

تعیین خطر بهمن (بررسی موردی جاده‌ی چالوس)

سمیه طاهری^۲

حسن احمدی^۱

چکیده

سقوط بهمن در جاده‌ی چالوس که از راه‌های پرتردد کشور است تهدیدی جدی محسوب شده و سالانه خسارات جانی و مالی قابل توجهی به بار می‌آورد. لذا یافتن شاخص‌هایی جهت تعیین میزان خطرات بهمن در این منطقه از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این مقاله به بررسی شاخص‌هایی پرداخته شده‌است که به کمک آنها می‌توان میزان خطر بهمن را پیش‌بینی نمود. از جمله‌ی این شاخص‌ها می‌توان به شاخص‌های توپوگرافی و شیب، شاخص‌های زمین‌شناسی و زبری زمین، شاخص‌های پوشش گیاهی، شاخص‌های جهت جغرافیائی و میزان پرتوگیری و شاخص‌های اقلیمی اشاره نمود. در ادامه‌ی این بررسی احتمال سقوط بهمن در هر کدام از بخش‌های این جاده تعیین گردیده است.

کلمات کلیدی: بهمن، جاده‌ی چالوس، احتمال سقوط بهمن

۱- استاد دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی
۲- دانشجوی دوره‌ی دکتری دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی

مقدمه

در بین گذرگاه‌های منتهی به شمال کشور، محور چالوس - کرج از بی بدیل ترین مناظر و چشم اندازهای بکر و طبیعی و از پرطرفدارترین مسیرها می‌باشد که این عامل بسیار مهم جاده چالوس را در شمار ۱۰ جاده زیبای دنیا قرار داده است. این جاده با جلوه‌های زیبا و منحصر به فرد خود می‌تواند جاذبه‌های زیادی برای گردشگران داشته باشد و عدم رسیدگی و ایمن‌سازی آن مانع از استفاده توریستی می‌شود. یکی از خطراتی که به علت شرایط خاص ژئومورفولوژی، این جاده‌ی پرتردد را تهدید می‌کند سقوط بهمن می‌باشد. این امر تا کنون سبب ایجاد خسارات مالی و جانی بسیاری بوده‌است. برای جلوگیری از خسارات وارده، شناخت منطقه و نیز تعیین گذرگاه‌های تشکیل و سقوط بهمن ضروری است. ولی معمولاً بهمن‌ها از جایی شروع می‌شوند که دسترسی به آن چندان ساده نیست و همین امر باعث می‌شود وقوع بهمن‌ها خیلی ناگهانی و غافلگیرکننده باشد. این مسأله سبب می‌شود که بررسی مستقیم بهمن‌های در حال حرکت دشوار باشد. بویژه در منطقه‌ی گذر و منطقه‌ی توقف بهمن، بیشتر به بررسی آثار و نشانه‌های بهمن‌ها استناد می‌گردد و این در حالیست که اطلاعات ما از منطقه‌ی شروع بهمن اندک است. اگر این مناطق مورد بررسی دقیق قرار گیرند و پوشش برف در آنها مورد توجه واقع شود کمک شایانی به برنامه‌ریزان خواهد کرد تا به مقابله با بهمن نائل آیند. همین مسائل است که به برنامه‌ریزان اجازه می‌دهد حجم توده‌ی برفی را که بصورت بهمن در حرکت است و از گذرگاه عبور میکند برآورد نمایند و یا گستره‌ای را که بهمن در آن انباشته شده و متوقف می‌شود محاسبه کنند. با توجه به آنچه گفته شد پر واضح است که مشاهده‌ی مستقیم بهمن به آسانی امکان‌پذیر نمی‌باشد. حتی در مناطق پر اهمیت نظیر جاده‌ی چالوس، با وجودی که پروژه‌های توسعه‌ای مهمی در آن تعریف شده‌است، دسترسی مداوم و مکرر در طول زمستان دشوار بوده و لذا اطلاعات موجود در این مناطق هم کامل نخواهد بود. از طرفی به صحبت‌های غیر علمی افراد بومی نیز نمی‌شود صددرصد اعتماد و تکیه کرد چرا که دقت اطلاعات این افراد جای سؤال است.

بنابراین لازم است از این شکل بررسی‌ها عبور کرده و در عوض از همه‌ی علائم فیزیکی و نشانه‌ها و سرنخهای موجود روی زمین که در طی ماه‌های تابستان آشکار شده‌اند لیست برداری شود تا به کمک آنها عملکرد بهمن‌هایی که در گذشته اتفاق افتاده‌اند و رفتار آنها در آینده روشن گردد.

با شناسایی این مناطق حساس می‌توان در زمستان با اندازه‌گیری‌های لازم سقوط بهمن را پیش از وقوع آن پیش‌بینی نموده و در مناطق خطرناک قبل از وقوع بهمن با جلوگیری از تردد وسایل نقلیه از بروز اتفاقات ناگوار اجتناب نمود. در گام بعدی این امکان وجود دارد که به کمک مطالعه و اندازه‌گیری‌های لازم با احداث موانع و تجهیزاتی از تشکیل بهمن در مناطق حساس جلوگیری نمود. لذا بر این اساس با در نظر گرفتن یکسری شاخص‌ها و با شناخت مسأله می‌توان راه حل‌های اساسی ارائه داد.

منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه، جاده‌ای است در داخل دره‌ی کرج و به طول ۱۵۴ کیلومتر که دو شهر کرج و چالوس را به هم مربوط می‌کند. منطقه‌ی مورد مطالعه قسمتی از دامنه‌ی جنوبی و شمالی ارتفاعات البرز را تشکیل می‌دهد که زمین شناسی آن متعلق به دوران سوم و متشکل از تشکیلات آذر آواری با نام کلی توف است. در منطقه‌ی مورد مطالعه، سازندهای ائوسن در دامنه‌ی جنوبی، سنکلینال بزرگی را بوجود آورده که محور اصلی آن از ارتفاعات

شمالی منطقه می‌گذرد و شامل لایه‌های سیلتستون، ماسه سنگ و گاهی همراه با لایه‌های رادیولاریت و ندرتاً شیل است و در فواصل آن بیرون‌زدگی‌های آذرین بصورت دایک که لایه‌ها را قطع می‌کند و بصورت سیل موازی با چینه‌بندی‌ها قرار گرفته‌اند و گاهی نیز بصورت توده‌های منفرد جدا از هم دیده می‌شوند. در این بررسی به علت شرایط خاص ژئومورفولوژی، زمین شناسی و اقلیمی تنها بخشی از آن که از بیلقان (۷ کیلومتری کرج) تا سیاه بیشه ادامه دارد به علت بهمن‌های سنگین و خطرناک مورد نظر بوده و دقیقاً مورد بررسی قرار گرفته است.

روش مطالعه

اساس کار، بر تفسیر عکس‌های هوایی ۱/۲۰۰۰۰، نقشه‌ی توپوگرافی ۱/۱۰۰۰۰، نقشه‌ی زمین شناسی ۱/۵۰۰۰۰ و نقشه‌ی سنگ شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ گذاشته شده است. با مطالعه‌ی عکس‌های هوایی، وضعیت ناهمواری‌ها، مناطق تجمع برف و انواع گذرگاه‌های بهمن مشخص گردید (جدول ۱) و سپس به علت اینکه عکسهای هوایی فصل زمستان که نشانگر وضعیت برف در این منطقه باشد در دسترس نبود ضمن بررسی شواهد در فصول دیگر سال، مطالعات تکمیلی در فصل زمستان روی زمین انجام گرفت. بر اساس این مطالعات ابتدا نقشه‌ی ژئومورفولوژی تهیه و مطالعات بعدی بر مبنای آن انجام گردید.

نتایج و بحث

با توجه به مطالعات انجام شده به کمک برخی شاخص‌ها می‌توان میزان خطرات بهمن در منطقه را تعیین نمود. علل ایجاد بهمن‌ها یا اثرات آن‌ها و بسیاری از رخساره‌های فیزیکی که بر روی زمین قابل مشاهده هستند ممکن است به هر یک از مناطق شروع، گذر و توقف بهمن مربوط باشند. این شاخص‌ها در سه گروه شاخص‌های زمینی، پوشش گیاهی و اقلیمی قرار می‌گیرند:

۱- شاخص‌های زمینی

شاخص ساختمانی یا تکتونیک

این عامل به عنوان اصلی‌ترین و مشخص‌ترین عامل جهت چین خوردگی، تشکیل ارتفاعات و سپس تخریب و ایجاد گسل رورانده در واحدهای مختلف ژئومورفولوژی مؤثر می‌باشد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که منطقه از سه زیر واحد تشکیل یافته است. در ستیغ‌های مرتفع که در ارتفاعات بالای ۲۵۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است شیب تند حدود ۵۵ تا ۷۷٪ بوده و به علت شرایط سخت اقلیمی عمل پدورژن در آن انجام نگرفته و فاقد پوشش گیاهی است. بررسی بهمن در ارتفاعات بالا نشان می‌دهد که طی بهار و زمستان در سرتاسر ارتفاعات کوهستانی نقطه‌ای یافت نمی‌شود که از خطر بهمن یا سقوط توده‌های برف در امان باشد. البته این امکان وجود دارد که بتوان جایی را یافت که وقوع بهمن در آن خیلی معمول نباشد و یا منطقه‌ای را پیدا کرد که احتمال وقوع بهمن در همه‌ی زمان‌ها یکسان نبوده و در ابتدا، اواسط یا اواخر یک فصل بیشتر یا کمتر باشد. اما در هر حال یافتن یک نقطه‌ی امن در ارتفاعات بالا و ستیغ‌های کوهستانی کار بی‌نهایت مشکلی است. واحد دیگر واحد یال‌های فرسایش یافته است که قسمت اعظم منطقه را می‌پوشاند و در محدوده‌ی ۱۷۰۰ تا ۲۵۰۰ متری از سطح دریا با شیب‌های ۲۵ تا ۴۵٪ قرار گرفته است. این واحد از محل گسل اصلی شروع و به علت فرسایش، به صورت قله‌های مدور و با یال‌های ساییده شده مشخص می‌گردد. بررسی‌های انجام شده در ارتفاعات متوسط نشان می‌دهد که هرچه از ارتفاعات بالاتر به ارتفاعات پائین‌تر برویم از تعداد بهمن‌ها کاسته می‌شود. در این محدوده تحت تأثیر توپوگرافی‌های خاص گذرگاه‌های خطرناکی بوجود آمده‌اند که این مسأله اهمیت بررسی در این منطقه را دو

چندان می‌کند. سومین واحد موجود در منطقه واحد آبرفتی است. در این محدوده مواد حاصل از تخریب دو واحد قبلی در پای دامنه‌ها و یا در نقاط مسطح جمع شده و موجب تشکیل زمین‌های زراعی فعلی گردیده‌است. این واحد وسعت چندانی نداشته و اغلب به صورت سازند پلیوپلیستوسن می‌باشد که عناصر اصلی آن از تشکیلات کرج تشکیل یافته، ولی زمین‌های کشاورزی و باغات اغلب مربوط به دوره‌ی وورم و جنگ ترویا می‌باشد. احتمال وقوع بهمین در این مناطق به کمترین مقدار خود می‌رسد.

شاخص‌های سنگ شناسی

عامل سنگ شناسی نقش اساسی در تشکیل ناهمواری‌ها، شکل زمین و یا توپوگرافی منطقه داشته و به عنوان یک عامل اصلی محسوب می‌گردد. این عامل بصورت فرسایش فیزیکی که بسته به نوع سنگ، بافت، تخلخل و سیمان آن است، هم در ایجاد ناهمواریهای محلی و هم در تهیه‌ی انواع رسوبات تخریبی و شیمیائی مؤثر می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام شده سه واحد اصلی شامل سازند کرج، سنگ‌های آذرین و نیز محدوده‌ی نسبتاً وسیع سنگ‌های رسوبی در منطقه مشخص گردید. در سازند کرج، تغییر جنس لایه‌ها و در نتیجه تغییر میزان فرسایش فیزیکی موجب ایجاد سطوح فرورفته و یا برجسته و گاهی موجب تشکیل پرتگاه‌هایی در لایه‌های سخت می‌گردد که این امر در انباشتگی برف و تشکیل بهمین نقش اساسی دارد. سنگ‌های آذرین نیز که سطح محدودی از منطقه را اشغال می‌کنند بصورت برجستگی‌های کم ضخامت در امتداد شیب توپوگرافی ظاهر شده‌اند و همین برجستگی‌ها موجب تجمع برف در گذرگاه‌ها می‌گردد.

شاخص‌های توپوگرافی (شیب، جهت، ارتفاع)

در دامنه‌هایی که شیبشان از ۵۰ درجه (۱۲۰ درصد) بیشتر است، به ندرت بهمین ایجاد می‌گردد زیرا این شیب‌ها اجازه نمی‌دهند که پوشش برف تجمع یابد و برف‌ها بلافاصله پس از ریزش از روی دامنه فرو می‌ریزند. احتمال سقوط بهمین در دامنه‌های با شیب کمتر از ۳۰ درجه (۵۸٪) نیز به شدت کم است. نکته‌ای که در اینجا مطرح است اینکه حتی در شیب‌های برابر، احتمال سقوط بهمین مساوی نخواهد بود. علت آنست که عوامل مختلفی در ایجاد خطوط شکستگی در برف و ایجاد بهمین دخالت دارند:

الف) در دامنه‌های محدب میزان کلّ حرکات خزشی و لغزشی برف به سمت پایین دامنه افزایش می‌یابد. وقتی شرایط برای سقوط بهمین مناسب است و لایه‌ای با مقاومت برشی کم وجود دارد، ابتدا در دامنه‌های محدب که در پوشش برف نیروی کششی وجود دارد شکستگی حادث می‌گردد.

ب) در رخساره‌های بیرون زدگی سنگی و صخره‌ها پوشش برف ضخامت زیادی پیدا نمی‌کند. علت این امر آن است که سنگ‌های تیره با جذب حرارت موجب ذوب برف می‌شوند. همین امر سبب می‌شود زمینه‌ی مناسبی جهت تشکیل بهمین‌های قطعه‌ای ایجاد گردد. اثر دیگری که این برونزدگی‌ها دارند آن است که در اثر یخ بستن خرد شده و تشکیل واریزه می‌دهند.

ج) برونزدگی‌های سنگی که به صورت نواری از زمین بیرون زده‌اند اگر کاملاً توسط برف پوشیده شده باشند از حرکاتی که ممکن است بالای آنها ایجاد گردد ممانعت می‌کنند و این در حالی است که معمولاً در قسمت پایین، حرکات ادامه دارند. همین امر در لایه‌های فوقانی برف که توسط برونزدگی قطع نشده‌اند ایجاد نیروهای کششی می‌کند. این نیروها سبب می‌شوند شکستگی‌ها در امتداد نوار سنگی که در زیر برف مدفون است متمرکز گردد.

جهت جغرافیائی و میزان پرتوگیری نیز از دیگر شاخص‌های توپوگرافی است که جزء تأثیرگذارترین شاخص‌ها در ایجاد بهمین‌هاست. معمولاً برفی که در دامنه‌های جنوبی یا غربی قرار دارد ضخامت کمتری دارد و مرطوب‌تر

می‌باشد و لذا معمولاً پدیده‌ی لغزش در عمق بهمن و در پائین‌ترین سطح آن رخ می‌دهد. البته نباید فراموش کرد که اگر آب و هوای حاکم بر منطقه برای مدتی طولانی ابری باشد، اثر جهت و میزان پرتوگیری خیلی کم می‌شود و در اینصورت ممکن است حتی در دامنه‌های جنوبی شاهد بهمن‌های سرد پودری هم باشیم. اگرچه این بهمن‌ها بسیار نادرند ولی بی‌نهایت خطرناکند. در دامنه‌های جنوبی، وجود لایه‌های برف مرطوب در زیر پوشش برف سبب می‌شود که برف در سطح زمین بیشتر سر بخورد و لذا استفاده از تمهیدات حفاظتی مناسب جهت مقابله با حرکت بهمن مفید خواهد بود. در دامنه‌های شرقی یا شمالی که پرتوگیری کمتر می‌باشد معمولاً خطر ایجاد بهمن کمتر است. در چنین دامنه‌هایی معمولاً لایه‌های یخی با عمق زیاد ایجاد می‌گردند. در این دامنه‌ها بهمن‌های پودری خطرناکی به وقوع می‌پیوندد.

در مورد تأثیر شاخص ارتفاع در تعیین خطر بهمن نیز در بخش مربوط به عامل ساختمانی یا تکنیک توضیحات لازم ارائه گردید.

- شاخص زبری زمین

فاکتورهای مرتبط با زبری نیز حرکت پوشش برف بر روی زمین را بصورت زیر تحت تأثیر قرار می‌دهند: الف) زمین‌های لخت و صاف بویژه اگر مرطوب باشند محل مناسبی برای لغزش برف محسوب می‌شوند و لذا کلیه‌ی تنش‌ها را در پوشش برف افزایش داده و احتمال سقوط بهمن را افزایش می‌دهند.

ب) زمین‌های ناصاف و ناهموار، سنگها و تخته‌سنگهای بزرگ در زبری بستر مؤثر می‌باشند و طی یک قانون مکانیکی ساده لغزش برف را متوقف می‌سازند. بعلاوه سبب می‌شوند نوعی جریان چرخشی هوا در بخش زیرین پوشش برف ایجاد گردد. این جریان از صعود هوای گرم در محل تماس برف و زمین جلوگیری می‌کند. این امر سبب می‌شود برف‌ها کمتر به حالت مرطوب درآیند. در مناطقی که دارای تخته‌سنگهای بزرگ هستند، بهمن‌های بزرگی که در آن لغزش در عمق برف و در پائین‌ترین لایه رخ دهد کمتر به وقوع می‌پیوندد. معمولاً در برخی از این مناطق تنها ممکن است بهمن‌های کوچک و سطحی ایجاد گردد که این بهمن‌ها مواد کمتری را با خود حمل کرده و مسافت چندان زیادی را نیز طی نمی‌کنند.

تختانک‌ها و سگوهایی که در اثر عبور دام ایجاد شده‌اند اثر مثبتی بر کاهش لغزش برف دارند تا جایی که حتی می‌توان این حالت را توسط ماشین آلات خاصی به طور مصنوعی شبیه‌سازی کرده و اقدام به ایجاد یکسری پشته‌های حاکی نمود.

۲- شاخص‌های پوشش گیاهی

اگر در مناطق بهمن خیز گراس‌های بلند وجود داشته باشد، در فصل زمستان این گیاهان یخ زده و به سمت سرایشی دامنه خم می‌شوند. اینحالت، فرشی با ضخامت کم ولی متراکم ایجاد می‌کند که همیشه مرطوب بوده و بی‌نهایت لغزنده است و لذا تکیه‌گاه مناسبی برای برف محسوب نمی‌گردد. در نتیجه لغزش برف شدت گرفته و خطر وقوع بهمن بسیار زیاد می‌شود. در صورتی که گیاهانی که خاصیت نرمش ندارند و بطور قائم باقی‌مانده‌اند، پس از ریزش برف به شکل عمودی در داخل پوشش برف نفوذ کرده و آنرا بخوبی نگه می‌دارند. به عبارت دیگر خطری که در اثر بارش برف بر روی این گونه گیاهان ایجاد می‌گردد به مراتب کمتر از مورد قبل است. نکته‌ی حائز اهمیت آن است که اگر در منطقه‌ای گیاهان علفی انعطاف پذیر و بلند وجود داشته باشد و در بالادست آن چنین وضعیتی نباشد حالتی شبیه به یک دامنه‌ی محدب ایجاد می‌شود که خطرناک می‌باشد. اما عکس اینحالت، وضعیتی شبیه به دامنه‌ی مقعر را پیش آورده و خطر کمتری وجود خواهد داشت.

در مورد بوته‌های کوتاه، وضعیت به گونه‌ی دیگری است. تا زمانی‌که این بوته‌ها در زیر برف مدفون نشده‌اند سبب اتصال برف به دامنه شده و احتمال وقوع بهمن را کاهش می‌دهند. اما همین‌که توسط برف پوشیده می‌شوند خطر بهمن به سرعت افزایش می‌یابد. در واقع، نوعی جهش مکانیکی ایجاد می‌شود که در اثر کوچکترین تغییرات وزنی موجب ایجاد وارفتگی یا نشست شدید در لایه‌هایی از برف می‌گردد که پوشش گیاهی در آنها نفوذ کرده‌است. گذشته از این، وجود ساقه‌ی گیاهان چرخش هوا را تسهیل می‌کند که این امر شرایط مطلوبی جهت ایجاد یک بخش عمیق بوجود می‌آورد. این بخش، لایه‌ای از برف است که مقاومت برشی آن بسیار پائین بوده و در زیر آن بوته‌های کوتاه و بر فراز آن لایه‌های برف قرار دارند. باید توجه کرد که احیاء جنگل هم اگر با مطالعه صورت نگیرد می‌تواند خطرآفرین باشد و تنها در صورتی مفید واقع خواهد شد که ارتفاع نهال‌های مورد استفاده مشخصاً از پوشش برف بالاتر بوده و از حداکثر ارتفاع برف بیشتر باشد.

در مورد جنگل‌ها می‌توان گفت زمانی که ارتفاع درختان جنگل از حداکثر ارتفاع برف (H_{ext}) بلندتر باشد، تنه‌ی آنها برف را بخوبی بر روی دامنه نگه می‌دارد. در جنگل‌های متراکم منطقه‌ی مورد مطالعه مقدار برفی که کف جنگل می‌نشیند به نسبت کاهش می‌یابد و لذا سریعتر به برف خیس تبدیل می‌شود. با این وجود در حاشیه‌ی جنگل‌ها غالباً با مقادیر انبوهی برف روبرو خواهیم بود که بسته به میزان پرتوگیری از ذوب شدن در امان مانده‌اند. این پوشش برف که از برف مرطوب داخل جنگل خیلی عمیق‌تر است، غالباً اتصال ضعیفی با آن داشته و شرایط مناسبی برای لغزش و سرخوردن برف فراهم می‌آورد. در واقع در چنین حالتی شرایط جهت ایجاد بهمن‌های قطعه‌ای مهینا می‌گردد. محل شکست این بهمن‌ها دقیقاً با حاشیه‌ی پائینی جنگل مطابقت دارد. البته نباید به غلط این تصور ایجاد شود که وجود جنگل از جنبه‌ی تولید بهمن خطرآفرین است؛ بلکه بایستی به این واقعیت رسید که بهتر است در تمام محدوده‌ای که امکان تجمع برف و ایجاد خط شکستگی وجود دارد جنگلکاری ادامه پیدا کند.

۳- شاخص‌های اقلیمی

عوامی آب و هوایی نقش اساسی در تشکیل و سقوط بهمن دارند. این عوامل بر حسب اهمیت عبارتند از:

- نزولات آسمانی

ریزش برف جدید روی برف‌های آبدار موجب تشکیل بهمن‌های پودری شده و فشار آن در روی طبقه‌های تحتانی باعث بوجود آمدن بهمن‌های قطعه‌ای می‌گردد که به آن بهمن‌های سریع یا آنی نیز گفته می‌شود. به طور کلی باران از عواملی است که سبب بروز بهمن‌های فوری و آنی می‌گردد.

- باد

در زمان بارش برف، هر دامنه ممکن است در معرض وزش باد غالب قرار داشته و یا از وزش چنین بادهایی در امان باشد. بسته به این موضوع، سختی قطعات برف در این دامنه‌ها متفاوت بوده و ممکن است کم یا زیاد باشد. در جهات رو به باد، قطعات برف سخت ولی کاملاً کم ضخامتند. در مناطق باد پناه در زیر گیلوئی‌ها، این قطعات به آن سفتی نیستند و علیرغم شکنندگی، ضخامتشان خیلی بیشتر است. بعلاوه، گیلوئی‌های برف در جهت باد می‌توانند تشکیل شوند و لذا دیواره‌ی رو به باد دامنه گسترش می‌یابد. خطرناکترین بخش، دیواره یا دامنه‌ی روبه باد گیلوئی است که در آن با تجمع برف روبرو هستیم. در این قسمت لایه‌های تجمع یافته بر روی لایه‌هایی قرار می‌گیرند که ممکن است بخوبی مستقر نشده باشند. این مسأله توده‌ی برف را کاملاً ناپایدار می‌سازد. در دامنه‌ی رو به باد، ضخامت برف کمتر است و برف زودتر آب می‌شود. در نتیجه شرایط جهت رشد گیاهانی مناسب است که در برابر

یخ‌زدگی و کمبود آب مقاومند ولی به دوره‌ی رویشی طولانی نیاز دارند. در سمت بادپناه، ضخامت برف بیشتر است و برفهایی که توسط باد حمل شده‌اند در این قسمت تجمع یافته‌اند. این مسأله از یخ‌زدگی جلوگیری کرده و آب کافی برای گیاهان فراهم می‌آورد ولی دوره‌ی رویشی گیاهان را کوتاه می‌کند. بطور کلی وجود گیلوئی‌ها و شکستگی‌های شیب از نظر سقوط بهمن بسیار خطرناک می‌باشد (این پدیده در گذرگاه‌های شماره‌ی ۶۶، ۶۷، ۷۷، ۷۸ و ۸۰ مشاهده می‌گردد).

درجه‌ی حرارت

درجه‌ی حرارت به همراه سایر عوامل در حرکت برف و سقوط بهمن دخالت دارد. گرم شدن ناگهانی هوا موجب کاهش چسبندگی طبقات برف شده و عامل خطرناکی در حرکت بهمن به شمار می‌رود. بنابراین درجه حرارت بالا پس از ریزش برف سبب گرم شدن دانه‌های برف و ایجاد برف مرطوب و در نتیجه تولید بهمن آبدار می‌گردد. کاهش درجه‌ی حرارت خاصیت پلاستیسیته‌ی برف را کاهش داده و در محل‌هایی که شکستگی شیب وجود دارد سبب ایجاد بهمن‌های ورقه‌ای می‌شود (گذرگاه‌های شماره‌ی ۷، ۱۹، ۲۲ و گذرگاه‌های رو به شرق).

جدول شماره‌ی ۱- مشخصات گذرگاه‌های بهمن در منطقه‌ی مورد مطالعه

طول (m)	جهت	ارتفاع از سطح دریا		درصد شیب	ش گذرگاه	طول (m)	جهت	ارتفاع از سطح دریا		درصد شیب	ش گذرگاه
		حد پایین	حد بالا					حد پایین	حد بالا		
		لا	لا					لا	لا		
۲۵۰	W	۳۰۰۰	۲۵۵۰	۷۵	۵۹	۱۰۰	WE	۲۰۵۰	۱۹۸۰	۶۰	۱
۸۰۰	S	۳۰۸۰	۲۶۰۰	۸۵	۶۰	۲۰۰	WE	۲۵۳۰	۲۰۵۰	۶۵	۲
۱۰۰	N	۲۵۸۰	۲۵۰۰	۹۰	۶۱	۱۰۰	WE	۲۰۷۰	۱۹۹۰	۵۰	۳
۱۰۰	N	۲۶۰۰	۲۵۵۰	۹۵	۶۲	۲۰۰	WE	۲۵۰۰	۲۰۰۰	۵۵	۴
۲۰۰	N	۲۷۰۰	۲۶۰۰	۷۰	۶۳	۲۵۰	WE	۲۵۵۰	۲۰۵۰	۶۵	۵
۱۰۰	NW	۲۶۸۰	۲۶۰۰	۹۵	۶۴	۳۰۰	WE	۲۴۶۰	۲۱۰۰	۵۴	۶
۶۰۰	E	۳۰۰۰	۲۶۵۰	۹۰	۶۵	۲۰۰	WE	۳۰۰۰	۲۳۰۰	۷۵	۷
۵۰۰	E	۲۹۰۰	۲۶۰۰	۹۵	۶۶	۲۵۰	W	۲۵۰۰	۲۲۰۰	۷۰	۸
۶۰۰	E	۳۰۰۰	۲۶۵۰	۹۵	۶۷	۳۰۰	W	۲۶۰۰	۲۱۰۰	۸۰	۹
۵۰۰	W	۲۷۰۰	۲۵۰۰	۱۰۰	۶۸	۶۰۰	W	۲۷۰۰	۲۲۵۰	۷۵	۱۰
۶۰۰	W	۲۹۰۰	۲۶۵۰	۱۰۰	۶۹	۵۰۰	W	۲۸۵۰	۲۵۰۰	۷۵	۱۱
۴۰۰	W	۲۸۰۰	۲۶۰۰	۹۵	۷۰	۱۰۰	W	۲۵۰۰	۲۲۰۰	۸۰	۱۲
۹۰۰	NE	۳۰۰۰	۲۶۵۰	۹۰	۷۱	۵۰۰	W	۲۳۰۰	۲۱۰۰	۷۵	۱۳
۵۵۰	W	۳۲۰۰	۲۷۰۰	۹۵	۷۲	۱۰۰	W	۲۲۰۰	۲۱۵۰	۶۰	۱۴
۴۰۰	W	۲۲۰۰	۲۸۰۰	۸۵	۷۳	۲۰۰	W	۲۲۵۰	۲۱۰۰	۷۰	۱۵
۴۵۰	W	۳۳۰۰	۲۹۰۰	۸۰	۷۴	۶۵۰	W	۲۷۰۰	۲۲۰۰	۸۵	۱۶
۴۰۰	W	۳۰۰۰	۲۷۰۰	۸۰	۷۵	۱۰۰	W	۲۲۵۰	۲۱۵۰	۶۰	۱۷

100	S	2900	2600	90	76	100	W	2100	2000	90	11
60	N	2180	2600	90	77	100	E	2000	2200	180	19
40	N	2740	2620	180	78	100	W	2200	2100	70	20
20	N	2180	2700	180	79	100	W	2200	2100	60	21
10	N	2610	2600	180	80	0	E	2200	2000	90	22
30	N	2700	2620	90	81	100	W	2200	2100	180	23
20	W	2760	2500	60	82	200	W	2200	2200	90	24
50	E	2940	2600	70	83	100	W	2100	2100	100	25
10	E	2510	2500	70	84	200	W	2200	2200	90	26
20	W	2510	2500	70	85	300	W	2300	2100	90	27
20	E	2510	2500	70	86	100	N	2300	2200	100	28
30	E	2510	2400	70	87	200	N	2300	2200	180	29
40	E	2640	2500	70	88	100	N	2300	2200	180	30
40	W	3200	2300	70	89	100	N	2300	2200	70	31
10	W	2310	2300	60	90	100	E	2500	2500	70	32
20	E	2340	2200	180	91	200	E	2670	2500	70	33
20	E	2210	2180	70	92	0	N	2670	2600	180	34
40	W	2300	2120	90	93	100	N	2700	2600	60	35
10	W	2200	2000	60	94	100	N	2720	2600	60	36
10	W	2100	2000	60	95	0	S	2720	2700	70	37
20	W	2100	1980	60	96	0	S	2720	2700	70	38
20	W	2100	2000	50	97	100	W	3000	2100	180	39
60	E	2300	2100	70	98	400	NW	2600	2400	90	40
50	E	2300	2000	180	99	300	W	2600	2400	90	41
30	NW	2200	1960	70	100	200	W	2600	2500	100	42
40	W	2100	1980	70	101	300	W	2500	2400	100	43
50	W	2200	1980	60	102	400	E	2100	2400	110	44
60	W	2200	1980	70	103	400	E	2900	2600	110	45
60	W	2100	1960	70	104	500	E	3000	2600	100	46
50	W	2100	1980	70	105	400	E	2700	2500	110	47
30	E	2300	2000	180	106	500	W	2100	2400	110	48
100	W	2100	2000	60	107	600	W	3000	2400	90	49
30	N	2100	2000	70	108	600	W	2900	2300	90	50

۲۰۰	N	۲۰۵۰	۱۹۴۰	۶۵	۱۰۹	۴۰۰	S	۲۷۰۰	۲۵۰۰	۱۰۰	۵۱
۵۰	N	۲۰۵۰	۱۹۴۰	۷۰	۱۱۰	۳۵۰	S	۲۷۵۰	۲۵۵۰	۸۰	۵۲
۲۰۰	N	۱۹۸۰	۱۹۲۰	۷۵	۱۱۱	۲۰۰	SW	۲۵۵۰	۲۴۰۰	۸۵	۵۳
۳۰۰	N	۳۰۰۰	۱۹۲۰	۸۰	۱۱۲	۱۰۰	SW	۲۴۰۰	۲۳۰۰	۱۰۰	۵۴
۴۰۰	N	۲۲۰۰	۲۰۰۰	۸۵	۱۱۳	۱۵۰	SW	۲۴۸۰	۲۳۵۰	۱۰۵	۵۵
۴۰۰	N	۲۱۵۰	۱۹۴۰	۸۰	۱۱۴	۴۰۰	W	۲۷۰۰	۲۵۰۰	۹۵	۵۶
۶۰۰	N	۲۲۰۰	۱۹۲۰	۹۰	۱۱۵	۴۰۰	W	۲۷۰۰	۲۵۰۰	۹۰	۵۷
						۲۰۰	W	۲۹۰۰	۲۶۰۰	۷۰	۵۸

نتیجه گیری

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که وضعیت ژئومورفولوژی منطقه بویژه عوامل تکتونیک و سنگ شناسی از جمله عواملی هستند که در تجمع برف و تشکیل بهمن نقش اساسی دارند. فعالیت‌های کوهزائی سازند کرج با ایجاد یک گسل رورانده بر روی رسوبات تخریبی بعلت تغییر جنس لایه‌ها و در نتیجه تغییر میزان فرسایش فیزیکی موجب ایجاد سطوح فرورفته و یا برجسته و گاهی تشکیل دریاپار در لایه‌های سخت می‌گردد که این امر در انباشتگی برف و تشکیل بهمن بسیار مهم می‌باشد. توده‌های آذرین نیز بصورت انواع دایک عمود بر جهت لایه‌بندی رسوبی قرار گرفته و با تشکیل برجستگی‌های کم ضخامت در امتداد شیب سبب تجمع برف در گذرگاه‌ها می‌شود.

در میان عوامل توپوگرافی، شیب و جهت دامنه نیز نقش مهمی ایفا می‌کنند که نقش جهت بسیار حائز اهمیت است بطوریکه دامنه‌های شمالی و غربی از نظر بهمن خطر چندانی ندارند ولی در دامنه‌های جنوبی ضخامت برف چشمگیر بوده و زمینه‌ی بروز بهمن بویژه بهمن‌های پودری فراهم است. در دامنه‌های شرقی نیز به علت وزش بادهای غربی ضخامت برف افزایش یافته و احتمال سقوط بهمن افزایش می‌یابد. بر اساس کل مطالعات صورت گرفته از نظر گذرگاه‌های بهمن (جدول شماره ۱) پنج بخش قابل تفکیک است که سه منطقه از نظر سقوط بهمن در اولویت قرار دارد:

الف) از بیلقان تا سد امیرکبیر که حدود ۴۰٪ منطقه را تشکیل می‌دهد به لحاظ وضعیت ژئومورفولوژی و شرایط آب و هوایی، بهمن تشکیل نمی‌گردد.

ب) از سد امیرکبیر تا دوآب که حدود ۲۷٪ منطقه را شامل می‌شود دارای ۶ گذرگاه بهمن است که خطر چندانی تولید نمی‌کند.

ج) از دوآبی تا دوراهی جاده‌ی دیزین که ۱۷٪ منطقه را می‌پوشاند دارای ۳۳ گذرگاه بوده که در بین آن گذرگاه‌های خطرناک هم دیده می‌شود.

چ) از تقاطع جاده‌ی دیزین تا ورودی تونل کندوان، با اینکه فقط ۶٪ منطقه‌ی مورد مطالعه را می‌پوشاند ولی حساس‌ترین و خطرناک‌ترین بخش از نظر تشکیل بهمن بوده و دارای ۳۷ گذرگاه است که اکثراً بعلت وضعیت ژئومورفولوژی خاص و وجود سنکینال بزرگی که در مرتفع‌ترین منطقه‌ی جنوبی البرز ایجاد شده و شرایط سخت آب و هوایی بویژه باد جهت تجمع برف و تشکیل بهمن مساعد می‌باشد.

ح) در خروجی تونل کندوان تا سیاه بیشه با آنکه دارای ۳۸ گذرگاه می‌باشد ولی بجز ۸ گذرگاه که از نظر سقوط بهمن خطرناک می‌باشند بقیه خطر چندانی تولید نمی‌کنند.

به طور کلی بر اساس این بررسی مشخص شد که هر یک از گذرگاه‌های منطقه ممکن است سالانه، هر پنج سال، ده سال، پنجاه سال یا صد سال یکبار مورد هجوم بهمن قرار گیرند. این بررسی‌ها از اهمیت زیادی برخوردار هستند زیرا می‌توان از آنها در تحلیل‌های آماری استفاده نمود. مجموعه گذرگاه‌هایی که تحت بررسی قرار می‌گیرند یک "جامعه آماری" تشکیل می‌دهند که این جامعه شبیه به جامعه کل گذرگاه‌هایی می‌باشد که ممکن است با توجه به شرایط منطقه‌ی شرویشان (ارتفاع، میزان پرتوگیری، وضعیت توپوگرافی، پوشش گیاهی و ...) با یک نوع روش کنترلی مواجه گردند. معمولاً به منظور سهولت کار، بررسی‌های مذکور در نقاطی صورت می‌گیرند که زمستان مناسب و ملایمی داشته‌باشند. بررسی‌های مداوم و کامل به ما اجازه می‌دهد که مجموعه‌ای از شرایط آب و هوایی و برفی را که منجر به ایجاد بهمن می‌شوند بررسی کنیم و بدانیم هر یک از این شرایط عامل ایجاد چه سهمی از بهمن‌ها بوده‌است. ما بر این باوریم که در هر منطقه، با توجه به برخی موقعیت‌ها انواع خاصی از بهمن‌ها ایجاد می‌شوند.

این پیش‌بینی‌ها بخش عمده‌ای از اطلاعاتی را تشکیل می‌دهد که برای ریزش مصنوعی برف که نوعی فعالیت حفاظتی موقت است مورد نیاز می‌باشد. لذا ضروری است این بررسی‌ها ادامه یافته و به مرور اصلاح گردند.

منابع مورد استفاده:

۱- احمدی حسن، ژئومورفولوژی کاربردی، فرسایش آبی

۲- احمدی حسن، بررسی وضعیت مناطق بهمن خیز، مجله‌ی منابع طبیعی ایران شماره‌ی ۳۹.

3- Manual of avalanche control, publication of F.A.O