برداری از پسته‌زارها، محل‌های مسکونی نیز در میان باغات واقع شده است و به علت عملیات خاکورزی

جدول ۲- ویژگی‌های مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای موجود در ارگ رفسنجان

نوع تپه ماسه‌ای	پلان عمودی تپه و جهت رسوبگذاری	ارتفاع متوسط تپه‌ها به متر	مساحت (هکتار)	درصد مساحت نسبت به ارگ
بوکلیه بارخانی		۱	۱۱۹۹۲/۹۶	۱۵/۱۰
بارخان نامتقارن		۳	۹۹۲۴/۳۶	۱۲/۴۸
برخانونید (تپه‌های عرضی)		۳	۳۳۷۶۷/۲۰	۴۲/۴۸
سیلک (تپه‌های طولی)		۴	۲۹۸۰/۲۰	۳/۷۵
سیف (شمیری)		۲	۱۹۹۶/۳۷	۲/۵۱
تپه‌های بالارونده		۲	۵۱۹۲/۹۴	۶/۵۳
بارخان کامل		۵	۶۴۱۴/۵۱	۸/۱۰
ارگ			۷۲۲۶۷/۵۴	۱۰۰



شکل ۴- نمودار شاخص سرعت در فراوانی باد برای ایستگاه سینوپتیک رفسنجان

رسوبات ریزدانه مناطق بالادست به خصوص رسوبات ریزدانه اراضی بدلندی قرار دارد.

۶- رخساره دامنه منظم در تپه دشت سرپوشیده: در این رخساره در نقاطی که فعالیت‌های انسانی شدید و بدون قاعده‌ای صورت گرفته مناطق مناسبی مستعدی برای برداشت رسوبات بادی دیده می‌شود.

۷- رخساره‌های فرسایش آبی در تپه دشت سرپانداژ: استعداد این رخساره‌ها برای تأمین رسوبات بادی نسبتاً کمتر است.

بر روی اراضی زراعی و باغات و همچنین تعدد جاده‌های خاکی به منظور دسترسی به اراضی و باغات و وجود اراضی لخت و بدون پوشش و شوره‌زارها در میان باغات استعداد زیادی برای فرسایش بادی وجود دارد.

۴- رخساره جلگه رسی در واحد پلایا: این رخساره با شیب بسیار اندک و عناصر بسیار ریز به صورت رس و سیلت همراه با املاح مختلف مشخص می‌شود.

۵- رخساره‌های فرسایش آبراه‌های در تپه دشت سرپوشیده: اغلب در آنها بستر خشک رودها همراه با

جدول ۳- درصد عناصر موجود در تپه‌های ماسه‌ای و چند نمونه از قطاع برداشت

نوع کانی	تپه‌های ماسه ای	اراضی قطاع برداشت				
		۳	۸	۱۹	۴۰	۴۱
کوارتز	۲۸/۵	۲۵/۳	۲۷/۳	۳۰	۲۹/۰	
فلدسپات	۱۸/۷	۱۶/۰	۱۸/۷	۱۷/۸	۱۹/۵	
کلسیت	۱۶/۳	۱۷/۵	۱۶/۸	۱۶/۵	۱۷/۵	
آمفیبول	۲/۲	۲/۰	۲/۵	۲/۰	۳/۵	
پیروکسن	۶/۰	۴/۷	۴/۵	۴/۰	۵/۵	
اولیوین	۲/۵	۲/۵	۲/۱	۱/۷	۳/۵	
آراگونیت	۴/۱	۳/۴	۳/۰	۲/۵	-	
دولومیت	۲/۵	۱/۰	-	-	-	
بیوتیت	۰/۳	-	۰/۲	-	-	
مسکوویت	۰/۵	۰/۱	-	-	۰/۲	
ماسه سنگ کوارتزار	۷/۵	۸/۵	۵/۲	۱۲/۰	۱۱/۰	
قلوه کوارتزیت	۶/۰	۴/۷	۳/۰	۴/۳	۵/۵	
قلوه آهنک	۳/۰	۳/۴	۳/۵	۳/۰	۳/۲	
قلوه بازالت	۰/۵	۶/۸	۱/۰	۰/۰	۲/۰	
قلوه آندزیت	۰/۴	۰/۰	۰/۵	۱/۲	۱/۳	
قلوه داسیت	۰/۲	۰/۵	-	۰/۶	۰/۸	
قلوه مارن	۰/۵	۱/۶	۰/۰	۱/۸	۱/۷	
قلوه شیست	۰/۱	۰/۱	۰/۱	-	-	
گرافیت	۰/۱	-	-	-	-	

۲۱) (بسترودخانه شورمرادیه، ۲۰) اراضی دشت سرپوشیده شرق رفسنجان (۱۹) اراضی دشت سرپوشیده غرب رفسنجان، ۸) باغات پسته دشت سرپوشیده غرب رفسنجان، ۳) اراضی فرسایشی بین باغات پسته، شمال غرب رفسنجان

جدول ۲- نتیجه کانی شناسی بروش XRD

موقعیت نمونه	نوع کانی‌های تشخیص داده شده به ترتیب فراوانی
اراضی آبرفتی مجاور رودخانه مشرف به رفسنجان-فرخ آبادنوبهار، دشت سرپانداز غرب رفسنجان	کلریت > اپلیت > هماتیت > کلسیت > فلدسپار > کوارتز
تپه ماسه‌ای شمال غرب رفسنجان	کلریت > اپلیت > هماتیت > کلسیت > فلدسپار > کوارتز

۸- اراضی پلائیای شمال غربی رفسنجان: برخی از این اراضی به علت حضور زیاد املاح و پوک و سست شدن خاک توانایی زیادی برای تأمین رسوبات بادی دارند. وجود کانی هماتیت که یک کانی سنگین است در نمونه‌های بررسی شده به روش پراش پرتوی ایکس دلالت بر نزدیک بودن منشاء رسوبات دارد. واحد سنگی Eat^۱ را می‌توان منشاء اصلی آمفیبول در میان نمونه‌ها دانست. حضور این دو کانی در میان نمونه‌ها دال بر نزدیک بودن

منشاء رسوبات است. واحد سنگی Etrhb^۲ منشاء اصلی کانی اولیوین در میان نمونه‌ها است. منشاء اصلی فلدسپات‌ها را می‌توان واحدهای PL^۲، Eta^۳ دانست. واحدهای Ev^۴، Mda^۵ نیز منشاء اصلی کانی پیروکسن است.

۲- مجموعه ولکانیکی

۳- آگلومرا، توف و درون لایه‌های ماسه سنگ

۴- کنگلومرا، برش، ماسه سنگ و مارن

۵- توف و برش داسیتی

۶- مخلوط سنگ‌های آتشفشانی و رسوبی

۱- آرزکوزه، توف و تخریبی‌ها

(۳) قطر ذرات از غرب و جنوب غرب ارگ به سمت شرق و شمال شرق آن کاهش می‌یابد که خود تاییدی بر برداشت رسوب از قطاع غرب و جنوب غرب است.

(۴) کج شدگی در برخی از منحنی‌های رسم شده به سمت ذرات درشت دانه است.

(۵) جورشدگی ذرات تقریباً در نیمی از موارد متوسط و در نیمی نسبتاً خوب است که ناشی از وجود ذرات درشت دانه و به نوعی بیانگر نزدیک بودن مناطق برداشت است.

به طور خلاصه با بررسی پارامترهای اندازه‌گیری شده در رسوبات تپه‌های ماسه‌ای می‌توان به نتایج زیر رسید:

(۱) پراکنش قطر ذرات در تپه‌های ماسه‌ای از حدود ۱۷۰۰ میکرون تا زیر ۶۳ میکرون است و بیشترین فراوانی مربوط به قطر بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ میکرون است.

(۲) متوسط قطر میانه ذرات نزدیک به ۲۴۰ میکرون و میانگین آنها حدود ۲۳۰ میکرون است که برای رسوبات بادی قطر زیادی است و بیانگر نزدیک بودن محل منشاء (کمتر از ۲۰ کیلومتر) است (۱).

جدول ۵- ویژگی‌های گرانولومتری نمونه‌های جمع آوری شده از تپه‌های ماسه‌ای

نوع تپه	بوکلیه			برخا نوئید			بارخان نا مقارن	بالارونده
	۲	۴	۵	۱۱	۱۳	۱۷		
کد نمونه	۱۳/۳۳۱	۱۹۰/۵۵	۲۱۸/۷۷	۱۹۰/۵۵	۲۳۴/۴۲	۲۴۲/۶۶	۲۴۲/۶۶	۱۶
میانه (میکرون)	۱/۱۲	۲/۴۵	۲/۲۷	۲/۵	۲/۰۳	۲	۱/۷۷	۱۹۷/۲۴
میانگین (فی)	۲۸۴/۲۵	۱۸۴/۱	۲۰۸/۴۵	۱۷۷/۸۳	۲۴۶	۲۵۱/۲	۲۹۴/۴۴	۲/۴۵
انحراف معیار ترسیمی جامع	۰/۸۶	۰/۵۱	۰/۹۹	۰/۵۶	۰/۶۷	۰/۷۶	۰/۷	۰/۷۱
جورشدگی	متوسط	نسبتاً خوب	متوسط	نسبتاً خوب	نسبتاً خوب	متوسط	نسبتاً خوب	متوسط
ضریب کج شدگی	-۰/۴	-۰/۲۵	-۰/۱	-۰/۳۲	۰/۰۹	-۰/۰۱	۰/۰۳	-۰/۲

رسوبات است که از کوه گردو و مادر کوه نشات گرفته و بر روی دشت سررسوب کرده است. نمونه شماره ۱۰ نیز ضریب گردشدگی کمی دارد که علت آن مسافت بسیار کم حمل رسوبات از اراضی بدلدندی بالادست می‌باشد.

ضرایب گردشدگی رخساره‌های قطاع برداشت در مجموع نسبتاً پایین می‌باشد که این نشان دهنده مسافت نسبتاً کم حمل رسوبات است. بعنوان مثال نمونه شماره ۱ ضریب گردشدگی کمی دارد که علت آن مسافت بسیار کم حمل

جدول ۶- نتایج مرفوسکوپی عناصر تپه‌های ماسه‌ای و قطاع برداشت

کد نمونه	ضریب گردشدگی	ضریب تخریب فیزیکی و شیمیایی	درصد دانه‌های درخشان	درصد دانه‌های هاله	درصد دانه‌های مات
۲	۳۰۴	۸	۴	۴۵	۴۴
۴	۳۲۸	۱۴	۶	۴۴	۳۶
۵	۲۵۰	۲۸	۱۰	۳۵	۳۵
۱۸	۳۰۰	۱۲	۵	۴۵	۴۰
۶	۲۶۰	۲۵	۱۰	۴۰	۳۵
۱۶	۴۰۰	۱۸	۹	۳۶	۳۷
۱۰	۲۰۰	۴۷	۳	۴۴	۶
۲۲	۴۲۰	۱۲	۲۰	۵۰	۲۰
۲۱	۳۵۰	۱۶	۱۰	۴۵	۳۰
۹	۲۰۰	۴۶	۵	۴۵	۵
۱۹	۲۵۰	۴۰	۴	۴۰	۱۵
۲۰	۲۰۰	۳۶	۴	۴۲	۸
۸	۲۹۰	۲۸	۱۰	۳۵	۲۵
۳	۳۰۲	۲۰	۵	۴۰	۳۰
۱	۱۸۰	۵۲	-	۴۲	۶

۱۸۵، ۴۰۲، ۱۶، ۶: نمونه‌های تپه‌های ماسه‌ای، ۱۹: اراضی دشت سرپوشیده غرب رفسنجان، ۱۰: اراضی مرتعی دشت سراپانداژ، پایین دست کبوترخان و اراضی بدلدندی، ۲۲: بستر رودخانه کبوترخان، ۹: محدوده پخش سیلاب در ۳۰ کیلومتری غرب رفسنجان، ۲۱: بستر رودخانه شور مرادیه، ۲۰: اراضی دشت سرپوشیده شرق رفسنجان (فرخ آباد نوبهار)، ۸: باغات پسته دشت سرپوشیده غرب رفسنجان، ۳: اراضی فرسایشی بین باغات پسته، شمال غرب رفسنجان، ۱: اراضی شخم خورده بالا دست مخروط افکنه کبوترخان

بحث و نتیجه گیری

با توجه به موارد مذکور و مشاهدات صحرایی می‌توان منشأ رسوبات تپه‌های ماسه‌ای را به شرح زیر معرفی کرد:

(۱) مناطق دارای پوشش سنگفرش ضعیف و یا ریزدانه به خصوص در دشت‌سرهای اپانداز قطاع جنوب غربی ارگ.

(۲) اراضی مرتعی، زراعی متروکه و باغات پسته دشت سرهای پوشیده غرب و جنوب غرب رفسنجان.

(۳) اراضی فاقد پوشش و یا دارای پوشش ضعیف در دشت سرپوشیده و اپانداز شرق رفسنجان.

(۴) اراضی بدون پوشش گیاهی و کویری (سبخا) در غرب و شمال غرب رفسنجان.

(۵) اراضی فاقد پوشش گیاهی حدواسط تپه‌های ماسه‌ای شمال رفسنجان.

(۶) مسیل رودخانه‌های شور، شاهزاده عباس، کبوترخان و خشک رودهای شمال دشت.

در مجموع نتایج حاصل از این تحقیق و مطالعات انجام گرفته با این روش نشان دهنده عملکرد بسیار خوب این شیوه از منشأ یابی رسوبات بادی است که می‌توان با تلفیق این روش با فناوری‌های جدیدی مانند سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور و پردازش داده‌های ماهواره‌ای جدید و بهنگام به نتایج بسیار مطلوب‌تری رسید.

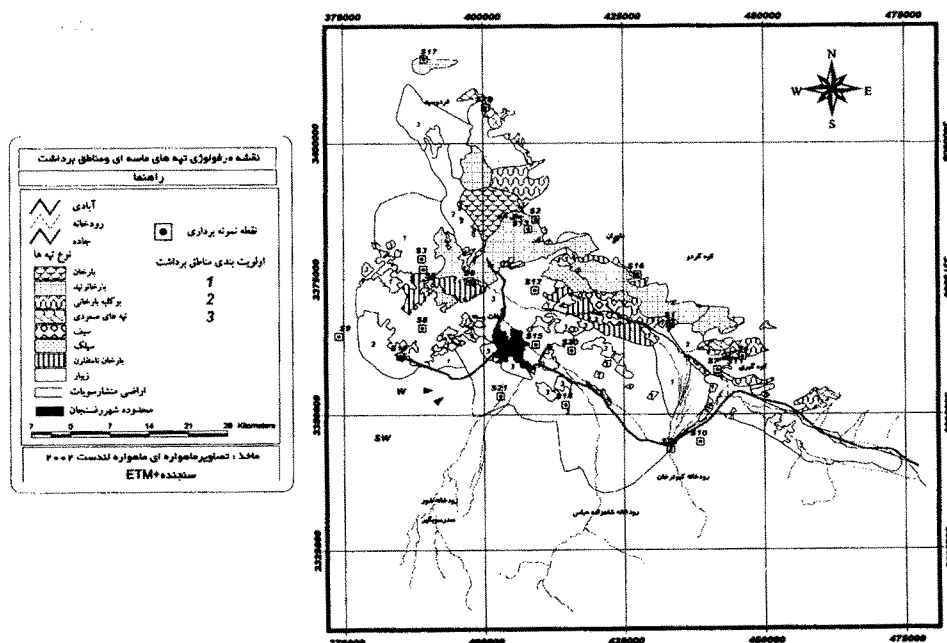
از مجموع مطالعات انجام شده در دو مرحله منشأ یابی تپه‌های ماسه‌ای می‌توان به این نتیجه رسید که منشأ تپه‌های ماسه‌ای محلی و نزدیک است (کمتر از ۲۰ کیلومتر). این منشأ بر روی دشت سرپوشیده و اپانداز قطاع جنوب غربی ارگ، اراضی شوره زار و بدون پوشش غرب و شمال غربی رفسنجان و مسیل رودخانه‌های شور، شاهزاده عباس و کبوترخان قرار دارد. موارد زیر نزدیک بودن نقاط منشأ و ارتباط ژنتیکی بین رسوبات تپه‌های ماسه‌ای و اراضی برداشت را با وضوح بیشتری نشان می‌دهد.

(الف) وجود رخساره‌های مختلف فرسایش بادی ناشی از وزش باد در سطح زمین از قبیل آثار شلجمی، نیکا، ربدو، زیبار و... در فاصله نزدیکی نسبت به تپه‌های ماسه‌ای.

(ب) درشت بودن قطر میانگین ماسه‌ها (۳۳۰ - ۱۹۰ میکرون) و همچنین وجود ذرات ماسه‌ای با قطر بالای ۶۰۰ میکرون در میان نمونه‌ها.

(ج) نزدیکی شاخص‌های بافت سطحی و گردشگری عناصر رخساره‌های برداشت و رسوبگذاری.

(د) وجود کانی‌های سنگین از جمله هماتیت و آمفیبول در تپه‌های ماسه‌ای که بیانگر نزدیک بودن نقاط برداشت است.



شکل ۵- نقشه مورفولوژی ارگ و موقعیت مناطق برداشت و نقاط نمونه برداری

تقدیر و تشکر

مشهدی و مهندس یزدان پناه و همچنین آقای مهندس صفدری کارشناس شرکت خدمات مهندسی آب و خاک خراسان تشکر و قدردانی می‌شود.

به این وسیله از مساعدت‌های مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی دانشگاه تهران خصوصاً آقایان مهندس

منابع

- ۱- احمدی، حسن، ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی (جلد دوم) بیابان- فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران.
 - ۲- اختصاصی، محمدرضا و همکاران، ۱۳۷۵. منشأیابی تپه‌های ماسه ای دشت یزد اردکان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، شماره ۱۴۵-۱۳۷۵. ص ۲۶۰.
 - ۳- دهواری، عبدالحمید، ۱۳۷۳. بررسی رسوبات بادی در سراوان بلوچستان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
 - ۴- صادقی نژاد، ابراهیم، ۱۳۷۸. منشأیابی تپه‌های ماسه ای در حوزه نماشیر بم، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
 - ۵- قانع بافقی، محمد جواد، ۱۳۷۹. منشأ یابی تپه‌های ماسه ای جنوب بافق و بررسی شیوه‌های کنترل آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
 - ۶- مطالعات ارزیابی فعالیت‌های ۳۰ ساله بیابان زدایی استان کرمان، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.
- 7-Patrick P.Pease.1999. Mineralogical Characterization and Transport Pathway of Dune Sand Using Landsat TM Data, Geomorphology, Elsevier.

Source Studying of Eolian Sediments in Rafsanjan Region

H. Memarian Khalilabad¹

H. Ahmadi²

M. R. Ekhtesasi³

S. K. Alavipanah⁴

Abstract

Prevention of sediment movement in the taking area is a fundamental basic task. For source studying of Rafsanjan eolian sediments, step by step method (Ekhtesasi-Ahmadi *et al.*) was employed. This study is carried out in two stages: direction finding and location finding. For direction finding of taking sector, first through questionnaire Fill up informations on local winds were gathered. Then satellite images at two periods were compared through these images as well as field investigations, the erg morphological map was prepared. By studying wind regime and windrose drawing, the erosive winds were recognised. After recognition of taking sector (west and southwest sector), the location-finding phase was started. In this stage through geomorphological studying of taking sector and sampling into facies, the mineralogical and morphoscopical studies of sand dunes and taking sector sediments were done.

At last with due attention to reasonings such as: the direction of Seif and Barkhan dunes (southwest-northeast), the settlement of Zibars in the west and southwest of erg, high intensity of energy for west and southwest winds, the existence of heavy minerals as Hematite and Amphibole in sediment samples, large median of samples (240 microns), the skewness of some samples towards coarse particles as well as low roundness factor (of taking sector samples), it was found that the sources of eolian sediments are close (<20 km) and include the followings: rangelands, abandoned farmlands and pistachio gardens on the east and southwest plains of Rafsanjan, the barelands or poorly covered grounds on the east pediments of Rafsanjan as well as beds of Shoor, Shahzadeh Abbas and Kabootarkhan rivers.

Keywords: Direction finding, Erg, Location finding, Sand dunes, Source finding, Taking sector, Wind erosion.

¹-Senior Expert, Desert Regions Management (Email: hadi_memarian@yahoo.com)

²-Professor, of Faculty, University of Tehran

³-Assistant Professor, Natural Resources Faculty & Desert studies, Yazd University

⁴-Associate Professor, Geography Faculty, University of Tehran