

باران سفید از آب سیاه می بارد بارش های جوی در برنامه ریزی و مدیریت بحران شهری

کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی روستایی
فهیمة سلیمانی

چکیده

رابطه و وابستگی فعالیت های انسانی با مکانی که این فعالیت ها در قلمرو آن ظاهر می شوند، و هماهنگی ها و ناهماهنگی های طبیعی که در نواحی گوناگون سیاره زمین وجود دارند، بس مهم و شایان توجه هستند. شرایط محیط طبیعی چه از دیدگاه منطقه ای و چه از نظر موقعیت های خاص یک شهر یا یک روستا، همواره عامل پیشرفت یا بازدارنده بوده است.

بین عوامل طبیعی نیز، آب و هوا نقش بسیار مهمی در فعالیت های انسانی دارد. مساعدت یا عدم مساعدت آب و هوا بیش از سایر عوامل طبیعی در زمینه گسترش اماکن شهری و روستایی مؤثر است. یکی از عوامل آب و هوایی، ریزش های جوی است که در فصل های متفاوت سال، تأثیرات متفاوتی در پراکندگی جماعات انسانی و تأمین منابع معیشت آنها اعمال می کند [شیعه، ۱۳۷۹: ۱۷۹].

سال های پر باران یا بسیار خشک نیز هر دو در کیفیت محیط زندگی انسان نقش مؤثری دارند. بارش های زیاد و یا عدم وجود بارش می تواند بحران های شدیدی را ایجاد کند و یا گسترش دهد. بارندگی های سنگین و مداوم از عواملی است که باعث وقوع سیلاب می شود. بعضی از سیلاب ها بعد از چند روز بارندگی آرام و اشباع کامل زمین که متعاقب آن یک بارندگی شدید صورت می گیرد، اتفاق

می افتند که این یکی از عوامل سرنوشت ساز در شکل دهی به وقوع سیلاب های مخرب و ویرانگر است [اباخانی، ۱۳۷۱: ۳۰۰].

اثرات زیان بار خشک سالی، در صورتی که از نظر زمانی و مکانی وسعت قابل ملاحظه ای داشته باشد، کمتر از خسارات ناشی از سیل و طغیان رودخانه ها نیست. منتها اثرات منفی سیل به سرعت و به صورت سانحه ای آشکار و گذرا بروز می یابد، در حالی که اثر خشک سالی تا حدودی تدریجی اما تا مدت نسبتاً زیادی پایدار است [رجایی، ۱۳۸۲: ۳۰۰]. بنابراین باید تأثیر این عوامل بر شهر و ایجاد بحران های ناشی از آن در برنامه ریزی شهری لحاظ شود.

در این راستا، تحقیق حاضر با مطالعه اسناد موجود، به شناسایی عوامل مؤثر بر ایجاد بحران های شهری می پردازد که نتیجه آن توجه به استفاده حداکثر و مطلوب از تمام آب باران در امور گوناگون کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل آبی، تفریحی، گردشگری و امثال آن در برنامه ریزی های شهری است تا ضمن جلوگیری از ایجاد سیل و کاهش زیان های باران، استفاده از آن را در ابعاد گوناگون گسترش دهیم.

کلیدواژه ها: عوامل طبیعی، بحران، بارش، شهر، خشک سالی، سیلاب.

مقدمه

۱. طرح و بیان مسئله

معیارهایی از قبیل درجه حرارت، خاک، شکل و بُعد مناطق، آب و هوا و... این امکان را فراهم می‌سازند که جنبه‌های اسکان و فعالیت‌های اقتصادی را مورد توجه قرار دهیم. در جنبه اسکان، هم‌بستگی عوامل مناسب (آب و هوا، خاک و غیره) در فضاهای کاربری وسیع و گسترده مورد توجه است و توسعه شهری متناسب با شرایط زندگی افراد در نظر گرفته می‌شود [آرلانی، ۱۳۸۱: ۸۳].

امروزه تحت تأثیر شرایط و عوامل متعدد، شاهد رشد روزافزون مجموعه‌های شهری هستیم که در بسیاری موارد، این مجموعه‌ها با مسئله سیل به عنوان یک حادثه طبیعی دست به‌گریبان هستند. شرایط و عوامل گوناگونی در وقوع و رخداد سیل تأثیر می‌گذارند که شامل عوامل طبیعی و انسانی می‌شوند. اگرچه عوامل طبیعی به‌عنوان مسبب اصلی ایجاد سیل و خسارت ناشی از آن معرفی شده‌اند، اما نقش عوامل انسانی و دخالت‌های انسان، نه‌تنها کمتر از نقش عوامل طبیعی نیست، بلکه در مواقعی عامل اصلی ایجاد سیل و خسارت آن نیز بوده‌اند. برای کاهش هرچه بیشتر اثرات سیل روی نواحی شهری، اقدام‌های متفاوتی از جمله اقدام‌های ساختمانی و مدیریتی می‌توان انجام داد که هر کدام به وسیله عواملی و در دوره‌های زمانی خاص اجرا می‌شود. البته در استفاده از این اقدام‌ها نیز باید نهایت دقت اعمال شود؛ چرا که گاهی در صورت عدم نظارت و اجرای صحیح، به‌عنوان عوامل ایجاد بحران و خسارت عمل می‌کنند. اقدام‌های مدیریتی و ساختمانی در صورتی که به تنهایی به‌کار روند، کمتر می‌توانند مفید و مؤثر واقع شوند. درحالی‌که تلفیق این دو روش با یکدیگر موفقیت و کارایی طرح‌ها و روش‌های مقابله با سیلاب‌های شهری را چند برابر می‌کند. انجام اقدام‌های مقابله با سیلاب‌های شهری باید در سه دوره زمانی کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت صورت گیرد که مقدمه اجرای این روش‌ها، برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت، بلندمدت و میان‌مدت است [عبداللهی، ۱۳۸۲: ۵۸].

۲. اهمیت و ضرورت

شهرها به‌عنوان محل تمرکز فعالیت‌ها و سرمایه‌گذاری، همواره مورد توجه جمعیت انسانی بوده و همین موضوع موجب رشد سریع این نقاط شده است [University of Tokyo, 1995]. بنابراین با توجه به رشد سریع جمعیت و شهرنشینی، بحران‌های شهری به‌طور بسیار نگران‌کننده‌ای زیاد خواهند شد. اگرچه فناوری پیشرفته آسایش و تسهیلات لازم را در برابر حوادث طبیعی اعم از سیل و زلزله فراهم آورده است، ولی شهرها در برابر این‌گونه حوادث خیلی آسیب‌پذیرند. مسلم است که جمعیت زیاد و متراکم شهرها سرانجام به افزایش خسارت‌های ناشی از این حوادث منجر خواهد شد [Yoshiaki Kavata, 1993: 34]. موقعیت جغرافیایی شهرهای ایران بیانگر این امر است که با توجه به قرارگیری شهرها در مسیر حوضه‌های آبریز متفاوت، ضرورت پیش‌بینی‌های لازم برای سیلاب‌ها احساس می‌شود و می‌باید شهرسازان و برنامه‌ریزان شهری، زمین‌شناسان و جغرافی‌دانان به بررسی دقیق علل و عوامل ایجاد این بلایای طبیعی در مناطق شهری بپردازند و راهکارهای لازم را برای کاهش اثرات آن پیش‌بینی کنند [دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۷۱: ۴۰۲-۴۰۱].

۳. پیشینه پژوهش

در بسیاری از کشورهای جهان چندین سال است که تدابیر مقابله با خطر سیل و طغیان آب‌ها در طرح و اجرای ساختمان‌ها و مکان‌یابی سکونتگاه‌ها به‌کار می‌رود. با آن‌که اکثر شهرها و مراکز جمعیتی کشور همواره در معرض تخریب ناشی از سیلاب‌ها بوده‌اند و هنوز هم همه‌ساله می‌توان فهرست بلندی از تکرار وقوع سیل و بزرگی خسارت‌های ناشی از آن را تهیه کرد، در این میان به‌جز اقدام‌های پراکنده امدادسانی و نجات، آن هم بعد از وقوع حادثه و محدود به تدابیر موضعی و موقتی، هیچ‌گونه طرح جامعی برای تجهیز شهرها در برابر خطر سیل تهیه و

باران، ریزش جوی به صورت ذرات آب مایع و به شکل قطراتی با قطری بیش از ۰/۵ میلی‌متر است که قطرهای متفاوت دارند. قطرات باران به‌طور عادی از قطرات باران ریزه بزرگ‌تر است. قطر قطرات باران متفاوت است و از همین راه می‌توان آن را از باران ریزه تفکیک کرد. در بعضی حالات، ابرها در بردارنده تعداد زیادی ذرات ریز گرد و خاک یا شن هستند که در اثر طوفان‌های گرد و خاک و شن از سطح زمین به هوا بلند شده‌اند. این ذرات ممکن است بعد از طی مسافتی زیاد به سطح زمین بازگردند [آرتالاک، ۱۳۷۳: ۸۴].

باران آشناترین مثال بارندگی است. این حکم چنان استعمال عام یافته است که اغلب در محاوره به مجموع کل بارندگی نیز اطلاق می‌شود. با این که تعریف باران ساده است، ولی توضیح پیدایش آن پیچیده است. باران حالتی از بارندگی به صورت مایع است. با وجود این که بسیاری از ابرها باران تولید نمی‌کنند، ولی بسیاری از باران‌ها نتیجه مستقیم تراکم قطرات کوچک آب در ابرها هستند که در نتیجه رشد به اندازه‌ای می‌رسند که اثر شناوری هوا را خنثا می‌کنند. در این میان، میزان قابل توجهی از باران‌ها، به‌ویژه در عرض‌های میانه و بالا، در واقع برف آب شده است [جعفرپور، ۱۳۷۰: ۱۴۵].

عوامل مؤثر در تحلیل پدیده بارش

۱. چگونگی ایجاد بارش

بارش زمانی اتفاق می‌افتد که هوای مرطوب و عامل صعود، هر دو با هم در منطقه‌ای وجود داشته باشند. به عبارت دیگر، هوای مرطوب باید تا ارتفاع معینی بالا رود تا بر اثر سرد شدن آدیاباتیک به نقطه اشباع برسد و در مرحله بعد، ابر بارش را پدید آورد. نبود هریک از این دو عامل مانع وقوع بارش می‌شود. صعود هوای مرطوب برای ایجاد بارش به عوامل متعددی نسبت داده شده است. براساس این عوامل، صعود بارش را به انواع جداگانه‌ای تقسیم کرده‌اند. متداول‌ترین این انواع عبارت‌اند از: بارش جبهه‌ای یا سیکلونی، بارش همرفتی و بارش کوهستانی. عامل‌های مؤثر در صعود عبارت‌اند از: عامل چرخندگی؛ عامل همرفت؛ عامل ناهمواری [علیجانی، ۱۳۸۲: ۲۳۹].

۲. توزیع پراکنش فضایی بارش

به دلیل یکنواخت نبودن بارندگی و عوامل بارش، بعضی جاها پرباران و بعضی مناطق کم‌باران است. مناطق پرباران جاهایی هستند که دارای هر دو عامل اصلی بارش، یعنی عامل صعود و هوای مرطوب هستند؛ مانند منطقه کمربند هم‌گرایی حاره روی اقیانوس‌ها و جنوب شرقی و شمال غربی قاره‌ها. منطقه کم‌باران جایی است که هر دو یا یکی از عوامل ایجاد بارش در آن جا وجود ندارد. حتی روی اقیانوس‌ها هم کم‌آبی حاکم است.

نحوه پراکنندگی بارش روی زمین را عوامل به‌وجود آورنده آن، یعنی عامل صعود و منبع رطوبت، تعیین می‌کنند. در جایی که تأثیر این دو عامل مطلوب باشد، حداکثر بارش رخ می‌دهد و در جایی که هیچ‌کدام از این عوامل مؤثر نباشند، میزان بارش به حداقل ممکن می‌رسد. حتی در بیشتر موارد اصلاً بارشی رخ نمی‌دهد. بنابراین بر نقاط روی زمین به نسبت مساوی باران نمی‌بارد. از این نظر، مناطق روی زمین را می‌توان به سه دسته تقسیم

بارش مهم‌ترین پدیده یا ویژگی محیط‌زیست است و تاکنون مطالعات فراوانی درباره عوامل ایجاد آن انجام شده است

اجرا نشده است [طاهری بهبهانی، ۱۳۷۵: مقدمه].

حتی به صورت جدی تأثیر انواع، حجم، توزیع و کمیت بارش روی سیستم‌های شهری، زندگی شهروندان و تأسیسات و خدمات شهری نیز مورد بررسی قرار نگرفته است. تنها مقالات و بررسی‌های پراکنده‌ای درباره مدیریت بحران سیل، تأثیرات تغییر بارش، طراحی صحیح فضاهای شهری و غیره وجود دارد که به برخی از آنها اشاره می‌شود:

● بررسی وضعیت بارش تگرگ و خسارت‌های ناشی از آن در ایران، زهره جهانگیری و مزده پدرام.

● بررسی همدیدی بارش تگرگ، نوید حاج‌بابایی، آزاده نصیری و مینامغزی.

● کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در کاهش آسیب‌پذیری بافت‌های شهری در برابر بلایای طبیعی، مجتبی رفیعیان و کورش علی‌رضایی پرتو.

● معرفی چند روش غیرسازه‌ای کنترل سیلاب در مناطق شهری، رفعت زارع بیدکی.

● بررسی علل و عوامل وقوع سیلاب و آبگرفتگی در مناطق شهری ایران و راه‌های پیشگیری آن، یوسف زندی.

● اهمیت مطالعه تغییر بارش در بروز بلایای طبیعی (مطالعه موردی: تغییر بارش کردستان از نقطه‌نظر روزهای بارش و مقادیر آن)، احمد عسکری و محمد طالب.

تعاریف و مفاهیم

تعریف بارش

بارش مهم‌ترین پدیده یا ویژگی محیط‌زیست است و تاکنون مطالعات فراوانی درباره عوامل ایجاد آن انجام شده است [علیجانی، ۱۳۸۱: ۲۰۲].

معمولاً در اغلب نقاط ایران بارندگی ناچیز است. بنابراین، بارش کم و نیاز آبی شدید نیز عامل محدودکننده به شمار می‌رود

ابری معروف‌اند؛ مانند مه تر، شبنم، ژاله، یخ‌پوشه و یخ‌فندیلی [زمردیان، ۱۳۷۴: ۱۳۴].

رگبارهای شدید یکی از پدیده‌های خطرناک و خسارت‌بار محیط هستند که در بیشتر مکان‌ها به‌ویژه در مناطق کم‌باران اتفاق می‌افتند و خسارات زیادی را سبب می‌شوند. شناسایی شرایط سینوپتیک به‌وجود آورنده این رگبارها می‌تواند به پیش‌بینی زمان وقوع و کسب آمادگی لازم، کمک کند [علیجانی، ۱۳۸۱: ۲۰۸].

به طور کلی نزولات جوی از سه طریق صورت می‌گیرند:

● **جابه‌جایی:** نزولات حاصل جابه‌جایی، یکی از مهم‌ترین حالات بارش هستند که در بسیاری از مکان‌ها و حتی به وقت تابستان نیز روی می‌دهند.

● **کوهستانی:** نزولات کوهستانی سنگین‌ترین نزولات جوی‌اند. در این حالت، حصارهای ناشی از توپوگرافی زمین سبب می‌شوند، هوای پربار از نم اجباراً صعود کند و به بالای سطح زمین برسد. در نتیجه منبسط و در اثر انبساط سرد می‌شود که پیامد آن نزولات جوی است.

● **چرخشی:** این نزولات حاصل عملکرد توده‌های هوا با حالت تراکم کم هستند. این توده‌ها بر اثر حرکت کره زمین و اثر تشعشع نور خورشید بر فراز کره زمین حرکت می‌کنند و نتیجه آن نزول باران است [آشفته، ۱۳۷۰: ۶۱].

تأثیر انواع بارش بر سکونتگاه‌های شهری

۱. اثرات تگرگ بر سطح شهر

تگرگ ریزش جوی به شکل توپ‌های کوچک یا تکه‌هایی از یخ (تگرگ‌های سنگین) است که قطر آنها به ۵ تا ۵۰ میلی‌متر یا بیشتر می‌رسد. تگرگ به‌صورت مجزا یا متراکم و به شکل تکه‌های غیرمنظم ریزش می‌کند. معمولاً تگرگ‌های سنگین از یخ شفاف یا یک‌سلسله از لایه‌های یخی شفاف به‌وجود می‌آیند که ضخامت آنها حداقل یک میلی‌متر است و توسط لایه‌های نیم‌شفاف از یکدیگر جدا می‌شوند. تگرگ عموماً با طوفان‌های شدید و رعد و برق همراه است [آریتالاک، ۱۳۷۳: ۸۶].

شاید بتوان گفت این نوع بارش اثر مثبتی در برنارد و به‌عکس خسارات زیادی را به بار می‌آورد. زیرا بلورها یا تکه‌های یخ که به اندازه‌های متفاوت به قطر ۲ تا ۵ میلی‌متر به زمین فرود می‌آیند، به محصولات کشاورزی خسارت می‌زنند و به‌ویژه شکوفه درختان میوه را از بین می‌برند. همچنین، شیشه‌ساختمان‌ها و اتومبیل‌ها را می‌شکنند و به بدنه آنها آسیب می‌رسانند. گاه با فرود آمدن بر سر انسان، خسارات جانی هم به‌بار می‌آورد [زمردیان، ۱۳۷۴: ۱۳۵].

۲. اثر برف بر سکونتگاه‌های شهری

برف نیز مانند باران دارای آثار مثبت و منفی متعددی است. برای ادراک تأثیر برف بر فعالیت‌های انسان، لازم است بیش از هر چیز به بررسی دوام برف و مدت ماندن آن روی زمین بپردازیم. برف یکی از مهم‌ترین عوامل تغذیه منابع آب (چه سطحی و چه زیرزمینی) است که این ویژگی بسیار با اهمیت است. همچنین، برف علاوه بر

کرد: نواحی پرباران یا خیلی مرطوب؛ نواحی کم‌باران یا کم‌آب؛ نواحی با بارش متوسط [همان، ص ۲۳۹].

۳. توزیع زمانی بارش

مسئله مهم دیگر، پراکندگی زمانی بارندگی در کشور ماست. در کشور ما بیشترین بارش سالانه در ماه‌های زمستان و اوایل بهار روی می‌دهد که بارش زیاد خود عامل محدودکننده است. در حالی که در تابستان که آب زیادی مورد نیاز است، معمولاً در اغلب نقاط ایران بارندگی ناچیز است. بنابراین، بارش کم و نیاز آبی شدید نیز عامل محدودکننده به‌شمار می‌رود. بخشی از بارش سالانه در کشور نیز به‌صورت بارندگی‌های شدید و ناگهانی است که گاهی موجب بروز سیل‌هایی می‌شود که از یک‌طرف خسارات بسیاری برجای می‌گذارند و از طرف دیگر، غالباً بدون مصرف به‌هدر می‌روند [صدقت، ۱۳۷۹: ۲۳].

در ایران پراکندگی جغرافیایی شهرها بیشتر در آن نواحی دیده می‌شود که بارندگی کافی برای کشاورزی و آب مورد نیاز برای تأمین شهرها وجود دارد. در این رابطه، نواحی مرکزی، شرقی و جنوب شرقی ایران به‌تکونین تعداد معدودی از جوامع شهری امکان داده‌اند. بخش عظیمی از شهرهای ایران آب مورد نیاز خود را از منابع زیرزمینی تأمین می‌کنند. قنات، آب‌انبار، حفر چاه، آب باران و آب‌های جاری رودخانه‌ها، منابع آب مورد نیاز در شهرها را تأمین می‌کنند [نظریان، ۱۳۷۹: ۱۲۹].

۴. انواع بارش

برخی از بارندگی‌ها مستقیماً از ابر حاصل می‌شوند که به آن‌ها بارش‌های ابری می‌گویند؛ نظیر باران، برف و تگرگ. در حالی که برخی دیگر از تراکم یا تصعید در سطح عوارض متفاوت زمین به‌وجود می‌آیند که به بارش‌های غیر

آلوده‌زدایی جوی، به‌خاطر ماهیت سردش، در از بین بردن برخی میکروب‌ها و کاهش برخی از امراض و بیماری‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کند. برف‌های متراکم و رودخانه‌های یخ‌زده، شاهراه‌های بسیار خوبی را تشکیل می‌دهند و مسافرت‌های بسیار مطبوع و دلکش و جاذبه‌های گردشگری خاصی را فراهم می‌آورند. البته ورزش‌های زمستانی و اسکی روی برف اثرات منفی نیز دارند. هنگامی که برف می‌بارد، به‌ویژه وقتی همراه با باد و طوفان است، کولاک ایجاد می‌کند، مزاحمت‌هایی را به‌وجود می‌آورد و از جمله قابلیت دید را برای حمل و نقل زمینی و یا هوایی کم می‌کند. وجود بلورهای یخ در برف و آلودگی بسیار بالای آن (گاه بیش از ۹۰ درصد)، دمای محیط را کاهش می‌دهد و نیاز به انواع انرژی و سوخت را بالا می‌برد. رنگ روشن و آلودگی زیاد برف به چشم‌ها آسیب می‌رساند و نارسایی‌های دید و حتی نابینایی را موجب می‌شود. به همین دلیل استفاده از عینک‌های آفتابی و دودی در مناطق برف‌گیر بسیار رایج است.

هنگامی که برف یا به صورت بارش و یا توسط باد سطح زمین را می‌پوشاند، جاده‌ها و خطوط آهن را مسدود و حمل و نقل زمینی را کند می‌کند و حتی از حرکت بازمی‌دارد. بنابراین، استفاده از نمک، شن و ماسه برای ذوب برف و یا به‌کارگیری ماشین‌آلات سنگین، مثل لودر، بولدوزر و یا برف‌روب‌ها برای باز نگه داشتن جاده‌ها امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. تراکم برف و انبوه شدن آن، به‌خصوص در سطح کوهستانی، بهمن را به‌وجود می‌آورد.

در دره‌ها و دامنه‌ها، قشر برف و گاه یخ به‌صورت توده‌های فشرده به‌طور ناگهانی و غیرمترقبه حرکت و یا سقوط می‌کند و خرابی‌های بسیاری را در مسیرش به‌بار می‌آورد. حتی اگر سرعت حرکت بهمن نسبتاً ضعیف باشد و مسافت طی شده اهمیت چندانی نداشته باشد، باز پدیده بهمن بسیار خطرناک است. وانگهی، سقوط بهمن تشکیل سیلی از گل و لای و سنگ‌ها

را، مساعد و آسان می‌سازد [همان، ص ۱۳۵].

یکی دیگر از معضلات برف ناشی از ذوب آن است. در کشورهای کانادا، سیبری و قسمت‌های شمالی روسیه، بدترین اوقات سال فصل بهار است؛ زیرا در این فصل برف‌ها شروع به ذوب شدن می‌کنند؛ باتلاقی‌ها و گودال‌هایی مملو از گل و لای را به‌وجود می‌آورند و از همه مهم‌تر، باعث طغیان رودخانه‌ها می‌شوند. از همه بدتر زمانی است که بخش علیای رودخانه‌هایی که به طرف اقیانوس منجمد شمالی جریان دارند، شروع به ذوب شدن می‌کند، درحالی‌که قسمت‌های سفلی هنوز یخ بسته‌اند. در چنین شرایطی، قطعات عظیم برف و یخ می‌شکنند، به طرف مصب پیش می‌روند، بستر رود را مسدود می‌کنند و سرانجام موجب طغیان رود می‌شوند. در عرض‌های پایین‌تر و یا در مناطق کوهستانی ایران نیز، در اواخر اسفند و اوایل بهار، بر اثر تغییر ناگهانی حرارت و ذوب سریع و شدید برف و یا به دلیل آمدن باران شدید روی برف‌ها، سیل‌های مخربی ایجاد می‌شوند.

کنش برف از دو جنبه اهمیت دارد: از یک‌سو طی نزول می‌تواند پیامد مهمی به‌بار بیاورد، و از سوی دیگر پوشش برف روی جاده تردد خودروها را آرام می‌کند و حتی توقف آنها را موجب می‌شود. به‌طور کلی دو نوع برف وجود دارد که سبب خسارت‌های گوناگون می‌شوند. اگر برف از دانه‌های ریز تشکیل شود، در دستگاه‌های برقی نفوذ می‌کند. متراکم شدن دانه‌های برف نیز باعث بروز حوادث می‌شود. این حوادث نادرند، اما آثار اسفباری برجای می‌گذارند.

اگر برف سنگین باشد پیامدهای آن می‌تواند به‌مراتب حادتر باشد. این نوع برف هنگامی می‌بارد که در ارتفاعات، توده‌های هوای برقی مملو از بخار آب در تماس با هوای منجمد قرار گیرد. این مورد بیانگر وضعیتی است که بیشتر در جنوب فرانسه هنگام نفوذ توده‌های گرم که از مدیترانه می‌آیند، روی می‌دهد. در نتیجه این وضعیت، ریزش‌های شدیدی رخ می‌دهند. این برف غالباً چسبندگی دارد و روی درختان و سیم‌های برق می‌نشیند. دانه‌های برف گاه بیش از ۱۰ سانتی‌متر قطر دارند که سیم‌ها را سنگین و در نتیجه قطع می‌کنند. هم‌چنین تکان‌های شدیدی که نتیجه سقوط ستون‌ها و دیرک‌هاست، تا شعاع ده‌ها کیلومتر را دربرمی‌گیرد. قطع برق و ارتباط تلفنی پیامدهای بسیار خطرناکی در پی دارد. تردد وسایل نقلیه زمینی نیز ناممکن می‌شود، زیرا راه‌های شوسه از تیرهای برق، تلفن و شاخه‌های شکسته پوشیده می‌شود و ضخامت برف، عبور و مرور را با مشکل مواجه می‌کند.

امروزه قطع خطوط برق و عدم امکان حمل و نقل، نسبت به گذشته مشکلات جدی‌تری در پی دارد. در حقیقت بدون وجود برق، جریان زندگی مختل می‌شود. وسایل برقی خانگی دیگر کار نمی‌کنند، شوفاژها عملاً با قطع برق از کار می‌افتند، در خطوط مراسلاتی به دلیل ضخامت برف کمک‌رسانی مشکل می‌شود، کشاورزی به مخاطره می‌افتد و تجمع برف روی شیب دره‌ها می‌تواند به تشکیل بهمن منجر شود [خالدی، ۱۳۸۰: ۸].

۳. باران و اثرات آن بر جوامع شهری

باران آثار و پیامدهای مثبت و بسیار مفید فراوانی دارد. اولین و شاید مهم‌ترین اثر مثبت آن، تأمین آب مورد نیاز سکونتگاه‌ها و جوامع انسانی

هنگامی که برف یا به صورت بارش و یا توسط باد سطح زمین را می‌پوشاند، جاده‌ها و خطوط آهن را مسدود و حمل و نقل زمینی را کند می‌کند

می‌آورد [همان، ص ۱۳۴].

تأثیر باران‌های اسیدی بر سطح شهر

اصطلاح باران اسیدی برای نخستین بار در سال ۱۸۵۳ به‌وسیله یک شیمی‌دان انگلیسی به نام اسمیت مورد استفاده قرار گرفت. این دانشمند اصطلاح مزبور را به آن چه که از آسمان «منجستر» و اطرافش بر سر این شهر فرو می‌بارید، اطلاق کرد. او توانست با ارائه دلایلی، علل وقوع برخی از پدیده‌های ویژه محلی مانند خوردگی فلزات، رنگ‌باختگی رخت و لباس روی بند، و از میان رفتن پاره‌ای از گیاهان را به باران‌های اسیدی نسبت دهد. از آن زمان تاکنون، بروز باران‌های اسیدی و اثرات حاصل از آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین معضلات ناشی از رشد و گسترش فناوری و شهرنشینی، فرا روی جوامع صنعتی قرار گرفته است [روشنی، ۱۳۸۱: ۹۳].

فرایند تبدیل گازها به اسید و شسته شدن آنها از طریق بارش‌های جوی، هزاران سال قبل از این که بشر در مقیاسی وسیع شروع به استفاده از سوخت‌های فسیلی کند، در جو شروع شده بود. هم‌چنین ترکیب‌های گوگرد و ازت بر اثر فرایندهای طبیعی، شامل فعالیت‌های آتشفشانی و فعل و انفعالات باکتریایی خاک، همواره تولید و به اتمسفر اطراف افزوده شده‌اند. اما فعالیت‌های صنعتی دوران معاصر، باعث بروز واکنش‌هایی شده‌اند که به‌وسیله خورشید تحریک می‌شوند و فراوانی اکسیژن و بخار آب جو زمین، در سرعت بخشیدن به انجام آنها مؤثر هستند. این واکنش‌ها عموماً در لایه تروپوسفر انجام می‌گیرند.

ذرات یا قطره‌های ریز آب در هوا، یعنی سازندگان ابرها، به‌طور دائم ذرات معلق و گازهای محلول در آب را جذب می‌کنند. بر این اساس هنگام بارندگی، ناپاکی‌ها شسته و از اتمسفر جدا می‌شوند. تمام گازهای محلول از طریق مذکور، قابل جدا شدن از هوا نیستند، ولی دی‌اکسید گوگرد و

است. آب شرب و آب مورد نیاز برای کشاورزی، صنعت و سایر بخش‌های مصرف، به‌ویژه در مناطق بدون برف، به میزان قابل توجهی از طریق باران تأمین می‌شود. در تغذیه رودخانه‌ها و آب‌های سطحی و یا آب‌های زیرزمینی نیز باران نقش مهمی را ایفا می‌کند. به‌خصوص باران‌های جبهه‌ای و کوهستانی که غالباً ریزدانه و منظم هستند و فرصت نفوذ در زمین را دارند، در ایجاد یا تغذیه آبخوان‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی و هم‌چنین تشکیل دبی‌های منظم رودخانه‌ای، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. شست‌وشوی جو و آلوده‌زدایی هوا، شست‌وشوی سنگ‌بناها و روکار ساختمان‌ها، و پاکیزه کردن فضای زیست، از دیگر آثار مثبت باران است. هم‌چنین، تغییر درجه حرارت و رطوبت جو و به‌عبارت دیگر، تعدیل و تلطیف هوا و فرحبخش ساختن آن را نباید از نظر دور داشت.

ملاحظه می‌شود که باران دارای آثار مثبت و منفی بی‌شماری است که در برنامه‌ریزی‌ها باید مورد توجه قرار گیرند. پس لازم است که در طراحی‌ها و برنامه‌ریزی‌ها به مقدار باران، شدت باران، توزیع مکانی و زمانی باران، و بالاخره چگونگی استفاده و بهره‌برداری از آب باران بیش از موارد دیگر اهمیت داد. بارش‌ها شرایط رطوبتی انتقال برق و عملکرد عایق‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند [زمردیان، ۱۳۷۴: ۱۳۴].

هنگام بارندگی، جو ممکن است در اثر قطرات آب یا ذرات یخی تا حدی تیره شود. میزان دید به هنگام ریزش باران، به اندازه قطرات و تعداد آنها در حجم معینی از هوا بستگی دارد. باران‌های ملایم روی دید تأثیر کمی دارند، اما باران‌های با شدت متوسط معمولاً دید را به ۱۰ تا ۳ کیلومتر تقلیل می‌دهند. در باران‌های شدید دید ممکن است به ۵۰۰ تا ۵۰ متر تقلیل یابد. میزان دید در موقع ریزش باران ریزه به شدت آن بستگی دارد و معمولاً در این نوع بارندگی دید بین نیم تا ۳ کیلومتر تغییر می‌کند. در قطرات مه دید افقی معمولاً به کمتر از ۵۰۰ متر تقلیل می‌یابد.

در نواحی بسیار مرطوب و پرباران و مناطقی مثل انزلی و رشت که گاه بارندگی چندین روز پیاپی صورت می‌گیرد، مزاحمت‌های گوناگونی به‌وجود می‌آورد. از جمله این که اکثر فعالیت‌های اقتصادی را به‌ویژه در فضاهای باز با مشکل مواجه می‌کند و گاه آنها را مختل می‌سازد، قابلیت دید را کم و تردد را کند و خطر آفرین می‌کند. وانگهی باران با CO₂ موجود در هوا، به‌خصوص در شهرهای بزرگ، ترکیب و موجب انحلال و خوردگی سنگ‌های ساختمانی و بناها می‌شود. زنگ آهن و پوسیدگی فلزات و ابزار فلزی، و ماشین‌آلات نیز از دیگر آثار منفی و زیان‌بار باران به شمار می‌آیند. باران‌های سیاه و ناشی از آلودگی هوا از دیگر مزاحمت‌های بارندگی در شهرهای بزرگ و صنعتی است.

در مناطق گرم و خشک نیز باران به گونه‌ای دیگر آسیب می‌رساند. در این مناطق باران اکثراً به‌صورت درشت دانه و شدید می‌بارد و اولین اثر منفی آن ایجاد سیل‌های خانمان‌برانداز است. خسارات جانی و مالی، تخریب تأسیسات انسانی، نابودی محصولات و زمین‌های کشاورزی، و فرسایش شدید خاک حاصل این سیل‌ها و این نوع بارندگی‌هاست. توزیع زمانی ناهماهنگ و بی‌هنگام و اتفاقی بودن باران از دیگر مواردی است که در مناطق گرم و خشک ضایعاتی را به‌ویژه برای محصولات کشاورزی پدید

ذرات یا قطره‌های ریز آب در هوا،
یعنی سازندگان ابرها، به‌طور دائم
ذرات معلق و گازهای محلول در
آب را جذب می‌کنند

اکسیدهای ازت به راحتی توسط ذرات بخار آب جذب و به اسید سولفوریک و اسید نیتریک تبدیل می‌شوند. اسید ایجاد شده توسط ریزش‌های جوی به سطح زمین یا آب‌ها فرود می‌آید. بر این اساس، اصولاً باران اسیدی را می‌توان نتیجه مستقیم خود پالایی طبیعی هوا دانست.

بارش باران اسیدی بر خاک، بر اثر ورود اسید باعث شست‌وشوی شدیدتری مواد غذایی می‌شود و آزاد شدن یون‌های سمی آلومینیوم از کانی‌های رس تجزیه شده را در پی دارد. علاوه بر این، بعضی از فلزات سنگین، هم‌زمان آشکارا به‌طور زیان‌بخش بر ریشه گیاه قارچ تأثیر می‌گذارد. وارد آمدن لطمه به ریشه و برگ، موجب کاهش مواد غذایی می‌شود.

لازم به ذکر است که حفظ محیط‌زیست در کره زمین در مقابل پدیده مخرب باران‌های اسیدی به‌منظور نگهداری اصالت و درستی چرخه‌های عمده حیاتی، به کوشش‌ها و همکاری همه‌جانبه و روش‌های علمی و عملی منطبق بر اصول اقتصادی نیاز دارد [کردوانی، ۱۳۷۲: ۲۶۰].

فصولات کارخانه‌ها و مراکز تولیدی و صنعتی، و گازها و بخارهایی که از آنها و نیز از وسایل نقلیه موتوری خارج می‌شوند، خطر بزرگی برای محیط‌زیست انسان به‌شمار می‌روند. امروزه کمتر نقطه‌ای در جهان می‌توان یافت که ساکنین آن از غیربهداشتی بودن محیط‌زیست، مخصوصاً آلودگی هوا، رنج نبرند. وسایل و دستگاه‌هایی که از سوخت فسیلی استفاده می‌کنند، در فضا مواد آلوده‌کننده پخش می‌کنند. این مواد در اثر ترکیبات مختلف در فضا به بادها و باران‌های اسیدی تبدیل می‌شوند. باران اسیدی به تدریج محیط ما را فرسوده می‌سازد، بر ساختمان‌ها و کوه‌ها فرود می‌آید و به آنها آسیب می‌رساند، سنگ‌های آهکی یا حاوی آهک نظیر مرمر را می‌ساید، جنگل‌ها را می‌خشکاند یا نابود می‌سازد، خاک‌ها را اسیدی می‌کند و موجب از بین رفتن حیات گیاهان و رویدنی‌ها و خشک شدن آنها می‌شود، آب دریاچه‌ها را مسموم می‌سازد و با بالا رفتن سطح مقدار اسید موجود در دریاچه‌ها، موجودات زنده آنها را هلاک می‌کند.

آلودگی اسیدی فضا و محیط‌زیست به‌عنوان یک موضوع خطیر، کارشناسان مسائل زیستی را بر آن داشته است تا مجدانه به ارائه راه‌هایی برای کنترل آن مبادرت کنند [مک کورمیک، ۱۳۷۱: ۱۲].

مه و اثرات آن بر شهر

مه قطرات خیلی کوچک آبکی معلق در هواست. این پدیده دید افقی را در سطح زمین به کمتر از یک کیلومتر تقلیل می‌دهد. هنگامی که روشنایی به‌قدر کافی موجود باشد، قطرات منفرد با چشم غیرمسلح دیده می‌شوند.

مه معمولاً شامل قطرات آب

فصولات کارخانه‌ها و مراکز تولیدی و صنعتی و گازها و بخارهایی که از آنها و نیز از وسایل نقلیه موتوری خارج می‌شوند، خطر بزرگی برای محیط‌زیست انسان به‌شمار می‌روند

است، ولی در بعضی حالات‌ها ممکن است کریستال‌های یخ هم با آن همراه باشند. در عرض‌های بالا (معمولاً ۵۰ درجه به بالا نزدیک قطب)، مه یخی در درجات پایین‌تر از منهای ۲۰ درجه سانتی‌گراد دیده می‌شود؛ مشروط بر آن‌که باد ضعیف و سایر شرایط تشکیل مه موجود باشند. در زمین‌های مرتفع مه به شکل ابری است که روی زمین گسترده شده است. در این حالت آن را می‌توان دسته‌های ابر هم محسوب کرد که برای تشکیل، به صعود بی‌دررو احتیاج دارد. در حالت کلی، فرایند تراکم برای تشکیل مه معمولاً با هوای سرد سطح زمین همراه است. دو نوع مه مشخص به‌صورت زیر پدید می‌آید.

الف) مه تشعشعی: که در اثر سرد شدن شبانه زمین پدید می‌آید.

ب) مه فرارفتی: که معمولاً در اثر عبور هوای نسبتاً گرم از روی زمین نسبتاً سرد تشکیل می‌شود [ریتالاک، ۱۳۷۳: ۱۸۶].

هنگامی که ذرات موجود در مه فراوان باشند، قابلیت دید کاهش می‌یابد و آن‌گاه حرکت وسایل نقلیه مختل می‌شود. هواشناسانی که در زمینه ارتباط مه و پرواز هواپیماها تحقیق می‌کنند، هنگامی که قابلیت دید کمتر از ۱۰۰۰ متر باشد، وجود مه را تأیید می‌کنند. کاهش قابلیت دید با کاهش تباین یا اختلاف ناشی از انتشار نور بر اثر ذرات رطوبت و با نور کم ارتباط دارد. بنابراین دید راننده کاهش می‌یابد. هم‌چنین، دیدن تابلوهای هشداردهنده موجود در بزرگراه‌ها میسر نخواهد بود که خود باعث مشکلاتی خواهد شد. در چنین شرایطی تصادم خودروها و برخورد به موانع نیز خطرآفرین است [خالدی، ۱۳۸۰: ۷].

مه معمولی‌ترین و رایج‌ترین عامل انسداد و مانع برای قابلیت دید، نه‌تنها روی آب، بلکه در جاده‌ها و خیابان‌های ساحلی است. غالباً دودهای صنعتی و یا حاصل از سوخت کشتی‌ها و غیره اثرات مه را تشدید می‌کنند. در دریای آزاد، مه خطر برخورد و تصادف یک کشتی با کشتی دیگر و یا با تخته‌سنگ‌ها و آیسبرگ‌ها را افزایش می‌دهد. لذا برای اجتناب از این تصادف‌ها در مناطق کم‌ژرفا یا سایر نقاط خطرناک باید مراقبت‌های ویژه به عمل آید [زمردیان، ۱۳۷۴: ۱۳۴].

سیل‌گیری شهرها

سیل عبارت است از یک جریان آب شدید استثنایی که امکان دارد از بستر طبیعی رودخانه لبریز شود و اراضی اطراف بستر را اشغال کند. سیل می‌تواند نتیجه ریزش باران‌های شدید، ذوب سریع برف و یخ و یا تخریب سدها باشد. علت وجود این فرایند هرچه باشد، وقتی که وارد مناطق شهری شود، خسارات و گاهی تلفات زیادی در پی دارد. زیرا که شهر در جریان رشد و توسعه خود فضاهای هیدرولوژیکی طبیعی (مسیل‌ها و بسترهای رودخانه) را مورد تجاوز قرار می‌دهد. در نتیجه می‌توان گفت به‌طور معمول سیل‌گیری شهرها حاصل دو دسته اقدام است که قبلاً توسط شهرنشینان صورت پذیرفته‌اند:

۱. استقرار بافت قدیمی برخی از شهرها در حاشیه رودخانه‌ها.

۲. توسعه شهرها روی آن دسته از اراضی که به علت نفوذناپذیری بسیار مناسب فاقد شبکه جریانات سطحی مشهودی هستند (به علت زیرساخت و

خشک‌سالی عبارت است از کاهش غیرمنتظره بارش در مدتی معین در مناطقی که لزوماً خشک نیست

رگبارهای کوتاه‌مدت، سرعت زمانی تجمع رواناب‌های سطحی را رقم می‌زند. سایر شرایط حاکم بر سطوح باران‌گیر آبخیزهای مولد سیل، کمیت و مقدار حجم سیلاب‌های جاری‌شونده را در رابطه با شدت رگبارها تعیین می‌کنند. عواملی مانند شیب و جهت غالب اراضی، توپوگرافی، پوشش گیاهی، نوع ساختمان، بافت و عمق خاک، نفوذپذیری سطحی و تغییرات حرارتی محیط و خاک، ظرفیت ذخیره‌سازی سطحی و غیره، عواملی هستند که نقش دوم را در سرعت زمانی تجمع رواناب‌ها دارند [اباخانی، ۱۳۷۱: ۳۰۰].

خشک‌سالی و اثرات آن

خشک‌سالی عبارت است از کاهش غیرمنتظره بارش در مدتی معین در مناطقی که لزوماً خشک نیست. میزان این کاهش آن قدر است که روند عادی رشد را در منطقه مختل می‌کند. بنابراین، خشک‌سالی ویژگی دائمی منطقه نیست و در هر رژیم آب و هوایی می‌تواند اتفاق بیفتد. مثلاً اگر در منطقه‌ای نظیر انزلی، میزان بارش برای مدت یک‌سال خیلی پایین‌تر از حد متوسط منطقه باشد، خشک‌سالی رخ می‌دهد. در سالی که میزان بارش سالانه کمتر از ۱۰۰۰ میلی‌متر باشد، ممکن است خیلی از گونه‌های درختی خشک شوند؛ اگرچه این مقدار بارش برای جنوب ایران خیلی بیش از بارش معمول است. بنابراین در جنوب ایران دوره بارش مرطوب پدید می‌آید. در منطقه جنوب که میزان بارش سالانه حدود ۲۰۰ میلی‌متر است، خشک‌سالی هنگامی رخ می‌دهد که بارش منطقه به‌طور غیرمعمول کم شود و مثلاً به زیر ۵۰ میلی‌متر در سال برسد [علیچانی، ۱۳۸۲: ۲۶۸].

بدیهی است که بی‌نظمی‌ها و نوسانات در روند عناصر آب و هوایی، مانند دما، بارندگی و شدت تبخیر، عامل عمده بروز خشک‌سالی است. معمولاً این بی‌نظمی‌ها در تمامی انواع آب و هوا با دوره‌های متناوب گوناگون مشاهده می‌شود، لیکن تناوب و شدت آنها متناسب با بری بودن نوع آب و هوا بیشتر می‌شود و به همان نسبت نیز عواقب وخیم‌تری را به‌بار می‌آورد [ارجایی، ۱۳۸۲: ۳۰۰].

تغییرات شدید بارش از لحاظ مقدار، شدت و پراکندگی باعث شده است که خشک‌سالی هر چند سال یک‌بار در جایی از کشور حادث شود و خسارات زیادی را در ابعاد متفاوت موجب شود و بحران‌های گسترده‌ای را در ابعاد سیاسی، اجتماعی و اقتصادی ایجاد کند. از جمله این خسارات کمبود منابع آب، کمبود تولیدات کشاورزی و دامی، کاهش پوشش گیاهی و مراتع، فزونی مهاجرت، طغیان آفات نباتی و فزونی بیماری‌هاست. وسعت خشک‌سالی‌ها معمولاً کمتر شامل همه کشور می‌شود و غالباً سال‌هایی که

ساز و آسفالت قرار گرفتن زمین‌ها).

بنابراین، آب‌های حاصل از بارندگی نمی‌توانند در زمین نفوذ کنند و ابتدا در نواحی پست و گودی‌های سطح شهر جمع می‌شوند و سپس به‌صورت جریان‌هایی در سطح معابر درمی‌آیند و به طرف محلات پست‌تر جریان می‌یابند. این‌گونه جریان‌ها می‌توانند خسارات زیادی به ساخت و سازها و تأسیسات شهری وارد آورند [اصغری‌مقدم، ۱۳۷۸: ۳۹].

اقدام دیگر ساکنان شهرها که به تأثیر شهرسازی بر جریان آب‌های سطحی مربوط می‌شود، در بادی امر قابل پیش‌بینی نبود. احداث ساختمان‌ها، خیابان‌ها و پارکینگ‌ها روی خاک‌هایی که بالنسبه نفوذپذیرند، باعث می‌شود که مقدار زیادی از آب باران و آب‌های ناشی از ذوب برف نتواند از مفرهای قدیمی و معمول خود عبور کند و به سفره‌های آب زیرزمینی بیوندد. در نتیجه در گودی‌ها و نواحی پست انباشته می‌شود و سرعت حرکت آب به سمت نواحی کم‌ارتفاع و پایین‌دست شهرها نیز افزایش می‌یابد. بعضی برآوردها حاکی از آن است که تا حدود ۵۰ درصد از سطوح برخی از شهرها بر اثر ساخت و ساز نفوذناپذیر شده است.

باید یادآور شد که اقدامات ساختمانی نمی‌تواند خطر سیل زدگی را به کلی برطرف کند. بسیاری از اجتماعات انسانی شکست سدها و فروریختن سیل‌بندها را تجربه کرده‌اند. در طبیعت ممکن است بارانی بسیار شدیدتر از آن بارانی نازل شود که یک مهندس طراح از دیدگاه اقتصادی مجاز است در طراحی تأسیسات خود در نظر گیرد. در صورت وقوع چنین رویدادی، احتمال دارد که خسارات و ویرانی‌های اساسی پدید آید.

تخلیه مستقیم و تصفیه ناشده رواناب‌های ناشی از بارندگی ممکن است حتی بیش از فاضلاب بارندگی‌های شدید به طغیان بستر رودخانه‌ها یا بالا آمدن سفره‌های آزاد بینجامد که می‌تواند عامل سیل و در نتیجه گسستگی خطوط آن یا جاده‌ها، و در نهایت سنگینی ترافیک شود. خاکریز نیز خسارت می‌بیند و سیل باعث نفوذ آب به زیر زمین می‌شود. حتی ممکن است قسمت‌های معینی از خاکریز از آب اشباع و خاکریز منهدم شود.

در شهرها خطرهای مهم به دو دلیل پیش می‌آید: افزایش شدت طوفان در منطقه شهری و افزایش بی‌رویه زمین‌های نفوذناپذیر که باعث بالا آمدن بسیار سریع آب می‌شود. با افزایش رشد و توسعه شهرنشینی باید منتظر ازدیاد شدت باران‌های طوفانی و بالا آمدن آب‌های جاری خروشان بود. در مورد کشتی‌رانی رودخانه‌ای، سیلاب‌ها نقش مخربی دارند و می‌تواند مانع تردد کشتی‌ها شوند. زیرا جریان شدید ممکن است حمل برخی کالاها از جمله الوارها را با مشکلاتی توأم کند [خالدی، ۱۳۸۰: ۱۶].

بارندگی‌های سنگین و مداوم از عواملی هستند که باعث وقوع سیلاب می‌شوند. بعضی از سیلاب‌ها بعد از چند روز بارندگی آرام می‌شود و اشباع کامل زمین که

متعاقب آن یک بارندگی شدید صورت می‌گیرد، اتفاق می‌افتد و این یکی از عوامل سرنوشت‌ساز در شکل‌دهی به وقوع سیلاب‌های مخرب و ویرانگر است. به‌طور کلی در تمامی سطوح باران‌گیر آبخیزها، شدت لحظه‌ای

جاده‌های ناهموار و غیر مسطح خسارات سنگینی را بر اثر بارندگی تحمل می‌کنند و هنگام خیس بودن در اثر رفت و آمد زیان می‌بینند

عکس: هاتف همایی

همواره باید تدابیری را اتخاذ کرد. مجاری فاضلاب و جوی‌ها به آسانی توسط توده‌های سنگین برف مسدود می‌شوند. وانگهی وجود مخاطرات ترافیک در خیابان‌ها و در پیاده‌روهای برفگیر، برای افراد پیاده زحمت و در دسر ایجاد می‌کند.

جاده‌های ناهموار و غیر مسطح خسارات سنگینی را بر اثر بارندگی تحمل می‌کنند و هنگام خیس بودن در اثر رفت و آمد زیان می‌بینند. حتی بزرگراه‌های مفروش و روکشدار نیز در قسمت‌های شانه‌ها تحت عمل فرسایش قرار می‌گیرند که ممکن است به فرورفتگی و ریزش یا نشست بستر راه بینجامد. سیل‌ها قادرند پل‌ها، گذرگاه‌ها و حتی بخش‌های کامل و یکپارچه جاده را شست‌وشو و تحت تأثیر آب‌بردگی قرار دهند، یا این‌که ممکن است واریزه‌ها و مواد تخریبی را به روی بزرگراه و جاده منتقل کنند. لذا منع عبور و مرور خودروهای سنگین در جاده‌های خیس و مرطوب، به‌منظور کاهش خسارات سطحی، غالباً ضروری می‌شود. در عرض‌های جغرافیایی بالا و متوسط و یا در کوهستان‌ها، برف یکی از پرخرج‌ترین مسائل تعمیر و نگهداری بزرگراه‌ها و جاده‌ها را در بر می‌گیرد.

در کشتی‌رانی نیز بارندگی به‌عنوان یک عامل عادی، نه به‌عنوان یک عامل مهم مطرح است. باران یا برف سنگین ممکن است قابلیت دید را تحت تأثیر قرار دهد [آزمردیان، ۱۳۷۴: ۱۳۴].

اثر بارش بر معماری

مسائل هواشناسی در نوع و سبک معماری بناهای هر شهری مؤثر هستند. در جایی که گرمسیر است، می‌باید بناها در جهات مناسب وزش باد ساخته شوند، پنجره‌های آنها به سوی باد باز شود و فضاهای تهویه شهری در نظر گرفته شوند. درست برخلاف آن در مناطق سردسیری، می‌باید سطوح خارجی بناها در خلاف جهت باد منطقه قرار گیرند. پنجره‌های دبل و دیوارهای کلفت اجرا شوند تا تبادل حرارتی به حداقل مقدار خود کاهش یابد. رطوبت نیز در نحوه ساخت‌وساز و انتخاب مصالح تأثیر دارد. به‌این ترتیب، عوامل محیطی دقیقاً بر چگونگی فرم بناها، جهات گذرها و خیابان‌های شهر و انتخاب مصالح بناها اثر می‌گذارند [مجتهدزاده، ۱۳۷۹: ۱۷۴].

بارندگی از لحاظ مقدار و زمان بارش روی معماری مسکن تأثیرهای متفاوتی دارد. به این ترتیب، در انتخاب نوع مصالح ساختمانی، محل استفاده

در گوشه‌ای از کشور مقدار بارندگی زیر میانگین است، در گوشه‌ای دیگر بالای میانگین قرار دارد.

در میان تمام موانع محیط طبیعی، بی‌گمان شرایط آب و هوایی، به‌طور مستقیم (برای مثال اثر یخبندان، مه و بارندگی‌های شدید) یا به‌طور غیرمستقیم با مداخله در دیگر ترکیبات محیط طبیعی، بیشترین نقش را دارد. به‌طور کلی شرایط آب و هوایی باعث طغیان رودها، فرسایش شیب‌ها، لغزندگی زمین، وقوع بهمن، شکستن درختان بر اثر طوفان و مسدود شدن راه‌ها می‌شود. پیامدهای این‌گونه خطرهای طبیعی بسیار حائز اهمیت هستند؛ مانند تصادف‌های دسته‌جمعی انبوهی از خودروها که در راه‌های برفگیر و مه‌آلود بارها روی داده‌اند [عیور، ۱۳۸۱: ۴].

آب معلق در هوا (مه و باران شدید که باعث طغیان رودها می‌شود)، لغزندگی زمین و آثار و پیامدهای ناشی از بارندگی، آسایش انسان را برهم می‌زند؛ هر چند که نبود آب و باران باعث خشک‌سالی می‌شود. هریک از این مسائل بر حمل و نقل‌های جاده‌ای، راه‌آهن و خطوط هوایی تأثیرات گوناگونی دارند. از سوی دیگر، باید به واکنش‌های مردم در برابر این مسائل توجه کرد. زیرا عکس‌العمل‌های افراد به این‌گونه بلاها، گوناگون و گاه خطرآفرین است. برای مثال، برخی از رانندگان خودروها توجهی به خطر نمی‌کنند و ناخودآگاه خود را در معرض خطر قرار می‌دهند. حتی برای پرهیز از خطر، با سرعت مجاز هم حرکت نمی‌کنند [خلدی، ۱۳۸۰: ۱۶].

رگبارهای شدید به‌تنهایی یا همراه با طوفان، حادثه‌های مهمی را به‌بار می‌آورند. تأثیر بارندگی به شدت و دوره آن بستگی دارد. کنش مستقیم آن در بیشتر انواع وسایل نقلیه نسبتاً محدود است، ولی به‌هر حال بارندگی وضعیت راه‌های شوسه را تغییر می‌دهد که برای تردد خودروها بسیار خطرناک است. پیامدها و آثار بارش می‌تواند گاه فاجعه‌آمیز باشد، زیرا در ایجاد سیلاب‌ها، رودهای گلی، و ریزش و لغزش زمین در ارتباط با شرایط جغرافیایی، خاک‌شناسی و توپوگرافی نقش مؤثری دارد.

اثر مستقیم باران محدود است. بارش باران هنگام رانندگی در راه‌های شوسه، قابلیت دید را کاهش می‌دهد. در مورد باران‌های شدید نیز می‌توان تصور کرد که قابلیت دید راننده تا چه حد ضعیف می‌شود [همان، ص ۱۷]. مه، برف، یخبندان، باد، باران و طغیان رودخانه‌ها امور حمل و نقل را مختل می‌سازند و مشکلاتی را به‌بار می‌آورند. برای کاهش این‌گونه مشکلات



در میزان تراکم برف و در نتیجه، افزایش یا کاهش خطر کاملاً مؤثر باشد [زمردیان، ۱۳۷۴: ۱۳۷].

بارش و اثر آن بر خاک

به همان اندازه که عوامل آب و هوایی و سایر عوامل طبیعی بر بافت و ساخت شهرها تأثیر می‌گذارند، کیفیت خاک نیز بر این امر اثر دارد. جنس خاک در ارتباط با میزان نفوذ آب و بارندگی‌ها و درجه مقاومت آن، در مقابل ایستایی تأسیسات ساختمانی و طبقات ساختمان‌ها، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مسلماً در صورت عدم مقاومت خاک نمی‌توان به احداث ساختمان‌های چند طبقه و بزرگ، بدون استفاده از تکنیک‌های فنی که هزینه‌های سنگینی را به همراه دارد، همت گماشت. در صورتی که جنس خاک برای نفوذ هرز آب‌ها و فاضلاب‌ها مساعد نباشد، شهرها برای دفع چنین آب‌هایی با مشکلاتی روبه‌رو خواهند بود. از طرف دیگر، جنس خاک در توسعه مزارع کشاورزی اطراف شهرها و گسترش و ایجاد فضای سبز داخل و خارج شهر، یکی از عوامل تعیین‌کننده است [شبیعه، ۱۳۸۰: ۲۰۲]. رگبارها، باران‌های شدید و ذوب شدن ناگهانی برف‌ها، باعث فرسایش خاک می‌شود. بعد از باران‌های حادثه‌ای شدید، سیلاب‌های عظیمی در سطح زمین جاری می‌شوند. این سیلاب‌ها، باعث فرسایش شدید خاک می‌شوند؛ به طوری که در اغلب نقاط به مرور مسیل‌های گود و وسیعی به‌وجود می‌آیند [همان، ص ۲۰۴].

عامل رطوبت در خاک بسیار مؤثر است. هرچه بارندگی بیشتر باشد، خاک نیز بیشتر خیس می‌شود. با افزایش مقدار باران، مقدار رس و هم‌چنین ظرفیت تبدالی خاک رو به افزایش می‌رود، ولی P.H خاک کاهش می‌یابد. زیرا هرچه رطوبت بیشتر باشد، تخریب شیمیایی سیلیکات‌ها شدیدتر می‌شود و به‌افق‌های پایین‌تر انتقال پیدا می‌کند. بنابراین در مناطق مرطوب تکامل خاک از بالا به پایین است. خاک‌های مناطق مرطوب به علت شست‌وشوی زیاد از لحاظ مواد غذایی فقیرند و این کمبود مواد باید هر ساله جبران شود [کردوانی، ۱۳۷۱: ۹۴].

تلفات خاک با بارندگی رابطه نزدیک دارد: یکی به دلیل توانایی قطرات باران در جدا کردن ذرات خاک هنگام تصادم با سطح زمین، و دیگری به دلیل رواناب حاصل از آن. نقش بارندگی به‌خصوص در فرسایش روی

از مصالح در بنای مسکن، و طرز استفاده از مصالح باید به تأثیر بارندگی توجه داشت. در گذشته در ساختمان روستاهای مناطق خشک و کم‌باران، به‌ویژه در نواحی مرکزی و حاشیه کوبرهای ایران، خشت خام با ملات گل، سازه غالب محسوب می‌شد. در نواحی دامنه‌های شمال البرز، گیلان و مازندران، مسکن تماماً از چوب و پشت‌بام با مصالح سرامیک و شیب‌دار بنا می‌شود. این تفاوت از تأثیر بارندگی کم در نوع اول و بارش زیاد در دومی نشئت می‌گیرد. پس رطوبت کم یا زیاد، خصوصیات ویژه‌ای به معماری سکونتگاه‌ها می‌بخشد. همین تضاد روشن بین مسکن در روستاهای ایران مرکزی و حواشی کویر یا سواحل جنوبی دریای خزر، تأثیر بارندگی و توزیع جغرافیایی آن را در طول سال نشان می‌دهد. البته فراوانی خاک رس به عنوان مصالح ساختمانی مهم در نقاط خشک به‌صورت سازه محکم و مقاوم، و چوب در برابر بارندگی و رطوبت زیاد شمال ایران، انسان را در انتخاب مصالح و معماری متناسب با شرایط محیط‌زیست یاری کرده است.

شکل و معماری مسکن بیش از هر چیز از بارندگی متأثر می‌شود. در نقاط پر باران، پشت‌بام صاف و تخت مشاهده نمی‌شود. این موضوع خود عدم کاربرد معماری پشت‌بام صاف و تخت را در محیط‌های پر باران ثابت می‌کند. مهارت‌های معماری، پشت‌بام‌های شیب‌دار را به صورت‌های متفاوت درمی‌آورند. به این صورت که شیب دوطرفه، چهارطرفه و حتی شیب زیاد یک‌طرفه نسبت به طرف دیگر، به معماری پشت‌بام‌ها تنوع می‌بخشد.

باید خاطر نشان کنیم که در حال حاضر تسهیلات حمل و نقل و دست‌رسی خانواده‌ها با هر نوع توان اقتصادی و درآمد به مصالح دور از محل سکونت، باعث شده است تأثیر مواد و مصالح طبیعی فراوان از محیط طبیعی، ضعیف و حتی منتفی شود. البته هیچ‌وقت ارتباط بین مصالح، مهارت انسان و شرایط بارندگی و رطوبت محیط طبیعی در بنای مسکن نادیده گرفته نمی‌شود [قره‌نژاد، ۱۳۸۱: ۹۳].

اهمیت برف برای ساختمان‌ها و عمارت‌ها از این‌جاست که نشست برف، بار اضافی بر بام‌ها تحمیل می‌کند. برف غیر متراکم سبک است. اهمیت وزن برف از این‌جا آشکار می‌شود که در سال ۱۹۲۲، بام تئاتر بزرگی معروف به «یکر بوکر» در شهر واشنگتن، در اثر سنگینی برف فروریخت و خسارات جانی و مالی زیادی به‌بار آورد. با توجه به اهمیت موضوع، اگرچه سعی می‌کنند مقاومت سقف و بام را زیاد کنند، اما شکل بنا و بام نیز می‌تواند

بارانهای تند و رگبارهای شدید از عوامل اصلی فرسایش محسوب می‌شوند

زمینی و شیاری است که در این میان، شدت بارندگی اهمیت ویژه‌ای دارد. فرسایش با دو نوع بارندگی در ارتباط است: باران‌های کوتاه‌مدت شدید که از ظرفیت نفوذ خاک بیشترند و باران‌های طولانی‌مدت با شدت کم که فقط باعث اشباع خاک می‌شوند. در بسیاری موارد، متمایز ساختن اثر این دو تیپ بارندگی بر تلفات خاک بسیار مشکل است. رفتار خاک نسبت به بارندگی را از نقطه‌نظر فرسایش می‌توان از روی شرایط هواشناختی تعیین کرد. در فاصله بارندگی‌های فرسایش‌زا، عوامل هوازدگی و باران‌های خفیف هم باعث نرم شدن خاک می‌شوند؛ به طوری که در اولین بارندگی، مقدار زیادی خاک تلف می‌شود و در واقع برای بارندگی بعد، مقدار کمی خاک برای فرسایش باقی خواهد ماند [مورگان، ۱۳۶۸: ۵۶].

باران‌های تند و رگبارهای شدید از عوامل اصلی فرسایش محسوب می‌شوند. باران‌های منظم و ملایم نه تنها باعث فرسایش نمی‌شوند، بلکه با مرطوب کردن تدریجی خاک از عمل فرسایش جلوگیری هم می‌کنند. پس شدت باران خود یکی از علل تخریب محسوب می‌شود.

آب باران عمل دیگری در فرسایش نشان می‌دهد. به این معنی که آب باران مقداری از گازهای هوا را در موقع فرود آمدن در خود حل می‌کند و این گازها نیروی شیمیایی آن را تقویت می‌کنند. آب باران قادر است بسیاری از کانی‌ها را حل کند و به این طریق عمل فرسایش را آسان سازد. آب باران همراه با گاز کربنیک در تخریب سنگ‌ها بسیار مؤثر است.

برف یکی دیگر از عوامل تخریب است، ولی شدت و سرعت فرسایش آن از باران کمتر است. زیرا آب شدن تدریجی برف، جریان تدریجی آب را به وجود می‌آورد. از طرف دیگر، سرمای حاصل از برف و تغییر دگرگونی درجه حرارت موجب متلاشی شدن سنگ‌ها می‌شود که آن هم به عمل خاک‌سازی کمک می‌کند [کردوانی، ۲۵۳۶: ۷۷].

نتیجه‌گیری

عوامل اقلیمی هر کدام به نوبه خود روی شهرها و تأسیسات شهری اثر می‌گذارند. از جمله این عوامل بارندگی است که به صورت تگرگ، برف، مه و غیره، اثرات مخربی در پی دارند. برای جلوگیری از آسیب‌های بارش باید راهکارهایی اندیشیده شود تا از آب باران حداکثر استفاده صورت گیرد و از اثرات مخرب آن تا حدودی کاسته شود.

هر نوع بارش آثار مثبت و منفی فراوانی دارد که به طور خلاصه از این قرارند:

- تگرگ از جمله بارش‌هایی است که می‌توان گفت اثر مثبتی در پی ندارد و برعکس، خسارات زیادی می‌زند. زیرا تکه‌های یخ به محصولات کشاورزی، شکوفه درختان، شیشه ساختمان‌ها و اتومبیل‌ها آسیب می‌رساند.
- برف نیز مانند باران دارای آثار مثبت و منفی است. آثار مثبت آن تغذیه منابع آب سطحی و زیرزمینی و از بین بردن میکروب‌های جوی

است. به علاوه، جاذبه گردشگری خاصی را پدید می‌آورد. اما از طرف دیگر، باعث آسیب رسیدن به چشم می‌شود و ذوب آن در فصل بهار نیز مشکلات سیلاب را به همراه دارد.

- مهم‌ترین اثر آب باران تأمین آب مورد نیاز سکونتگاه‌ها و جوامع انسانی است. علاوه بر این، سبب پاکیزه شدن فضای زیست و تلطیف هوا می‌شود. از اثرات منفی آن این است که باعث می‌شود اکثر فعالیت‌هایی که در فضای باز صورت می‌گیرند، با مشکل مواجه می‌شوند. گذشته از آن، باعث به وجود آمدن ترافیک شهری می‌شود. وقتی هم با CO₂ ترکیب شود، خورندگی فلزات و سنگ‌بنای ساختمان‌ها را در پی دارد.

- باران اسیدی به تدریج محیط ما را فرسوده می‌سازد، بر ساختمان‌ها و کوه‌ها فرود می‌آید و به آنها آسیب می‌رساند. سنگ‌های آهکی یا حاوی آهک نظیر مرمر را می‌ساید، جنگل‌ها را می‌خشکاند یا نابود می‌کند، خاک‌ها را اسیدی می‌سازد و موجب از بین رفتن حیات گیاهان و رویدنی‌ها و خشک شدن آنها می‌شود، آب دریاچه‌ها را مسموم و با بالا رفتن سطح مقدار اسید موجود در دریاچه‌ها، موجودات زنده آنها را نیز هلاک می‌کند.

- هنگامی که ذرات موجود در مه فراوان باشند، قابلیت دید کاهش می‌یابد. آن‌گاه حرکت وسایل نقلیه مختل می‌شود. هم‌چنین در دریای آزاد، مه خطر برخورد و تصادف یک کشتی با کشتی دیگر یا با تخته سنگ‌ها و آیسبرگ‌ها افزایش می‌دهد.

- بارندگی‌های سنگین و مداوم از عواملی هستند که باعث وقوع سیلاب می‌شوند. از طرف دیگر نیز، تغییرات شدید بارش از لحاظ مقدار، شدت و پراکندگی باعث شده است که خشک‌سالی هرچند سال یک‌بار در جایی از کشور ما حادث شود و خسارات زیادی در ابعاد متفاوت به بار آورد. از جمله این خسارات کمبود منابع آب، کمبود تولیدات کشاورزی و دامی، کاهش پوشش گیاهی و مراتع، فزونی مهاجرت، طغیان آفات نباتی و فزونی بیماری‌هاست.

- پیامدها و آثار بارش گاه می‌تواند فاجعه‌آمیز باشد، زیرا در ایجاد سیلاب‌ها، رودهای گلی، و ریزش و لغزش زمین در ارتباط با شرایط جغرافیایی، خاک‌شناسی و توپوگرافی نقش مؤثری دارد.

- شکل و معماری مسکن نیز بیش از هر چیز از بارندگی متأثر است؛ هم‌چنان که در نقاط پرباران، بام صاف و تخت مشاهده نمی‌شود.

- تلفات خاک با بارندگی رابطه نزدیک دارد: یکی به دلیل توانایی قطرات باران در جدا کردن ذرات خاک هنگام تصادم با سطح زمین و دیگر به دلیل رواناب حاصل از آن.

پیشنهادها

کشور ما به دلیل شرایط اقلیمی متفاوت دارای انواع متفاوت بارش و

توزیع ناهماهنگ بارش است. بنابراین در هر منطقه از کشور آثار و پیامدهای متفاوتی را در مناطق شهری و روستایی بر جای می‌گذارد. در بعضی مناطق، به‌خاطر کمبود بارش آثار مثبت و در مناطقی دیگر گذشته از اثرات مثبت، گاهی فصل بارش و نوع بارش اثرات مخربی را بر ساختمان‌ها، حمل و نقل و به‌خصوص خاک و محصولات کشاورزی بر جای می‌گذارد که می‌تواند در اقتصاد شهر تأثیرگذار باشد. بنابراین، برای جلوگیری از اثرات زیان‌بار بارش، باید پیش‌بینی‌ها و راهکارهایی برای مقابله با آن اتخاذ کرد. در این زمینه موارد زیر را پیشنهاد می‌کنیم:

۱. باران آثار مثبت و منفی بی‌شماری دارد و لازم است که در طراحی‌ها و برنامه‌ریزی‌ها به مقدار و شدت باران، توزیع مکانی و زمانی آن و بالاخره چگونگی استفاده و بهره‌برداری از آب باران بیش از هر چیز اهمیت داد.
۲. در برنامه‌ریزی‌ها بکوشیم براساس برنامه‌های هماهنگ، از تمام آب باران استفاده حداکثر و مطلوب به عمل آوریم و در امور متفاوت کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل آبی، تفریحی، گردشگری و مانند آن، مورد استفاده قرار دهیم، و ضمن کاهش زیان‌های باران، استفاده از آن را در ابعاد گوناگون گسترش دهیم.
۳. برای جلوگیری از آلودگی اسیدی ذغال، قبل از سوخت آن را تصفیه کنیم. هم‌چنین در مورد نفت باید با روش‌های معینی آن را از گوگرد جدا کرد. استفاده از روش‌های اصولی در مصرف مواد سوختی نیز نقش مهمی در جلوگیری از آلودگی اسیدی دارد. استفاده از فیلترها برای این منظور طریقه بسیار مناسبی است.
۴. با تعبیه و اجرای طرح‌های مشخصی برای کاربری اراضی شهری، وضع مقررات و قوانین، و هم‌چنین آموزش مردم، خسارات ناشی از سیل را کاهش دهیم.
۵. از طریق برنامه‌ریزی و طراحی مناسب سطوح خیابان‌ها، میدان‌ها و ساختمان‌ها، علاوه بر مهار آب و جلوگیری از روان شدن سیلاب، می‌توان از آب مهار شده در آبیاری فضای سبز شهری و حتی شرب استفاده کرد.
۶. نوع سقف و جنس ساختمان‌ها، طول و عرض کوچه‌ها، شیب طبیعی محلات شهری و حتی فرم‌گیری ساختمان‌ها، با میزان بارندگی منطقه رابطه مستقیم داشته باشد.
۷. لازمه طراحی صحیح اقلیمی تحت هر شرایط آب و هوایی، تجزیه و تحلیل آمارهای هواشناسی و نیازهای آسایشی انسان است.

منابع

۱. آشفته، جلال (۱۳۷۰). طراحی آبرسانی شهری (ج ۲). انتشارات فنی حسینیان. چاپ سوم.
۲. اصغری مقدم، محمدرضا (۱۳۷۸). جغرافیای طبیعی شهر. انتشارات مسعی. چاپ اول.
۳. باباخانی، علی (۱۳۷۱). ریزش‌های جوی کوتاه‌مدت و شدید دامنه جنوبی البرز

- مرکزی مشرف بر شمال کشور، مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری (بخش دوم). دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران.
۴. جعفرپور، ابراهیم (۱۳۷۰). اقلیم‌شناسی. انتشارات دانشگاه پیام نور.
 ۵. خالدی، شهریار (۱۳۸۰). حمل و نقل، بلایای آب و هوایی و آلودگی. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. تهران. چاپ اول.
 ۶. خالدی، شهریار (۱۳۸۰). بلایای طبیعی. انتشارات دانشگاه شهید بهشتی. تهران.
 ۷. ربانی، رسول (۱۳۸۱). جامعه‌شناسی شهری. انتشارات دانشگاه اصفهان و سازمان سمت. تهران. چاپ اول.
 ۸. رجایی، عبدالحمید (۱۳۸۳). کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی. انتشارات سمت. تهران. چاپ اول.
 ۹. ریث‌لاک، بی. جیبی (۱۳۷۳). هواشناسی عمومی. ترجمه احمد نوحی. انتشارات سازمان هواشناسی کشور. تهران. چاپ دوم.
 ۱۰. روشنی، علی (۱۳۸۱). اکولوژی عمومی. انتشارات دانشگاه امام حسین. چاپ دوم.
 ۱۱. زمردیان، محمدجعفر (۱۳۷۴). کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی. انتشارات پیام نور.
 ۱۲. دفتر مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران (۱۳۷۱). مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی بلایای طبیعی در مناطق شهری (بخش دوم). تهران.
 ۱۳. شیعیه، اسماعیل (۱۳۸۰). مقدمه‌ای بر مبنای برنامه‌ریزی شهری. انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران. چاپ دهم.
 ۱۴. طاهری بهبهانی، محمدطاهر و بزرگ‌زاده، مصطفی (۱۳۷۵). سیلاب‌های شهری. انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات معماری و شهرسازی ایران. تهران.
 ۱۵. صداقت، محمود (۱۳۷۹). منابع و مسائل آب ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور. چاپ سوم.
 ۱۶. عبدالمجید، مجید (۱۳۸۲). مدیریت بحران در نواحی شهری. انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور. چاپ دوم.
 ۱۷. علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). اقلیم‌شناسی سینوپتیک. انتشارات سمت. تهران. چاپ اول.
 ۱۸. علیجانی، بهلول، کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۲). مبانی آب و هواشناسی. انتشارات سمت. تهران. چاپ نهم.
 ۱۹. غیور، حسنعلی (۱۳۸۱). مجله علمی - پژوهشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی. انتشارات دانشگاه اصفهان. دوره دوم. شماره سی‌ام و سی و یکم.
 ۲۰. قره‌نژاد، حسن (۱۳۸۱). انسان - طبیعت - معماری. انتشارات گل‌های محمدی اصفهان. چاپ اول.
 ۲۱. کردوانی، پرویز (۱۳۷۲). اکوسیستم‌های طبیعی. نشر قومس. تهران. چاپ اول.
 ۲۲. _____ (۱۳۷۱). جغرافیای خاک‌ها. انتشارات دانشگاه پیام نور. چاپ اول.
 ۲۳. _____ (۱۳۵۶). حفاظت منابع طبیعی «خاک». انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.
 ۲۴. لیند، گونار (۱۳۷۴). آب و شهر. ترجمه بهرام معلمی. مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران و دانشگاه جامع تکنولوژی. چاپ اول.
 ۲۵. مجتهدزاده، غلامحسین (۱۳۷۹). برنامه‌ریزی شهری در ایران. انتشارات پیام نور.
 ۲۶. مک کورمیک، جان (۱۳۷۱). باران اسیدی. ترجمه عادل ارشقی. انتشارات مؤسسه اطلاعات. تهران.
 ۲۷. مورگان، آر. پی. سی (۱۳۸۶). فرسایش و حفاظت خاک. ترجمه امین علیزاده. انتشارات آستان قدس رضوی. مشهد.
 ۲۸. نظریان، اصغر (۱۳۷۹). جغرافیای شهری ایران. دانشگاه پیام نور. چاپ سوم.
29. Earthquake Disaster Reduction in Urban Areas, Vol 4, Number 2, INCEDE, University of Tokyo, July 1995, P. 7.
30. Yoshiaki Kavata, Characteristics of Urban Disaster and Its Scenarios toward Catastrophe, Disaster Management in Metropolitan Area in 21st Century, International Conference 1993, Japan, p. 34.