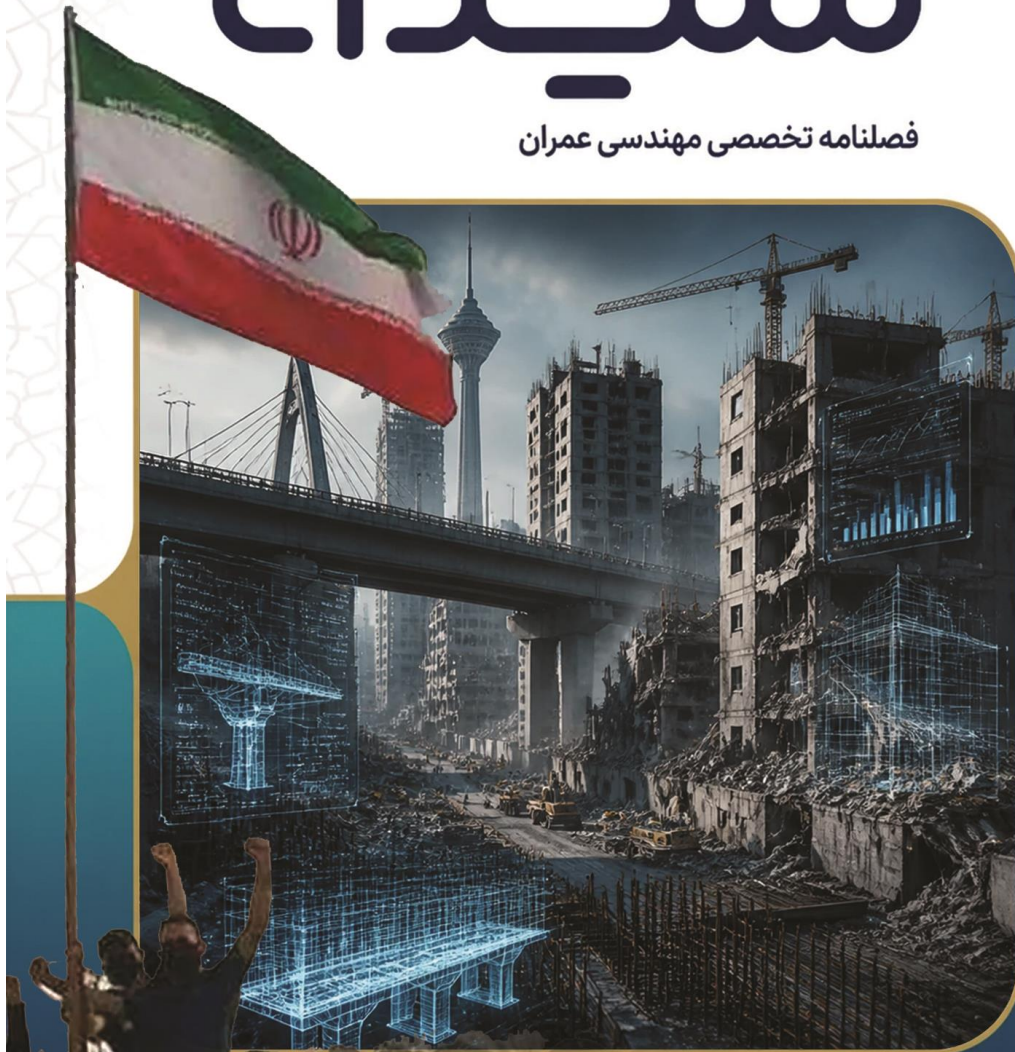


# فصلنامه سپدآء

فصلنامه تخصصی مهندسی عمران



زخم های شهر، نگاهی مهندسی به تاثیر جنگ  
و تخریب زیرساختهای عمرانی شهرها در جنگ تحمیلی رمضان

شماره ۲ / دوره ۱ / زمستان ۱۴۰۴ با تاخیر



## فصلنامه تخصصی عمران سیداد

سال اول، شماره ۲، زمستان ۱۴۰۴

صاحب امتیاز: مرکز آموزش عالی علمی کاربردی غیر دولتی دره شهر یک

مدیر مسئول: مهندس مجتبی رشیدنهل

سردبیر: مهندس مجتبی رشیدنهل

مدیر اجرایی: مهندس رودابه نجمایی

کارشناس: مهندس شبنم خزرایی

نشانی دفتر نشریه: تهران، خیابان قائم مقام فراهانی، پلاک ۱۸۶، طبقه ۲، واحد ۲۲

تلفن: ۸۶۰۴۶۲۰۰ \_ ۰۲۱ (داخلی ۱۱۲)

فکس: ۸۶۰۴۶۲۰۰ \_ ۰۲۱

[www.j](http://www.journal.siyad.ir)

سامانه:

ournal.siyad.ir

رایانامه: journal@siyad.ir

## فهرست

### عنوان

درباره نشریه سیداد:

اهداف و چشم انداز:

اعضا هیات تحریریه:

### راهبردهای معماری در کاهش آسیب پذیری جنگ

(نقش طراحی معماری، چیدمان فضایی و جزئیات ساختمانی در برابر بارهای انفجاری)

بررسی تاثیر طراحی فیزیکی محیط کار بر بهره وری و سلامت کارکنان بیمارستان

بیمه آتش سوزی با پوشش جنگ

بررسی اثرات بارش های اسیدی ناشی از احتراق فرآورده های نفتی بر سنگ نماهای

ساختمانی

بررسی اثرات بارش های اسیدی ناشی از احتراق فرآورده های نفتی بر سنگ نماهای

ساختمانی

مصاحبه اختصاصی، موضوع: همه چیز درباره بیمه آتش سوزی با پوشش جنگ

## درباره نشریه سیداد:

نشریه تخصصی سیداد با تمرکز بر حوزه عمران و ساخت‌وساز، به‌عنوان مرجعی علمی و کاربردی، به بررسی و تحلیل چالش‌های فنی، حقوقی، مدیریتی و اجرایی پروژه‌های عمرانی می‌پردازد. این نشریه با بهره‌گیری از دیدگاه‌ها و تجربیات کارشناسان رسمی، اساتید دانشگاه و متخصصان صنعت، جدیدترین رویکردها، استانداردها، مطالعات موردی و تحلیل‌های تخصصی را ارائه می‌دهد و با هدف ارتقای کیفیت تصمیم‌گیری، کاهش ریسک و توسعه دانش حرفه‌ای، پلی مؤثر میان دانش نظری و تجربه عملی در صنعت عمران ایجاد می‌کند.

## اهداف و چشم‌انداز:

نشریه تخصصی سیداد با هدف ارتقای سطح دانش حرفه‌ای در حوزه عمران و ساختمان، به دنبال ایجاد بستری معتبر برای تبادل دانش میان کارشناسان، مهندسان، پژوهشگران و فعالان صنعت ساخت‌وساز است. این نشریه تلاش می‌کند با انتشار تحلیل‌های تخصصی، مطالعات موردی، مقالات علمی-کاربردی و بررسی ضوابط و استانداردها، به بهبود کیفیت تصمیم‌گیری فنی و مدیریتی، کاهش ریسک پروژه‌ها و افزایش شفافیت در فرآیندهای اجرایی و کارشناسی کمک کند. همچنین، حمایت از تولید محتوای اصیل، مستند و مبتنی بر تجربه‌های واقعی پروژه‌های عمرانی از اهداف اصلی این نشریه به‌شمار می‌آید.

### چشم‌انداز نشریه سیداد

چشم‌انداز نشریه سیداد تبدیل‌شدن به یکی از مراجع معتبر و اثرگذار در حوزه عمران و ساختمان در سطح کشور است؛ مرجعی که به‌عنوان پل ارتباطی میان دانش دانشگاهی، تجربه‌های میدانی و نیازهای واقعی صنعت عمل می‌کند. سیداد در افق پیش‌رو، با تمرکز بر نوآوری، فناوری‌های نوین، هوشمندسازی ساخت‌وساز و رویکردهای پایدار، می‌کوشد نقش مؤثری در توسعه حرفه‌ای مهندسان و ارتقای استانداردهای صنعت ساختمان ایفا کند و به مرجعی قابل اعتماد برای تصمیم‌سازان، مدیران پروژه و کارشناسان رسمی بدل شود.

## اعضا هیات تحریریه

ردیف	نام	سمت	ایمیل
۱	مجتبی رشیدنهل	سردبیر	mrashi dnahal@yahoo.com
۲	مجتبی رشیدنهل	مدیر مسئول	mrashi dnahal@yahoo.com
۳	رودابه نجمائی	مدیر اجرایی	Roudabehnajmaei@gmail.com
۴	حمید علیمحمدی	هیات تحریریه	Ali mohammadi.ha@gmail.com
۵	شبنم خزرای	تیم اجرایی	shabnankhazraei@gmail.com

# بررسی اثرات بارش‌های اسیدی ناشی از احتراق فرآورده‌های نفتی بر سنگ نماهای ساختمانی؛

مطالعه موردی بارندگی پس از حادثه انبار نفت شهران تهران



تهیه کننده: خانم شبنم خضرای شولای فر

کارشناس شیمی کاربردی

## چکیده:

وقوع آتش‌سوزی و احتراق گسترده ترکیبات نفتی در مراکز ذخیره سوخت، علاوه بر پیامدهای مستقیم زیست‌محیطی، می‌تواند سبب ایجاد بارش‌های اسیدی موضعی و آسیب به زیرساخت‌های شهری شود. در جریان جنگ رمضان و پس از هدف قرار گرفتن انبار نفت شهران تهران، حجم بالایی از ترکیبات گوگردی، اکسیدهای نیتروژن، هیدروکربن‌های نسوخته و ذرات معلق وارد اتمسفر شد.

متعاقب این حادثه، بارندگی رخ داده در مناطق مختلف تهران شرایطی مشابه باران اسیدی ایجاد کرد که آثار آن به‌ویژه بر سنگ‌نماهای ساختمانی قابل مشاهده بود.

این مقاله با رویکردی تخصصی در حوزه شیمی محیط‌زیست و مصالح ساختمانی، به بررسی مکانیسم‌های شیمیایی تخریب سنگ نماها در اثر چنین بارش‌هایی می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد سنگ‌های کربناته مانند تراورتن و مرمر بیشترین آسیب‌پذیری را در برابر اسیدهای سولفوریک و نیتریک دارند و تخریب‌هایی نظیر کاهش براقیت، پوسته‌شدگی، افزایش تخلخل، تغییر رنگ و افت مقاومت مکانیکی در آن‌ها رخ می‌دهد. همچنین ذرات دوده و فلزات سنگین ناشی از احتراق، فرآیند فرسایش شیمیایی را تشدید می‌کنند.

این موضوع ضرورت بازنگری در انتخاب مصالح نما، اجرای پوشش‌های محافظ و پایش شیمیایی آلودگی‌های شهری را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

## کلمات کلیدی

باران اسیدی، انبار نفت شهران، جنگ رمضان، سنگ‌نمای ساختمان، تراورتن، آلودگی هوا، خوردگی شیمیایی، شیمی محیط‌زیست، فرسایش مصالح ساختمانی، دی‌اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن

### مقدمه:

نمای ساختمان در شهرهای بزرگ، علاوه بر نقش معماری و زیبایی‌شناسی، به‌عنوان نخستین سطح تماس سازه با آلاینده‌های جوی شناخته می‌شود. در کلان‌شهری مانند تهران که همواره با آلودگی هوا مواجه است، وقوع حوادث جنگی و احتراق گسترده مواد نفتی می‌تواند شرایط اتمسفری را به‌شدت بحرانی‌تر کند. یکی از مهم‌ترین پیامدهای شیمیایی چنین رویدادهایی، تشکیل باران‌های اسیدی است؛ پدیده‌ای که آثار مخرب آن بر پوشش گیاهی، منابع آبی و مصالح ساختمانی سال‌هاست در مطالعات محیط‌زیستی جهان مورد توجه قرار گرفته است.

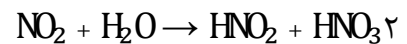
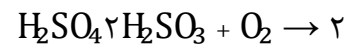
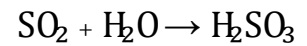
پس از حادثه هدف قرار گرفتن انبار نفت شهران در جریان جنگ رمضان، حجم عظیمی از دود، ترکیبات گوگردی و اکسیدهای نیتروژن وارد لایه‌های پایین اتمسفر تهران شد. در ادامه، بارندگی رخ داده در سطح شهر سبب انتقال این ترکیبات اسیدی به سطوح ساختمانی شد.

بسیاری از کارشناسان حوزه مصالح و شیمی محیط‌زیست معتقدند بخشی از تغییر رنگ، کدرشدگی و افت کیفیت برخی سنگ‌نماهای شهری در آن بازه زمانی، می‌تواند ناشی از همین واکنش‌های شیمیایی باشد.

## مکانیسم تشکیل باران سیاه پس از احتراق مواد نفتی

فرآورده‌های نفتی حاوی مقادیر قابل توجهی ترکیبات گوگرددار و هیدروکربن‌های پیچیده هستند. هنگام احتراق گسترده مخازن نفتی، گازهایی نظیر دی‌اکسید گوگرد ( $\text{SO}_2$ ) و اکسیدهای نیتروژن ( $\text{NO}_x$ ) در حجم بالا تولید می‌شوند. این گازها در حضور رطوبت، اکسیژن و رادیکال‌های آزاد موجود در اتمسفر، به اسید سولفوریک ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) و اسید نیتریک ( $\text{HNO}_3$ ) تبدیل می‌شوند.

واکنش‌های اصلی به صورت زیر قابل بیان‌اند:

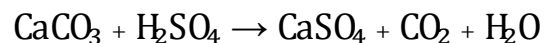


قطرات باران حاوی این اسیدها دارای pH پایین‌تری نسبت به بارش طبیعی هستند و در تماس با سطوح ساختمانی، به ویژه سنگ‌های آهکی، واکنش‌های تخریبی شدیدی ایجاد می‌کنند.

## اثر باران اسیدی بر سنگ‌نماهای ساختمانی تهران

بخش قابل توجهی از نماهای ساختمانی تهران از سنگ‌های کربناته نظیر تراورتن، مرمر و برخی انواع لایم‌استون تشکیل شده‌اند. این سنگ‌ها عمدتاً از کربنات کلسیم ( $\text{CaCO}_3$ ) ساخته شده‌اند و در برابر اسیدها حساسیت بالایی دارند.

مهم‌ترین واکنش تخریبی به صورت زیر رخ می‌دهد:



در این فرآیند، کربنات کلسیم به سولفات کلسیم تبدیل می‌شود. سولفات کلسیم حاصل، به‌ویژه در حضور رطوبت، می‌تواند به ژئوپس تبدیل شود؛ ماده‌ای نرم و شکننده که باعث پوسته‌شدن و کاهش انسجام سطح سنگ می‌شود.

از مهم‌ترین آثار مشاهده‌شده بر سنگ‌نماها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کدرشدگی و از بین رفتن جلای سطح سنگ
- ایجاد لکه‌های تیره ناشی از جذب دوده و ذرات کربنی
- افزایش زبری و تخلخل سطح
- ترک‌های ریز سطحی و پوسته‌پوسته شدن
- کاهش مقاومت مکانیکی در بلندمدت
- تسریع نفوذ آب و آلودگی به لایه‌های داخلی سنگ

در برخی مناطق تهران، ترکیب باران سیاه اسیدی با ذرات معلق ناشی از احتراق ناقص، لایه‌ای سیاه‌رنگ روی نماها ایجاد کرد که مشابه پدیده “Black Crust” مشاهده‌شده در بناهای تاریخی صنعتی اروپا است.

## نقش نوع سنگ در میزان آسیب‌پذیری

تمام سنگ‌های ساختمانی واکنش یکسانی نسبت به باران اسیدی ندارند. سنگ‌های سیلیکاته مانند گرانیت مقاومت بیشتری در برابر محیط اسیدی دارند، در حالی که سنگ‌های آهکی بسیار حساس‌اند. تراورتن که یکی از رایج‌ترین مصالح نمای تهران محسوب می‌شود، به‌دلیل ساختار متخلخل خود، اسید و رطوبت را بیشتر جذب می‌کند و سرعت تخریب در آن بالاتر است.

همچنین کیفیت فرآوری سنگ، نوع رزین مصرفی، میزان جذب آب و حتی جهت تابش نور خورشید بر شدت آسیب مؤثر هستند. نماهایی که در معرض مستقیم بارش و آلودگی قرار دارند، معمولاً تخریب سریع‌تری را تجربه می‌کنند.

## راهکارهای کاهش آسیب به نماهای ساختمانی

حوادثی نظیر آتش‌سوزی انبارهای نفتی در جنگ رمضان نشان می‌دهد که انتخاب مصالح نما نباید صرفاً بر اساس زیبایی یا هزینه انجام شود. در شهرهای آلوده و دارای ریسک بالای حوادث صنعتی یا نظامی، مقاومت شیمیایی مصالح اهمیت بالایی دارد.

برخی راهکارهای پیشنهادی عبارت‌اند از:

- استفاده از سنگ‌های مقاوم‌تر در برابر اسیدها
- اجرای پوشش‌های نانویی آب‌گریز و ضدآلودگی
- شست‌وشوی دوره‌ای نما برای حذف ترکیبات اسیدی و دوده
- کاهش تخلخل سنگ با رزین‌های مقاوم شیمیایی
- پایش pH بارش‌های شهری در شرایط بحرانی
- توسعه دستورالعمل‌های تخصصی برای انتخاب مصالح در کلان‌شهرها

## نتیجه‌گیری

بارندگی پس از حادثه انبار نفت شهران تهران در جنگ رمضان را می‌توان نمونه‌ای قابل توجه از اثر متقابل بحران‌های زیست‌محیطی و دوام مصالح ساختمانی دانست.

ترکیبات اسیدی ناشی از احتراق فرآورده‌های نفتی، به‌ویژه در تماس با سنگ‌های کربناته، موجب واکنش‌های شیمیایی مخرب و تسریع فرسایش نماهای شهری می‌شوند. این مسئله نه‌تنها از منظر زیبایی‌شناسی شهری، بلکه از دیدگاه دوام سازه، هزینه‌های نگهداری و ایمنی نیز اهمیت دارد.

با توجه به افزایش آلودگی‌های شهری و احتمال وقوع حوادث مشابه، توجه به شیمی محیط‌زیست در طراحی و انتخاب مصالح ساختمانی، دیگر یک موضوع فرعی نیست؛ بلکه بخشی ضروری از مهندسی ساختمان مدرن محسوب می‌شود.