

# بررسی نقش ارتفاع و اهمیت سازه در خطر صاعقه



حسین اصلانی – کارشناس عمران

haslani49@yahoo.com

## چکیده:

صاعقه یک پدیده طبیعی است که سالیانه خسارت زیادی بر جامعه وارد می‌کند، با رعایت مشخصات فنی و استاندارد ملی و نصب صاعقه‌گیر می‌توان نسبت به کنترل و کاهش خسارت جانی و مالی اقدام کرد. در این مقاله سعی شده است، به طور اختصار در باره پدیده صاعقه توضیح داده شود و با استفاده از آمار و نمودارهای ایستگاه سینوپتیک هواشناسی کشور، جداول ضریب خطر برحسب نوع سازه و مقادیر آن، نمودارهای ضریب خطر نسبت به ارتفاع ساختمان رایج در کشور، نقش ارتفاع و اهمیت سازه‌ها در خطر صاعقه و آسیب‌پذیری آن در انواع سازه‌ها بررسی شود.

**کلید واژه:** صاعقه، سازه، سیستم حفاظت، محدوده حفاظت

## مقدمه:

بر اساس تحقیقات بطور متوسط در هر ثانیه بیش از ۵۰ صاعقه به زمین اصابت می‌نماید و خسارات جانی و مالی فراوانی بر جای می‌گذارد. بطور کلی حوادثی که توسط صاعقه پدید می‌آید به دو گروه تقسیم می‌شوند:

۱- حوادثی که به سبب برخورد مستقیم صاعقه بوجود می‌آید.

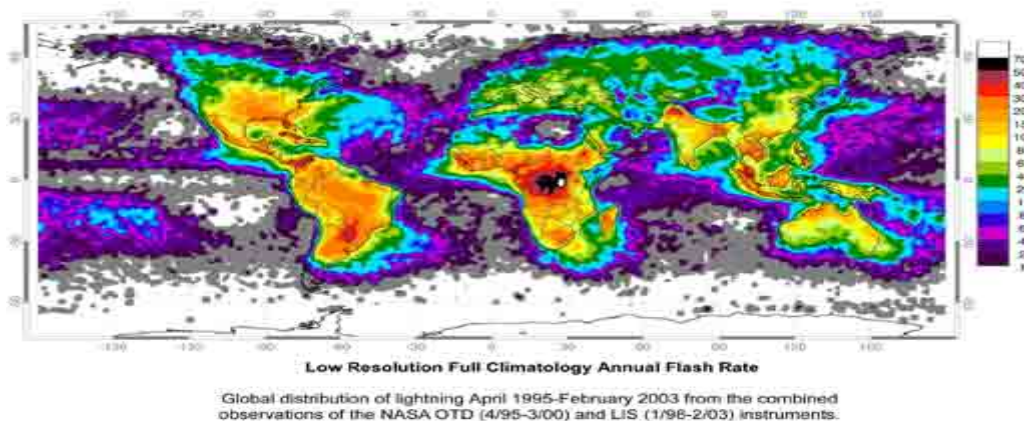
۲- حوادثی که به سبب اثرات غیر مستقیم صاعقه بوجود می‌آید.

اثر صاعقه بر ساختمان شامل:

۱- جلد خارجی ساختمان از ضربه‌های مستقیم صاعقه

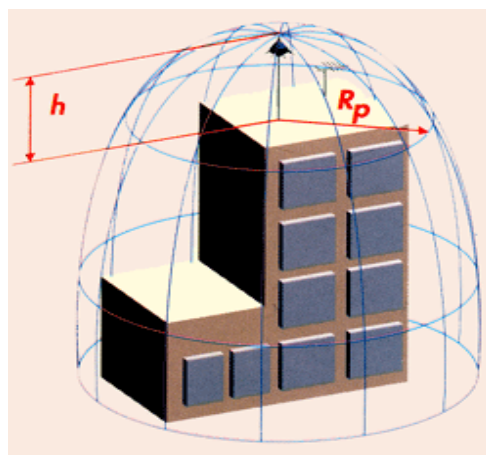
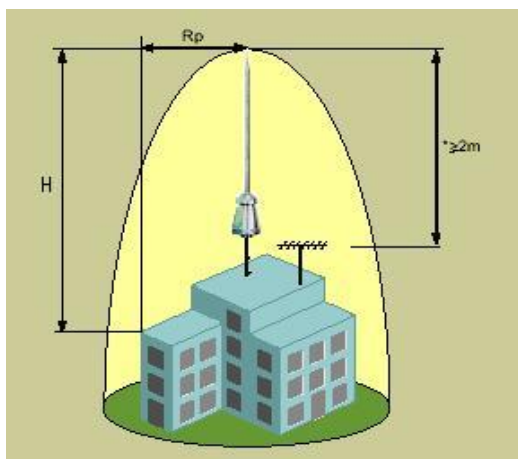
۲- داخلی و تجهیزات نصب شده داخل ساختمان در مقابل آثار ثانویه صاعقه

نقشه پراکندگی صاعقه در جهان توسط سازمان فضایی ایالات متحده NASA با اهداف امنیتی و اقتصادی بصورت زیر تهیه و ارائه شده است که در آن منطقه سیاه رنگ در مرکز آفریقا محل بیشترین و بزرگترین فعالیت صاعقه‌ها در جهان می‌باشد. مناطق قرمز، نارنجی و زرد دارای فعالیت زیاد و مناطق سفید و آبی دارای فعالیت پایینی هستند.



هدف از نصب صاعقه گیر روی بام ساختمان ایجاد یک حوزه حفاظتی برای ساختمان است و حداکثر فاصله از محل نصب صاعقه گیر که تحت حفاظت قرار می گیرد (در ارتفاع محل نصب پایه صاعقه گیر) شعاع حفاظتی نامیده می شود.

شعاع حفاظتی صاعقه گیر با استفاده از استانداردهای بین المللی نظیر استاندارد معتبر جهانی و فرمولهای این استاندارد قابل محاسبه است.



### پدیده صاعقه و فواید آن:

صاعقه یک پدیده طبیعی از تخلیه الکتریکی قابل مشاهده ناشی از الکتریسیته ساکن انباشته شده در ابرهای طوفانی است که با توجه به شرایط جغرافیایی ایجاد شده و سالیانه خسارات مالی و جانی فراوانی ببار می آورد. ابرهای طوفانی ۵ الی ۱۰ کیلومتر با زمین فاصله دارند و ارتفاع آنها حتی به ۱۲ کیلومتر نیز می رسد. بارالکتریکی ابر از نوع منفی است که همین ابر باری برابر و مخالف بار مذکور روی سطح زمین القا می کند. طبق برآوردهای انجام شده در هر لحظه ۲۰۰۰ رعد و برق به وقوع می پیوندد که در حدود ۳۰ الی ۱۰۰ صاعقه به زمین برخورد می کند.

علیرغم خسارت مالی و جانی، این پدیده طبیعی فواید قابل توجهی دارد که به دو نمونه زیر می توان اشاره کرد:

۱- هر سال در حدود ۱۰۰ میلیون تن تقویت کننده نیتروژنی خاک ارزشمند توسط صاعقه تولید می شود و با توجه به نسبت ۴ به ۱ گاز نیتروژن و اکسیژن در هوا، در اثر آزاد شدن انرژی عظیم ضربات صاعقه،

تعدادی از اکسیژن‌ها و نیتروژن‌ها با یکدیگر ترکیب شده،  $NO_x$  تولید می‌کنند که با باران مخلوط و همراه آن به زمین منتقل میشود که در تقویت باروری ریشه گیاهان بسیار مفید است .

۲- صاعقه باعث تبدیل اکسیژن به ازن می‌شود که محافظ زمین در برابر پرتوهای ماوراء بنفش خورشید است.

### آسیب ناشی از صاعقه:

برخورد صاعقه با زمین باعث آسیب‌هایی میشود که مهمترین انواع آن عبارتند از :

۱- صدمه به سلامت انسان و مرگ آن

۲- خسارت مالی به ساختمان و تجهیزات آن

۳- زیان میراث فرهنگی

۴- آتش سوزی و جنگلها و مزارع

### آمار حوادث ناشی از صاعقه:

متأسفانه آماردقیق از میزان حوادث ناشی از برخورد صاعقه در کشور به تفکیک منطقه و شهرها ثبت نشده است. طبق آمار بدست آمده ، میزان تقریبی حوادث ناشی از برخورد صاعقه سالانه در حدود ۲۴۰/۰۰۰ مورد است که از این میان ۲۴۰۰۰ مورد منجر به فوت می‌شود. مرگ و میر ناشی از صاعقه ۸ الی ۱۰ درصد بوده و معمولاً حمله قلبی در زمان حادثه عامل اصلی مرگ گزارش شده است.

### ارزیابی خطر صاعقه بر سازه:

جهت ارزیابی خطر صاعقه بر سازه بایستی موارد زیر در نظر گرفته شود:

۱- موقعیت سازه

۲- نوع کاربری

۳- نوع سازه ( اسکلت فلزی - اسکلت بتنی - مصالح بنایی - اسکلت چوبی و ... )

۴- ارتفاع سازه

۵- تعداد ضربات احتمالی بر سازه

احتمال برخورد صاعقه با سازه در هر سال ، نتیجه تعداد فلاش (جرقه ) اصابت شده در طول یک سال به یک کیلومتر مربع ( Ng ) و سطح تجمع موثر یک سازه ( Ac ) می‌باشد و از رابط زیر محاسبه می‌گردد :

$$Ac = LW + 2LH + 2WH + 3.14 * H^2$$

Ac - منطقه تجمعی بر حسب مترمربع

H- ارتفاع سازه بر حسب متر

L - طول سازه بر حسب متر

W - عرض سازه بر حسب متر

$$P = A_c * N_g * (1. E-6)$$

$$K_o = A * B * C * D * E$$

$$P_o = P * K_o$$

برای ارزیابی خطر باید ضرایب (  $K_o$  ) در یک ساختمان مورد بررسی دقیق قرار گیرد و نتیجه با واقعیت های موجود مانند تعداد نفرات دقیق ساکنین ، بازدید کننده ، اجتماع کننده در سازه یا عبارتی تعداد افرادی که در اثر صاعقه بر سازه آسیب می بیند ، کالاها ، آثار ، وسایل و امکانات ارتباطی و الکتریکی و .... انطباق داده شود. نظر بر اینکه سازه های در حال ساخت و استفاده دارای تنوع زیادی می باشد، لذا کلیه جوانب کار بایستی سنجیده شود و آزمایش های مختلف انجام گیرد.

### معيار ارزیابی:

معيار ارزیابی نیاز سازه به سیستم حفاظتی، محاسبه ضریب خطر کلی ( $P_o$ ) است. اگر مقدار ضریب خطر از یک در صد هزارم (  $0/00001$  ) بیشتر یا مساوی باشد ، سیستم حفاظتی ضروری به نظر می رسد و اگر نتیجه کمتر از مقدار فوق باشد ، باید بررسی دقیق از سازه ، موقعیت ، اهمیت و مصالح متشکله انجام و سپس تصمیم گیری لازم در خصوص عدم نیاز به حفاظت اتخاذ گردد .

جدول شماره ۱ - ضریب A در مورد کاربری و اهمیت سازه ها

مقدار ضریب A	نوع سازه
0/3	منازل مسکونی
0/4	کارخانه ها ، کارگاه ها و آزمایشگاه ها
0/45	ساختمانهای اداری ، هتل ها ، مجتمع های تجاری مسکونی
0/50	مکانهای عمومی مانند سالن های ورزشی و ...
0/6	مدارس ، مهد کودک و بیمارستان ها

جدول شماره ۲ - ضریب B برحسب نوع سازه

مقدار ضریب B	نوع سازه
0/10	اسکلت فولادی یا بتن آرمه با سقف فلزی
0/15	اسکلت فولادی با سقف غیر فلزی
0/20	اسکلت بتن آرمه با سقف غیر فلزی
0/30	ساختمان مصالح بنایی یا کاهگل با سقف فلزی
0/35	ساختمان مصالح بنایی یا کاهگل با سقف غیر فلزی
0/50	سقف چوبی با سقف غیر فلزی

جدول ۳- ضریب C برحسب اثرات منتجه و اجزای داخل سازه

مقدار ضریب C	نوع سازه
۰/۳	ساختمانهای مسکونی و تجاری و اداری معمولی
۰/۴۵	کارخانه ها ساختمانهای صنعتی و کشاورزی دارای مواد آتشگیر
۰/۵۰	پمپ بنزین ها و تاسیسات گازی ، ایستگاه رادیو
۰/۶۰	ساختمانهای تاریخی و میراث فرهنگی
۰/۷۰	مدارس ، مهد کودک ، بیمارستان

جدول ۴- ضریب D درجه ایزولاسیون

مقدار ضریب D	نوع سازه
۰/۴	سازه های بنا شده در یک محل وسیعی که در اطراف آن ساختمان ها یا درختان با ارتفاع برابر سازه یا بلندتر داشته باشند
۱/۰	سازه های بنا شده در یک محل وسیعی که در اطراف آن ساختمان ها یا درختان با ارتفاع برابر سازه یا بلندتر داشته نباشند .
۱/۵	سازه های کاملاً "ایزوله به طوری که حداقل فاصله آنها از سازه ها یا درختان مجاور دو برابر ارتفاع آن باشد .

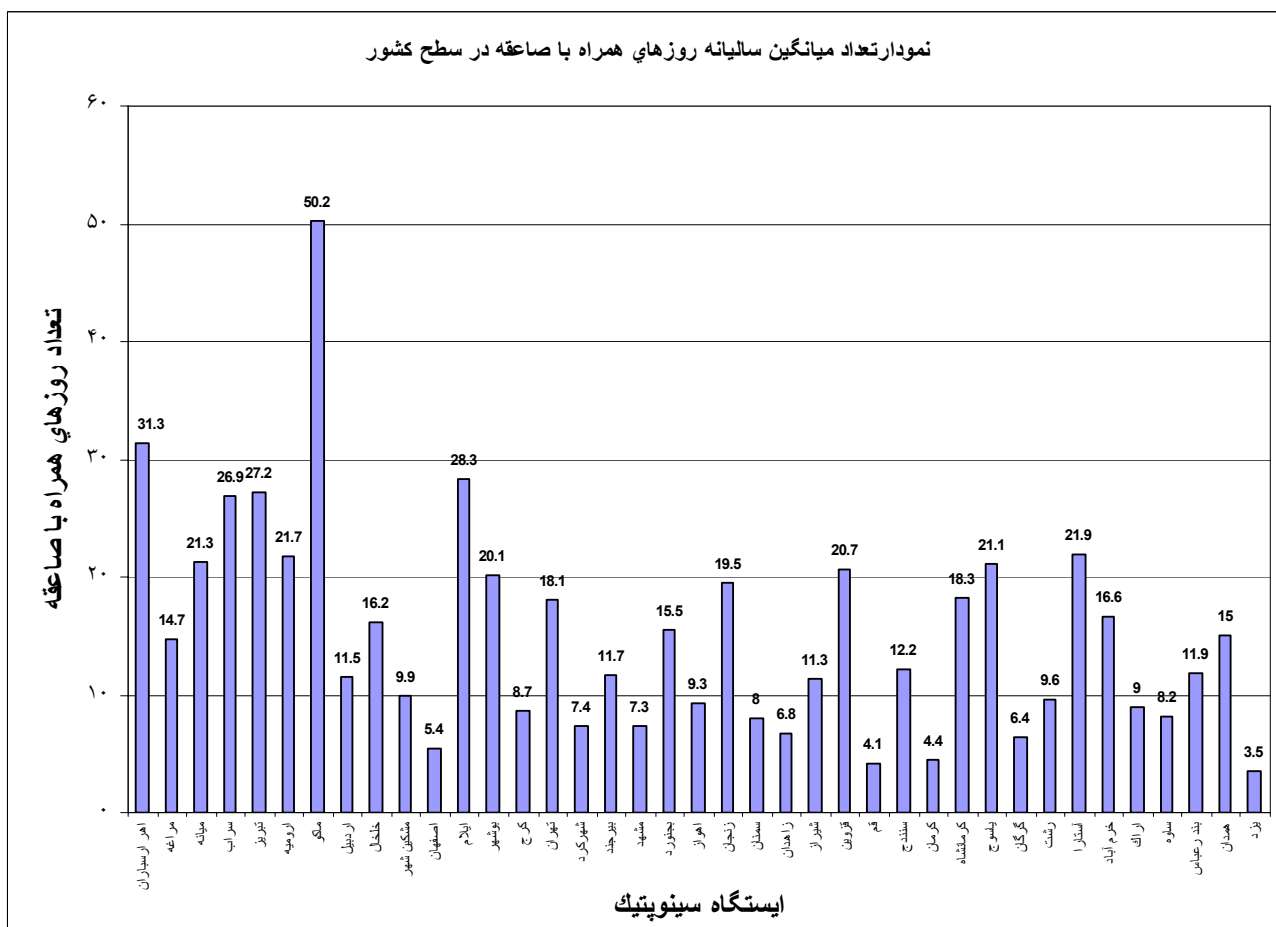
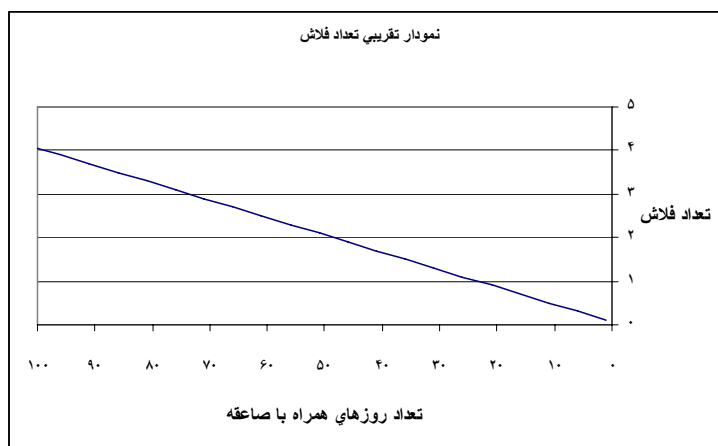
جدول ۵- ضریب E مخصوص مکان های خارج از شهر

مقدار ضریب E	نوع محل
۰/۳	مکان های مسطح با هر ارتفاعی
۱/۰	روی تپه
۱/۳	روی کوه ها با ارتفاع بین ۳۰۰ و ۹۰۰ متر
۱/۷	روی کوه ها با ارتفاع بیش از ۹۰۰ متر

### نمودار آماری از تعداد روزهای همراه با صاعقه در ایران

جهت برآورد خطر ناشی از صاعقه اطلاعات مربوط به روزهای همراه با صاعقه و میانگین تعداد فلاش های صاعقه که در یک سال بریک کیلومتر مربع در یک منطقه با زمین برخورد می کند؛ مورد نیاز است ، که متاسفانه در ایستگاه سینوپتیک هواشناسی ایران فقط میانگین تعداد روزهای همراه با صاعقه در دسترس می باشد و آماری از میانگین سالیانه تعداد فلاشهای صاعقه موجود نیست.

نمودار زیر تعداد تقریبی فلاش را براساس تعداد روزهای همراه با صاعقه نمایش می دهد که توسط نویسندگان از مقادیر مندرج در سایت ها تهیه و پیشنهاد می شود و برای ساختمانها با اهمیت زیاد بایستی از آمار میانگین سالیانه تعداد فلاش معتبر استفاده شود.



بررسی نمودار نشان میدهد که ماکو در استان آذربایجان غربی با میانگین سالیانه  $50/2$  روز همراه با صاعقه ماکزیم این میانگین را در میان کل ایستگاه های سینوپتیک کشور دارا می باشد. شهر اهر ارسباران در استان آذربایجان شرقی و ایلام هریک به ترتیب با  $31/3$  و  $28/3$  روز در رده های بعدی قرار گرفته اند.

### نمودار ضریب خطر کلی بر اساس ساختار سازه

برای بررسی ضریب خطر کلی سازه ها در این قسمت فرضیات زیر در نظر گرفته شده است:

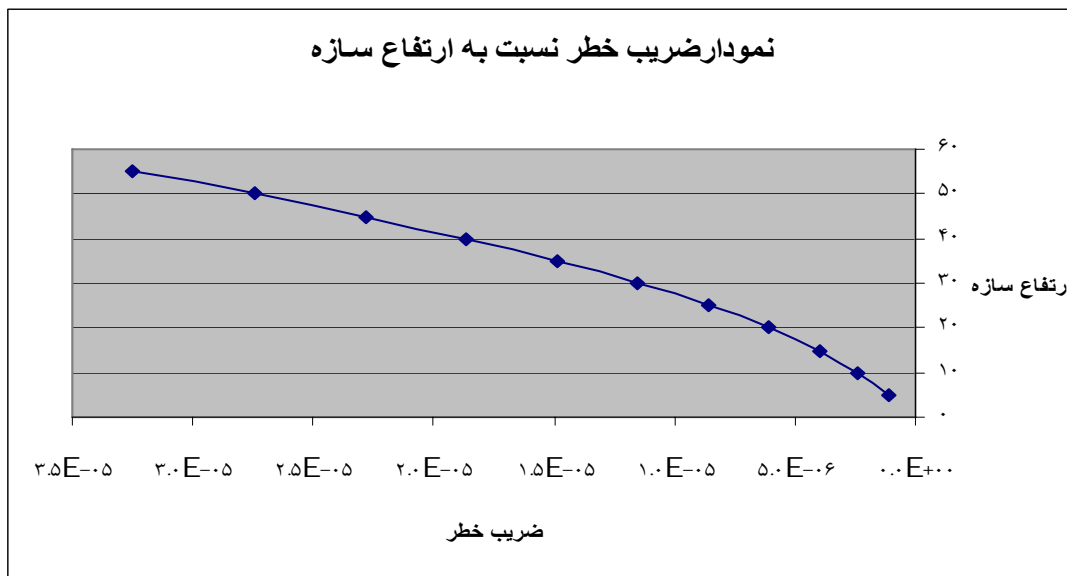
۱- ابعاد سازه به طول ۱۲ متر و عرض ۱۰ متر می باشد.

۲- مکان قرارگیری سازه ، زمین مسطح منظور شده است.

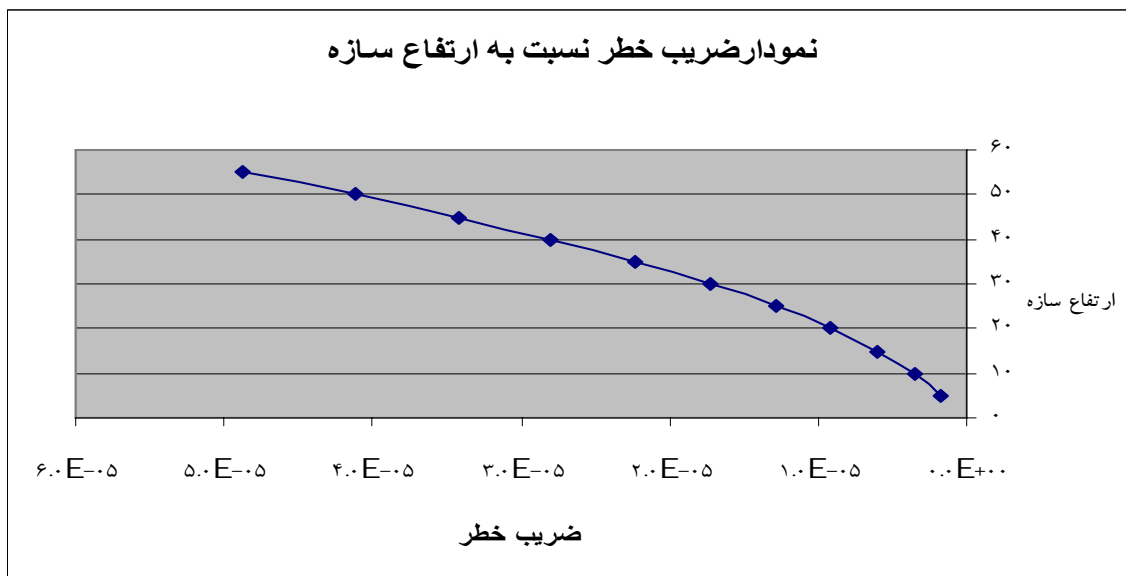
۳- نوع سازه با کاربری مسکونی می باشد.

۴- تعداد فلاش ها در هر کیلومتر مربع در یک سال برابر یک منظور شده است.

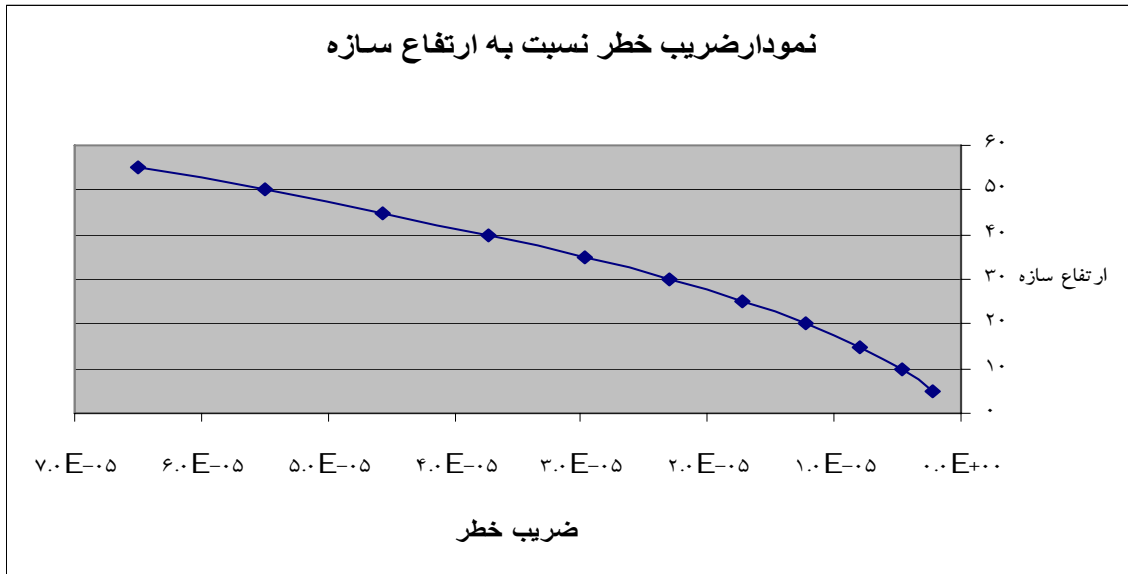
### اسکلت سازه فولادی یا بتن آرمه با سقف فلزی



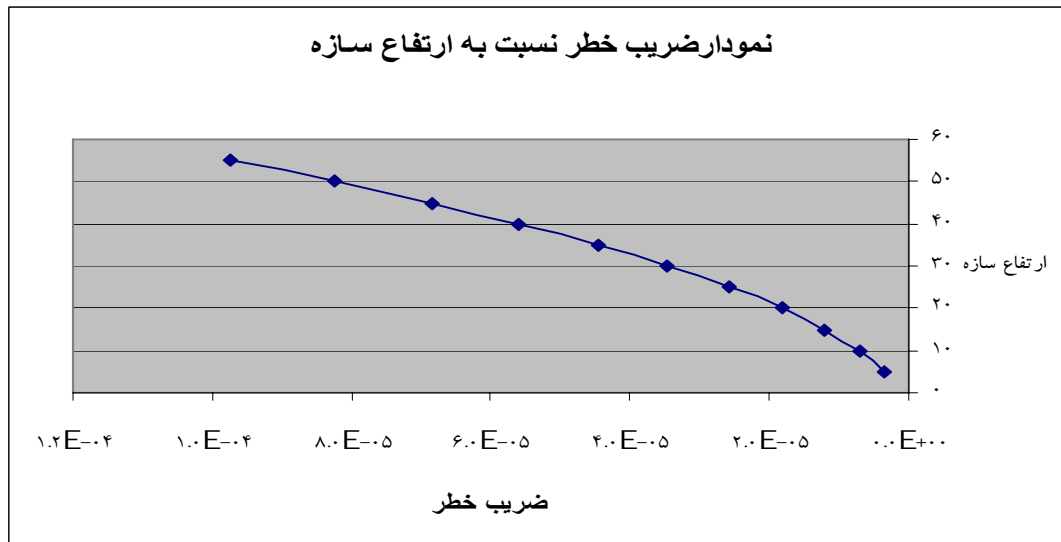
### اسکلت سازه فولادی با سقف غیر فلزی



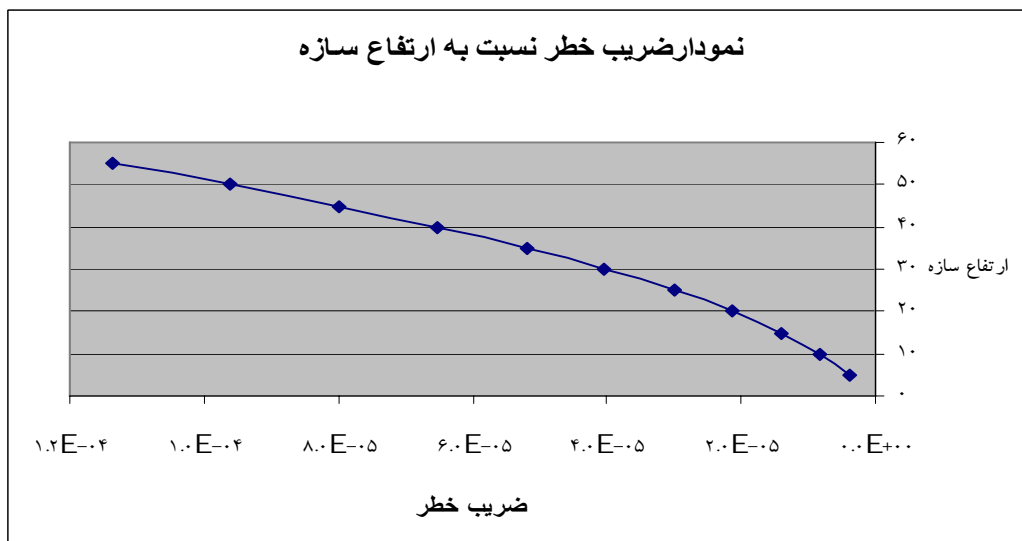
اسکلت سازه بتن آرمه با سقف غیر فلزی



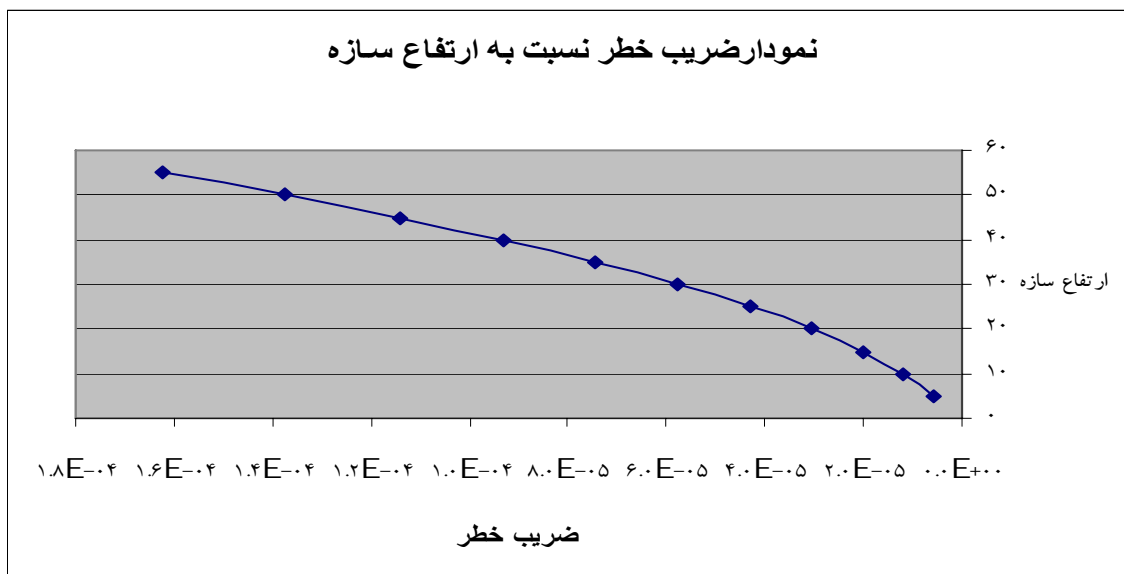
ساختمان مصالح بنایی غیر مسلح با سقف فلزی



ساختمان مصالح بنایی غیر مسلح با سقف غیر فلزی



### ساختمان چوبی با سقف غیر فلزی

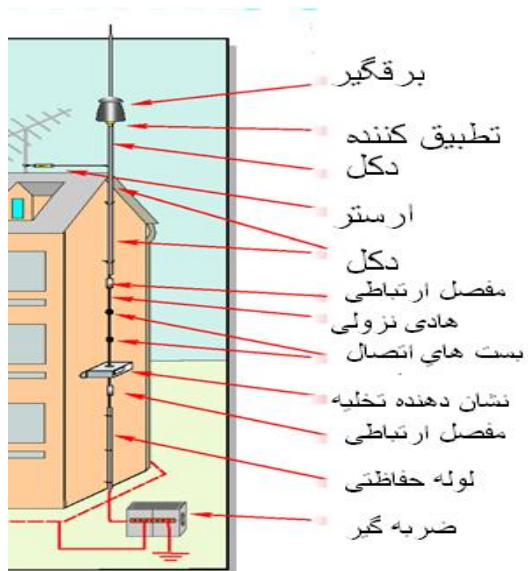


### نتیجه گیری:

با افزایش ابعاد، ارتفاع سازه، مقدار سطح تجمعی (AC) افزایش یافته و به تناسب اهمیت سازه و انواع و منابع آسیب، احتمال برخورد صاعقه و خطر آن بیشتر می شود و نیاز به سیستم صاعقه گیر ضروری بنظر می رسد که نسبت به سطح مورد نظر و مقاومت خاک (اهم بر متر) تعداد صاعقه گیر لازم باید طراحی و نصب گردد و در سایر موارد، عوامل دیگر مورد بررسی قرارگیرد، تا از عدم نیاز اطمینان پیدا کرد.

با در نظر گرفتن فرضیات مطرح شده در مقاله، در بین سازه ها، ساختمان با ارتفاع بیش از مقادیر زیر احتمال خطر آسیب ناشی از صاعقه زیاد بوده و نیاز ضروری به سیستم صاعقه گیر دارند.

- ۱- اسکلت فلزی یا بتن آرمه با سقف فلزی ۲۸ متر
- ۲- اسکلت فولادی با سقف غیر فلزی ۲۲ متر
- ۳- اسکلت بتن آرمه با سقف غیر فلزی ۱۸ متر
- ۴- ساختمان مصالح بنایی با سقف فلزی ۱۳ متر
- ۵- ساختمان مصالح بنایی با سقف غیر فلزی ۱۱ متر
- ۶- ساختمان چوبی با سقف غیر فلزی ۸ متر



شکل مقابل اجزاء سیستم حفاظت خارجی در برابر صاعقه را نمایش می دهد.

### منابع:

- ۱- « حفاظت سازه ها در مقابل آذرخش - قسمت اول - اصول کلی » ، استاندارد ملی ایران ۱-۶۲۱۳
- ۲- « ارزیابی احتمالی آسیب های وارده در اثر صاعقه » ، استاندارد ملی ایران ۶۲۱۷
- ۳- « طرح بررسی آسیب های ناشی از صاعقه و روش های کنترل آنها » ، مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت و بهداشت کار
- ۴- سایتهای اینترنتی مرتبط

<http://www.tpwd.state.tx.us>

<http://www.keds-co.com/saegheh.htm>

<http://www.srh.noaa.gov/>

<http://www.ngdir.com>