

در شهرستان  
نهاوند

# انرژی پاک

## تحلیل ظرفیت

مهارت و دانش افزایی معلمان  
کاربردی از اقلیم شناسی  
در برنامه ریزی محیطی

دکتر سیاوش شایان  
استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس  
مهرداد کیانی  
مدرس، دانشگاه پیام نور نهاوند  
داریوش ابوالفتحی  
دستیار علمی، مرکز پیام نور نهاوند

بسیاری از مناطق طبیعی دنیا، باد به‌عنوان ابزاری مناسب، توسط انسان به‌خوبی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. استفاده از باد در گذشته برای راه انداختن آسیابهای بادی، نمونه‌ای از جنبه‌های مفید این عنصر اقلیمی است. امروزه نیز در مکانهایی که باد به‌صورت دائمی و در یک دامنه زمانی و جهت مشخص می‌وزد، توربینهای بادی برای تولید برق و انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بنابراین، باد علاوه بر این که دارای توان بالا برای آسیب رساندن به محیطهای طبیعی و تأسیسات ساخت انسان است، می‌تواند در جهت پیشرفت و توسعه جامعه انسانی مفید و مؤثر باشد. از این لحاظ شناخت خصوصیات باد، عوامل تأثیرگذار در سرعت و جهت باد، تحلیل بادهای محلی، مشخص کردن پهنه‌های بادخیز و آگاهی از مدت و شدت تداوم بادهای غالب، موجب برنامه‌ریزی محیطی کاربردی در منطقه می‌شود.

یکی از مناطق کشور که به دلیل داشتن توپوگرافی خاص، وجود دره‌ها و گذرگاههای کوهستانی، کوههای مرتفع، دشت و به‌طور کلی موقعیت خاص جغرافیایی تحت‌تأثیر بادهای شدید قرار دارد، شهرستان نهاوند است. علاوه بر این که بادهایی با منشأ اختلاف بین مراکز فشار در منطقه می‌وزند، بادهای محلی نیز در یک دامنه زمانی مشخص در این قسمت از کشور به وزش درمی‌آیند. هم‌چنین، گاهی طوفانهای شدید مشکلاتی را در سطح منطقه به‌وجود می‌آورند. این وزشها در تابستان همراه با گرد و خاک و در فصل زمستان همراه با سرمای شدید است. در سطح شهرستان نهاوند، گذرگاههایی وجود دارند که باد از طریق آنها کانالیزه می‌شود و به سمت دشت می‌وزد. اکثر این جریانها در طول ساعات مشخصی از شبانه‌روز و در یک دوره زمانی خاص اتفاق می‌افتند. از آن‌جا که باد، جهت، سرعت و شدت آن به‌عنوان موضوع مهمی در بخشهای اقتصادی، عمرانی و آمایش سرزمین اهمیت فراوانی دارد، بررسی توان و انرژی باد و تأثیرات آن در منطقه مورد مطالعه می‌تواند قسمتی از اهمیت کاربرد اقلیم در برنامه‌ریزیهای محیطی را نشان دهد.

حرکات افقی هوا را «باد» گویند که به‌عنوان یک عامل تعدیل‌کننده مهم در طبیعت به‌کار می‌رود. باد جریان هوایی است

که از مراکز فشار زیاد به طرف مراکز فشار کم به حرکت درمی‌آید. هرچه شیب فشار (تفاوت فشار) بین دو منطقه بیشتر باشد، شدت جریان هوا نیز بیشتر خواهد بود. تفاوت فشار بین دو نقطه را «گرادیان فشار» می‌گویند [علیزاده، ۱۳۸۳: ۷ و ۱۱۷۹].

اختلاف فشار روی سرعت باد

**چکیده**  
باد از جمله عوامل اقلیمی بسیار مهم است که به‌عنوان یک نیروی مؤثر در تولید انرژیهای پاک طی سالهای اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته و تحقیقات بسیاری طی دو دهه اخیر برای استفاده از این منبع انرژی‌زا صورت گرفته است.

بررسی احتمال استفاده از بادهای به‌عنوان یک منبع تولید انرژی پاک در منطقه نهاوند در استان همدان هدف تحقیق حاضر بوده است. در این تحقیق، پس از بررسی ادبیات موضوع در ایران و جهان، از داده‌های اقلیمی سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۶ ایستگاه هواشناسی نهاوند استفاده شده و نقشه‌های فشاری هوا و سرعت باد از منبع «NOAA» برای این منطقه، استخراج شده و با روشهای آماری مورد تحلیل قرار گرفته است. هم‌چنین از نرم‌افزارهای «WINDROSE»، «SPSS»، «ARCVIEW» و «ECEL» استفاده شده و با تلفیق روشهای آماری و سیستم اطلاعات جغرافیایی و داده‌های مکانی، و ارتباط آنها با توپوگرافی منطقه مورد مطالعه، درصد احتمال وقوع و دوره بازگشت بادهای سریع منطقه محاسبه و نشان داده شده است. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که دره «طایمه» در شمال شهرستان نهاوند، به دلیل نظم در جهت وزش باد و دیگر ویژگیها، یکی از مناطق مستعد تولید انرژی باید در سطح این شهرستان است. در نهایت نتیجه‌گیری انجام شده است و پیشنهادهایی در این زمینه ارائه شده‌اند.

**کلیدواژه‌ها:** انرژی باد، شهرستان نهاوند، برنامه‌ریزی محیطی، اقلیم‌شناسی کاربردی.

## مقدمه

یکی از عناصر بسیار مهم و تأثیرگذار در طبیعت، باد است. باد حرکت افقی هواست که موجب می‌شود تا اختلافات مربوط به دما، رطوبت و فشار که در جهات افقی وجود دارند، از بین بروند و هوا به حالت تعادل درآید [علیزاده، ۱۳۸۳: ۱۱۷۹].

دو خصیصه مهم باد یکی «سرعت» و دیگری «جهت» آن است. اصولاً باد در طبیعت به‌عنوان نیرویی قوی عمل می‌کند و می‌تواند طبیعت را تحت‌تأثیر خود قرار دهد. هنگامی که بر شدت و تداوم این نیرو افزوده می‌شود، می‌تواند اثر تخریبی در محیط داشته باشد. اما در



باد.

● Wind rose: برای ترسیم گلبادها.

● Arc view: برای طراحی نقشه جهت باد و ناهمواری و نیز نقشه

سطوح پستی و بلندی شهرستان.

بنابراین پژوهش انجام شده تلفیقی از روشهای آماری، سیستم

اطلاعات جغرافیایی، و نرم افزارهای پژوهشهای جغرافیایی است.

موقعیت جغرافیایی و ویژگیهای طبیعی شهرستان نهاوند

۱. موقعیت جغرافیایی

شهرستان نهاوند با مساحتی در حدود ۱۷۰۶/۳۸ کیلومتر مربع در محدوده ۳۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ دقیقه و ۵۳ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۷ دقیقه طول شرقی و در جنوب استان همدان قرار دارد. این شهرستان از طرف شمال به ملایر و تویسرکان، از شرق به بخش سامن ملایر و شهرستان بروجرد، از جنوب به استان لرستان و شهرستانهای سلسله (الشر) و دلفان (نورآباد) و از سمت غرب به استان کرمانشاه و شهرستانهای صحنه و کنگاور محدود می شود.

## باد تابع فشار است. لذا تغییرات فشار در فضا، باد ایجاد می کند

تأثیر می گذارد. در صورتی که اختلاف کم باشد، باد خفیف است، اما در صورتی که اختلاف زیاد باشد، باد شدید است [منگه، ۱۳۷۷: ۷]. باد کمیتی برداری است که دو مشخصه دارد: یکی سمت و دیگری سرعت. سمت باد جهتی است که باد از آن سمت می وزد. سمت و سرعت باد از طریق مشاهده تخمین زده می شود و یا با استفاده از ابزارهای ویژه آن را اندازه گیری می کنند [علیزاده، ۱۳۸۳: ۱۸۱].

باد تابع فشار است. لذا تغییرات فشار در فضا، باد ایجاد می کند. تشعشعات خورشیدی موتور اولیه پیدایش باد هستند؛ چون زمین و جو را به طور یکنواخت گرم می کنند، فشارهای متفاوت افقی را پدید می آورند و حرکت هوا را باعث می شوند. بنابراین باد یک کوشش طبیعی محیط برای ایجاد تعادل فشاری در اتمسفر است [منگه، ۱۳۷۷: ۱۸۴ و ۱۸۵].

## داده ها و روشها

برای انجام این تحقیق در زمینه انرژی باد در شهرستان نهاوند، ضمن استفاده از کتابها، مقالات و سایتهای اینترنتی درباره باد و کاربردهای آن در دنیای امروزی، نقشه های فشار هوا و سرعت باد از سایت «noaa» استخراج شده و قسمتی از تحلیلها از روی این نقشه ها انجام شده است. برای بررسی وضعیت باد غالب و تعیین سرعت و جهت باد، از داده های آماری روزانه باد ایستگاه سینوپتیک نهاوند استفاده شده است. هم چنین در این تحقیق از نرم افزارهای متفاوت رایانه ای کمک گرفته شده که نام نرم افزارها و موارد استفاده از هر یک از آنها به شرح زیر بوده است:

● Spss: برای تفکیک داده های سرعت از جهت باد.

● Excel: برای ترسیم نمودار و مرتب کردن داده های آمار روزانه



شهرستان نهاوند به دلیل قرارگیری در مسیر ارتباطی غرب به جنوب کشور اهمیت دارد. شهرستان نهاوند دارای چهار بخش به نامهای

مرکزی، گیان، زرین‌دشت و خزل است. مرکز این بخشها به ترتیب شهرهای نهاوند، گیان، برزول و فیروزان هستند.

## ۲. وضعیت طبیعی

۲-۱. زمین‌شناسی: شهرستان نهاوند از لحاظ زمین‌شناسی در محدوده بین دو زون معروف ایران، یعنی زاگرس مرتفع و سنندج-سیرجان قرار دارد. ارتفاعات جنوب و جنوب‌غربی نهاوند قسمتی از ارتفاعات زاگرس مرتفع است که به آن زاگرس شکسته نیز می‌گویند. خط گسل اصلی زاگرس از این ارتفاعات می‌گذرد. به همین دلیل تعداد زیادی از سیستم‌های گسلی کوچک و بزرگ در محدوده این شهرستان وجود دارند. سنگها و رسوبات این محدوده از شهرستان نهاوند مربوط به دوران سوم زمین‌شناسی است. سنگهای آهکی و افیولیت ملانژها از نمونه سنگها و رسوبات ارتفاعات جنوبی نهاوند هستند.

در قسمت شمالی شهرستان، کوههای قشلاق، شادمانه، آردوشان و کوه سفید، بخش کوچکی از زون سنندج-سیرجان هستند که رسوبات و سنگهای آنها مربوط به دوران دوم زمین‌شناسی است. از ویژگیهای بارز این ارتفاعات وجود یک خط روراندگی است که به همراه خط روراندگی نزدیک حوضه رود گاماسیاب، نهاوند را به یک منطقه زلزله‌خیز تبدیل کرده‌اند. قسمتهای حد واسط بین ارتفاعات شمالی و جنوبی، دشت نهاوند را تشکیل می‌دهند که پوشیده از آبرفتهای دوره کواترنر است. این دشت زون سنندج-سیرجان را از زون زاگرس مرتفع در منطقه نهاوند جدا می‌کند [علایی طالقانی، ۱۳۸۲: ۲۵۴].

۲-۲. توپوگرافی: از نظر توپوگرافی شهرستان نهاوند را می‌توان به سه قسمت زیر تقسیم کرد:

**الف) ارتفاعات:** به‌طور کلی کوههای نهاوند در محدوده رشته‌کوههای زاگرس واقع شده‌اند و به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- **ارتفاعات شمالی:** این ارتفاعات از سمت شمال‌غربی به‌طرف جنوب‌شرقی شامل کوههای قشلاق، شادمانه، آردوشان و کوه‌سفید هستند که توسط چند رودخانه و تنگ از یکدیگر جدا شده‌اند. حداکثر ارتفاع این کوهها حدود ۲۸۵۰ متر مربوط به قله کوه «شادمانه» است. کوههای شادمانه و آردوشان به‌سبب این‌که دامنه جنوبی آنها در شهرستان نهاوند قرار دارد، بیشترین تابش خورشیدی را در سطح شهرستان دریافت می‌کنند.

- **ارتفاعات جنوبی:** این ارتفاعات که به‌طور کلی از آن با نام رشته‌کوه گرین نام می‌برند، به مانند کوههای شمالی دارای روند شمال‌غربی- جنوب شرقی است و مانند دیواری بین شهرستان نهاوند

## اقلیم نهاوند تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع مکان توپوگرافی، فاصله از دریا و جابه‌جایی توده‌های هوا قرار دارد

و استان لرستان واقع شده که فقط در محل حوضه رودخانه گاماسیاب دچار انفصال شده است؛ آن هم به‌صورت یک گردنه مرتفع. مهم‌ترین قله و کوههای این رشته‌کوه عبارت‌اند از: «برآفتاب» در غرب شهرستان با ارتفاع ۲۸۵۰ متر، کوه «چهارشاخ» در جنوب بخش خزل با ارتفاع ۳۱۸۸ متر، کوه «گاوجال» در جنوب شهر گیان با ارتفاع ۳۱۰۱ متر و کوه «چهل نبالغان» (گروس) در جنوب بخش مرکزی نهاوند با ارتفاع ۳۶۴۵ متر که مرتفع‌ترین قله را در این ارتفاعات تشکیل داده است.

**ب) دشت نهاوند:** این دشت از شرق شهر نهاوند شروع شده و تا شهرستان کنگاور در غرب بخش خزل امتداد یافته است که به‌صورت پهنه‌ای حاصل‌خیز برای فعالیتهای کشاورزی گسترده شده است. در قسمتهای شرقی و مرکزی آن، تپه‌های مهورهایی مشاهده می‌شود که از آبرفتهای کواترنر و غالباً سنگهای آهکی و کنگلومراهای معادل بختیاری تشکیل یافته است. رود معروف گاماسیاب در قسمت مرکزی دشت جاری است و مزارع و باغات زیادی را آبیاری می‌کند. پست‌ترین نقطه شهرستان نهاوند در غرب این دشت و بخش خزل واقع شده است که حدود ۱۴۲۰ متر ارتفاع دارد.

**ج) دره نهاوند:** اصطلاحاً می‌توان از منطقه بین شهر نهاوند و شهرستان بروجرد که از طرف شمال و جنوب به‌ترتیب توسط کوههای سفید و گرین محدود شده و دارای پستی و بلندهای فراوان است، تحت عنوان «دره نهاوند» نام برد. آب و هوای دره نهاوند در زمستان بسیار سرد همراه با ریزشهای جوی فراوان و در تابستان خنک است. پهنه‌هایی از برف در قسمت جنوبی این دره و بر بالای کوه چهل‌نبالغان تا اواخر مرداد ماه باقی می‌ماند و میکرو کلبمای خاصی را در ارتفاعات این کوهها به‌وجود می‌آورد.

۲-۳. وضعیت آب‌وهوایی: اقلیم نهاوند تحت تأثیر عرض

جغرافیایی، ارتفاع مکان توپوگرافی، فاصله از دریا و جابه‌جایی توده‌های هوا قرار دارد. به‌طور کلی این شهرستان در محدوده اقلیم معتدل کوهستانی کشور واقع شده است. به‌علت وجود پستی و بلندی، و دشت و ارتفاعات، می‌توان دو نوع مشخص از اقلیم را برای این شهرستان در نظر گرفت: یکی اقلیم سرد و کوهستانی که مربوط می‌شود به ارتفاعات کوه گرین، و دیگری اقلیم معتدل کوهستانی که خاص نواحی دشت، دره و دامنه‌هاست. با بررسی بعضی از پارامترهای مهم اقلیمی مانند بارش، دما، و انرژی تابشی خورشید بیشتر می‌توان ویژگی‌های اقلیمی این منطقه را شناخت.

از نظر بارش، بیشترین آمار بارش سالانه استان همدان مربوط به ایستگاه نهاوند و حدود ۶۰۰ میلی‌متر است. زیرا شهرستان نهاوند به‌خصوص در دوره سرد سال، هم تحت‌تأثیر توده هوای گرم و مرطوب جنوب قرار دارد و هم از توده هوای نفوذی سرد و مرطوب از شمال اروپا تأثیر می‌پذیرد. فصل تابستان اکثراً خشک و بدون باران است. اما در بعضی از سالها (مانند سال ۱۳۷۸) تحت‌تأثیر گسترش توده هوای مرطوب شمالی، رگبارهای اتفاقی در تیر و مرداد و حتی در بعضی سالها در شهریورماه اتفاق می‌افتد. وجود حجم زیادی از برف سالانه بر سطح دشت و به‌خصوص ارتفاعات گرین، باعث فراوانی منابع آب در این منطقه می‌شود؛ به‌طوری‌که هر ساله از طریق سرابهای گاماسیاب، گیان و فارسبان، حجم زیادی از آب به طرف دشت نهاوند و اراضی کشاورزی روانه می‌شود.

شهرستان نهاوند همانند سایر قسمت‌های استان همدان از سردترین مناطق کشور در فصل زمستان محسوب می‌شود و حداقل دما در حدود ۳۲- درجه سانتی‌گراد در «ایستگاه گوشه» نهاوند ثبت شده است. به‌دنبال نفوذ توده‌های هوای سرد از سمت شمال همراه با تأثیر ارتفاع و پوشش گسترده برف، دماهایی بین ۲۰- تا ۳۰- درجه سانتی‌گراد در بعضی از شب‌های زمستانی رخ می‌دهد. وجود حدود ۱۳۰ روز یخبندان در سال، وضعیت دمایی نهاوند را بهتر نشان می‌دهد. آذر، دی و بهمن سردترین ماه‌های نهاوند هستند. به دلیل این‌که نهاوند از ارتفاع و عرض جغرافیایی پایین‌تری نسبت به سایر نقاط استان برخوردار است، غالباً بالاترین دماهای استان را در این منطقه اندازه‌گیری می‌شود.

البته نوسان دمایی روزانه گاهی آن‌قدر زیاد است که در فصل زمستان در یک شبانه‌روز، نهاوند هم به سردترین و هم به گرم‌ترین منطقه استان تبدیل می‌شود. تیر و مرداد گرم‌ترین ماه‌های نهاوند را تشکیل می‌دهند. حداکثر دما حدود ۴۳ درجه سانتی‌گراد در فصل تابستان در ایستگاه گوشه در شمال شهرستان اندازه‌گیری شده است. قسمت‌های جنوبی شهرستان به‌دلیل ارتفاع بیشتر و تأثیر کوهستان مرتفع گرین، در تابستان اقلیم معتدل‌تری دارند.

وجود انواع متفاوتی از دامنه‌ها با شیب و جهات گوناگون باعث شده است که همه قسمت‌های شهرستان از انرژی تابشی یکسانی به‌خصوص در فصل سرد برخوردار نباشند. در زمستان، دامنه جنوبی کوه شادمانه و کوه آردوشان بیشترین انرژی تابشی را دریافت می‌کنند، درحالی‌که

دامنه‌های رو به شمال کوه چهل نابالغان از تابش کمتری در این فصل برخوردارند. به همین دلیل برخلاف کوه‌های جنوبی، پهنه‌های برف دامنه جنوبی کوه‌های شادمانه و آردوشان سریع شروع به ذوب شدن می‌کنند. به دلیل تابش عمودی‌تر خورشید در تابستان، پراکندگی انرژی تابشی بین دامنه‌ها کمتر است.

به‌طور کلی، شهرستان نهاوند چون دارای یک فصل مشخص مرطوب و یک فصل مشخص خشک است و تحت‌تأثیر بادهای غربی و توده هوای مرطوب مدیترانه قرار دارد، دارای اقلیمی از نوع مدیترانه‌ای است.

### یافته‌های تحقیق

۱. تحلیل عوامل مؤثر بر وزش بادهای شهرستان نهاوند  
باد یک عنصر اقلیمی است که در اثر جابه‌جایی افقی هوا روی می‌دهد. در هواشناسی کلمه باد به جریان وسیعی از هوا طلاق می‌شود که ممکن است در سطح زمین یا در جو آزاد (بالای یک کیلومتر از سطح زمین) وجود داشته باشد [فرجی، ۱۳۷۴: ۸۹].  
اما در یک منطقه عوامل بسیاری در ایجاد باد و وزش آن تأثیرگذار هستند. بادهای سرد و شدید در زمستان و طوفانهای همراه با گرد و غبار نقش مهمی در اقلیم نهاوند دارند. در ایجاد چنین بادهایی عوامل متفاوتی تأثیرگذار هستند که در این‌جا به مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود:

### الف) تأثیر انرژی تابشی خورشید

خورشید مهم‌ترین منبع انرژی برای زمین و عامل اصلی توزیع زمانی و مکانی عناصر دما، فشار و رطوبت و در نتیجه، عامل ایجاد ویژگی‌های اقلیمی در مناطق گوناگون سطح کره زمین است.  
در سطح جهانی، چون انرژی تابشی خورشید در منطقه حاره

این انرژی به سرعت از دست می‌رود و هوای منطقه در بالای ارتفاعات سرد و سنگین می‌شود و جریان هوا از فرابار بالای کوه به سمت دره که هوای سبک‌تری دارد و مرکز فروبار است، حرکت می‌کند. به این ترتیب هوای سرد کف دره جمع می‌شود و باد از کوه به طرف دره می‌وزد.

در طول روز که تابش نسبتاً عمودی خورشید بر دامنه کوه می‌تابد، باعث می‌شود که دامنه از کف دره گرم‌تر شود و لذا شیب تغییرات فشار باعث می‌شود که هوای سرد کف دره به صورت جریان فرابار محلی به سمت دامنه کوه که به صورت فروبار درآمده است، حرکت کند.

به علت گستردگی کوهها و وجود دامنه‌ها با جهات متفاوت و دره‌های کوچک و بزرگ در شهرستان نهاوند، تأثیر انرژی تابشی خورشید در ایجاد بادهای محلی، به خصوص نسیمهای کوه و دره، بسیار اهمیت دارد. در بخش شمالی شهرستان، بین دامنه‌های کوه شادمانه و دره طایمه یک جریان منظم باد مشاهده شده است که در اولین ساعات صبح، به خصوص در فصول بهار و تابستان از دره طایمه به سوی کوه شادمانه می‌وزد و تقریباً در آخرین ساعات روز جریان کند می‌شود و به تدریج باد از سمت کوه به طرف دره می‌وزد. وزش این باد در زمستانها با سرمای بسیار شدیدی همراه است. از دیگر مناطق دارای نسیم کوه و دره در شهرستان می‌توان به جریان باد بین دره جنگلی دربند گیان با کوهستان گاوچال در جنوب شهرستان نهاوند اشاره کرد. جریان باد با سرعتهای متفاوت بین این دره و ارتفاعات اطراف آن برقرار است.

### ب) تأثیر وضعیت توپوگرافی و ارتفاع

پستی و بلندیها، کوهها، دره‌ها و دامنه‌ها در ارتباط با وزش باد از چند جهت دارای اهمیت‌اند:

- بسیاری از بادهای محلی و وزشهای سبک در اثر سازوکار

**به علت گستردگی کوهها و وجود دامنه‌ها با جهات متفاوت و دره‌های کوچک و بزرگ در شهرستان نهاوند، تأثیر انرژی تابشی خورشید در ایجاد بادهای محلی، به خصوص نسیمهای کوه و دره، بسیار اهمیت دارد**

بیشتر است، هوای این منطقه گرم می‌شود و صعود می‌کند، در حالی که هوای منطقه قطبی به علت دریافت انرژی تابشی کمتر، سرد و در نتیجه سنگین می‌شود و به طرف پایین نزول می‌کند. صعود هوا در استوا و نزول آن در قطبین باعث می‌شود که در سطح زمین در استوا فروبار و در قطبها فرابار ایجاد شود. و برعکس، در ارتفاعات بالای استوا، فرابار و در ارتفاعات بالای قطبها فروبار پدید آید. در نتیجه، با توجه به امتداد شیب تغییرات فشار، هوا در ارتفاعات بالا در استوا (فرابار) به طرف قطب (فروبار)، و در سطح زمین هوای سرد قطبی (فرابار) به طرف استوا (فروبار) حرکت می‌کند [اکاویانی و همکار، ۱۳۸۲: ۱۰۷، ۱۰۸ و ۱۱۵۳]. البته باید متذکر شد، جریان هوا در سطح کره زمین تحت تأثیر نیروهای کوریولیس و اصطکاک تغییر مسیر می‌دهد. در سطح منطقه‌ای نیز، تأثیر انرژی تابشی خورشید مربوط می‌شود به ایجاد بادهای کوچک محلی مثل نسیم کوه و دره. زیرا طی روز در بالای ارتفاعات انرژی تابشی زیادی دریافت می‌شود، اما هنگام شب از طریق تابش موج بلند زمینی،



## حرکت افقی هوا بین کانونهای پرفشار و کم‌فشار باد نامیده می‌شود

غرب شبه‌جزیره عربستان به‌صورت نصف‌النهاری است، روی غرب ایران جریان امواج بادهای به حالت مداری نزدیک‌تر است.

اختلاف فشار هوای کوهستان با دشت و دره به‌وجود می‌آیند.  
● عامل ناهم‌واری می‌تواند جهت بادهای را تغییر دهد که از این فرایند غالباً به‌عنوان نیروی اصطکاک سطح زمین یاد می‌کنند.  
● وضعیت ارتفاعی در سرعت باد تأثیر مهمی دارد. سرعت باد در مناطقی با ارتفاع حدود چند هزار متر، اساساً با اختلاف فشار اتمسفری ارتباط دارد. نزدیک شدن باد به سطح زمین سبب می‌شود که بر اثر اصطکاک با ناهمواریها، از سرعت باد به مقدار قابل‌توجهی کاسته شود. با اضافه شدن ارتفاع از سطح زمین، بر سرعت باد افزوده می‌شود. این بالا رفتن سرعت از ارتفاع ۵۰۰ فوتی (حدود ۱۵۰ متری) تا حداکثر ۲۰۰۰ فوتی (حدود ۶۰۰ متری) ادامه دارد. هواشناسان این منطقه را لایه مرزی اتمسفر می‌نامند. از طرف دیگر، سرعت وزش باد در نقاط گوناگون زمین بسیار متفاوت است [ثقفی، ۱۳۷۲: ۱۰۴ و ۱۲۲].

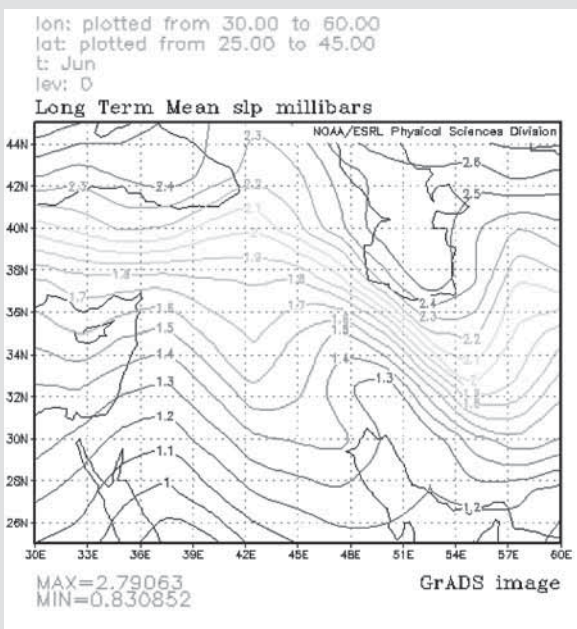
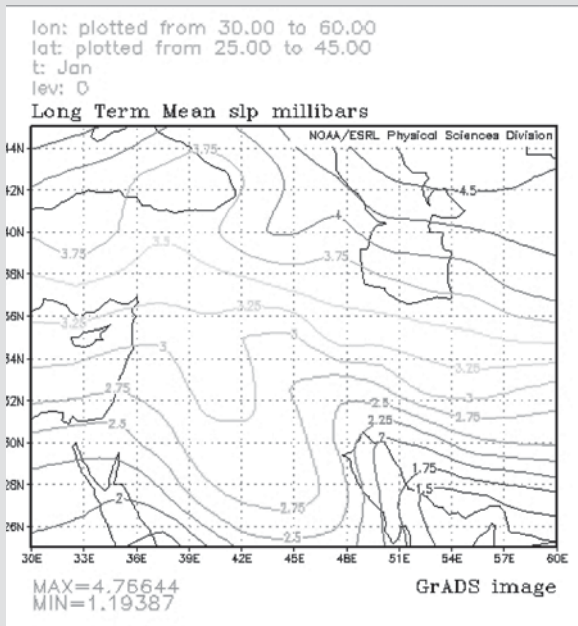
### ج) تأثیر آرایش سیستمهای فشار

طبق «قانون چارلز» که می‌گوید: «با فرض ثابت بودن فشار یک گاز، افزایش دما سبب افزایش حجم آن می‌شود»، در طبیعت اگر هوای قسمتی از زمین گرم‌تر از نواحی مجاور باشد، حجم چنین هوایی افزایش می‌یابد؛ یعنی در جهت عمودی حرکت می‌کند و گسترش می‌یابد. به این ترتیب سطوح هم‌فشار در منطقه گرم می‌شوند بالا می‌روند و به ارتفاع بیشتری می‌رسند. در نتیجه بین هوای گرم شده و نواحی مجاور آن اختلاف فشار به‌وجود می‌آید [کاوایی و همکار، ۱۳۸۲: ۱۴۵].

چنان‌که قبلاً ذکر شد، حرکت افقی هوا بین کانونهای پرفشار و کم‌فشار باد نامیده می‌شود. فشار هوا در سطح زمین در منطقه گرم کم و در منطقه سرد زیاد است. هوا از منطقه با فشار زیاد به سمت منطقه با فشار کم جریان پیدا می‌کند. مناطق گرم‌شده در سطح زمین فروبار و مناطق سرد شده فرابار نام دارند.

مقدار فشار از مرکز فرابار به طرف مرکز فروبار به تدریج کاهش می‌یابد. این تغییر فشار برحسب فاصله را که جهت آن از مرکز پرفشار به کم‌فشار است، شیب تغییر فشار یا «گرادیان فشار» می‌نامند که عامل ایجاد باد است در نقشه‌های فشار هوا، هرچه خطوط هم‌فشار نزدیک‌تر و فشرده‌تر باشند، سرعت باد بیشتر خواهد بود. با بررسی نقشه‌های فشار منطقه، می‌توان محل استقرار سیستم‌های فشار را نسبت به منطقه مورد مطالعه و نقش آنها را در ایجاد بادهای در فصول مختلف سال مشخص کرد [www.cdc.noaa.gov].

نقشه ۲، میانگین درازمدت فشار سطح دریا را برای غرب کشور در ماه ژوئن (خردادماه) نشان می‌دهد. یک فشردگی از ایزوبارهایی که در منطقه غرب و شمال‌غرب کشور و به‌صورت تقریباً نصف‌النهاری کشیده شده است، شدت و سرعت بالای باد را مشخص می‌کند. فشار هوا از سمت شمال به جنوب منحنیها کاهش می‌یابد. بنابراین، جریان باد با سرعت نسبتاً زیادی از سمت شمال‌غرب به منطقه غرب کشور که شهرستان نهاوند در آن واقع است، می‌وزد. اما با مراجعه به نقشه ۳ که برای ماه ژانویه ترسیم شده است معلوم می‌شود که فاصله بین ایزوبارها افزایش یافته است و درحالی‌که جریان امواج بادهای غربی در



در ماه ژانویه نیز از سمت شمال به جنوب از مقدار فشار کاسته می‌شود که نشان می‌دهد در عرضهای بالاتر سیستمهای پرفشار و در عرضهای پایین مراکز کم‌فشار قرار گرفته‌اند.

۲. بررسی سرعت و جهت باد غالب و سایر بادهای شهرستان نهاوند و تأثیر توپوگرافی

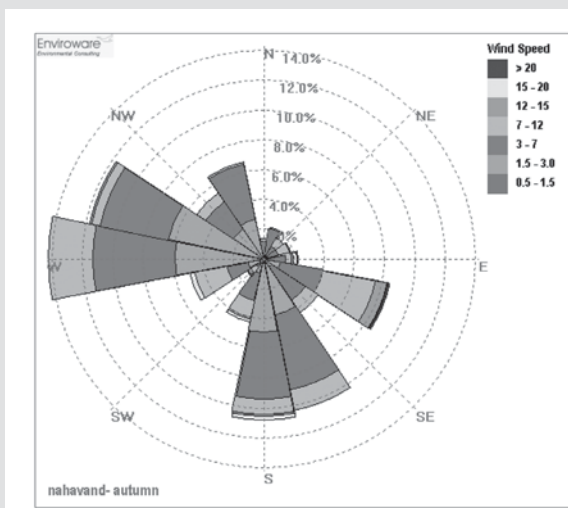
بادها با توجه به سمت و سرعتشان و برحسب مایل در ساعت یا گره و یا متر در ثانیه توصیف می‌شوند. برای نشان دادن وضعیت متوسط باد در یک محل از «گلیاد» استفاده می‌شود [علیزاده، ۱۳۸۳، ۱۸۷ و ۱۸۸].

در گلیادها جهت و سرعت بادها مشخص می‌شود. جهت باد به سمتی اطلاق می‌شود که باد از آن سو می‌وزد. بیشترین فراوانی بادها از هر سمتی که باشد، آن سمت جهت باد غالب را تعیین می‌کند. تأثیر توپوگرافی و ارتفاع در تغییر جهت و سرعت باد، کانالیزه شدن جریان هوا و نیز شناسایی موانع کوهستانی در مسیر باد و گذرگاههایی که باد از طریق آنها وارد محدوده شهرستان می‌شود و یا از آن خارج می‌شود، نیاز به بررسی دارد. پراکندگی باد در سطح منطقه با تفسیر گلیادها مشخص می‌شود.

۳. تفسیر گلیادها و چگونگی وزش باد با سرعتها و جهات متفاوت در طول سال

برای بررسی وضعیت بادها در شهرستان نهاوند، به‌خصوص تعیین باد غالب، از آمار روزانه باد ایستگاه سینوپتیک نهاوند در دوره آماری ۱۱ ساله از ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۵ میلادی استفاده شده است. به کمک نرم‌افزار «wind rose»، گلیاد فصول چهارگانه سال به همراه گلیاد مربوط به ماه مارس در فصل زمستان و گلیاد ماه اوت در فصل تابستان ترسیم شده است.

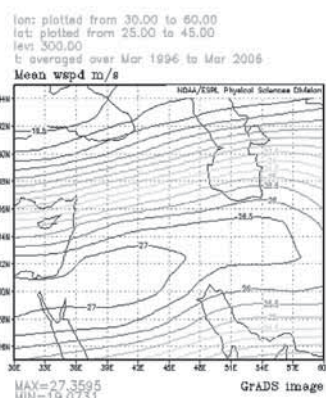
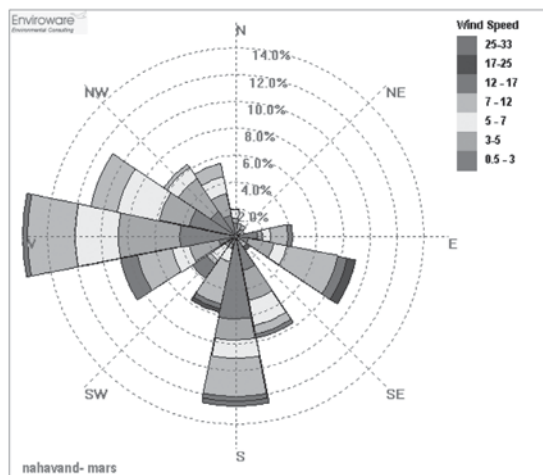
در گلیادها جهت و سرعت بادها مشخص می‌شود. جهت باد به سمتی اطلاق می‌شود که باد از آن سو می‌وزد



گلیاد ۱ نشان می‌دهد که در فصل پاییز باد غالب جهت غربی دارد و همچنین بادهای جنوبی تقریباً باد نایب غالب را تشکیل می‌دهند.



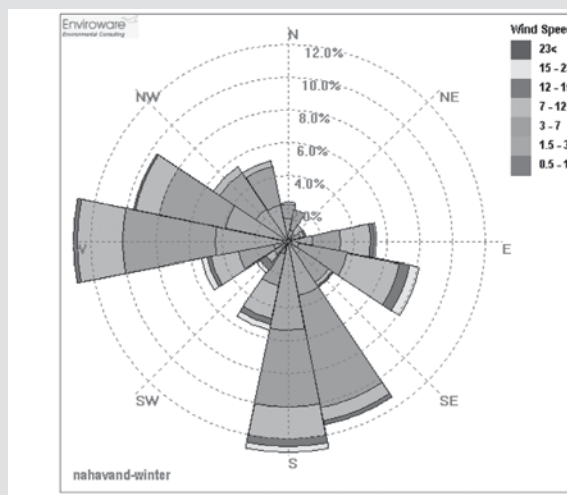
سرعت را به خوبی نشان می‌دهد. در سطح ۳۰۰ هکتوپاسکال، یک روند افزایش سرعت برای شمال غرب کشور وجود دارد، در حالی که به طرف عرضهای جنوبی کشور، سرعت باد ضمن این که از حالت یکنواختی خارج می‌شود، به تدریج کاهش می‌یابد (نقشه ۴).



در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال مشاهده می‌شود که یک هسته پر سرعت در نزدیکی غرب کشور ایران و روی سوریه و شمال عراق شکل می‌گیرد که امواج آن از سمت جنوب وارد شهرستان نهاوند می‌شوند. هم‌زمان، فشردگی منحنیهای سرعت در شمال غرب کشور نشان‌دهنده وزش باد از سمت غرب به منطقه مورد مطالعه است (نقشه ۵).

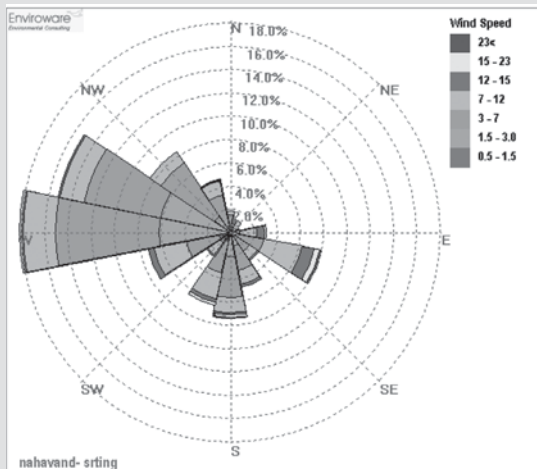
**باد غالب فصل زمستان  
غربی و باد نایب غالب به‌طور  
مشخصی جنوبی است**

سریع‌ترین باد از جانب منطقه، بین شرق و جنوب شرق شهرستان اتفاح افتاده است. گسترش تدریجی توده‌های هوای ورودی از غرب کشور و گسترش دامنه بادهای غربی در سطح بالای جو به عرضهای پایین تبیین‌کننده این وضعیت در فصل پاییز است. با توجه به گلباد فصل سرد شهرستان، یعنی فصل زمستان (گلباد ۲) این تحلیل کاملاً ثابت می‌شود. در فصل زمستان، جریانات هوایی از دو سمت شهرستان نهاوند را تحت تأثیر قرار می‌دهند: یکی از سمت غرب و شمال غرب که ناشی از گسترش نصف‌النهاری بادهای غربی و نفوذ پرفشار شمال اروپا و تا حدی گسترش زبانه پرفشار سبیری است که طوفانهای سرد را در برمی‌گیرد و دیگری از سمت جنوب که جریانات گرم و مرطوب است و توسط ترفاد میدترانه به منطقه می‌آید.



بر این اساس، باد غالب فصل زمستان غربی و باد نایب غالب به‌طور مشخصی جنوبی است. در این فصل ضعیف‌ترین بادها از سمت شمال و شمال شرقی می‌وزد. سریع‌ترین بادها با سرعت ۲۵ متر بر ثانیه از سمت جنوب غرب بر منطقه وزیده است. با توجه به این که وزشهای سرد در سطح شهرستان گاهی باعث آسیب رساندن به تأسیسات منطقه شده، لذا گلباد ماه مارس (گلباد ۳) که تقریباً مصادف با اسفندماه است، برای تحلیل بیشتر ترسیم شده است. از داده‌های این گلباد دریافت می‌شود که سریع‌ترین بادهای سال در این ماه اتفاق می‌افتند.

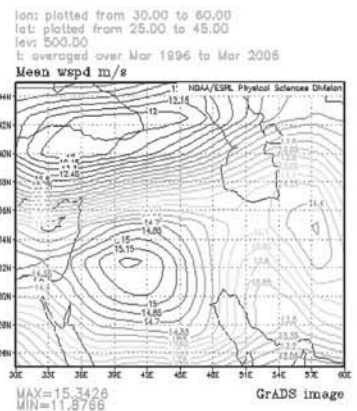
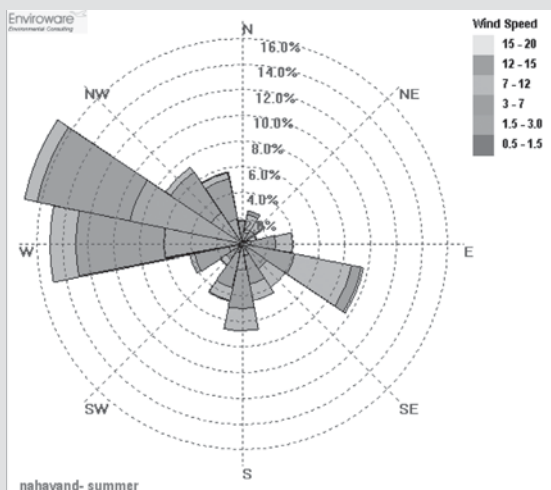
وقوع طوفانهایی با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه یا حدود ۱۰۸ کیلومتر در ساعت از جانب جنوب، مؤید این موضوع است. چنین طوفانی در صورت تداوم می‌تواند خسارات زیادی به بخشهای کشاورزی، خطوط انتقال برق و تلفن، درختان و باغات، و... وارد کند. باد غالب ماه مارس جنوبی است، زیرا در این فصل جریانات بسیار مرطوب از سمت جنوب غرب وارد کشور می‌شوند و از این سمت شهرستان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بررسی نقشه منحنیهای سرعت باد برای ماه مارس در دوره ۱۱ ساله (۲۰۰۶-۱۹۹۶) در سطوح متفاوت جو برای بیشتر قسمتهای ایران مخصوصاً غرب کشور، وضعیت وزش بادها و مخصوصاً آرایش هسته‌های



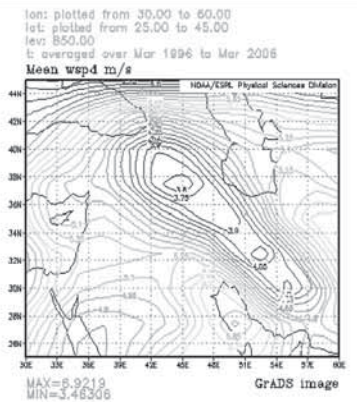
در فصل تابستان، در منطقه مورد تحقیق به جای بادهای سرد و غالباً شدید زمستانی، بادهای همراه با گرد و غبار جایگزین می‌شوند. گلباد ۵ وضعیت بادهای تابستانی نهاوند را نشان می‌دهد. در فصل تابستان بیشترین فراوانی بادهای مربوط به جهت بین غرب و شمال غرب است. بادهای غربی در این فصل باد نایب غالب هستند. در این فصل شدیدترین باد با سرعتی برابر ۲۰ متر بر ثانیه از سمت بین شرق و جنوب شرق وزیده است.

گلباد ماه اوت یا مرداد ماه همین وضعیت را نشان می‌دهد. بر این اساس، یکی از دلایل بروز گردبادهای محلی در سطح شهرستان همین تداخل بادهای مختلف و متقابل است. در مردادماه سریع‌ترین بادهای طوفانی گرد و غبار در منطقه نهاوند اتفاق می‌افتند و در عین حال، کمترین تعداد بادهای مربوط به سمت جنوب غرب، شمال و شمال شرق هستند.

بنابر آن چه که ذکر شد، سریع‌ترین بادهای در فصل زمستان و ماه مارس و بیشترین بادهای از جانب غرب، شمال غرب و جنوب اتفاق می‌افتند. سریع‌ترین بادهای در فصل تابستان نیز از سمت جنوب شرق می‌وزند.



در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، هسته‌های سرعت روی شمال غرب و تقریباً غرب کشور قرار گرفته و منحنیهای هم‌سرعت با فشردگی خیلی زیادی غرب کشور را دربر گرفته‌اند. منحنی هم‌سرعت ۴ متر بر ثانیه تقریباً از جو بالای شهرستان نهاوند عبور کرده است (نقشه ۶).



تحلیل نقشه‌های سطوح ۳۰۰، ۵۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال برای سرعت باد هم‌چنین بیانگر این موضوع است که از سطوح بالا به طرف سطوح پایین جو بر سرعت باد افزوده شده است. اما در فصل بهار از سرعت و توان سایر بادهای به استثنای بادهای غربی و شمال غربی کاسته می‌شود.

در این فصل، دامنه ورود بادهای غربی به کشور کم شده و اختلاف فشار بین سیستمهای پرفشار عرضهای بالا با سیستمهای کم‌فشار جنوبی‌تر، بیانگر وجود باد غالب غربی در شهرستان نهاوند است. گلباد فصل بهار (گلباد ۴) در فصل بهار بادهای سریع از جانب جنوب و منطقه بین شرق و جنوب شرق وزیده است.

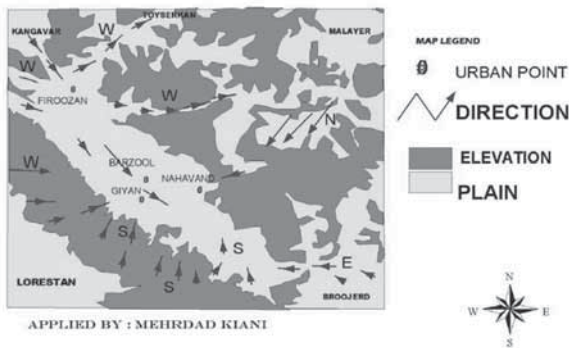
جریانهای گرم و مرطوب جنوبی که بیشترین بارندگیها را در فصل بهار برای نهاوند ایجاد می‌کند، شاید نشانه‌ای برای این وزشها باشد.

## در بیشتر ایام سال، بیشترین تعداد وقوع طوفانها از جهت غرب در شهرستان نهاوند صورت می گیرند

کانالیزه می شود، می تواند دشتهای مجاور را تحت تأثیر خود قرار دهد. توپوگرافی روی وزش بادهای شمال غربی و غربی شهرستان نهاوند نمی تواند تأثیر چندانی داشته باشد، زیرا تقریباً ارتفاعات در شمال و جنوب شهرستان امتداد دارند و بادهای غربی به راحتی با عبور از تپه های کم ارتفاع غرب شهرستان و با عبور از سطح دشت، محدوده بسیار گسترده ای را در بر می گیرند.

بادهای غربی منطقه به راحتی می توانند از طریق گذرگاههای کوهستانی شمال شهرستان، مانند گذرگاه فیروزان- تویسرکان و همچنین تنگ ملوسان- طایمه، دشتهای کوهستانی شهرستانهای تویسرکان و ملایر را تحت تأثیر خود قرار دهند. این بادهای به راحتی

WIND DIRECTION MAP (( NAHAVAND ))

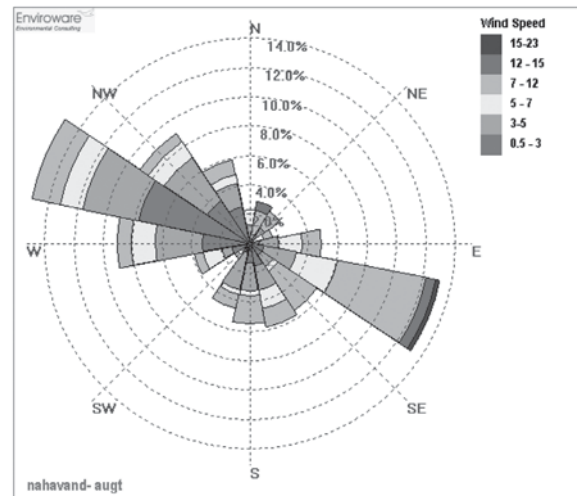


### ۶. تحلیل امکان استفاده از انرژی باد در منطقه نهاوند

الف) کاربردهای انرژی باد در منطقه نهاوند مطالعه و رفع نقائص برای استفاده عملی از نیروی باد به دو منظور ایجاد می شود: نخست، تهیه این انرژی از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد و با سایر منابع انرژی موجود در طبیعت مانند نفت و ذغال سنگ و سایر انرژیهای فسیلی قابل رقابت باشد.

دوم، جایگزین کردن انرژی باد به جای انرژی فسیلی که در حال حاضر در حال نقصان و تمام شدن است [نققی، ۱۳۷۲: ۶۵].

مطالعه انجام گرفته درباره بادهای ایران برای استفاده از انرژی باد اندک است. در سال ۱۳۴۹، بادهای دشت قزوین و در سال ۱۳۵۹ بادهای دره منجیل برای نخستین بار مورد مطالعه قرار گرفتند. امروزه در دره منجیل توربین های بادی برای ذخیره انرژی مورد استفاده قرار گرفته اند. تاکنون هیچ نوع مطالعه ای درباره وزش بادهای شهرستان



### ۴. معرفی باد غالب نهاوند

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل و تفسیر گلبادهای می توان نتیجه گرفت که در بیشتر ایام سال، بیشترین تعداد وقوع طوفانها از جهت غرب در شهرستان نهاوند صورت می گیرند. بنابراین باید باد غالب شهرستان نهاوند را باد غربی بدانیم که در برنامه ریزیهای محیطی بسیار اهمیت دارد. پس از بادهای غربی باید به بادهایی با جهت جنوبی اشاره کرد که فراوانی وزش آنها نیز در طول سال بسیار زیاد است و بادهای نایب غالب را تشکیل می دهند. بادهای شمال غرب نیز از مهم ترین بادهای شهرستان از لحاظ فراوانی وقوع است.

### ۵. تأثیر توپوگرافی بر سرعت و جهت بادهای

ناهمواریهایی مخصوصاً کوههای مرتفع، به عنوان مانعی در مسیر وزش بادهای و طوفانهای شدید محسوب می شوند و باعث تغییر جهت بادهای و همچنین، کاهش موقتی سرعت آنها می شوند. زیرا امواج باد پس از عبور سدهای کوهستانی با یک کاهش نسبی در مقدار سرعت مواجه می شوند، اما ممکن است که سرعت آنها مخصوصاً بر سطح دشتهای مجدداً افزایش یابد. نیروی حاصل از عملکرد ناهمواریهای سطح زمین که هم در سرعت و هم در جهت باد تأثیرگذار است، نیروی اصطکک نام دارد. اما گاهی بادهای با عبور از گذرگاههای کوهستانی توان بیشتری می یابند و به دلیل این که جریان هوا از داخل این گذرگاهها به راحتی

## باد وقتی به سطحی برخورد کند، انرژی جنبشی آن به فشار (نیرو) روی آن سطح تبدیل می‌شود

دارای این مزیت است که محیط زیست را آلوده نمی‌سازد. انرژیهای فسیلی پایان پذیرند و مصرف آنها محیط زیست را آلوده می‌سازد [آتقی، ۱۳۷۲: ۷۹ و ۸۰].

ج) چگونگی محاسبه نیرو و قدرت باد  
باد وقتی به سطحی برخورد کند، انرژی جنبشی آن به فشار (نیرو) روی آن سطح تبدیل می‌شود. برای تعیین قدرت باد از حاصل ضرب نیروی باد در سرعت آن استفاده می‌شود. چون نیروی باد متناسب با مربع سرعت آن است، بنابراین قدرت باد متناسب با مکعب سرعت آن خواهد بود. بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{سرعت باد} = V$$

$$\text{نیروی باد} = V^2$$

$$\text{قدرت باد} = V^3$$

برای شناخت بادهای منطقه نهبوند در یک دوره آماری ۱۰ ساله، شدیدترین بادهای سال انتخاب شدند و سپس طبق جدول ۱، نیرو و قدرت هریک از بادهای محاسبه شد.

جدول شماره ۱: قدرت و نیروی سریع ترین باد سالانه طی سال های

۱۹۹۶-۲۰۰۵ در ایستگاه نهبوند

تاریخ وقوع شدیدترین باد سال برای دوره ۱۰ ساله	جهت باد	سرعت باد متر بر ثانیه	نیروی باد	قدرت باد به کیلو وات
۱۹۹۶/۰۳/۰۲	۱۹۰	۱۲	۱۴۴	۱۷۲۸
۱۹۹۷/۰۱/۱۰	۱۸۰	۱۴	۱۹۶	۲۷۴۴
۱۹۹۸/۰۳/۱۸	۲۲۰	۱۵	۲۲۵	۳۳۷۵
۱۹۹۹/۱۱/۲۶	۲۰۰	۱۴	۱۹۶	۲۷۴۴
۲۰۰۰/۰۳/۲۴	۱۴۰	۲۵	۶۲۵	۱۵۶۲۵
۲۰۰۱/۰۹/۲۴	۲۱۰	۲۰	۴۰۰	۸۰۰۰
۲۰۰۲/۰۴/۰۲	۱۱۰	۱۸	۳۲۴	۵۸۳۲
۲۰۰۳/۰۳/۲۶	۱۸۰	۳۰	۹۰۰	۲۷۰۰۰
۲۰۰۴/۱۱/۲۳	۲۳۰	۲۵	۶۲۵	۱۵۶۲۵
۲۰۰۵/۱۲/۱۶	۹۰	۲۴	۵۷۶	۱۳۸۲۴

نهبوند صورت نگرفته است. در این منطقه استفاده از انرژی باد بیشتر به بخش کشاورزی محدود است. کشاورزان در این منطقه برای غربال کردن محصولات آغشته به کاه و کلش از نیروی باد استفاده بهینه می‌کنند.

هم چنین، هنگامی که فعالیت کشاورزان در اراضی و مزارع به سبب بارندگیهای شدید و خیس شدن زمین متوقف می‌شود، نیروی باد به عنوان عامل خشک کننده وارد عمل می‌شود. از طرف دیگر، نیروی باد شبنم صبحگاهی روی محصولات جالیزی و صیفی در این شهرستان را از بین می‌برد. زیرا شبنم باعث پایین آمدن کیفیت بعضی از محصولات صیفی و ضرر به کشاورزان منطقه می‌شود. در مقابل این گونه استفاده‌های اندک از نیروی باد، امروزه میزان خسارات وارده ناشی از وزش بادهای شدید در منطقه نهبوند بسیار فراوان تر است؛ از جمله آسیب به تأسیسات شهری و روستایی و یا فعالیتهای کشاورزی، مانند کشت گلخانه‌ای منطقه تحت فشار بادهای مختلف در طول سال. وزش بادهای سریع همراه با گرد و غبار در تیر و مرداد ماه باعث گسترش آلودگیهای زیست محیطی در منطقه می‌شود.

بر اساس تجربیات، با وجود بادخیز بودن منطقه نهبوند، به جز موارد اندک و استثنایی آن هم در بخش کشاورزی، به طور علمی تاکنون انرژی باد در منطقه کاربرد چندانی نداشته است. شاید به علت وجود منابع فراوان آبهای سطحی، آسیابهای بادی هم نتوانسته‌اند جایگاهی بین مردم این منطقه در گذشته‌های دور و عصر حاضر داشته باشند و برخلاف آسیابهای بادی، آسیابهای آبی برای تولید آرد تا چند دهه پیش مورد استفاده قرار می‌گرفته است. برای مثال، تا سالهای دهه ۱۳۶۰ هجری شمسی در شهر گیان در دامنه رشته کوه گرین که آبهای سطحی به فراوانی وجود دارند، چند نمونه آسیاب آبی برای تهیه آرد فعالیت داشته‌اند.

### ب) اهمیت انرژی باد در حفظ محیط زیست

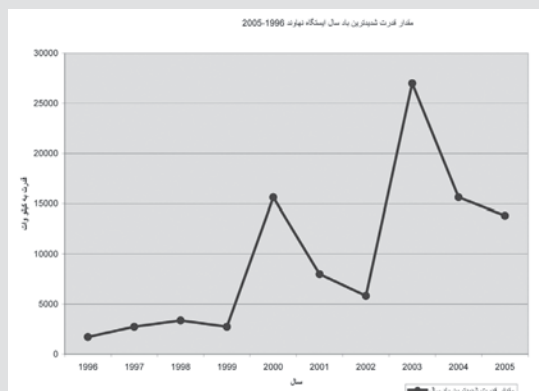
انرژی بادی درحقیقت قسمتی از انرژی خورشیدی است که به زمین می‌رسد. انرژی خورشیدی باعث گرم شدن زمین، اختلاف دما بین دو نقطه، و به وجود آمدن جریان هوا و باد می‌شود. طبق محاسبات انجام شده، متوسط کل انرژی باد کره زمین حدود ۱۸۰۰ میلیارد کیلو وات بر سال است که حدود ۱۹۱ میلیارد کیلووات آن در خشکی و بقیه در سطح اقیانوسهای کره زمین پراکنده می‌شود.

یکی از محاسن انرژی باد پایان ناپذیر بودن آن است. از طرف دیگر

جدول ۲. وزش سریع ترین باد در سال در ایستگاه نهاوند طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۶

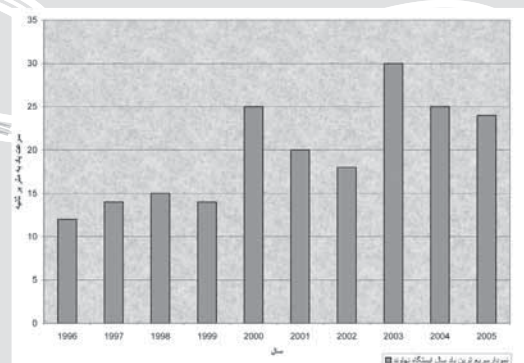
تاریخ وقوع شدیدترین باد در سال برای دوره ۱۰ ساله	جهت باد	سرعت باد (متر بر ثانیه)
۱۹۹۶/۰۳/۰۲	۱۹۰	۱۲
۱۹۹۷/۰۱/۱۰	۱۸۰	۱۴
۱۹۹۸/۰۳/۱۸	۲۲۰	۱۵
۱۹۹۹/۱۱/۲۶	۲۰۰	۱۴
۲۰۰۰/۰۳/۲۴	۱۴۰	۲۵
۲۰۰۱/۰۹/۲۴	۲۱۰	۲۰
۲۰۰۲/۰۴/۰۲	۱۱۰	۱۸
۲۰۰۳/۰۳/۲۶	۱۸۰	۳۰
۲۰۰۴/۱۱/۲۳	۲۳۰	۲۵
۲۰۰۵/۱۲/۱۶	۹۰	۲۴

جدول ۱ نشان می‌دهد که پر قدرت‌ترین باد ایستگاه نهاوند با سرعتی حدود ۳۰ متر بر ثانیه در ماه مارس ۲۰۰۳ میلادی اتفاق افتاده است [آمار اداره کل هواشناسی استان همدان، ۱۳۸۵]. نمودار ۱ نیز روند افزایشی قدرت و توان باد در ایستگاه نهاوند را طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۳ نشان می‌دهد. طی سالهای ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۹، مقدار قدرت باد خیلی پایین‌تر از سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ بوده است.



نمودار ۱ مقدار شدیدترین باد سال

بر اساس جدول ۲ نموداری ترسیم شده است که تغییرات سرعت باد را طی سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ نشان می‌دهد (نمودار ۲).



۷. محاسبه درصد احتمال وقوع شدیدترین باد سالانه ایستگاه نهاوند

معمولاً هر ساله چند طوفان شدید منطقه نهاوند را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، اما همه این طوفانها از سرعت و شدت یکسانی برخوردار نیستند. با در نظر گرفتن آمار روزانه باد در ایستگاه نهاوند طی دوره ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵، سریع‌ترین باد حادث شده در طول هر سال استخراج شده است. جدول ۲ سرعت، جهت و تاریخ وقوع سریع‌ترین باد ایستگاه نهاوند را نشان می‌دهد.

نمودار ۲ نشان می‌دهد که سریع‌ترین باد ایستگاه نهاوند در سال ۲۰۰۳ و پس از آن در سالهای ۲۰۰۰ و ۲۰۰۴ میلادی اتفاق افتاده است. نمودار ۲ نشان می‌دهد که سرعت بادها از سال ۱۹۹۶ به تدریج افزایش یافته، به طوری که در سال ۲۰۰۳ به ۳۰ متر بر ثانیه فزونی یافته است. برای محاسبه درصد احتمال وقوع سریع‌ترین بادها در ایستگاه نهاوند از «رابطه ویبول» استفاده شده است [طاووسی، ۱۳۸۵].

رابطه ویبول به صورت زیر است:  

$$p = (m/n + 1) * 100\%$$

که در آن  $m$  عبارت است از رتبه هریک از داده‌ها که به صورت نزولی یا صعودی مرتب می‌شوند و  $n$  تعداد سالهای دوره آماری است. سریع‌ترین باد هر سال برای دوره آماری ۱۰ ساله از سال ۱۹۹۶ تا سال ۲۰۰۵ میلادی انتخاب شده و به همراه تاریخ وقوع در جدول ۳

معمولاً هر ساله چند طوفان شدید منطقه نهاوند را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد، اما همه این طوفانها از سرعت و شدت یکسانی برخوردار نیستند



قرار داده شده است. سپس براساس بیشترین سرعت تا کمترین سرعت، داده‌ها به صورت نزولی مرتب شده‌اند و برای هر کدام یک رتبه در نظر گرفته شده است. آن گاه ستونی ایجاد شده و براساس رابطه مذکور، درصد احتمال وقوع هر باد با سرعت مشخص طی ۱۰ سال تعیین شده است.

هم‌چنین، ستونی برای دوره بازگشت برحسب سال ایجاد شده است. دوره بازگشت از رابطه  $T=N/m$  به دست می‌آید. در این رابطه،  $N$  تعداد دوره‌های آماری و  $m$  شماره تریف صعودی یا نزولی داده‌هاست (جدول ۳).

جدول ۳. درصد احتمال وقوع سریع‌ترین باد در سال

دوره بازگشت (سال) $T=N/m$	احتمال وقوع (درصد) $p=m/n+1*100$	رتبه براساس داده‌های نزولی $m$ (ثانیه)	سرعت باد (متر در ثانیه)	تاریخ وقوع
۱۰	۹/۰۹	۱	۳۰	۲۰۰۳/۰۳/۲۶
۵	۱۸/۱۸	۲	۲۵	۲۰۰۴/۱۱/۲۳
۳/۳۳	۲۷/۲۷	۳	۲۵	۲۰۰۰/۰۳/۲۴
۲/۵	۳۶/۳۶	۴	۲۴	۲۰۰۵/۱۲/۱۶
۲	۴۵/۴۵	۵	۲۰	۲۰۰۱/۰۹/۲۴
۱/۶۶	۵۴/۵۴	۶	۱۸	۲۰۰۲/۰۴/۰۲
۱/۴۳	۶۶/۶۶	۷	۱۵	۱۹۹۸/۰۳/۱۸
۱/۲۵	۷۲/۷۲	۸	۱۴	۱۹۹۷/۰۱/۱۰
۱/۱۱	۸۱/۸۱	۹	۱۴	۱۹۹۹/۱۱/۲۶
۱	۹۰/۹۱	۱۰	۱۲	۱۹۹۶/۰۳/۰۲
$N=10$				

جدول ۳ نشان می‌دهد که در یک دوره بازگشت ۱۰ ساله، به احتمال ۹/۰۹ درصد احتمال دارد که طوفانی به سرعت ۳۰ متر بر ثانیه در شهرستان نهاوند بوزد. هم‌چنین، به احتمال ۹۰/۹۱ درصد در یک دوره بازگشت یک‌ساله، بادی به سرعت ۱۲ متر بر ثانیه در این منطقه می‌وزد. بنابراین با کاهش سرعت باد، دوره بازگشت بادهای سریع به سال نیز کاهش می‌یابد.

۸. شناخت بادهای محلی و نواحی مستعد برای استفاده از انرژی باد در نهاوند

تفاوت‌های محلی در موازنه انرژی دامنه‌ها و سایر سطوح ناهمواریها

## متداول‌ترین بادهای محلی شهرستان نهاوند نتیجه اختلاف فشار بین کوهستان و دامنه با دره و دشت است

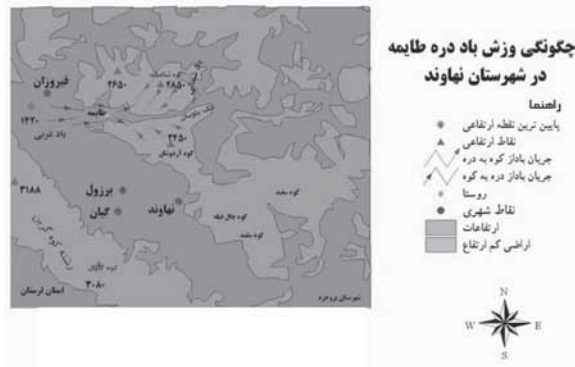
به تشکیل بادهای محلی منجر می‌شود. بسیاری از بادهای محلی تحت تأثیر فرایندهای متفاوت تبدلات انرژی بین سطوح خشک و مرطوب، کوهستان و دشت، و یا سطوح گرم و سرد به وجود می‌آیند [عشقی، ۱۳۸۲: ۱۶۹].

متداول‌ترین بادهای محلی شهرستان نهاوند نتیجه اختلاف فشار بین کوهستان و دامنه با دره و دشت است. یکی از مناطقی که در سطح شهرستان نهاوند دارای سازوکار باد محلی است، منطقه معروف به «تنگ ملوسان» و یا «دره طایمه» است که هم در فصل زمستان و هم در فصل تابستان دارای نسیم‌های منظم کوهستان و دره است. دره طایمه در قسمت شمالی شهرستان قرار دارد. در شمال آن کوه شادمانه و در جنوب آن کوه آردوشان واقع شده‌اند.

در امتداد کوه آردوشان و جنوب غربی این منطقه، توده‌های کم‌ارتفاعی نفوذی آذرین قرار دارند که این منطقه را از دشت نهاوند مجزا می‌کند. به طرف شمال شرقی از عرض دره کاسته می‌شود و توسط کوه‌های شادمانه و آردوشان به صورت یک تنگ درمی‌آید که به تنگ ملوسان معروف است. رود حرم‌آباد ملایر، از داخل آن عبور می‌کند و پس از گذشتن از داخل دره طایمه، وارد دشت نهاوند می‌شود و به رود گاماسیاب می‌پیوندد.

امتداد تنگ ملوسان در شمال شرقی دره، به شهرستانهای ملایر و تویسرکان محدود است که نسبت به امتداد غرب و شمال غرب دره که منتهی به منطقه خزل نهاوند می‌شود، ارتفاع بیشتری دارد. اختلاف ارتفاع بین دشت خزل نهاوند با کوه‌های شادمانه و آردوشان و هم‌چنین دشت مرتفع آورزمان ملایر، عامل اصلی وزش باد دره طایمه (نقشه ۸) و کانالیزه شدن جریان باد در راستای تنگ ملوسان است. در فصل زمستان، کوه شادمانه با ارتفاع ۲۸۵۰ متر با دامنه‌های کاملاً جنوبی، بیشترین تابش انرژی را در سطح شهرستان نهاوند دریافت می‌کند، در حالی که دره طایمه به علت واقع شدن در دامنه شمال غربی کوه آردوشان، از دریافت انرژی تابشی کمتری برخوردار است. به علاوه، اراضی پست حاشیه رود گاماسیاب در منطقه خزل واقع در حاشیه رود گاماسیاب که پایین‌ترین ارتفاع را در شهرستان دارد (حدود ۱۴۲۰ متر)، محل تجمع سرمای شدید طی شبهای زمستانی هستند.

### چگونگی وزش باد دره طایمه در شهرستان نهاوند



بادهای محلی دیگر و گذرگاههای عبور بادهای شدید متعددی در سایر قسمتهای شهرستان وجود دارند که در مقایسه با دره طایمه از اهمیت کمتری برخوردارند، اما می‌باید مورد مطالعه قرار بگیرند؛ از جمله منطقه بین شهر فیروزان و بخش قلقلرود تویسرکان که به صورت گذرگاهی است و کوههای کمر زرد و گودین در طرفین آن واقع شده‌اند و بادهای غربی از طریق این گذرگاه به راحتی شهرستان تویسرکان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند. از دیگر بادهای محلی شهرستان می‌توان به وزشهای کوه و دره بین کوهستان گاوجال با دره جنگلی دربند در جنوب شهر گیان نهاوند اشاره کرد.

به هر حال با انجام مطالعات بیشتر، مناطق دارای ظرفیت بادهای محلی و گذرگاههای عبور بادهای شدید و غالب بیشتر شناخته می‌شوند. انجام چنین مطالعاتی برای به کارگیری عنصر باد در برنامه‌ریزیهای محیطی و توسعه و مشخص کردن کاربرد اقلیم در برنامه‌ریزیهای ناحیه‌ای از درجه اهمیت بسزایی برخوردار است.

### نتیجه‌گیری و پیشنهاد

باد حرکت افقی هواست که دو خصیصه مهم دارد: یکی جهت و دیگری سرعت. هم‌چنین باد یک نیروی تعدیل‌کننده در طبیعت نیز محسوب می‌شود. باد به شکل جریانی از مراکز پرفشار به طرف مراکز کم‌فشار حرکت می‌کند. در این مقاله، برای بررسی انرژی پتانسیل باد و کاربرد آن در برنامه‌ریزی محیطی شهرستان نهاوند که یکی از نواحی بادخیز مهم در غرب کشور است، مورد مطالعه قرار گرفت.

از لحاظ وضعیت طبیعی، امتداد کوههای زاگرس در شمال و جنوب شهرستان به همراه دشتی حاصل خیز که در امتداد شمال غربی به جنوب شرقی در شهرستان واقع شده، توپوگرافی خاصی به منطقه نهانند بخشیده است. این شهرستان در محدوده اقلیم معتدل کوهستانی کشور قرار دارد، به طوری که بیشترین مقدار بارش سالانه در استان همدان و وجود میانگین بیش از ۱۰۰ روز یخبندان در طول سال، وضعیت اقلیمی خاصی به آن داده است. عوامل زیادی بر وزش بادهای این سرزمین از کشور تأثیرگذار هستند که مهم‌ترین آنها عبارت‌اند از: انرژی تابشی خورشید، وضعیت توپوگرافی و ارتفاع، و هم‌چنین آرایش سیستمهای فشاری. بررسی نقشه‌های فشار در ماههای ژانویه و ژوئن به خوبی نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه که بخشی از غرب ایران است، تحت تأثیر پرفشارها و کم‌فشارهای جنب حاره و عرضهای میانه قرار دارد.

برای مطالعه علمی تر باد در نهاوند، گلبادهای فصول و بعضی از ماههای سال ترسیم شده است. این گلبادهای به طور کلی بیانگر غربی بودن باد غالب در بیشترین ایام سال است. هم‌چنین، ماه مارس تحت تأثیر شدیدترین بادهای دوره آماری ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ است. نقشه‌های سرعت باد برای ماه مارس ایستگاه نهاوند نشان می‌دهد که هر چه از سطوح بالاتر جو (۸۵۰ هکتوپاسکال) به طرف سطوح پایین تر حرکت کنیم، بر سرعت و شدت باد افزوده می‌شود. علاوه بر باد غالب

با توجه به موارد فوق‌الذکر با شروع صبح، وزش باد از سمت این منطقه و دره طایمه به سمت تنگ ملوسان و کوههای اطراف به شدت آغاز می‌شود. در ساعات ظهر و بعدازظهر از شدت و سرعت این باد به تدریج کاسته می‌شود. البته تحت فرایند گسیل تابش موج بلند زمینی، گرمای موجود روی دامنه‌ها در شب به سرعت از دست می‌رود، هوای دامنه‌ها به شدت سرد می‌شود و به سوی اراضی کشاورزی و باغات دره طایمه که در طول روز مقداری انرژی تابشی دریافت کرده‌اند، حرکت می‌کند و جریان بادی از کوههای اطراف به سوی دره سرآزیر می‌شود. البته وجود شبکه آبهای جاری در این دره و اراضی دشت نهاوند و تأثیر گرمای ویژه آنها، به خروج کمتر انرژی گرمایی در این قسمتها کمک می‌کند.

علت سرمازدگی بسیاری از باغات و اراضی تحت پوشش کشت صیفی در دره طایمه، حرکت هوای سرد شبانگاهی از سطح دامنه‌ها به طرف دره است، زیرا بسیاری از باغات این منطقه روی دامنه‌ها استقرار یافته‌اند. شدت باد زمستانی این منطقه که بیشتر جهتی غربی دارد، بسیار زیاد و با سرمای فراوان همراه است.

در فصل تابستان، علاوه بر فرایند نسیمهای کوه و دره که در این منطقه وجود دارند، تنگ ملوسان و دره طایمه بهترین محل و گذرگاه در سطح شهرستان برای عبور باد غالب منطقه، یعنی باد غربی است. در بسیاری از روزهای تابستان، بادهای غربی از طریق این دره کانالیزه می‌شوند و به طرف دشت آوزمان در ملایر حرکت می‌کنند. گاهی به خصوص در ساعات پایانی بعدازظهر، بادهای غربی با نسیمهای محلی کوهستانی مواجه می‌شوند که به ایجاد گردبادهای محلی می‌انجامد و آسیبهایی به مزارع کشاورزی منطقه وارد می‌کنند.

بنابراین دره طایمه بهترین محل در شهرستان نهاوند است که در اکثر فصول سال، به خصوص زمستان و تابستان، دارای بیشترین فراوانی باد و نظم خاص در جهت وزش است. در صورت انجام تحقیقات بیشتر و اندازه‌گیری سرعت و جهت باد در تمام فصول در این منطقه و مشخص شدن امکان استفاده از انرژی پتانسیل باد در آن می‌توان به نصب تعدادی توربین بادی از این نیروی طبیعی برای به دست آوردن انرژی الکتریکی استفاده کرد.

## نمودار قدرت باد در شهرستان نهبان نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۶ به بعد، روند قدرتی بادهای بیشتر شده است

باد نایب غالب نیز جریانی است که از سمت جنوب وارد این منطقه می‌شود.

بادهای شمال شرقی و شمالی در این میان از اهمیت کم‌تر برخوردارند. اما توپوگرافی و ناهمواریهای منطقه نقش خاصی در سرعت و جریان باد دارند. زیرا به شکل نیروی اصطکاک سطح زمین، سرعت باد را کاهش می‌دهند و باعث تغییر جهت آن نیز می‌شوند. گذرگاههای موجود در قسمت‌های شمالی شهرستان، باد غالب غربی را کانالیزه و به دشتهای مجاور هدایت می‌کنند.

برای تحلیل امکان استفاده از انرژی بادی، تاریخچه استفاده از نیروی باد در گذشته و حال مرور و مشخص شد که برای به حرکت درآوردن آسیابهای بادی، کشیدن آب از چاه در گذشته و به کار انداختن توربینهای تولیدکننده انرژی در عصر حاضر، از نیروی باد استفاده شده است. در شهرستان نهبان کاربرد باد محدود به بخش کشاورزی است که به صورت سنتی توسط کشاورزان انجام می‌گیرد. اهمیت استفاده از انرژی باد نسبت به سوخته‌های فسیلی بیشتر به خاطر پاک بودن آن و آلوده نکردن محیط زیست است که حُسن مهمی در مقایسه با سایر مواد انرژی‌زا محسوب می‌شود.

نمودار قدرت باد در شهرستان نهبان نشان می‌دهد که از سال ۱۹۹۶ به بعد، روند قدرتی بادهای بیشتر شده است. هم‌چنین نمودار سریع‌ترین بادهای نهبان نیز نشان می‌دهد که پرسرعت‌ترین باد شهرستان در سال ۲۰۰۳ حادث شده است. محاسبه درصد احتمال وقوع و دوره بازگشت طوفانهای شدید نیز نشان داده است که به احتمال ۹/۰۹ درصد، در یک دوره بازگشت ۱۰ ساله، طوفانی با سرعت ۳۰ متر بر ثانیه می‌تواند شهرستان نهبان را تحت تأثیر قرار دهد.

وضعیت طبیعی و جریانهای باد موجود در سطح شهرستان نهبان برای تعیین مناطق مستعد به‌کارگیری علمی انرژی بادی ارزیابی شدند و مشخص شد که در این میان، باد دره طایمه که در شمال شهرستان نهبان وزش دارد، بهترین گزینه در این زمینه است. اختلاف فاشر بین کوههای شادمانه و آردوشان و دشت مرتفع آوزرمان ملایر با دره طایمه

و اراضی غرب آن، یعنی دشت خزل - که کمترین ارتفاع را در نهبان دارد - به همراه اختلافات در دریافت انرژی بین کوه و دره، عوامل اصلی ایجاد این باد هستند.

وزشهای سرد از دامنه‌های اطراف دره طایمه، باغات و مزارع کشاورزی این قسمت از شهرستان را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به‌علت نظم در جهت وزش و سایر ویژگیها، از جمله طول دوره تداوم پیشنهاد می‌شود که برای استفاده بهینه از انرژی باد، وضعیت وزش بادهای در این محدوده از شهرستان نهبان مورد مطالعه و ارزیابی بیشتر قرار گیرد تا در صورت امکان، برای به‌دست آوردن انرژی بدون آلودگیهای زیست‌محیطی، توربینهای بادی در آن نصب شود. دیگر بادهای محلی شهرستان از اهمیت کمتری برخوردارند، اما لازم است که به منظور کاربردی کردن اقلیم در برنامه‌ریزیهای محلی، وضعیت وزش بادهای به‌طور علمی و گسترده مورد توجه قرار گیرد.

### پی‌نوشت

1. wind rose

### منابع

۱. اداره کل هواشناسی استان همدان (۱۳۸۵). آمار داده‌های روزانه باد ایستگاههای سینوپتیک استان.
۲. ارشقی، عادل (۱۳۷۱). انرژی بادی. انتشارات سپیده. تهران.
۳. طاووسی، تقی (۱۳۸۵). جزوه درس کاربرد اقلیم در برنامه‌ریزی محیطی. دانشگاه سیستان و بلوچستان. زاهدان. (منتشر نشده).
۴. ثقفی، محمود (۱۳۷۲). انرژی باد و کاربرد آن در کشاورزی. انتشارات دانشگاه تهران.
۵. فرجی، اسماعیل (۱۳۷۴). هوا و اقلیم‌شناسی. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه هوایی نهجا. تهران.
۶. عشقی، ابوالفضل و قنبرزاده، هادی (۱۳۸۲). انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. مشهد.
۷. علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۲). ژئومورفولوژی ایران. نشر قومس. تهران.
۸. علیزاده امین و همکاران (۱۳۸۳). هوا و اقلیم‌شناسی. انتشارات دانشگاه فردوسی. مشهد.
۹. کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول (۱۳۸۲). مبانی آب و هواشناسی. انتشارات سمت. تهران.
۱۰. کیانی، مهرداد (۱۳۸۶). «الگوهای سینوپتیکی پیش‌بینی بادهای زمستانه استان همدان». پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیای طبیعی گرایش اقلیم‌شناسی. دانشگاه سیستان و بلوچستان. زاهدان.
۱۱. منگه، یونیک (۱۳۷۷). انسان و خشک‌سالی. ترجمه امد معتمد. انتشارات دانشگاه یزد.

12. <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis>