

ویژگی‌های رژیم بادی و قابلیت (پتانسیل) حمل ماسه در ریگ سرخس

حمیدرضا عباسی^{۱*}، محمدتقی کاشکی^۲، محمدرضا راهداری^۳، آزاده گوهردوست^۴ و سکینه لطفی نسب اصل^۵

* نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، پست الکترونیک: abbasi.hamidreza@gmail.com

۲- استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی مشهد، ایران

۳- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران

۴- کارشناس ارشد پژوهشی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۵- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۲۶

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی ویژگی‌های رژیم بادی و قابلیت حمل ماسه در ریگ سرخس واقع در گوشه شمال‌شرقی ایران است. بر همین اساس، با استفاده از داده‌های سرعت و جهت باد ساعتی (۱۳۹۵-۱۳۶۶) ایستگاه سینوپتیک سرخس، شاخص‌های قابلیت حمل ماسه (DP)، برآیند حمل ماسه (RDP)، جهت نهایی حرکت ماسه (RDD) و نسبت (RDP/DP) براساس روش فرایبرگر-دین محاسبه شدند. همچنین ویژگیهای بادهای فرساینده و تغییرات زمانی انرژی بادهای فرساینده براساس قابلیت حمل ماسه نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که جهت باد غالب و باد ماسه‌آور عمدتاً شمال‌غربی است. اراضی کشاورزی به‌ویژه در فصل آیش و همچنین رسوبات رودخانه مرزی تچن به‌ویژه در قسمت‌های خشکیده مآندری منابع تأمین رسوبات بادی می‌باشند. در مجموع، انرژی باد در منطقه سرخس براساس قابلیت حمل در کلاس کم قرار دارد که بیشترین میزان در مرداد (جولای) و کمترین میزان در آذر (نوامبر) است. از سوی دیگر توانایی دبی ماسه براساس میانگین قابلیت حمل ماسه (DP=193 v.u) برای این محدوده در حدود ۱۳/۵۱ مترمکعب در واحد عرض برآورد گردید. بازدیدهای میدانی و تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که پهنه‌های ماسه‌ای و نکا دو شکل اصلی در رسوبات بادی ریگ سرخس هستند.

واژه‌های کلیدی: رژیم بادی، پهنه ماسه‌ای، ریگ سرخس.

مقدمه

(Tsoar and Pye, 2009). علاوه بر بارش و حساسیت

اراضی به تولید رسوبات بادی، مهمترین پارامتر اقلیمی مؤثر در شکل‌گیری رسوبات بادی، بادهای بالاتر از آستانه فرسایش بادی می‌باشد. تأثیر بادهای فرساینده در قسمت‌های مختلف یک منطقه و همچنین در بیابان‌های مختلف متفاوت است، زیرا تغییرپذیری زیادی در انرژی باد وجود دارد. به‌طوری‌که سرعت

پدیده فرسایش بادی از سه مرحله برداشت، حمل و رسوب تشکیل شده است که رسوبات بادی در دو مرحله حمل و رسوب تشکیل می‌شوند. این رسوبات حدود ۶٪ از سطح خشکی‌های جهان را پوشانده است که ۹۷٪ آنها در مناطق خشک گسترش یافته‌اند

سال نشان می‌دهد که ممکن است در فصول مختلف در جهات متفاوت حرکت کنند و برحسب درجه نسبت به جهت جغرافیایی شمال صفر بیان می‌شود. شاخص همگنی جهت حمل ماسه (RDP/DP) نشان‌دهنده نسبت مقدار نهایی حمل ماسه به کل توان حمل ماسه است که وضعیت وزش بادهای فرساینده محیط را نشان می‌دهد. البته هرچه این مقدار به عدد یک نزدیک‌تر باشد بادهای فرساینده یک جهته و بعکس هرچه به سمت صفر تمایل پیدا کند بادهای فرساینده چند جهته در منطقه وزش دارند. پژوهش‌های داخل کشور در مورد قابلیت حمل ماسه و بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی در دشت یزد - اردکان و جاسک (Ekhtesasi, 2005)، دشت سیستان (Abbasi, 2018)، بیابانهای داخلی ایران Nazari Samani و همکاران (۲۰۱۸)، و بیابانهای قم Rahdari و همکاران، (۲۰۱۹) با توجه به بادهای فرساینده انجام شده است. از سوی دیگر Nazari Samani و همکاران (۲۰۱۶) به منظور شناسایی اشکال تپه‌های ماسه‌ای در ریگ‌بلند کاشان از روش فرایبرگر استفاده نمودند و یافته‌ها نشان داد که بین نتایج حاصل از محاسبات به شیوه فرایبرگر و کلاس‌های سرعت نسبت به نرم‌افزار گلماسه‌نما به صورت کامل تطابقی وجود ندارد. ترسیم نمودارهای هم‌ارزش قابلیت حمل در دو پژوهش بیابان بادینجاران (بادیه‌نشینان) چین توسط Zhang و همکاران (۲۰۱۵) و برای کشور کویت توسط Al-Awadhi (۲۰۰۵) و برای دشت سیستان توسط Abbasi و همکاران (۲۰۱۹) ارائه شده است.

از نظر مورفولوژی رسوبات بادی را می‌توان به تپه‌های عرضی یا بارخان، تپه‌های طولی، هرم‌های ماسه‌ای، پهنه‌های ماسه‌ای، تپه‌های حاصل از پوشش گیاهی مانند نیکاه‌ها و پیکان‌های ماسه‌ای و رسوبات بادی حاصل از توپوگرافی تقسیم‌بندی کرد که تحت رژیم‌های مختلف بادی بوجود می‌آیند (Lancaster, 1998). رژیم بادی یک جهته یا یکسویه مانند بادهای ۱۲۰ روزه معمولاً پیکان ماسه‌ای، بارخان و رشته‌های عرضی، رژیم بادی دو جهته مانند بادهای منطقه جازموریان رشته‌های طولی و رژیم بادی چند جهته (بیچیده) مانند بادهای بیابان لوت هرم‌های ماسه‌ای ستاره‌ای شکل را بوجود می‌آورند.

و قدرت باد یک عنصر کلیدی در توانایی فرسایش بادی است. سه پارامتر شدت، جهت و فراوانی بادهای بر روی مورفودینامیک و شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای تأثیر مهمی دارند (Pearce and Walker, 2005). رژیم بادی بر مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، اندازه تپه، شکل‌گیری و توسعه ریگ مؤثر است (Breed and Grow, 1979; Wasson and Hyde, 1983; Livingstone and Warren, 1996; Zhang *et al.*, 2015; Hesse *et al.*, 2017).

برای بررسی ویژگی‌های بادهای فرساینده باید به مقدار حمل رسوب توجه کرد. روش‌های متعددی برای محاسبه قابلیت حمل رسوبات بادی (DP) براساس ویژگی‌های محیطی ابداع شده است، به‌عنوان مثال Bagnold, Skidomor و Fryberger -Dean هسو است (Bullard *et al.*, 1996). روش Fryberger (۱۹۷۹)، سازگاری بهتری با محیط‌های بیابانی و بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است. این روش براساس رابطه لئو-لئو تهیه شده که نشان‌دهنده ارتباط بین انرژی باد و حمل ماسه است (Al-Awadhi *et al.*, 2005). بر این اساس مناطقی که کمتر از ۲۰۰ واحد بردار است، به‌عنوان محیط‌های بادی با انرژی کم، مناطقی که بین ۲۰۰-۴۰۰ واحد بردار است، به‌عنوان محیط‌های با انرژی متوسط و در نهایت مناطقی که ارزش بیش از ۴۰۰ واحد بردار داشتند، به‌عنوان محیط‌های با انرژی بادی زیاد طبقه‌بندی شدند (Fryberger and Dean, 1979). بر همین اساس، فرایبرگر-دین نموداری را تحت عنوان گلماسه ارائه نمودند که در اثر انجام عملیات جبر برداری و محاسبه مقدار انرژی قابل حمل ماسه توسط باد به‌دست می‌آید. چون داده‌های باد دارای جهت هستند، از این‌رو واحد قابلیت حمل ماسه را بصورت وکتور یونیت (Vector unit or vu) نمایش می‌دهد. علاوه بر DP که بصورت خالص نشان داده می‌شود، اندازه برداری برآیند حمل ماسه (RDP) از مجموع مقادیر DP در جهات مختلف حاصل می‌شود که معمولاً کوچکتر از DP است. در واقع RDP از جمع برداری مقادیر قابلیت حمل در جهات مختلف ۸ یا ۱۶ گانه حاصل می‌شود و وضعیت نهایی حمل ماسه منطقه را نشان می‌دهد. شاخص جهت نهایی حرکت ماسه (RDD)، جهت نهایی حرکت ماسه را معمولاً در طول

شده است (Fryberger and Dean 1979). چنین فرضی برای بیشتر مناطق بیابانی دنیا در نظر گرفته شده است (Ahlbrandt, 1979) و از سوی دیگر نتایج مطالعات میدانی در منطقه مورد مطالعه نیز حکایت از این فرض داشت. سرعت آستانه با توجه به مطالعات Belly (۱۹۶۴) برای میانگین ذرات ۰/۳۰ میلی‌متر و فاکتور زبری سطح، در ارتفاع ۱۰ متری برابر ۱۱/۶ نات برآورد گردیده است که با توجه به مطالعات Fryberger و Dean (۱۹۷۹) برابر با ۱۲ نات در نظر گرفته شده است. در این تحقیق نیز سرعت آستانه معادل ۱۲ نات (برابر ۶/۵ متر بر ثانیه) در نظر گرفته شد. برای انجام تحلیل‌های مربوطه از نرم‌افزارهای WR Plot view 8 و همچنین MATLAB و نرم‌افزاری گلماسه‌نما (Ekhtesasi et al., 2005) استفاده شد.

$$DP \propto V^2(V - V_t) \times t \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه ۱ سرعت باد اندازه‌گیری شده با V نشان داده شده است و Vt سرعت آستانه در منطقه مورد مطالعه است و t فراوانی کلاس‌های سرعت باد در جهات هشت‌گانه در ایستگاه مورد مطالعه می‌باشد. در نهایت DP توانایی حمل ماسه در تمام جهات در یک زمان مشخص (به‌عنوان مثال ماهانه و یا سالانه) بدست آمد. به‌منظور بدست آوردن برآیند برداری (رابطه ۲) در جهات مختلف بعد از تجزیه در امتداد محور طولی و محور عرضی و با توجه به اندازه برداری در هریک از جهات مختلف از روابط زیر استفاده شد.

$$RDP = \sqrt{(C^2 + D^2)}$$

$$D = \sum_{i=1}^{8 \text{ or } 16} (DP_i) \cos \theta_i$$

$$C = \sum_{i=1}^{8 \text{ or } 16} (DP_i) \sin \theta_i$$

$$RDD = \text{Arc tan}\left(\frac{C}{D}\right)$$

رابطه ۲

رودخانه هریرود یکی از منابع اصلی آب ورودی به بخش‌هایی از مناطق شمال‌شرق ایران و جنوب ترکمنستان و تأمین‌کننده نیاز شرب و کشاورزی منطقه است و همواره به‌عنوان یکی از نگرانی‌های دو همسایه به لحاظ پایداری جریان ورودی می‌باشد. سد دوستی به‌منظور تنظیم آب منطقه احداث شده است، این در حالی است که سرچشمه و بخش قابل توجهی از آن در افغانستان است که احداث دست‌کم دو سد را بر روی این رودخانه در دست دارد. احداث این سدها بر روی رواناب سد دوستی، کیفیت آن و گسترش بیابان‌زایی در منطقه تأثیر فراوان خواهد داشت و ممکن است عدم رسیدن آب به منطقه موجب شدت گرفتن پدیده فرسایش بادی در آینده شود.

روش تحقیق

در ابتدا به‌منظور شناسایی مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی در منطقه سرخس با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای، تفسیر عکس‌های هوایی، تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، تفسیر بصری گوگل ارث و در نهایت بازدید میدانی محدوده ریگ سرخس و اشکال تپه‌های ماسه بادی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ شناسایی شد. در ادامه داده‌های هواشناسی (باد، بارش، دما، رطوبت نسبی) تأثیرگذار در فرسایش بادی جمع‌آوری از سازمان هواشناسی کشور در بازه زمانی (۱۳۹۵-۱۳۶۶) تهیه شد. فراوانی بادهای در جهات مختلف مورد بررسی قرار گرفت. برای انجام محاسبات مربوط به پتانسل حمل ماسه فرض بر این است که تپه‌های ماسه‌ای از ذرات ماسه با اندازه میانگین ۰/۳۰-۰/۲۵ میلی‌متر تشکیل

فراوانی حدود ۲۱٪ بیشترین حاکمیت را در منطقه سرخس به‌ویژه در فصل بهار و تابستان دارند. پس از آن بادهای جنوبی (۵/۵٪) و جنوب‌شرقی (۵/۳٪) که بیشتر در فصل زمستان می‌وزند (جدول ۲). میانگین سرعت باد در منطقه سرخس ۲/۲ متر بر ثانیه است و حداکثر سرعت آن تا ۳۰ متر بر ثانیه در سال ۱۳۶۸ نیز گزارش شده است. میانگین سرعت بادهای فرساینده (بالتر از ۶ متر بر ثانیه) در سرخس به ۸ متر بر ثانیه می‌رسد (جدول ۱). منطقه سرخس در ۵۴ درصد اوقات دارای باد است که ۲۲ درصد آن بالاتر از آستانه فرسایش و حرکت ماسه است و بقیه یعنی ۴۶ درصد آرام می‌باشد.

به‌منظور بدست آوردن نسبت برآیند برداری به برآیند جبری (UDI) از تقسیم این دو پارامتر که در مراحل قبل بدست آمده، استفاده گردید (رابطه ۴). اگر این نسبت نزدیک به ۱ باشد محیط دارای بادهای فرساینده یک جهته و اگر نزدیک به صفر باشد بادهای فرساینده چند جهته هستند.

$$UDI = \left(\frac{RDP}{DP} \right) \quad \text{رابطه ۴}$$

نتایج

سرعت و جهت باد

نتایج آنالیز بادهای نشان داد که بادهای شمال‌غربی با

جدول ۱- خلاصه آماری پارامترهای سرعت باد در ایستگاه سرخس (۱۳۶۶-۱۳۹۵)

میانگین سرعت بادهای بالاتر از ۶ (m/s)				متوسط سالانه سرعت باد (m/s)					
درصد	حداکثر	حداقل	میانگین	درصد	حداکثر	حداقل	تغییرات	میانگین	ایستگاه
۲۲	۳۰	۶	۸/۰۱	۵۴	۳۰	۰	۲/۷	۲/۲	سرخس

جدول ۲- تغییرات کمی درصد فراوانی جهات مختلف باد به صورت سالانه و فصلی (۱۳۶۶-۱۳۹۵)

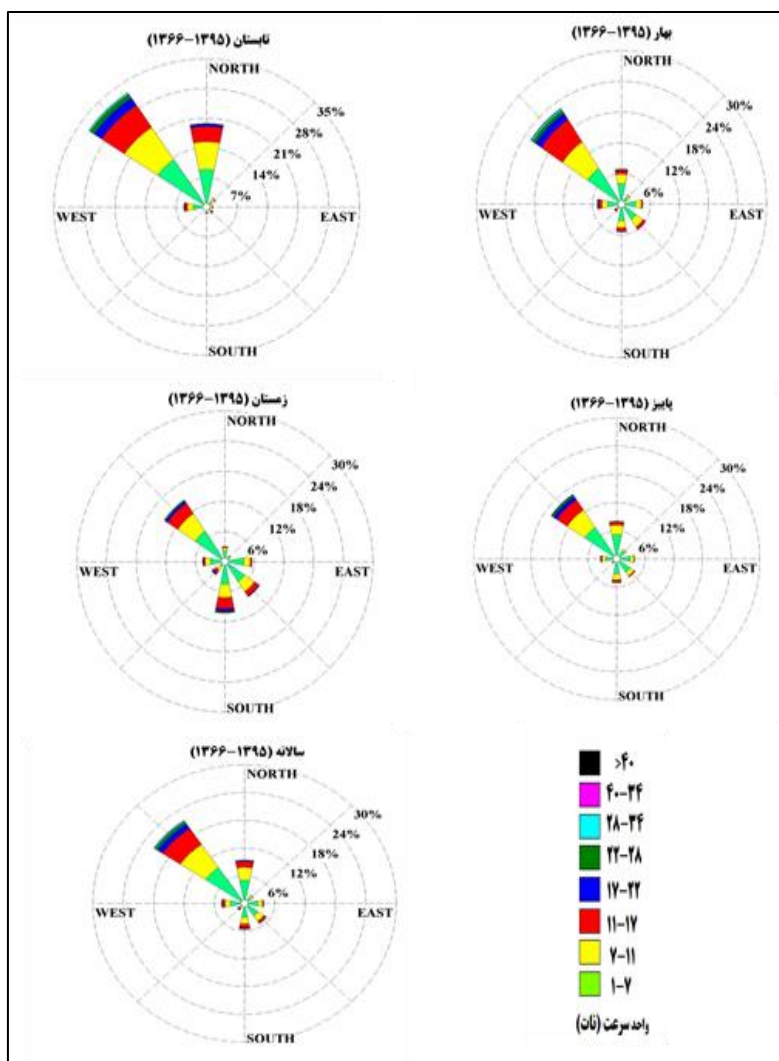
جهت	سالانه	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
شمال	۹/۳۸	۶/۸۲	۱۹/۷۰	۷/۹۷	۳/۰۶
شمال‌شرق	۲/۱۹	۲/۲۵	۲/۵۷	۲/۴۷	۱/۴۶
شرق	۳/۸۱	۴/۴۲	۱/۵۳	۳/۷۸	۵/۵۲
جنوب‌شرق	۵/۲۶	۶/۰۵	۱/۸۶	۴/۷۰	۸/۴۴
جنوب	۵/۵۱	۵/۴۶	۱/۶۴	۵/۱۱	۱۰/۱۶
جنوب‌غرب	۱/۷۷	۱/۷۸	۰/۸۷	۱/۲۱	۳/۲۴
غرب	۴/۵۵	۵	۵/۲۳	۳/۴۲	۴/۵۲
شمال‌غرب	۲۱/۵۴	۲۲/۴۶	۳۲/۳۸	۱۶/۴۸	۱۴/۸۰
باد آرام	۴۵/۸۵	۴۵/۷۲	۳۴/۱۸	۴۵/۸۱	۴۶/۶۶

فراوندهای فرسایش بادی در منطقه دارد (جدول ۲). بعد از فصل تابستان، بر فراوانی بادهای آرام در منطقه افزوده می‌شود و در فصل زمستان بادهای موسوم به باد قبله با جهت

نتایج تجزیه و تحلیل فصلی بیانگر این مطلب است که بیش از ۵۳٪ بادهای منطقه در فصل تابستان از جهات شمال‌غرب و شمال می‌وزد و نقش تأثیرگذاری در ایجاد

بعد از فصل تابستان، بر فراوانی بادهای آرام در منطقه افزوده می‌شود و در فصل زمستان بادهای موسوم به باد قبله با جهت جنوبی علاوه بر باد شمال‌غربی نیز در منطقه حاکم است (شکل ۲).

جنوبی علاوه بر باد شمال‌غربی نیز در منطقه حاکم است (شکل ۲). نتایج تجزیه و تحلیل فصلی بیانگر این مطلب است که بیش از ۵۳٪ بادهای منطقه در فصل تابستان از جهات شمال‌غرب و شمال می‌وزد و نقش تأثیرگذاری در ایجاد فرایندهای فرسایش بادی در منطقه دارد (جدول ۲).



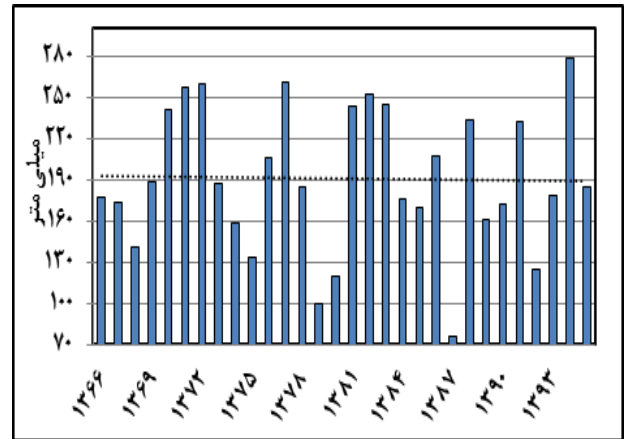
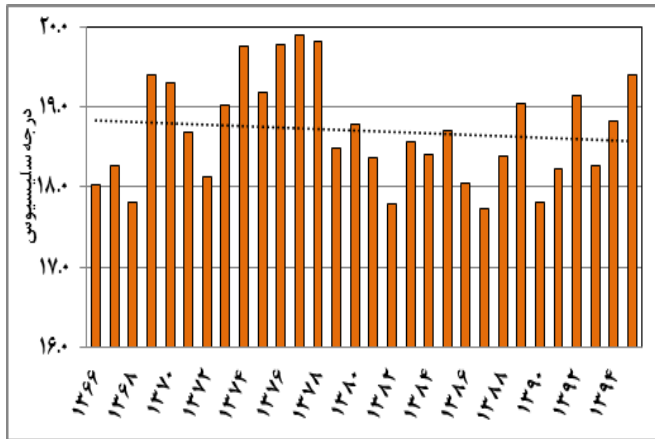
شکل ۲- گلبادهای فصلی و سالانه در ایستگاه سینوپتیک سرخس (۱۳۶۶-۱۳۹۵)

بارش در منطقه به صورت شماتیک نشان داده شده است (شکل ۴). همانطور که مشاهده می‌شود تغییرات سالانه قابل ملاحظه‌ای در بارش، دما و باد سالانه اتفاق افتاده است، به طوری که روند دمای سالانه مقدار کمی کاهش نشان داده

تغییرات زمانی ویژگی‌های اقلیمی ریگ سرخس تجزیه و تحلیل‌های آماری بر روی داده‌های اقلیمی در منطقه سرخس در بازه زمانی (۱۳۶۶-۱۳۹۵) نشان داد که روند تغییرات میانگین سرعت باد، میانگین دما و مجموع

نشان داده است (شکل ۴). درصد بادهای آرام در سالهای آخر مطالعه (۱۳۹۵-۱۳۹۴) نیز کاهش محسوسی را نشان می‌دهد.

رشد تغییرات بارندگی قابل ملاحظه نبوده است (شکل ۳) ولی تغییرات زمانی باد روند نسبتاً صعودی بخود گرفته است و در سالهای اخیر افزایش قابل ملاحظه‌ای از خود



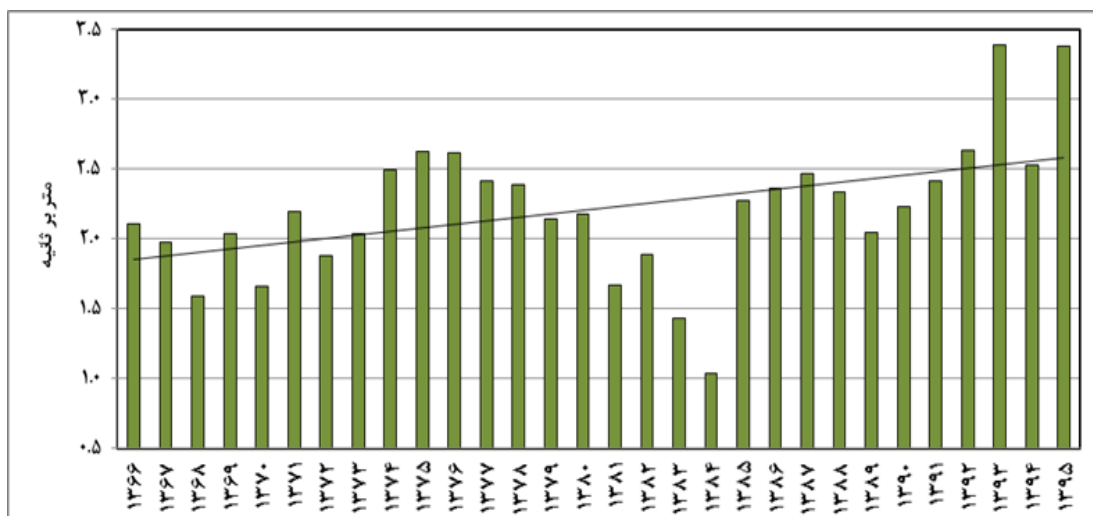
شکل ۳- تغییرات میانگین بارندگی و دمای سالانه در ایستگاه سرخس در بازه زمانی ۱۳۶۶-۱۳۹۵

میانگین سالانه DP برابر ۱۹۳ واحد بردار است. جهت حرکت نهایی ماسه با زاویه ۱۴۴ درجه نسبت به شمال حرکت می‌کند و شاخص تغییرپذیری جهات باد (RDP/DP) برابر ۰/۷ است. نمودار گلماسه نیز نشان داد که رسوبات بادی بسوی جنوب شرقی حرکت می‌کنند (شکل ۶).

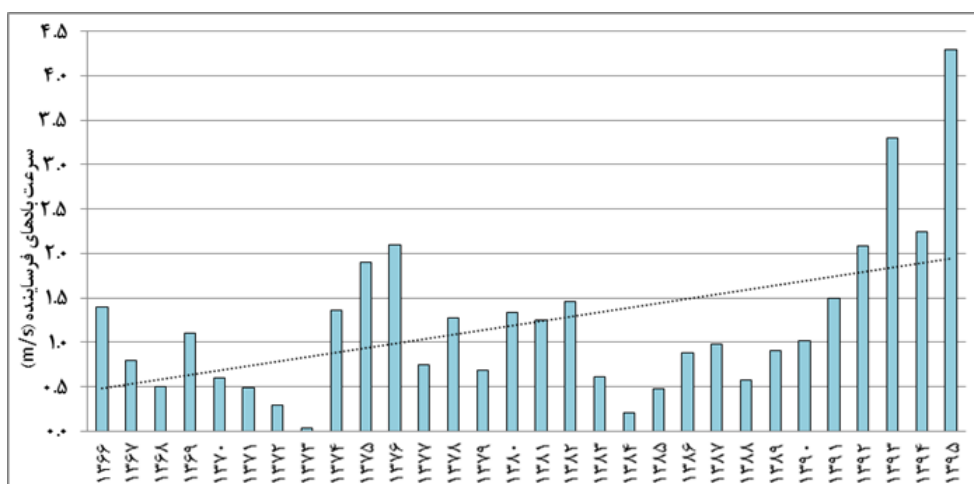
رشد تغییرات بادهای فرساینده (بالتر از ۶ متر بر ثانیه) در ایستگاه سرخس در بازه زمانی ۱۳۶۶-۱۳۹۵ یک روند صعودی را نشان داده است (شکل ۵). این بادها در بین سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ یک روند کاملاً صعودی داشته است.

قابلیت حمل ماسه

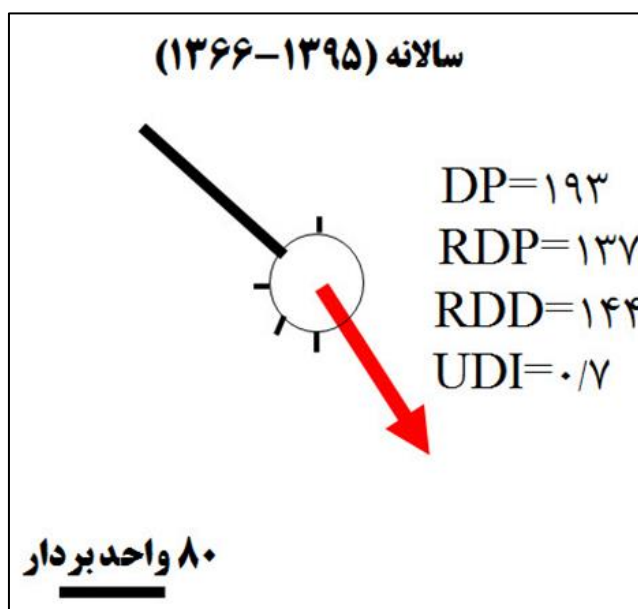
نتایج حاصل از محاسبه قابلیت حمل نشان داد که



شکل ۴- تغییرات میانگین سرعت باد سالانه در ایستگاه سرخس در بازه زمانی ۱۳۶۶-۱۳۹۵



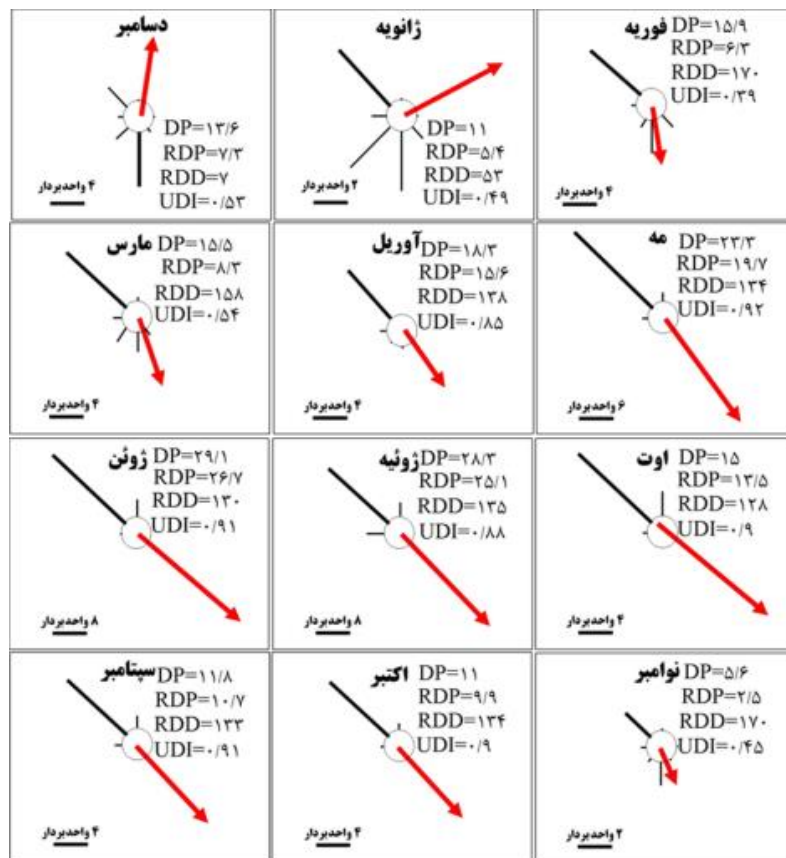
شکل ۵- تغییرات میانگین بادهای فرساینده (بالا تر از ۶ متر بر ثانیه) در ایستگاه سرخس در بازه زمانی ۱۳۶۶-۱۳۹۵



شکل ۶- گلماسه سالانه ایستگاه سینوپتیک سرخس

شمال-شمال شرق است و این موضوع ناشی از حاکمیت باد قبله در این دو ماه در منطقه است و در سایر ماه‌ها جهت بردار برآیند جنوب شرقی دارد که نشان‌دهنده حاکمیت باد شمال غربی است.

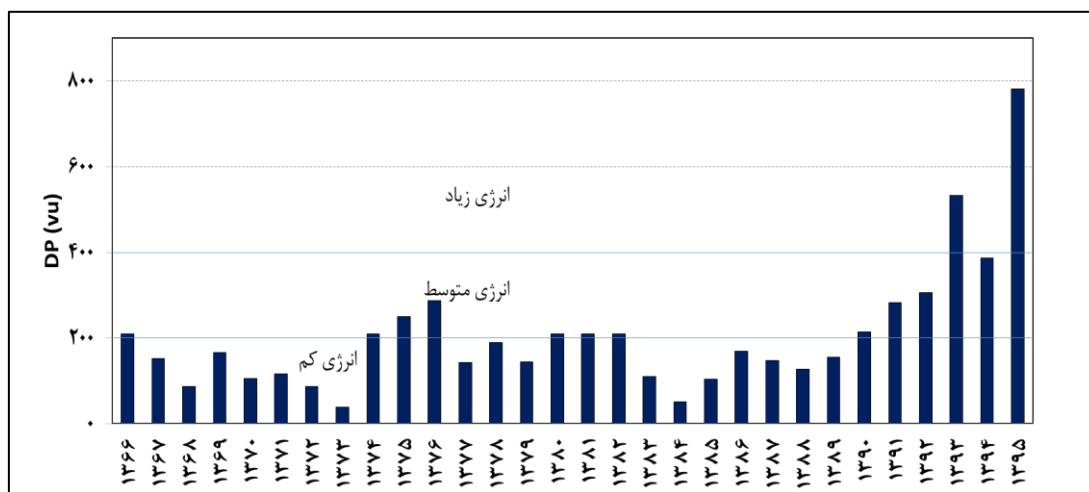
گلماسه‌های ماهانه نیز نشان داد که ماه ژوئیه (تیر) دارای بیشترین قابلیت حمل ماسه با ۲۸/۳ واحد بردار است و از سوی دیگر کمترین قابلیت حمل ماسه مربوط به ماه نوامبر (آبان) با ۵/۶ واحد بردار است. جهت بردار برآیند حمل ماسه در ماه‌های دسامبر و ژانویه (فصل زمستان) در راستای



شکل ۷- نمودار گلماسه ماهانه ایستگاه سرخس

(< 200) ولی افزایش قابل ملاحظه‌ای در سالهای آخری مطالعه دیده می‌شود، به طوری که قابلیت حمل در کلاس زیاد (> 400) قرار گرفته است (شکل ۸).

روند تغییرات پتانسل حمل ماسه نیز نشان داد که روند انرژی باد در ایستگاه سرخس نشان داد که بیشتر سالها قابلیت حمل رسوبات بادی در کلاس کم قرار دارند



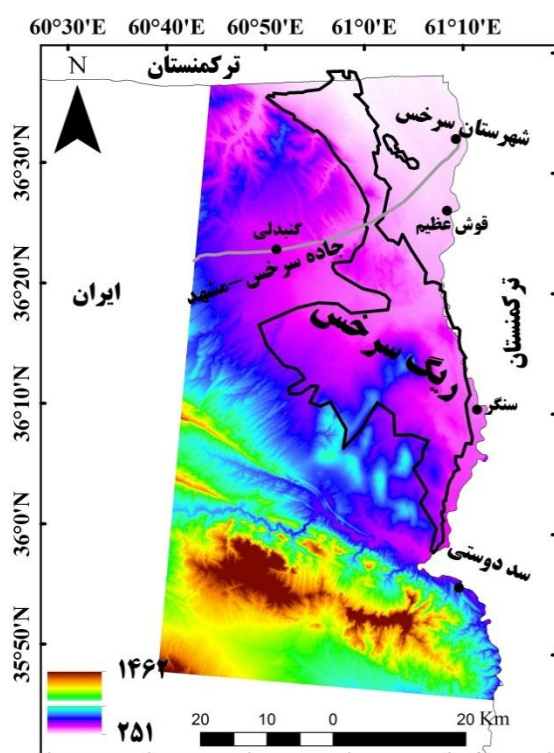
شکل ۸- روند تغییرات قابلیت حمل ماسه در ریگ سرخس

ذکر است در چند سال اخیر میزان دبی ماسه در ریگ سرخس افزایش چشم‌گیری داشته است و میزان کمی آن در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به ترتیب برابر ۳۷/۳۱، ۲۷/۰۹ و ۵۴/۶۷ مترمکعب در واحد عرض بوده است.

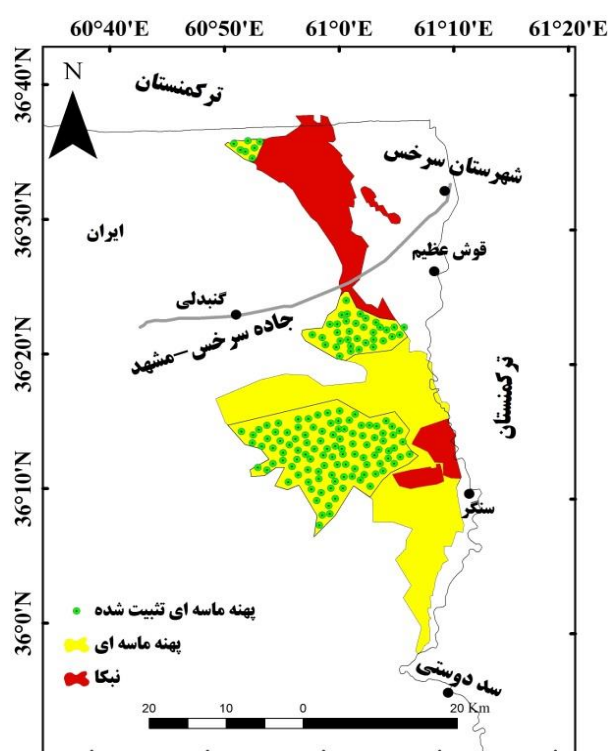
با توجه به اینکه هر واحد بردار توانایی حمل ۰/۰۷ مترمکعب ماسه را در عرض یک متر از زمین می‌تواند داشته باشد (Fryberger and Dean, 1979). با در نظر گرفتن میانگین ۱۹۳ واحد برداری برای ریگ سرخس، قابلیت میزان ماسه که سالانه می‌تواند جابجا شود حدود ۱۳/۵۱ مترمکعب در واحد عرض برآورد می‌شود. لازم به

جدول ۳- مساحت و شکل‌شناسی (مورفولوژی) ریگ سرخس

شکل‌شناسی	پهنه ماسه‌ای	پهنه‌های ماسه‌ای تثبیت شده	نیکا	مجموع
مساحت (هکتار)	۳۰۸۹۵	۳۰۰۰۶	۲۰۴۰۰	۸۱۳۰۱
درصد (%)	۳۸	۳۶	۲۶	۱۰۰



شکل ۱۰- مدل رقومی ارتفاع در منطقه مورد مطالعه

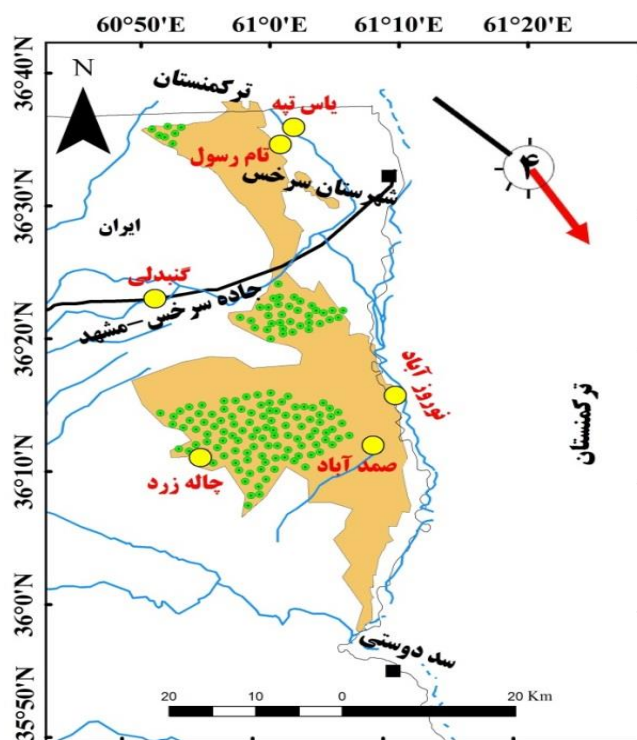


شکل ۹- نقشه مورفولوژی ریگ سرخس

شکل‌شناسی و وضعیت تثبیت ریگ سرخس

تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، تفسیر بصری گوگل ارث و همچنین بازدیدهای میدانی از منطقه بیانگر این مطلب است که ریگ سرخس مساحتی در حدود ۸۱۳۰۱ هکتار دارد (جدول ۳) که از این مقدار ۷۴ درصد آن پهنه ماسه‌ای (شامل ۳۸٪ پهنه‌های ماسه‌ای تثبیت نشده و ۳۶٪ پهنه‌های ماسه‌ای تثبیت شده) و ۲۶٪ نکا تشکیل شده است (شکل ۹). به طوری که به ندرت تپه‌های ماسه‌ای با ارتفاع بیش از سه متر در این ریگ مشاهده می‌شود (شکل ۱۰) که به احتمال زیاد نشان‌دهنده نقصان منبع ماسه از نظر تأمین تشکیل یک ریگزار کامل (تیپیک) می‌باشد. در واقع ریگ سرخس از نظر مورفولوژی تنوع کمتری دارد. Kocurek و Nielson (۱۹۸۶) نشان دادند که پهنه‌های ماسه‌ای در اثر

یک یا چند عامل از پنج فاکتور زیر می‌توانند شکل بگیرند: ۱- وجود آب در نزدیکی سطح زمین، ۲- گیر کردن دانه‌های ماسه به بستر، ۳- سیلاب‌های دوره‌ای، ۴- نسبت زیاد دانه‌های درشت ماسه و ۵- پوشش گیاهی بنابراین به نظر می‌رسد وجود آبراه‌های فعال در درون ریگ که در مواقعی از سال سیلابی هستند و به ویژه وجود پوشش گیاهی در شکل‌گیری پهنه‌های ماسه‌ای ریگ سرخس بیشترین نقش را داشته باشند. البته قسمت کوچکی از جنوب غربی ریگ نیز در داخل پستی و بلندیهای فلاتوهای (تراس‌ها) فوقانی ارتفاعات گیر افتاده‌اند. به نحوی که تأثیر عامل شماره چهارم یعنی دانه‌بندی ماسه نیاز به تحقیق بیشتر و مقایسه آن با دیگر شکل‌های ماسه‌ای دارد.



شکل ۱۱- موقعیت مکانی روستاهای در خطر فرسایش بادی در ریگ سرخس

بحث

است. بادهای دیگر تنها بر شکل‌دهی این ریگ تأثیر دارند، زیرا قسمت‌های جنوبی ریگ ارتفاعات است که فاقد منبع ماسه می‌باشد. شرایط اقلیمی و فعالیت‌های اجرایی اداره

ریگ سرخس در طول زمان و بر اثر فرایند فرسایش بادی توسط بادهای شمال غربی به تدریج تجمع پیدا کرده

این موضوع بر شدت فعالیت ریگ در مواقع خشکی می‌افزاید. بازدیدهای میدانی نشان داد که تغییرات مکانی قابلیت حمل ماسه در ریگ سرخس در قسمت‌های شمالی و جنوبی از فعالیت بیشتری برخوردار است، به طوری که روستاهای یاس تپه و تام رسول در قسمت شمالی ریگ سرخس و روستاهای نوروزآباد، صمدآباد و چاله زرد در قسمت جنوبی بیشتر در معرض ماسه‌های روان می‌باشند (شکل ۱۰). تثبیت قسمت‌های جنوبی و مرکزی ریگ سرخس از طریق عملیات بیولوژیک به خوبی انجام شده است اما در قسمت شمالی با توجه به فعالیت بیشتر ماسه‌های روان باید عملیات تثبیت مورد توجه قرار گیرد. در نهایت یافته‌های این تحقیق بیانگر این مطلب است که در چند سال اخیر داده‌های قابلیت حمل ماسه از رشد فزاینده-ای در منطقه برخوردار بوده است، به طوری که اگر توجه کافی به کنترل ماسه‌های روان در منطقه نشود، قطعاً خسارت‌های جبران‌ناپذیری را برای جوامع انسانی و همچنین تأسیسات به‌ویژه خطوط جاده‌ای و ریلی موجود در منطقه وارد خواهد کرد. از سوی دیگر پیشنهاد می‌گردد به منظور درون‌یابی و واکاوی دقیق‌تر رژیم بادی ریگ سرخس تأسیس، تجهیز و توسعه ایستگاه هواشناسی به منظور برداشت داده‌های ساعتی سرعت باد از اهمیت قابل توجه‌ای برخوردار بوده و جزو اولویت‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ایست.

منابع مورد استفاده

- Abbasi, H. R., Gohardoust, A., Khaksarian, F. and ganjali, M., 2018. Morphologic characteristics of aeolian deposits and erosive winds in Sistan plain'. *Journal of Desert Management*, 5(10), 28-42.
- Abbasi, H. R., Opp, C., Groll, M., Rohipur, H. and Gohardoust, A., 2019. Sand Dunes System in Iran; Distribution and Activity. *Journal of Aeolian Research*, 41:231-243.
- Ahlbrandt, T. S., 1979, Textural parameters of eolian deposits. A study of global sand seas, 1052:21-51.
- Al-Awadhi, J. M., Al-Helal, A. and Al-Enezi, A., 2005. Sand drift potential in the desert of Kuwait. *Journal of arid environments*, 63(2): 425-438.
- Belly, P. Y., 1964. Sand movement by wind, with

منابع طبیعی موجب استقرار پوشش گیاهی در قسمت‌هایی از این ریگ شده است. تثبیت تپه‌های ماسه‌ای طی دوره‌های زمانی گذشته به روش‌های مالچ‌پاشی با استفاده از مالچ‌های نفتی و بیولوژیکی از طریق کاشت گونه‌های درختی و درختچه‌ای شامل تاغ (*Haloxylon persicum*)، گز (*Tamarix stricta*) و پده (*Populus ephratica*) انجام شده و با استقرار گونه‌های مذکور، شرایط برای استقرار و توسعه سایر گونه‌های گیاهی مانند گندمیان و پهن‌برگان علفی فراهم شده است. همچنین سطوح وسیعی از منطقه را نیکاها تشکیل می‌دهند که گونه‌های تشکیل دهنده نیکا عمدتاً شامل سه گونه به اسامی جفته (*Salsola richteri*)، عروس شنزار (*Amnothamnus lehmanni*) و سبد پاکوتاه (*Stipagrostis plumusa*) می‌باشد.

به‌طورکلی میزان انرژی باد و قابلیت حمل ماسه در ریگ سرخس ($RDP=0.7$, $DP=193$) در کلاس کم قرار دارد و بیانگر این مطلب است که ریگ سرخس فعالیت زیادی در مقایسه با ریگزارهای دیگر ندارد. البته تنها در برخی از سال‌های خشک که بادهای فرساینده شدید هستند جابجایی موضعی رسوبات بادی کاملاً مشهود است که با نتایج Abbasi و همکاران (۲۰۱۹) در مورد فعالیت تپه‌های ماسه‌های روان کشور مطابقت دارد. منشأ رسوبات فعلی با توجه به جهت باد غالب که عمدتاً شمال‌غربی است، اراضی کشاورزی به‌ویژه در فصل آیش و همچنین رسوبات رودخانه مرزی تجن به‌ویژه در قسمت‌های خشکیده متأندری می‌باشد. Karimi و همکاران (۲۰۱۴)، نیز نشان دادند که تپه‌های ماسه‌ای و لس‌های بادرفتی منطقه سرخس که در کنار یکدیگر واقع شده‌اند، از نظر اندازه ذرات یک منشأ محلی دارند. لس‌های کلاسیک در جهان معمولاً در کنار تپه‌های ماسه بادی تشکیل می‌شوند که نشان از فعالیت فرسایش بادی و توفانهای گردوغباری در گذشته منطقه سرخس دارد. Ziyae و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که منطقه سرخس یکی از مناطق با فعالیت گردوغباری در استان خراسان رضوی است. از سوی دیگر با احداث سد دوستی جریان پایه رودخانه کاهش چشم‌گیر یافته است و

- Lancaster, N., 1994. Dune morphology and dynamics Geomorphology of desert environments: Springer, 474-505.
- Lancaster, N. and Baas, A., 1998. Influence of vegetation cover on sand transport by wind: field studies at Owens Lake, California. *Journal of Earth Surface Processes and Landforms*, 23(1): 69-82.
- Livingstone, I. and Warren, A., 1996. Aeolian geomorphology: an introduction, Longman.
- Nazari Samani, A. A., Khosravi, H., Mesbahzadeh, T., Azarakhshi, M. and Rahdari, M. R., 2016. Determination of sand dune characteristics through geomorphometry and wind data analysis in central Iran (Kashan Erg). *Arabian Journal of Geosciences*, 9(18): 716-730.
- Pearce, K. I. and Walker, I. J., 2005. Frequency and magnitude biases in the 'Fryberger' model, with implications for characterizing geomorphically effective winds. *Journal of Geomorphology*, 68: 39-55.
- Pye, K. and Tsoar, H., 2009. Aeolian sand and sand dunes. Germany, Springer, Verlag Berlin Heidelberg.
- Rahdari, M. R., 2014. Classification of sand dunes base on the geomorphometric characteristics. M.Sc Thesis, Natural Resource Faculty, University of Tehran, Iran.
- Rahdari, M. R., Ahmadi, H., Tavili, A., Jafari, M. Nazari Samani, A., Khosroshahi, M. and Sharifi, S.H., 2019. Analysis and zoning of wind energy based on sand drift potential in Qom-Tehran railway. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(1): 226-240.
- Wasson, R. J. and Hyde, R., 1983. Factors determining desert dune type. *Journal of Nature*, 304: 337-339.
- Zhang, Z., Dong, Z. and Li, C., 2015. Wind regime and sand transport in China's Badain Jaran Desert. *Journal of Aeolian Research*, 17: 1-13.
- Ziyadeh, A., Karimi, A., Hirmas, D. R., Kehl, M., Lakzian, A., Khademi, H. and Mechem D. B., 2018. Spatial and temporal variations of airborne dust fallout in Khorasan Razavi, *Journal of Geoderma*, 326(9): 42-55.
- addendum 2. By Abdel -Latif Kadib: US Army Corps of Engineer. Coastal Eng. Research Center Tech. Memo.1, p. 85.
- Breed, C. S. and Grow, T., 1979. Morphology and distribution of dunes in sand seas observed by remote sensing a study of global sand seas: US Government Printing Office Washington, DC. 1052: 253-302.
- Bullard, J., Thomas, D., Livingstone, I. and Wiggs, G., 1996. Wind energy variations in the southwestern Kalahari Desert and implications for linear dunefield activity. *Journal of Earth Surface Processes and Landforms*, 21(3): 263-278.
- Ekhtesasi, M. R., 2005. Morphometry and morphodynamic facies wind erosion in Yazd - Ardakan and to determine the procedure to be applied in desertification assessment models. Ph.D Thesis in Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions. University of Tehran.
- Ekhtesasi, M. R., Saremi naeini, M. A. and Saremi. Naeini, A., 2005. Software design Sand Rose (Sand rose graph 2.0) processor, Soil erosion and sediment transport wind. The first national conference on wind erosion, Iran, Yazd. 9p.
- Fryberger, S. G. and Dean, G., 1979. Dune forms and wind regimes. In: *A Study of Global Sand Seas*. E. D. Mckee (Ed). Geological Survey Professional Paper, 1052: 137-169.
- Fryberger, S. G., 1979. Dune forms and wind regime. *A study of global sand seas*, 1052:137-169.
- Hesse, P. P., Telfer, M. W. and Farebrother, W., 2017. Complexity confers stability: Climate variability, vegetation response and sand transport on longitudinal sand dunes in Australia's deserts. *Journal of Aeolian Research*, 25: 45-61.
- Karimi, A., Soodmand, A. and Khormali, F., 2014. Grain size parameters of aeolian deposits in Sarakhas area, Noreastern Iran. In: *International Symposium on Loess, Soils and Climate Change in Southern Eurasia*, Gorgan.
- Kocurek, G. and Nielson, J., 1986. Conditions favorable for the formation of warm-climate aeolian sand sheets, *Journal of Sedimentology*, 33(6): 795-816.

Wind regime characteristics and sand transport potential in Sarakhs Erg

H.R. Abbasi^{1*}, M.T. Kashki², M.R. Rahdari³, A. Gohardoust⁴ and S. Lotfinasabasl⁵

- 1*- Corresponding author, Research Instructor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: abbasi.hamidreza@ymail.com
2- Assistant Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Training Center of Khorasan Razavi, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran
3- Assistance Professor, Agriculture and Natural Resources Faculty, University of Torbat Heydarieh, Iran
4- Researcher, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
5- Assistant Professor, Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: 12/18/2019

Accepted: 08/16/2020

Abstract

The purpose of this study was to investigate the characteristics of wind regime and sand transport potential in the Sarakhs Erg, located in the north-eastern corner of Iran. Accordingly, using the data of wind speed and direction (1978-2016) of the Sarakhs synoptic station, the potential of sand transport (DP), Resultant Drift Potential (RDP), Resultant Direction Drift (RDD), and the ratio of RDP/DP were calculated using Fryberger-Dean (1979) method. Also, the characteristics of erosive winds and temporal changes were investigated based on sand transport (DP) potential. The results showed that the dominant wind direction and the sandy wind were northwest. Agricultural lands, especially in the fall season, as well as the sediments of the Tajan Border River, were the sources of wind sediments. In general, wind energy in the Sarakhs region based on the sand transport (DP) potential is put in the low class (DP=193 v.u) with the highest and the lowest in July and November, respectively. On the other hand, sand discharge capacity based on the average sand carrying potential (DP = 193 v.u) for this range was estimated to be about 13.51 m³ in width. Field studies and satellite images showed that sand and nebka zones were two main forms of wind sediments in Sarakhs Erg sediments.

Keywords: Wind regimen, sand transportation potential, Sarakhs Erg.