جغرافیا و توسعه شماره ۲۵ زمستان ۱۳۹۰
وصول مقاله : ۱۳۸۹/۵/۲۹
تأیید نهایی : ۱۳۹۰/۳/۲۹
صفحات : ۱۹۶-۱۷۹

# تأثیرتوزیع قطر و فراوانی ذرات ماسه در تغییر شکل اجزای اصلی برخان
## مطالعه موردی: برخان‌های مرنجاب

قاسم لرستانی[۱]، علی شهریار[۲]، دکتر مهران مقصودی[۳]

## چکیده

بند ریگ کاشان یکی از معدود پهنه‌های ماسه‌ای بزرگ ایران با تنوع اشکال ماسه‌ای می‌باشد که در جنوب دریاچه‌ی نمک قرار دارد. محدوده‌ی مورد مطالعه بخشی از بند ریگ کاشان در جنوب غرب مرنجاب با مساحت ۱/۲۷۲ کیلومتر مربع می‌باشد. در این تحقیق ۳۰ برخان نمونه و تیپیک انتخاب شدند. روش کار مبتنی بر مشاهدات میدانی و نمونه‌گیری از ماسه‌ها در نواحی پیشانی،دم، بازوی راست و چپ برخان‌های مورد مطالعه در دو مرحله‌ی زمانی مرداد و اسفند ۱۳۸۷ است و با استفاده از تکنیک دانه‌سنجی ذرات ماسه طبقه بندی و فراوانی آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

هدف از این مطالعه بررسی تغییرات فصلی قطر ذرات ماسه و تأثیر آن بر شکل هندسی برخان‌های منتخب بوده است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که به دلیل تغییر در جهت، سرعت و فراوانی وزش باد در طول سال، تغییراتی در پراکنش قطر ذرات ماسه در اجزای اصلی برخان رخ می‌دهد که منجر به تغییر شکل هندسی دم، پیشانی، بازوی راست و چپ برخان می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** دانه‌سنجی،قطرذرات، فراوانی، برخان، مرنجاب و بندریگ کاشان.

### مقدمه

امروزه باد یکی از عوامل مؤثر در فرسایش و جابجایی مواد در نقاط مختلف جهان از جمله ایران به‌شمار آمده و به عنوان یکی از عوامل دینامیک مؤثر بر سطح زمین می‌باشد که در فرسایش خاک، هوازدگی و تجزیه‌ی آن مؤثر است به طوریکه اگر باد وجود نداشته باشد، هر چقدر ماسه در منطقه فراهم باشد، تپه‌های ماسه‌ای تشکیل نخواهد شد *(احمدی،۱۳۸۷:۳۳۳)*. ذرات حاصل از فرسایش باد بسته به موقعیت مکانی و اندازه‌ی ماسه‌ها، لیتولوژی سرمنشاء

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تهران gh.lorestani@gmail.com
۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تهران (نویسنده مسؤول) a.shahriar_82@yahoo.com
۳- دانشیار جغرافیا دانشگاه تهران maghsoud@ut.ac.ir

ماسه‌ها، موقعیت عمومی و محلی و همچنین دخالت فعالیت‌های انسانی،در فاصله‌های متفاوتی برجا گذاشته می‌شود *(پیوو، ۱۹۸۱:۳۰۳)*[1]. با توجه به اینکه سرعت باد در زمان‌های مختلف تغییر می‌یابد، به تبع آن باید میزان اثر باد بر روی ماسه‌ها و تغییر شکل آنها نیز متفاوت باشد که این تفاوت می‌تواند هم در شکل و هم در اندازه دانه‌های ماسه متفاوت باشد. از طرفی ماسه‌های بادی در مناطق خشک بسته به شرایط محیطی منطقه باعث ایجاد اشکال مورفولوژیکی متفاوتی می‌گردند که یکی از این اشکال ژئومورفولوژیکی برخان می‌باشد. برخان تپه منفرد هلالی شکلی است و زمانی ایجاد می‌گردد که باد دارای جهت یکسانی باشد. از این واژه تلفظ‌های متعددی همچون برکن[2]، برخانه[3]، برکان[4] و برکهن[5] ارایه شده است *(گلن،۱۹۷۹:۴۰۲)*[6]. برخان‌ها دارای اجزای اصلی پیشانی، دم، بازوی راست و چپ می‌باشند. اجزای مذکور به مرور زمان دستخوش تغییرات شکلی متعددی می‌شوند. شناسایی علل این تغییرات می‌تواند ما را در فهم هرچه بیشتر تحول برخان و محیط پیرامونی آن رهنمون باشد.

## پیشینه‌ی تحقیق

بعد از اولین تحقیقات انجام شده در ارتباط با پارامترهای مربوط به اندازه‌ی ذرات در دهه ۱۹۳۰، در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ قرن بیستم تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفت که بیشتر این تحقیقات به منظور درک ویژگی‌های ذرات ماسه بر درشتی و ریز بودن ماسه‌ها تأکید شده است *(فولک، ۱۹۷۱:۵)*[7]. در اکثر این تحقیقات به بررسی الگوهای انتقال رسوبات بادی و رفتار دینامیکی رسوبات می‌پرداختند تا اینکه در اوایل دهه ۱۹۸۰ این گونه مطالعات بیشتر بر روی پارامترهای مشخصی از قبیل میانگین قطر ذرات، جور شدگی و کشیدگی دانه‌های رسوب متمرکز گردید. به‌طوری‌که مک‌لارن[8] *(۱۹۸۱:۶۲۰)* اولین مدل را در ارتباط با انتقال رسوب ارایه داد که بیشتر بر اساس مطالعه و ترکیب پارامترهای آماری استوار بود.

تحلیل‌های گرانولومتریک یکی از ابزارهای متداول در تعیین منشاء و شناخت‌های ماسه‌ای بادی و تحقیقات کویرزدایی به شمار می‌رود که برای رسیدن به این امر، از پارامترهای مربوط به اندازه‌ی ذرات ماسه و همچنین تحلیل‌های آماری همچون میانگین، انحراف معیار،

---

**1-Pewe**
**2-Barcan**
**3-Barchane**
**4-Barkan**
**5-Barkhan**
**6-Gelen**
**7-Folk**
**8-Mc Laren**

کشیدگی، چولگی و... استفاده می‌گردد *(گانگ و همکاران، ۲۰۰۴: ۱)*[1]. تغییر در اندازه‌ی ذرات ماسه فاکتور مهمی به منظور درک مورفولوژی در ماسه‌های در دسترس و فرایندهای دینامیک شکل‌دهنده‌ی تپه‌های ماسه‌ای، از قبیل ، پوشش گیاهی و... و فاصله‌ی آنها از منابع ماسه می‌باشد *(باگنولد و بارندورف[2]، ۱۹۸۰: ۱۹۶، تسور[3]، ۱۹۸۶: ۲ و لنکستر[4]، ۱۹۸۵: ۳ باگنولد ۱۹۳۷: ۲۵۶)*. طبق مطالعات انجام گرفته، میانگین اندازه‌ی ذرات ماسه‌های بادی با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای بادی تغییر می‌کند. به عنوان مثال در تحقیقات انجام شده توسط فولک *(۱۹۷۱: ۵۳)*، واتسون[5] *(۱۹۸۶: ۶۵)*، لیوینگستون[6] *(۱۹۸۷: ۲۹۰)* و لنکستر[7] *(۱۹۸۹: ۲)* تاج تاج برخان، از ذرات درشت‌تری نسبت به پهلوهای برخان برخوردار است. در حالیکه در تحقیقات ویسون[8] *(۱۹۸۳: ۱۹۳)* و توماس[9] *(۱۹۸۸: ۵۵۰)*، ذرات ماسه تاج برخان نسبت به پهلوهای یک برخان ریزتر می‌باشند.

زادی و همکاران[10] *(۲۰۰۸: ۳)* با استفاده از روش‌های گرانولومتری و میکرومورفولوژی به مطالعه‌ی ماسه‌ها در دشت یامین واقع در قسمت شرقی بیابان نجیو اسرائیل پرداختند. آنها برای این منظور از پارامترهای مختلفی از قبیل شکل و اندازه ذرات و همچنین مقدار کشیدگی ذرات ماسه استفاده نمودند که با استفاده از روش‌های توزیع آماری در تحلیل داده‌ها به بررسی دقیق تفاوت‌های گرانولومتری شکل برخان پرداختند که تفاوت معناداری بین اندازه‌ی ذرات برخان و فرایندهای بادی در فصول مختلف را نشان می‌داد. در ایران نیز تحقیقاتی در مورد ماسه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای انجام گردیده است. برای مثال گروهی از محققان به بررسی تپه‌های ماسه‌ای و تهیه‌ی نقشه‌های ژئومورفولوژی از آنها پرداخته‌اند که می‌توان به تهیه‌ی نقشه‌ی ژئومورفولوژی ارگ اشکذر (یزد) به وسیله‌ی آقای کاظمی‌نژاد در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد *(کاظمی‌نژاد، ۱۳۷۱)* و تهیه‌ی نقشه‌ی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای منطقه حسن‌آباد بافق توسط کبریایی اشاره نمود *(کبریائی، ۱۳۷۱)*. معتمد نیز در تحقیقی تحت عنوان بررسی منشاء و نحوه‌ی انتشار ماسه‌ها در حوزه‌ی شمال کاشان، به بررسی مورفولوژی عمومی تپه‌های ماسه‌ای در این ناحیه پرداخته است *(معتمد، ۱۳۶۷)*. اختصاصی در حوضه دشت یزد- اردکان

---

**1-Gung & et al**
**2-Bagnold& Barndorff**
**3-Tsoar**
**4-Lancaster**
**5-Watson**
**6-Livingstone**
**7-Lancaster**
**8-Wasson**
**9-Thomas**
**10-Zaady & et al**

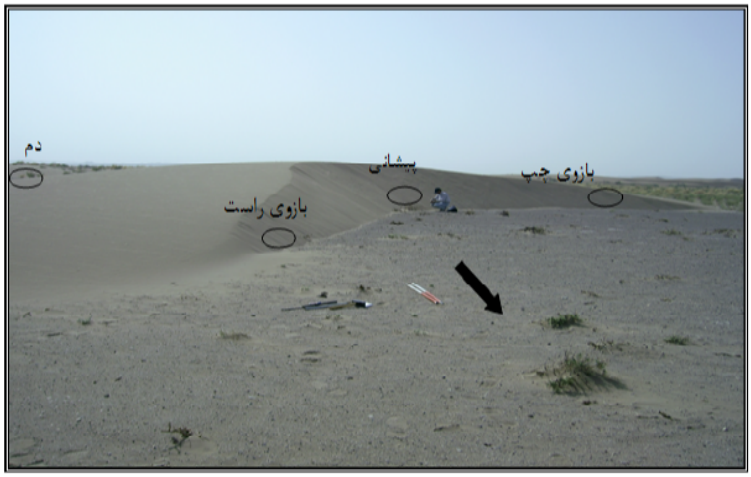
در قالب پایان‌نامه دکتری به بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی تپه‌های ماسه‌ای در دشت یزد- اردکان پرداخته و بعد از تهیه‌ی نقشه مورفولوژی تپه‌های ماسه ای از روی عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای طی عملیات صحرایی، پارامترهای کمّی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای را تعیین نموده و اولویت‌های تثبیت تپه‌های ماسه‌ای را تعیین نمود *(اختصاصی،۱۳۸۳)*.

در منطقه‌ی مورد مطالعه وجود برخان‌های تیپک منفرد با ارتفاع پیشانی کمتر از ۲ متر تا بیشتر از ۵ متر با تغییر شکل مشخص و مشهود اجزای اصلی تشکیل‌دهنده‌ی برخان در طی سال انگیزه‌ای شد تا با دانه‌سنجی و طبقه‌بندی قطر ذرات ماسه تشکیل‌دهنده‌ی برخان، به دلایل تغییر شکل هندسی این عارضه مورفولوژیک در جنوب مرنجاب پرداخته شود.

## مواد و روش‌های تحقیق

برای انجام پژوهش در زمینه‌ی دانه‌سنجی اجزای اصلی برخان و تأثیر آن بر تغییر شکل برخان، ابتدا آمار سرعت و جهت باد ایستگاه هواشناسی سینوپتیک کاشان طی دوره‌ی ۴۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۶۶) جهت تجزیه و تحلیل ویژگی‌های مؤثر باد بر انتقال ذرات ماسه و ارتباط آن با قطر ذرات و چگونگی قدرت حمل ماسه از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد.

در مرحله‌ی بعد نمونه‌برداری از اجزای مؤثر بر شکل برخان (پیشانی، بازوی راست، بازوی چپ و دم) در ۳۰ برخان منتخب با ثبت مکانی نمونه‌برداری با GPS انجام گرفت. سعی بر آن بوده تا نمونه‌ها در شرایط یکسان برداشت شوند لذا محل نمونه‌برداری برای بازوی چپ، بازوی راست و پیشانی در داخل انحنای داخلی و برای دم برخان نیز از انتهای دم کمی بالاتر از سطح زمین بوده است. محل اخذ نمونه‌ها با جانمایی موقعیت نسبی نمونه‌گیری در شکل شماره‌ی ۱ آمده است. برای مشخص نمودن زمان نمونه‌برداری ذکر این نکته ضروری است که جهات اصلی بادهای غالب منطقه با سرعت بیش از ۵ نات به مدت ۹ ماه از سال در فاصله‌ی اردیبهشت تا دی‌ماه شمال و شمال شرقی با سرعت میانگین ۶ نات بوده و در سه ماه دی تا فروردین با جهت غربی و سرعت میانگین ۱۰.۲ نات بوده است، لذا ترجیح دادیم نمونه‌برداری از اجزای اصلی برخان را در دو زمان مرداد به عنوان ماه منتخب بادهای شمال و شمال‌شرقی و اسفند به عنوان نماینده بادهایی با جهت غربی انجام دهیم که در نهایت ۱۲۰ نمونه در مردادماه و ۱۲۰ نمونه در اسفندماه از ۳۰ برخان منتخب به آزمایشگاه منتقل شدند و با تکنیک گرانولومتری، نمونه‌ها توسط دستگاه Shaker طبقه‌بندی شد تا تغییرات فصلی قطر و فراوانی ذرات ماسه در هر یک از اجزای مؤثر شکل برخان تجزیه تحلیل گردد.




**شکل ۱: موقعیت نسبی محل اخذ نمونه ا از برخان شماره یازده** [۱]

*مأخذ: نویسندگان*

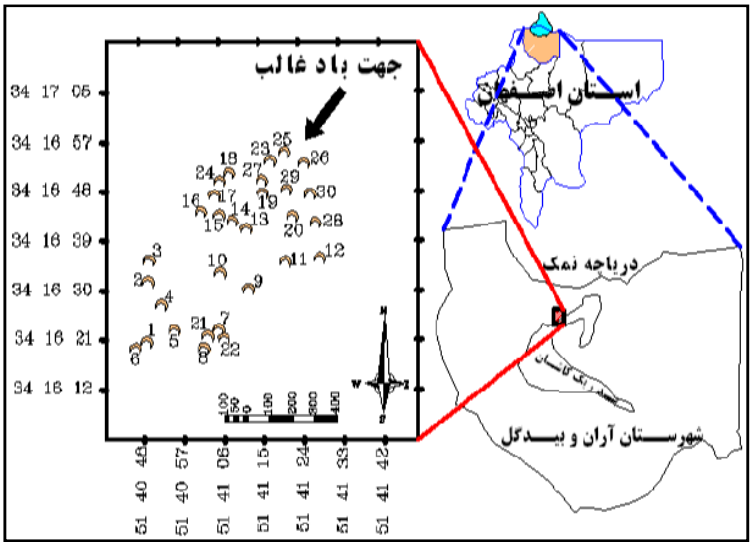
در پایان، نتایج مطالعه تکنیک‌های گرانولومتری و روش‌های آماری جهت مقایسه قطر ذرات ماسه در هر یک از اجزای برخان در دو مرحله زمانی فوق‌الذکر استخراج و میزان تأثیر توزیع فراوانی قطر ذرات ماسه در تغییر شکل برخان‌های منتخب مشخص گردد.

## منطقه مورد مطالعه

برخان‌های مورد مطالعه در طول جغرافیایی ´´۴۵´۴۰°۵۱ تا ´´۴۵´۴۱°۵۱ درجه شرقی و عرض ´´۰۵´۱۷°۳۴ تا ´´۱۲´۱۶°۳۴ درجه شمالی در جنوب دریاچه نمک و جنوب غرب ریگ مرنجاب و در فاصله ۳۰ کیلومتری از شهر آران و بیدگل قرار دارد. ابعاد این منطقه ۱۲۰۰ در ۱۰۶۰ مترمربع و به عبارتی ۱/۲۷۲ کیلومتر مربع می‌باشد. این منطقه بخشی از بند ریگ کاشان یا ریگ بلند کاشان، پهنه‌ای ماسه‌ای به مساحت تقریبی ۸۳۰ کیلومتر مربع می‌باشد که شهرهایی چون کاشان، آران و بیدگل، راوند و تعدادی آبادی‌های کوچک و بزرگ همراه با اراضی زراعی در قسمت‌های غرب و جنوبی این پهنه ماسه‌ای بزرگ تجمع نموده‌اند. میانگین حداکثر درجه حرارت از ۱۰/۲ درجه سانتیگراد در دیماه تا ۴۰/۸ درجه سانتیگراد در تیرماه متغیّر است. این درحالی است که میانگین حداقل درجه حرارت در دی‌ماه با ۰/۳- درجه سانتیگراد و در تیرماه ۲۴/۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. بیشترین توزیع بارندگی در ماههای آبان تا اردیبهشت می‌باشد. حداکثر بارندگی ماهانه در دی‌ماه با ۲۶/۳ میلیمتر و متوسط بارندگی سالیانه حدود ۱۳۸/۴ میلیمتر به ثبت رسیده است.

---

۱- مرحله اول نمونه‌برداری در ۱۳۸۷/۵/۱۳ با باد غالب شمال شرقی که با پیکان توپر (⬅) نشان داده شده است که کشیدگی ماسه‌ها در پناه‌بوته‌ها جهت‌باد را نشان می‌دهد.علامت بیضی توخالی (○) نشان‌دهنده‌ی محل برداشت نمونه‌ها در اجزای اصلی برخان می‌باشد. لازم به ذکر است که مکان نمونه‌برداری در مرحله دوم نمونه برداری در ۱۳۸۷/۱۲/۱۷ مشابه مرحله‌ی اول نمونه‌برداری بوده است.




| شماره برخان | ارتفاع پیشانی | مساحت برخان (متر مربع) | شماره برخان | ارتفاع پیشانی | مساحت برخان (مترمربع) | شماره برخان | ارتفاع پیشانی | مساحت برخان (مترمربع) | شماره برخان | ارتفاع پیشانی | مساحت برخان (مترمربع) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3.65 | 1320 | 9 | 1.93 | 870 | 17 | 5.09 | 2750 | 25 | 5.22 | 2465 |
| 2 | 5.22 | 1400 | 10 | 1.52 | 181 | 18 | 4.75 | 2380 | 26 | 4.45 | 2350 |
| 3 | 4.37 | 1615 | 11 | 1.88 | 754 | 19 | 4.95 | 2575 | 27 | 4.39 | 2275 |
| 4 | 3.67 | 1250 | 12 | 2.48 | 1040 | 20 | 5.15 | 2990 | 28 | 4.83 | 1750 |
| 5 | 4.42 | 1570 | 13 | 5.18 | 1423 | 21 | 2.93 | 1528 | 29 | 3.57 | 1890 |
| 6 | 4.76 | 1718 | 14 | 3.88 | 1772 | 22 | 4.88 | 2480 | 30 | 3.91 | 1823 |
| 7 | 4.64 | 1625 | 15 | 4.23 | 2710 | 23 | 5.21 | 2994 | | | |
| 8 | 2.85 | 1110 | 16 | 4.75 | 3920 | 24 | 4.74 | 2760 | | | |

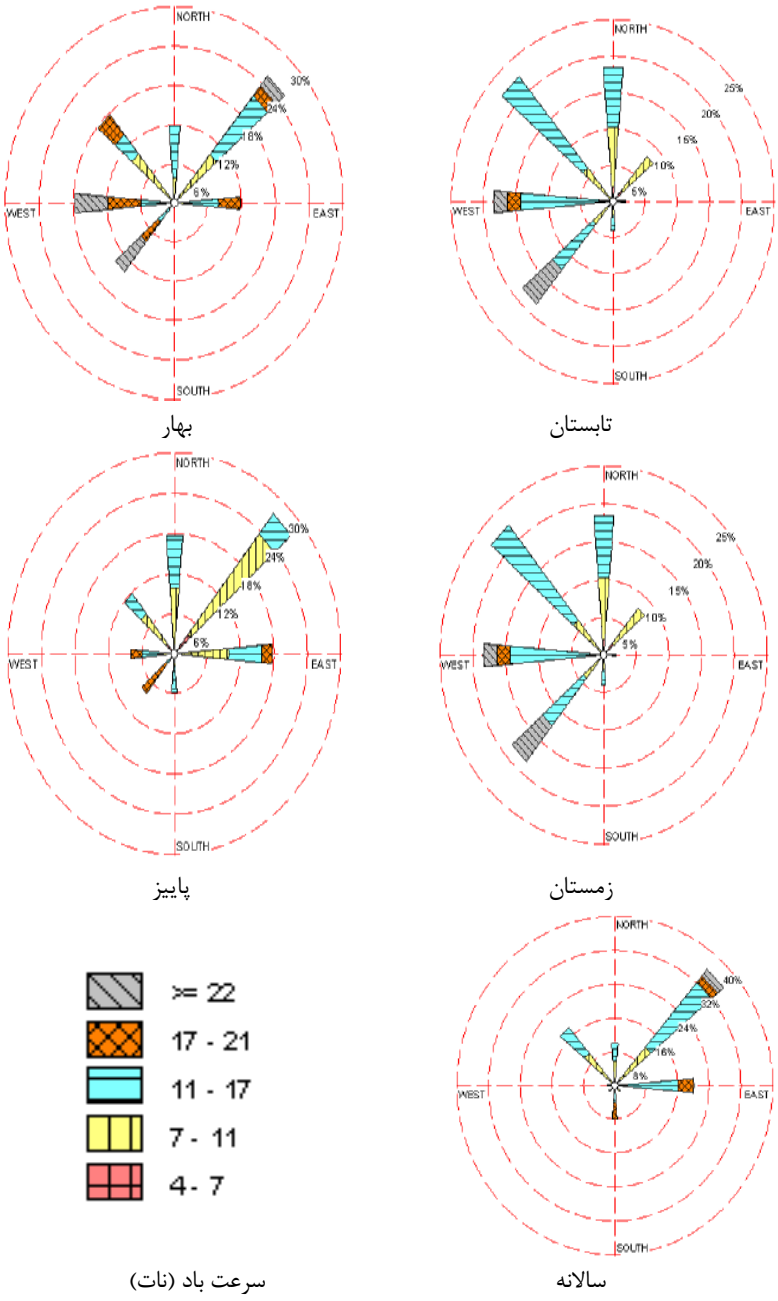
**شکل۲ : موقعیت و مختصات برخان‌های منتخب به همراه ارتفاع پیشانی و مساحت آنها**

*مأخذ: نویسندگان*

## وضعیت بادهای منطقه

در این مطالعه از آمار ۴۰ساله باد ایستگاه سینوپتیک کاشان طیّ سال‌های (۲۰۰۵-۱۹۶۶) استفاده شده است. با استناد به آمار مذکور ۸۴.۹٪ میانگین سالیانه بادهای منطقه در رده بادهای آرام با سرعت‌های کمتر از ۵ نات می‌باشد که حداکثر باد آرام در آذرماه با ۹۵.۴٪ و حداقل آن در اردیبهشت‌ماه با فراوانی ۷۵.۵٪ قرار دارد که به دلیل عدم تأثیر و ناتوانی در حرکت ذرات ماسه در تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم گلباد از آن صرف‌نظر می‌شود. از میانگین کل ۲۲۷۷ دفعه باد مشاهده شده سالیانه، ۱۵.۱٪ معادل ۳۴۴ دفعه باد مشاهده شده در رده

بادهای با سرعت بالای ۵ نات قرار می‌گیرند. حداکثر سرعت بادهای غالب ماهیانه در اسفندماه با ۱۰.۲ نات و حداقل آن در مهرماه ۵ نات با میانگین سالیانه ۶.۵ نات در طیّ دوره ۴۰ ساله آماری گزارش شده است. میانگین سالیانه جهت باد غالب شمال شرقی (°۴۵) می‌باشد که طیّ مدت ۷ ماه از سال در خردادماه تا آذرماه با میانگین سرعت باد غالب ۶ نات در جهت NE می‌وزد. جهت باد غالب در ماههای دی و اردیبهشت شمالی (°۳۶۰) با میانگین سرعت ۶.۱ نات می‌باشد و طی سه‌ماه بهمن تا فروردین جهت باد غالب غربی (°۲۷۰) با حداکثر سرعت باد ۱۰.۲ نات و میانگین فراوانی مشاهده شده ۱۹۳ بار در اسفندماه رصد شده است. میانگین سالیانه حداکثر بادهای سریع به ثبت رسیده با سرعت ۴۱ گره با حداقل صفر و حداکثر ۲۸ روز در سال و میانگین دو روز در سال با بیشترین فراوانی جهت غربی (°۲۶۰) در خردادماه به سمت منطقه‌ی مورد مطالعه می‌وزد که پس از آن‌حداکثر فراوانی بادهای سریع ازجهت جنوب غرب، شمال، شمال شرقی و غرب می‌باشد که تأثیر بسزایی در حرکت ذرات ماسه و شکل‌زایی برخان دارد.




**شکل ۳: گلباد فصلی و سالانه ایستگاه سینوپتیک کاشان طیّ سال‌های ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵**

## تجزیه و تحلیل ماسه‌های بادی

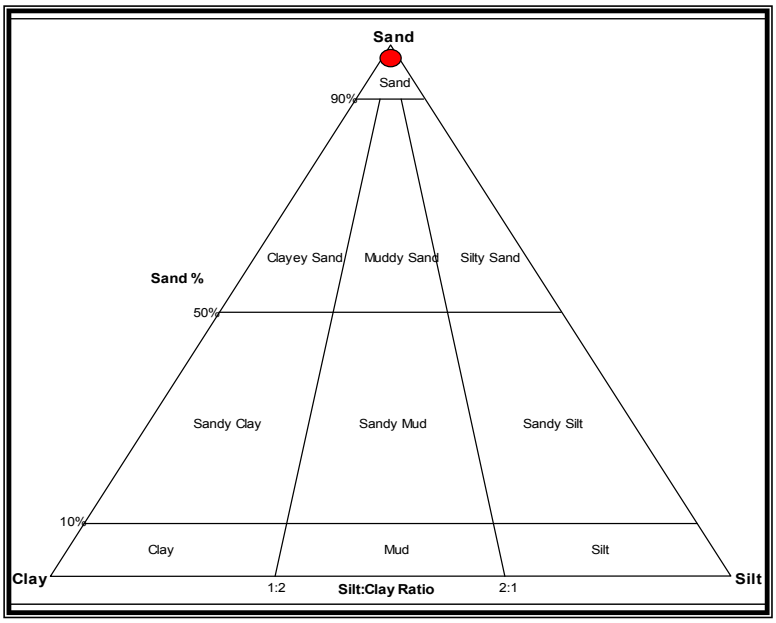
### طبقه‌بندی اندازه ذرات

جهت طبقه‌بندی اندازه‌ی ذرات ماسه‌های بادی از مدل ادن[1] *(۶۸۶:۱۹۱۴)* و ونت‌ورث ۲ *(۳۸۸:۱۹۲۲)* استفاده شده که نتایج آن به تفکیک مراحل نمونه‌گیری در مرداد و اسفند ۱۳۸۷ و محاسبه‌ی میانگین نمونه‌ها در اجزای اصلی برخان در جدول شماره‌ی ۱ آمده است.

**جدول ۱: طبقه‌بندی اندازه ذرات با استفاده از تقسیم‌بندی ونت ورث در نمونه‌های منتخب**

| اجزای برخان | پیشانی برخان (درصد) | | بازوی راست (درصد) | | بازوی چپ (درصد) | | دم برخان (درصد) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| طبقه‌بندی دانه | ۸۷/۵/۱۳ | ۸۷/۱۲/۱۷ | ۸۷/۵/۱۳ | ۸۷/۱۲/۱۷ | ۸۷/۵/۱۳ | ۸۷/۱۲/۱۷ | ۸۷/۵/۱۳ | ۸۷/۱۲/۱۷ |
| ماسه خیلی‌درشت | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰/۲ | ۰ | ۰/۱ |
| ماسه درشت | ۰/۱ | ۱/۴ | ۱ | ۰/۹ | ۰/۳ | ۲۱/۷ | ۰/۳ | ۱۰/۸ |
| ماسه متوسط | ۳۸ | ۶۹/۸ | ۶۸/۶ | ۶۰/۵ | ۵۰ | ۵۱ | ۴۴/۶ | ۵۳/۸ |
| ماسه ریز | ۵۹/۸ | ۲۶/۴ | ۲۵/۶ | ۳۶/۴ | ۴۶/۱ | ۲۵ | ۵۲/۲ | ۳۲/۶ |
| ماسه خیلی‌ریز | ۲/۱ | ۲/۴ | ۴/۸ | ۲/۲ | ۳/۶ | ۲/۱ | ۲/۹ | ۲/۶ |

*مأخذ: نویسندگان*




**شکل ۴ : نمودار هرمی تعیین بافت رسوب در نمونه‌های اخذ شده**

*(دایره توپر ( ● ) در راس هرم نشان از بافت ۱۰۰٪ ماسه دارد)*

*مأخذ: نویسندگان*

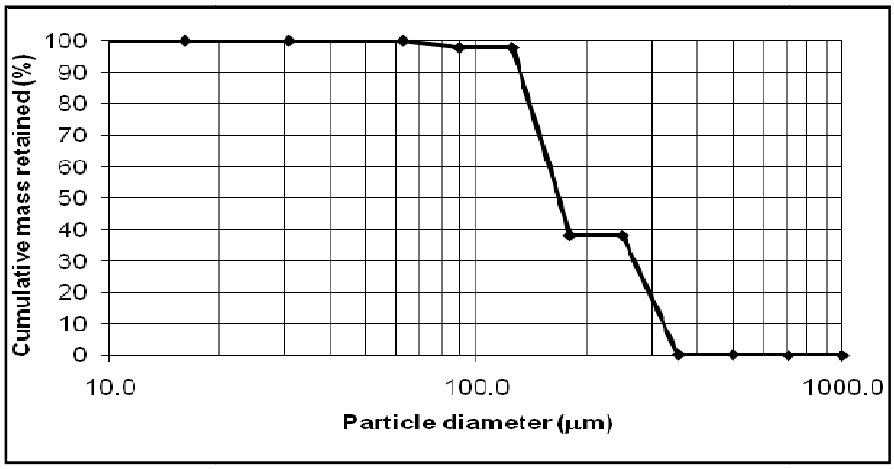
**1-Udden**
**2-Wentworth**

از جدول شماره‌ی یک چنین برمی‌آید که ماسه‌های خیلی درشت (بالای یک میکرون) فقط در نمونه‌گیری اسفند ۱۳۷۸ از بازوی چپ و دم برخان قابل مشاهده است و ماسه درشت (۱۰۰۰-۵۰۰ میکرون) نیز بیشترین فراوانی را به ترتیب در بازوهای چپ و دم برخان در اسفندماه به خود اختصاص داده‌اند که با آمار حداکثر سرعت باد ماهانه که در اسفندماه رخ می‌دهد کاملاً منطبق می‌باشد. این درحالی است که بیشترین فراوانی را در جدول طبقه‌بندی اندازه ذرات می‌توان در ماسه‌های متوسط و ریز در تمام اجزای برخان رویت نمود. لازم به ذکر است که ماسه‌های خیلی ریز در تمامی اجزای برخان فراوانی مشابهی دارند. در ادامه نمودار هرمی (شکل شماره ۴) که با استناد به آن میزان مشارکت رس، سیلت و ماسه در بافت رسوب مشخص می‌شود آمده است. همانطوری‌که از نمودار مذکور استنباط می‌شود نمونه‌های منتخب دارای بافت ۱۰۰ درصدی ماسه می‌باشند.

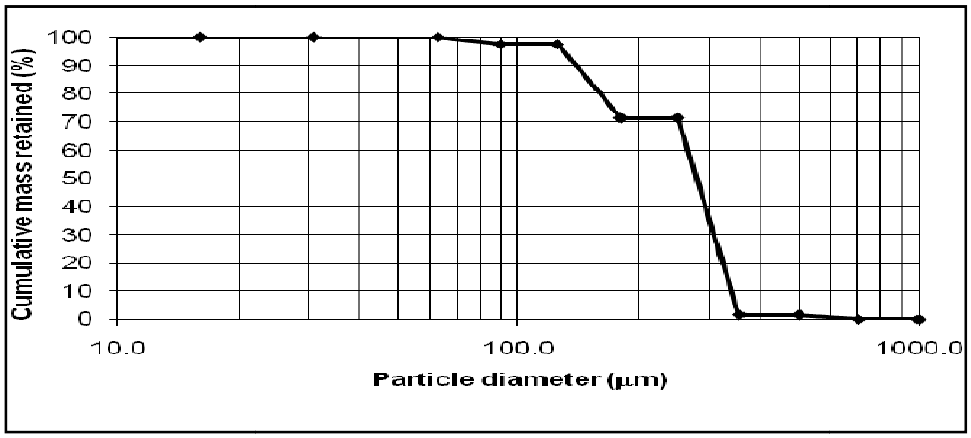
## بررسی قطر ذرات ماسه و فراونی آن در اجزای اصلی برخان پیشانی برخان

در اسفندماه در ناحیه‌ی پیشانی برخان ذرات ماسه با قطر ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ میکرون ۷۱.۳٪ کل نمونه و درمردادماه ذرات‌ماسه با قطر فوق‌الذکر ۲۸.۱٪ نمونه‌ها را به‌خود اختصاص داده‌اند. ذرات ماسه با قطر ۶۳ تا ۲۵۰ میکرونی در نمونه‌های اسفندماه ۲۸.۸٪ فراوانی‌ها و در مردادماه ۶۱.۰٪ فراوانی را به‌نام خود ثبت نموده‌اند.

مرداد ۱۳۸۷



اسفند ۱۳۸۷

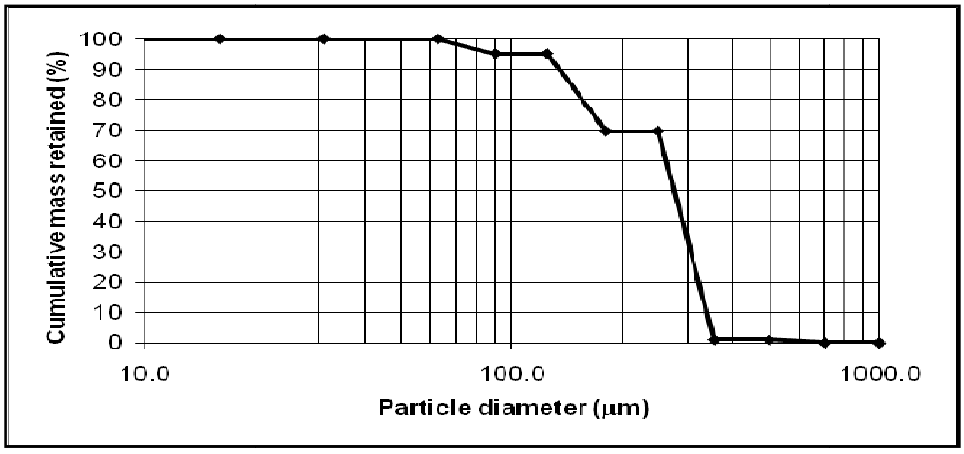



**شکل ۵: فراوانی قطر ذرات ماسه در پیشانی برخان در مرداد و اسفند ۱۳۸۷**

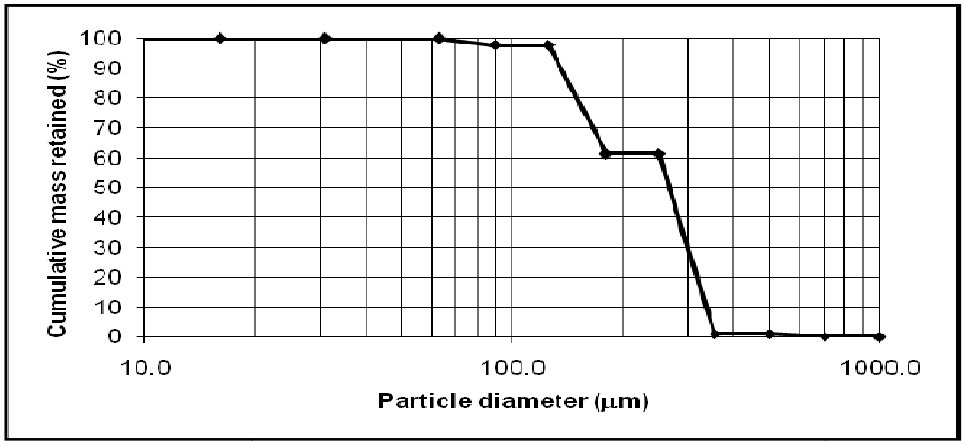
*مأخذ: نویسندگان*

در ناحیه‌ی پیشانی برخان‌های مورد مطالعه با توجه به وزش بادهای غالب با جهت غربی و حداکثر سرعت وزش آن در اسفندماه، درصد فراوانی بالاتری از ذرات ماسه با قطر ۲۵۰ تا ۱۰۰۰میکرون در نمونه‌گیری‌های انجام شده نسبت به مردادماه مشاهده می‌شود. همچنین ذرات ماسه با قطر ۶۳ تا ۲۵۰ میکرونی در نمونه‌های اسفندماه فراوانی کمتری نسبت به نمونه‌گیری مردادماه را به ما خاطرنشان می‌سازد که این نیز با سرعت بادهای غالب منطقه و آستانه‌ی حمل ماسه توسط باد، مطابقت نشان می‌دهد.

مرداد ۱۳۸۷



اسفند ۱۳۸۷



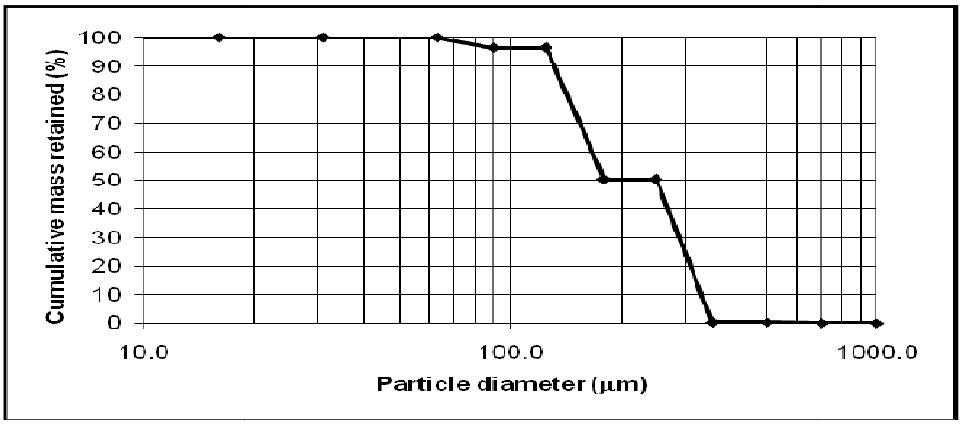

**شکل ۶: فراوانی قطر ذرات ماسه در بازوی راست برخان در مرداد و اسفند ۱۳۸۷**

*مأخذ: نویسندگان*

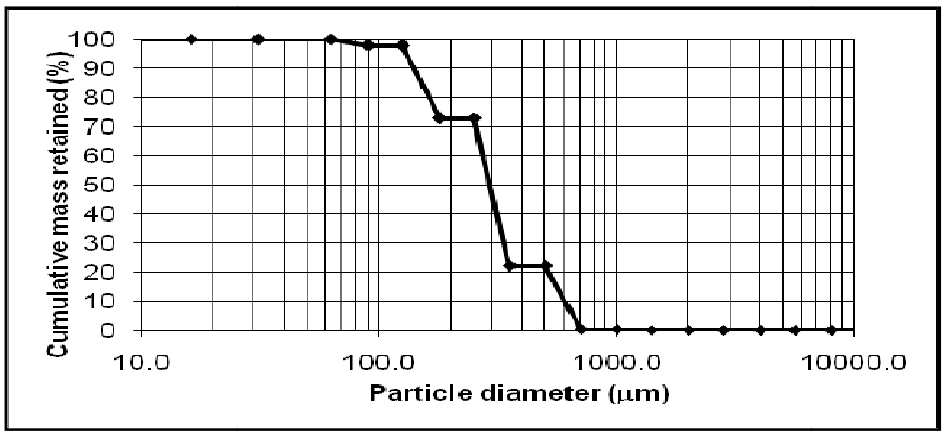
## بازوی راست

در برخان‌های مورد مطالعه در اسفندماه نمونه‌های انتخابی از بازوهای راست با قطر ذرات ماسه ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ میکرون با ۶۱.۴٪ فراوانی و در مردادماه با ۶۹.۶٪ و ذرات ماسه با قطر ۶۳ تا ۲۵۰میکرون در نمونه‌های اسفندماه ۳۸.۶٪ ازکل نمونه‌ها و در مردادماه ۳۰.۴٪ کل نمونه‌ها را تشکیل داده‌اند. در نمونه‌های انتخابی از بازوهای راست دلیل فراوانی کمتر ذرات ماسه ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ میکرونی در اسفندماه نسبت به مردادماه بدین صورت قابل تفسیر می‌باشد که در اسفندماه، با جهت باد غالب غربی (۲۷۰°)، از حجم ذرات درشت‌دانه در بازوی راست کاسته شده و درصد بیشتری از فراوانی ماسه‌های درشت دانه به بازوی چپ منتقل می‌شود و در مردادماه که جهت باد غالب منطقه (۴۵°) شمال شرقی می‌باشد، ماسه‌های درشت‌دانه با قطر فوق‌الذکر از بازوی چپ به بازوی راست منتقل می‌شود و بر عکس حالت رخ داده دراسفندماه ایجاد می‌شود. ذرات ماسه با قطر ۶۳ تا ۲۵۰ میکرون در نمونه‌های اسفند ماه فراوانی بیشتری نسبت به مردادماه را نشان می‌دهند که با سرعت بادهای غالب و بادهای حداکثر در منطقه همخوانی دارد.

مرداد ۱۳۸۷




اسفند ۱۳۸۷




**شکل ۷: فراوانی قطر ذرات ماسه در بازوی چپ برخان در مرداد و اسفند ۱۳۸۷**

*مأخذ: نویسندگان*

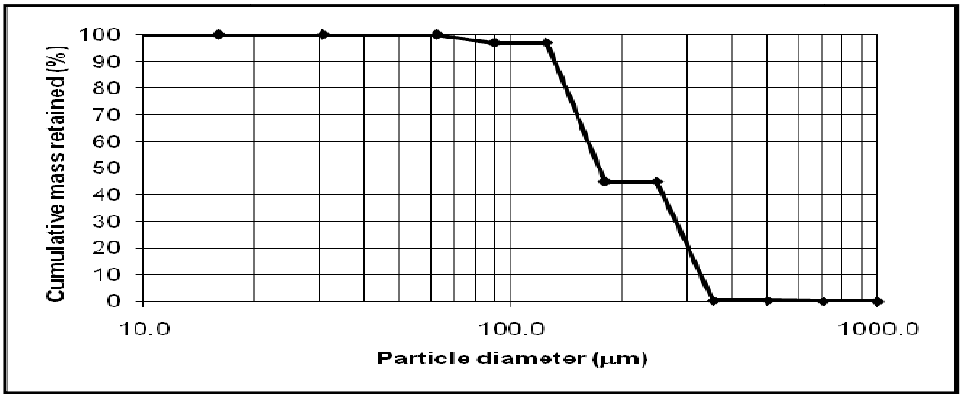
## بازوی چپ

در اسفندماه ۷۲.۹٪ نمونه‌های منتخب با قطر ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ میکرون در بازوی چپ فراوانی دارند و در مردادماه این فراوانی به ۵۰.۳٪ می‌رسد. ذرات ماسه با قطر ۶۳ تا ۲۵۰ میکرون در اسفندماه ۲۷.۱٪ و در مردادماه ۴۹.۷٪ فراونی را به خود اختصاص دادند. تجزیه و تحلیل نمونه‌های موجود از بازوی چپ برخان درست برعکس استدلال بازوی راست‌برخان قابل توجیه است.

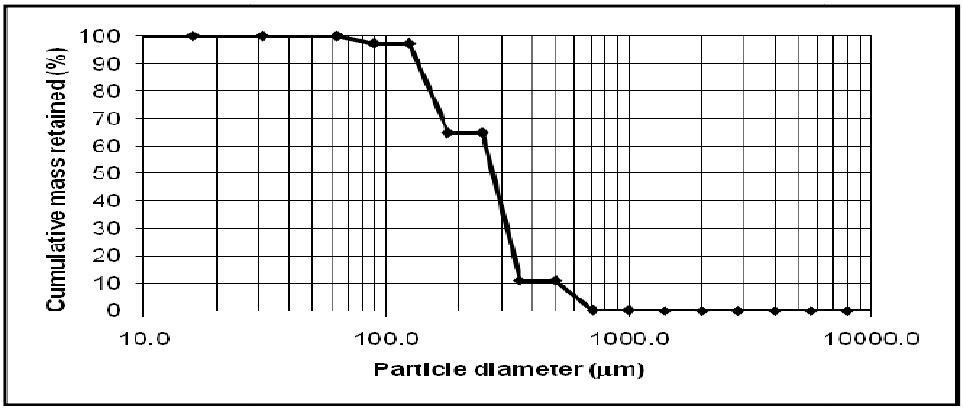
## دم برخان

نمونه‌های انتخابی از دم برخان با قطر ذرات ماسه ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ میکرون در اسفندماه با ۶۷.۳ ٪ فراوانی و در مردادماه با ۴۴.۹ ٪ فراوانی داشته‌اند و ذرات ماسه با قطر ۶۳ تا ۲۵۰ میکرون در نمونه‌گیری اسفندماه ۳۴.۸٪ از کل نمونه‌ها و در مردادماه ۵۵.۱٪ کل نمونه‌ها را تشکیل داده‌اند.

مرداد ۱۳۸۷




اسفند ۱۳۸۷




**شکل ۸: فراوانی قطر ذرات ماسه در دم برخان در مرداد و اسفند ۱۳۸۷**

*مأخذ: نویسندگان*

در اسفندماه نسبت به مردادماه بیشترین درصد فراوانی در نمونه‌های انتخابی از دم برخان در ذرات ماسه با قطر ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ میکرن با ۶۷/۳ درصد می باشد که در ذرات ماسه با قطر ۶۳ تا ۲۵۰ میکرون فراوانی در مردادماه نسبت به اسفندماه افزایش می‌یابد که این وضعیت با سرعت بادهای غالب و بادهای حداکثر در منطقه تطابق دارد.

**نتایج مطالعه**

از آمار باد ۴۰ساله ایستگاه سینوپتیک کاشان چنین استنباط می‌شود که حداکثر باد غالب ثبت شده دارای سرعت ۱۰.۲ گره در اسفندماه می‌باشد و این سرعت نیز هرگز نمی‌تواند در جابجایی ماسه‌های با قطر ۰.۱ تا ۲ mm شرکت نماید. این در حالی است که وجود ماسه با قطرهای فوق‌الذکر در منطقه باید با سرعت‌های بالا توجیه شود که با مراجعه به شاخص ارتباط قطر ذرات‌ماسه و سرعت‌های باد،سرعت لازم برای حرکت ماسه‌های درشت نمونه‌برداری شده باید بالای ۱۶ گره در ساعت باشد که آمار مذکور چنین بادی را نشان نمی‌دهد بنابراین به نظر می‌رسد به دلیل اختلاف ارتفاع نسبی تقریباً ۲۰۰متری برخان‌های مورد مطالعه با ایستگاه کاشان وجود پستی و بلندی‌های مختلف در طول مسیر، سرعت واقعی بادهای در حال وزش در ایستگاه کاشان قابل ثبت نبوده و واقعی به‌نظر نمی‌رسد *(یمانی، ۱۳۷۹:۱۳۰)*. همچنین به دلیل نزدیکی ایستگاه کاشان (فاصله ۳۰ کیلومتری) به برخان‌های مورد مطالعه و عدم وجود ایستگاه دیگری که بتوان به آمار آن استناد نمود تجزیه و تحلیل ذرات ماسه با استناد به آمار و اطلاعات ایستگاه مذکور صورت گرفته است. با این توضیح که به دلیل شرایط حاکم بر هر منطقه تغییراتی در توزیع قطر ذرات ماسه رخ می‌دهد که اجتناب‌ناپذیر بوده و نمی‌توان نتیجه‌گیری را به تمام پهنه‌های ماسه‌ای تعمیم داد. نتایج به دست آمده از بررسی دانه‌سنجی اجزای اصلی برخان به شرح زیر می‌باشد:

۱- بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که در تمام برخان‌های منتخب با توجه به تغییرات فصلی باد در اسفندماه، نسبت ذرات درشت دانه به ریزدانه در تمامی اجزای برخان به استثنای بازوی راست افزایش می‌یابد و در مردادماه این روند معکوس می‌شود. این موضوع با حداکثر سرعت بادهای منطقه که در ماههای بهمن تا فروردین از سمت غرب می‌وزد همخوانی داشته و قابل توجیه می‌باشد.

۲- در مجموع با نادیده گرفتن تغییرات فصلی در قطر ذرات ماسه، پیشانی برخان‌های مورد مطالعه، از ذرات ماسه ریزدانه‌تری نسبت به بازوی چپ، دم و بازوی راست برخان برخوردار است و به عبارتی به ترتیب از پیشانی به سمت بازوی راست، دم برخان و بازوی چپ از حجم ذرات ریزدانه کاسته شده و قطر ذرات‌ماسه، درشت‌دانه‌تر می‌شود. این تحقیق با یافته‌های فولک *(۵:۱۹۷۱)*، واتسون *(۶۵:۱۹۸۶)*، لیوینگستون *(۲۹۰:۱۹۸۷)* و لنکستر *(۲:۱۹۸۹)* مغایرت داشته و با پژوهش‌های صورت گرفته توسط توماس *(۵۵۰:۱۹۸۸)* همخوانی نسبی دارد. این موضوع بر حساسیت بالای پیشانی برخان نسبت به توزیع قطر ذرات ماسه دلالت دارد. از طرفی مشاهدات میدانی حاکی از تغییرات شکل بیشتر خط پیشانی نسبت به اجزای دیگر

برخان درطول سال در تمامی برخان‌های منتخب می‌باشد. در ماههای بهمن، اسفند و فروردین که جهت باد غالب برخلاف ماههای دیگر سال‌غربی است خط پیشانی اصلی برخان که در طول مدت نه ماه از سال به صورت منحنی مشخص و تیپیک درآمده است به دلیل تغییر در جهت وزش باد و به تبع آن تغییر در فراوانی قطر ذرات ماسه انحنای اصلی خود را از دست داده و با افزایش رفت و روب بادی، ماسه‌های درشت دانه از پیشانی به قسمت‌های دیگر برخان منتقل شده که با فراوانی ذرات ریزدانه، شیب ملایمی عمود بر خط پیشانی به سمت پایین دامنه‌ی پشت به باد برخان ایجاد شده و انحنای داخلی کمی در قسمت بالای خط پیشانی نمودار می‌شود که در برخی موارد به دلیل درصد بالای فراوانی ذرات ریزدانه تغییر شکل پیشانی به حدی است که دیگر نام برخان را بر عارضه‌ی مورد نظر نمی‌توان اطلاق نمود و شکل برخان بیشتر به تپه‌ای دوکی شکل بدون پیشانی شباهت دارد که فقط از طریق بازوی راست کشیده، بازوی چپ کوتاه و دم برخان قابل تشخیص است. تغییر شکل برخان از حالت ایجاد شده به شکل اصلی و تیپیک در طی ماههای اردیبهشت تا آذر با جهت باد غالب شمال‌شرقی و شمالی به تدریج شروع می‌شود. تداوم باد در طی ماههای مهر تا آذر با جهت شمال‌شرقی و عدم وجود بارش‌های شدید کوتاه‌مدت که نظم کلی شکل برخان را به هم می‌ریزد عاملی در شکل‌گیری برخان‌های نمونه و تیپیک با اجزای کاملاً مشخص می‌باشد *(شکل شماره ۱)*. این مسأله در برخان‌های منطقه‌ی مرنجاب عمومیت داشته و تنها در مواردی که پوشش گیاهی در مسیر حرکت برخان وجود داشته باشد یا شرایط رطوبتی خاک بالاتر از مناطق پیرامونی باشد تفاوت‌هایی در تغییر شکل پیشانی و اجزای دیگر برخان قابل رؤیت است.

۳- قطر ذرات و فراوانی آن در میزان حرکت برخان‌های منطقه و همچنین سرعت حرکت آن در فصول مختلف سال تأثیر چشمگیری دارد. هرچه قطر و فراوانی ذرات ریزدانه در فصول سال بیشتر باشد، میزان حرکت برخان بیشتر می‌باشد. به همین خاطر برخان‌های شماره ۱۰، ۱۱، ۹، ۸ و ۲۱ با ارتفاع پیشانی بین یک تا ۳ متر و به دلیل فراوانی ذرات ریزدانه‌تر سرعت حرکت بیشتری را برای برخان‌های نمونه به همراه دارند و آن به دلیل حجم بالای جابجایی ذرات ماسه با کمترین سرعت آستانه باد نسبت به برخان‌های با فراوانی ذرات درشت‌دانه می‌باشد. در تابستان به دلیل خشکی هوا و نبود رطوبت عملاً چسبندگی بین ذرات ماسه از بین رفته و اصطکاک بین دانه‌ها کم می‌شود و شرایط برای حرکت بیشتر ماسه‌ها فراهم می‌آید. چنین شرایطی در فصول بارندگی به دلیل چسبیدن ذرات ماسه به سطح زیربنای ثابت رسی و گچی در ماههای آبان تا اردیبهشت وجود ندارد و پیامد آن کاهش سرعت حرکتی برخان می‌باشد.

۴- در برخان‌های مورد مطالعه هر چه فراوانی قطر ذرات درشت دانه بویژه در پیشانی برخان از درصد بالاتری برخوردار بوده ارتفاع پیشانی برخان بیشتر بوده است. به همین نسبت هرچه اجزای اصلی برخان فراوانی ذرات ریزتری داشته‌اند از ارتفاع کمتری برخوردار می‌باشند. در برخان‌های منتخب با ارتفاع پیشانی بالاتر از ۳ متر فراوانی پراکنش قطر ذرات ماسه درشت‌دانه با درصد بالاتری نسبت به ذرات ریزدانه نشان ازارتفاع و حجم بیشتر برخان دارد. از طرفی رابطه‌ی ارتفاع پیشانی برخان و مساحت برخان نیز حائز اهمیت است. در برخان‌های مورد مطالعه با افزایش ارتفاع پیشانی بر مساحت برخان نیز افزوده می‌شود. البته این یک رابطه‌ی خطی مستقیم کامل نیست و استثنائاتی به دلیل تغییر در شیب زمین، رطوبت خاک، پوشش گیاهی و فاصله برخان‌ها از یکدیگر به وجود می‌آید و برآیند آن تفاوت در مساحت و حجم برخان‌های منتخب با توجه به نحوه‌ی تأثیرگذاری عامل باد می‌باشد.

در نهایت از جنبه کاربردی می‌توان به اندازه‌گیری قطرذرات ماسه و نحوه‌ی توزیع آن در برخان‌های مورد مطالعه در آزمایشگاه اشاره نمود تا به فرمولی برای تخمین میزان حرکت برخان دست یافت که بر اساس آن هر چه میزان فراوانی ذرات ریزدانه بیشتر باشد، سرعت حرکت و تغییر شکل هندسی برخان بیشتر و ارتفاع آن کمتر خواهد بود. همچنین، مطالعه‌ی تغییرات فصلی مورفوسکوپی دانه‌ها به همراه بررسی میزان حرکت فصلی و سالیانه برخان‌های منطقه و تأثیر آن بر تغییر شکل هندسی برخان به همراه منشأیابی ذرات ماسه در منطقه‌ی مورد مطالعه برای تکمیل تحقیقات صورت گرفته پیشنهاد می‌گردد.

## منابع


۱- احمدی، حسن (۱۳۸۷). ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۲. بیابان- فرسایش بادی. انتشارات دانشگاه تهران.

۲- اختصاصی، محمدرضا (۱۳۸۳). بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی دشت یزد- اردکان و تعیین شاخص‌های این فرایند جهت کاربرد در مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی، پایان‌نامه دکتری. دانشگاه تهران.

۳- کاظمی‌نژاد، احمدعلی (۱۳۷۱). بررسی وضعیت حرکت تپه‌های ماسه‌ای و مقایسه دو روش مالچ‌های نفتی و بیولوژیک در تثبیت تپه‌های منطقه اشکذر یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد.

۴- کبریائی، حسین (۱۳۷۱). بررسی و تحقیق در مورد فرسایش بادی منطقه حسن‌آباد- بافق، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران.

۵- معتمد،احمد (۱۳۶۷). بررسی منشاء و نحوه‌ی انتشارماسه‌ها در حوزه‌ی شمال کاشان،پژوهش‌نامه خبری دانشگاه تهران.

۶- یمانی، مجتبی (۱۳۷۹). ارتباط قطر ذرات ماسه و فراوانی سرعت‌های آستانه باد در منطقه بندریگ کاشان، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۳۸.

7- Bagnold, R.A (1937). The size-grading of sand by wind.Proceedingof the Royal Society of London. The Royal Society, London.
8- Bagnold, R. A, Barndorff-Nielsen, O.E (1980). The pattern of natural size distributions. Sedimentology 27, 199–207.
9- Folk, R.L (1971). Longitudinal dunes of the Northwestern edge of the Simpson Desert, Northern Territory, Australia, 1. Geomorphology and grain size relationships. Sedimentology 16, 4–54.
10- Glenn, M (1979). Glossary. In: McKee, E.D. (Ed.), A Study of Global Sand Seas. Geol. Surv. Prof. Pap. 1052, 399-407.
11- Guang han & et al (2004).A quantitative analysis on the sources of dune sand in the Hulun Buir Sandy Land:application of stepwise discriminant analysis (SDA) to the granulometric data.
12- Lancaster, N (1989). The Namib Sand Sea: Dune Forms, Processes, and Sediments. A.A. Balkema, Rotterdam.
13- Lancaster, N (1995). Geomorphology of Desert Dunes. Routledge, London.
14- Livingstone, I (1987). Grain size variation on a complex linear dune in Namib Desert. In: Frostick, L.E., Reid, I. (Eds.), Desert sediments, ancient, and modern. Geological Society of London, Blackwell, Oxford.
15- Mc Laren, P (1981). An interpretation of trends in grain size measures. J. Sediment. Petrol. 51 (2), 611–624.
16- Pewe, T. L (1981). An overview. In T. L. Pewe (Ed.),Desert dust: Origin, characteristics, and effect on man (pp. 1–10). Boulder: Geological Society of America Series (Special paper Geological Society of America Series 186.
17- Thomas, D.S.G, (1988). Analysis of linear dune sediment–form relationships in the Kalahari Dune Desert. Earth Surface Processes and Landforms 13,545-553.
18- Tsoar, H (1986). Two-dimensional analysis of dune profiles and the effect of grain size on sand dune morphology. In: El-Baz, F.
19- Udden, J. A (1914). Mechanical composition of clastic sediments. Bulletin of the Geological Society of America, 25, 655-744.
20- Wasson, R.J, (1983). Dune sediment types, sand color, sediment provenance and hydrology in the Strzelecki–Simpson dunefield, Australia. In: Brookfield, M.E, Ahlbrandt, T.S. (Eds.), Eolian Sediments and Processes. Elsevier, Amsterdam.
21- Watson, A, (1986). Grain size variations on a longitudinal dune and a barchan dune. Sedimentary Geology 46, 49–66.
22- Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30, 377-392.
23- Zaady .E& etal. (2008). A comprehensive method for aeolian particle granulometry and micromorphology analyses.