



هفتمین همایش ملی

فن آوری های نوین صنعت ساختمان

07 National Conference of New Construction Industry Technologies

بررسی عملکرد آکوستیکی اجزای ساختمانی - راهکارهای اجرایی



سمیه امینی نسب

- دکتری فیزیک
- رئیس بخش آکوستیک مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
- عضو کمیته مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان





معرفی بخش آکوستیک

بخش آکوستیک و آزمایشگاه های تخصصی آن در سال ۱۳۵۴ در راستای اجرای یکی از وظایف اساسی مرکز تحت عنوان «تحقیق و بررسی مسائل آکوستیکی در ساختمان» پی ریزی گردیده است.

هدف عمده این بخش تهیه و ارائه اطلاعات و راهکارهای مناسب و کاربردی به صنعت ساختمان کشور در راستای تأمین سلامت و آسایش صوتی برای ساکنان ساختمان ها و همچنین فراهم آوردن شرایط مناسب شنیداری در فضاهای داخلی این مکان هاست.

این بخش دارای اولین آزمایشگاه صدابندی در ایران است که شامل آزمایشگاه های صدابندی هوابرد و کوبه ای می شود.

بخش آکوستیک – آزمایشگاه صدا بندی هوا برد





بخش آکوستیک - آزمایشگاه صدا بندی هوا برد





بخش آکوستیک - آزمایشگاه صدا بندی کوبه ی





بخش آکوستیک - آزمایشگاه واخنش



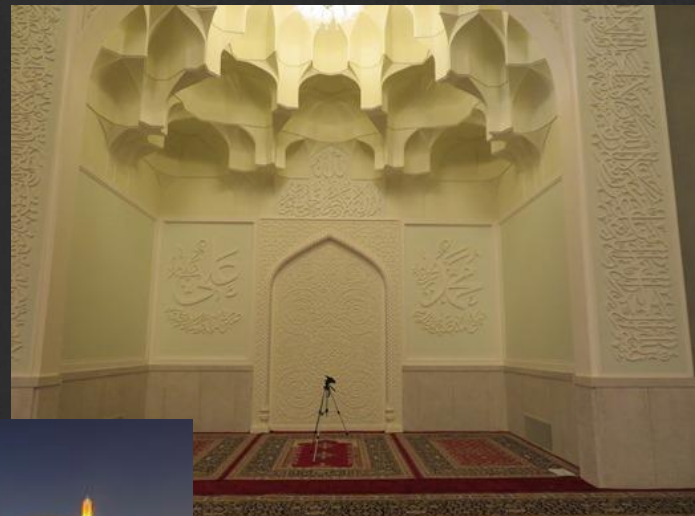


بخش آکوستیک - آزمایشگاه واخنش





بخش آکوستیک – تست های میدانی

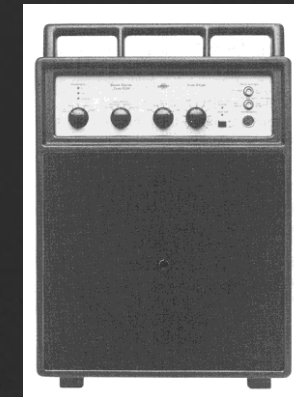




بخش آکوستیک - تست های میدانی



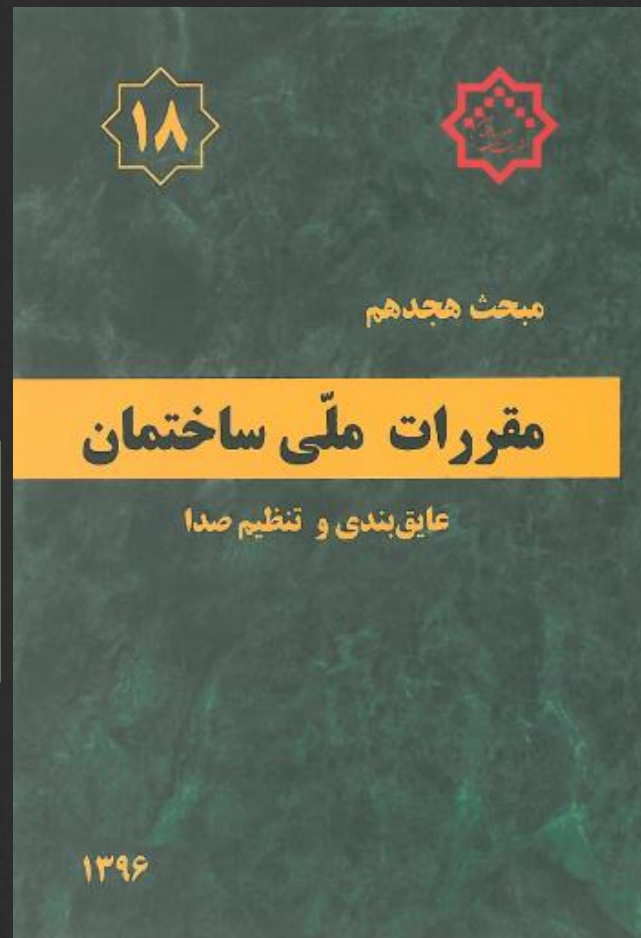
بخش آکوستیک – تجهیزات اندازه گیری





مبحث ۱۸ مقررات ملی ساختمان

مقررات ملی ساختمان در تمامی کشورها قواعدی هستند که به نحوی اجرای آن‌ها توسط شهروندان الزام قانونی پیدا می‌کند. ادراک مشترک کلیه عوامل و عناصر مرتبط اعم از دولت، دولت‌های محلی، مردم و مهندسان، موجب می‌گردد که منافع ملی ناشی از حفظ و افزایش بهره‌وری از سرمایه‌گذاری‌های ملی و هم چنین حفظ جان و منافع عمومی بهره‌برداران ساختمان‌ها بر منافع سازمانی دستگاه‌های اجرایی و یا منافع دولت‌های محلی و هم چنین منافع فوری سرمایه‌گذاران ترجیح داده شود.



هدف از تدوین این مقررات تعیین مقادیر مجاز برای شاخص‌های اصلی مورد نیاز در طراحی آکوستیکی ساختمان، در راستای فراهم‌آوردن صدابندی و صدارسانی مطلوب در ساختمان‌ها است تا از این طریق، آسایش و شرایط مناسب شنیداری تأمین شود.

در اکثر موارد مقررات ملی ساختمان بر تعیین **حداقل الزامات** برای تأمین شرایط آکوستیکی تمرکز دارند و رعایت این ضوابط لزوماً شرایط رضایت‌مندی **کامل** را برای ساکنان فراهم نمی‌آورد.



آکوستیک



✓ آکوستیک علمی است که به تولید و چگونگی انتقال امواج صدا در محیط های گوناگون می پردازد و پدیده های بازتاب، شکست، پخشایی، جذب و ... صدا را بررسی می کند.

✓ آکوستیک در معماری را می توان فن طراحی فضاها، بناها و سیستم های مکانیکی مطابق با نیازهای شنوایی دانست

کنترل نوفه در فضای مورد نظر (صدابندی مناسب)



مسائل عمده آکوستیک در یک ساختمان

فراهم نمودن شرایط آکوستیک داخلی در یک فضا به منظور صدارسانی مناسب



عدم توجه به مسایل آکوستیکی در ساخت و ساز موجب شده است که مشکلاتی از قبیل نوفه ناشی از ترافیک زمینی، هوایی و نوفه پیرامون به فضاهای داخلی ساختمان ایجاد شود.

نوفه زمینه

✓ ۱۸-۱-۳-۲۷ نوفه زمینه به صداهاى ناخواسته موجود در یک فضا گفته می شود. صدای منتقل شده به داخل ساختمان می تواند از منابع خارجی مانند نوفه ترافیک و نوفه ناشی از فضاهای مجاور و همچنین منابع داخلی مانند نوفه ناشی از سیستم های تاسیسات مکانیکی و الکتریکی از قبیل تهویه، آبرسانی و آسانسور سرچشمه بگیرد.





نمونه (نوع) صدا	تراز صدا در شبکه وزنی A به دسی بل *	احساس ذهنی
آستانه دردناکی گوش	۱۳۰	گر کننده
کارگاه صنعتی مانند کارگاه چوب‌بری فریاد زدن	۱۱۰ ۹۵	خیلی بلند
بزرگراه خیابان‌های شلوغ شهری	۸۵ ۸۲	بلند
گفتگوی بلند در فاصله یک متری مکالمه معمولی در فاصله یک متری	۷۰ ۶۰	معمولی
محله مسکونی آرام	۵۰	آرام
نجوا در فاصله یک متری حرکت برگ درختان	۳۰ ۲۰	خیلی آرام
آستانه شنوایی	۰	–

* تراز صدا در شبکه وزنی A، شاخص تک‌عددی است که برای بیان تراز بلندی صدا به کار می‌رود.



حداکثر ترازهای نوفه مجاز در مناطق مختلف شهری در ایران (سازمان حفاظت محیط زیست)

تراز معادل صدای وزن یافته A (L_{AeqT}) در مدت ۳۰ دقیقه بر حسب دسی بل		نوع منطقه (کاربری اراضی)
از ۱۰ شب تا ۷ صبح شبانه	۷ صبح تا ۱۰ شب روزانه	
۴۵	۵۵	مسکونی
۵۰	۶۰	مسکونی ، تجاری
۵۵	۶۵	تجاری
۶۰	۷۰	مسکونی ، صنعتی
۶۵	۷۵	صنعتی

تراز نوفه زمینه در ساختمان های مسکونی



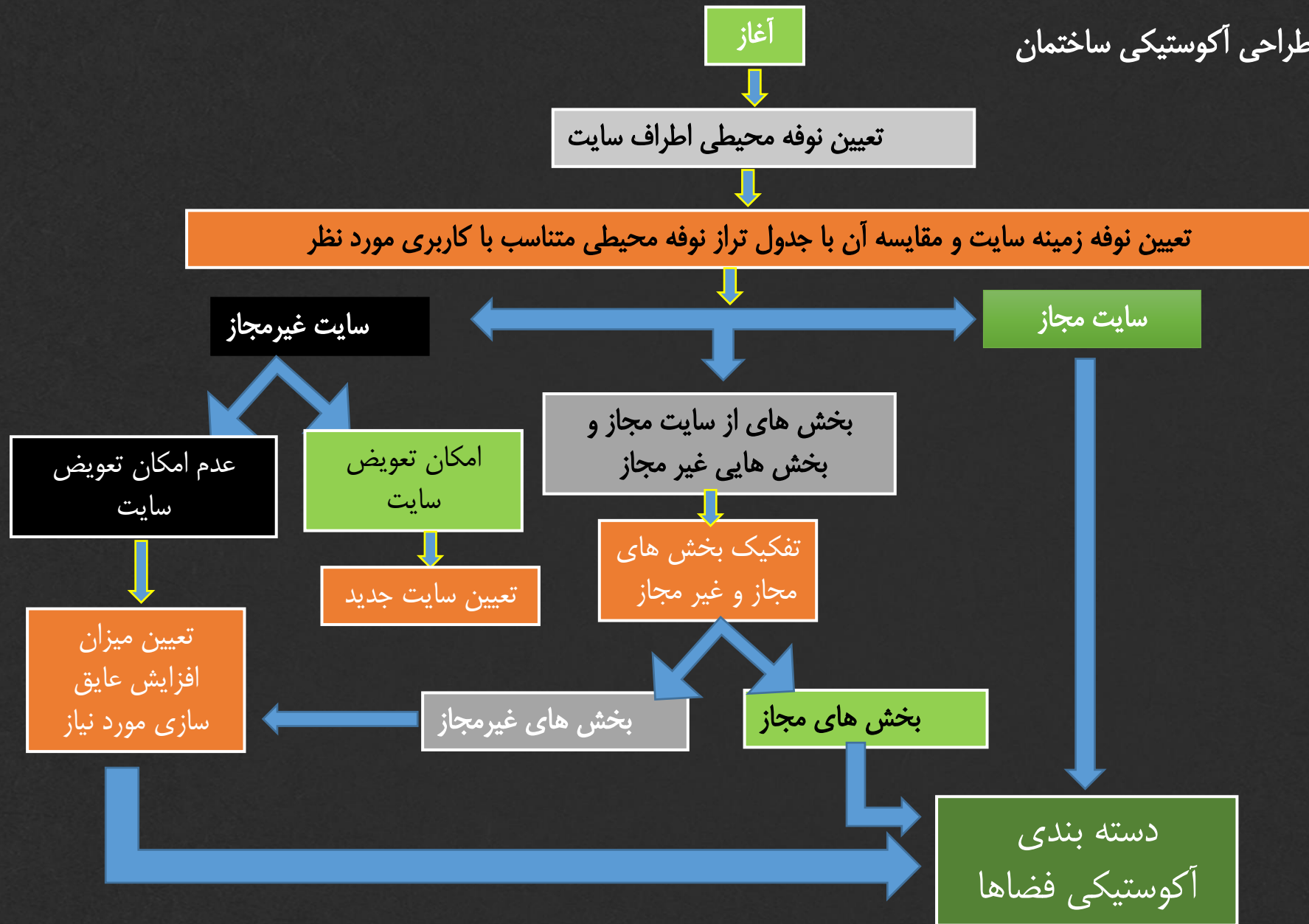
جدول ۱۸-۲-۱: تراز نوفه زمینه مجاز در فضاهای داخلی ساختمان های مسکونی

نوع فضا	حداکثر تراز معادل صدا، $L_{Aeq}(30)$ بر حسب دسی بل	حداکثر برسنج نوفه ترجیحی، PNC، بر حسب دسی بل
اتاق خواب و مطالعه	۳۵	۳۰
اتاق نشیمن و کار	۴۰	۳۵
سالن اجتماعات		
آشپزخانه	۴۵	۴۰
فضاهای بسته عمومی ^۲	۵۰	۴۵

لازم به ذکر است در این مقررات برای تراز نوفه زمینه مجاز در ساختمان های مسکونی، رعایت مقدار حداکثر $L_{Aeq}(30)$ اجباری است و شاخص PNC به عنوان توصیه مطرح می شود.



طراحی آکوستیکی و روش های کنترل نوفه بر پایه مقررات ملی ساختمان





دسته بندی آکوستیکی فضاها



جانمایی دسته بندی ها در سایت



مراجعه به جداول و
ضوابط مقررات ملی



تعیین زمان واخنش
مناسب



تعیین صدابندی
هوابرد پوسته خارجی



تعیین صدابندی هوابرد و کوبه ای
جداکننده های داخلی

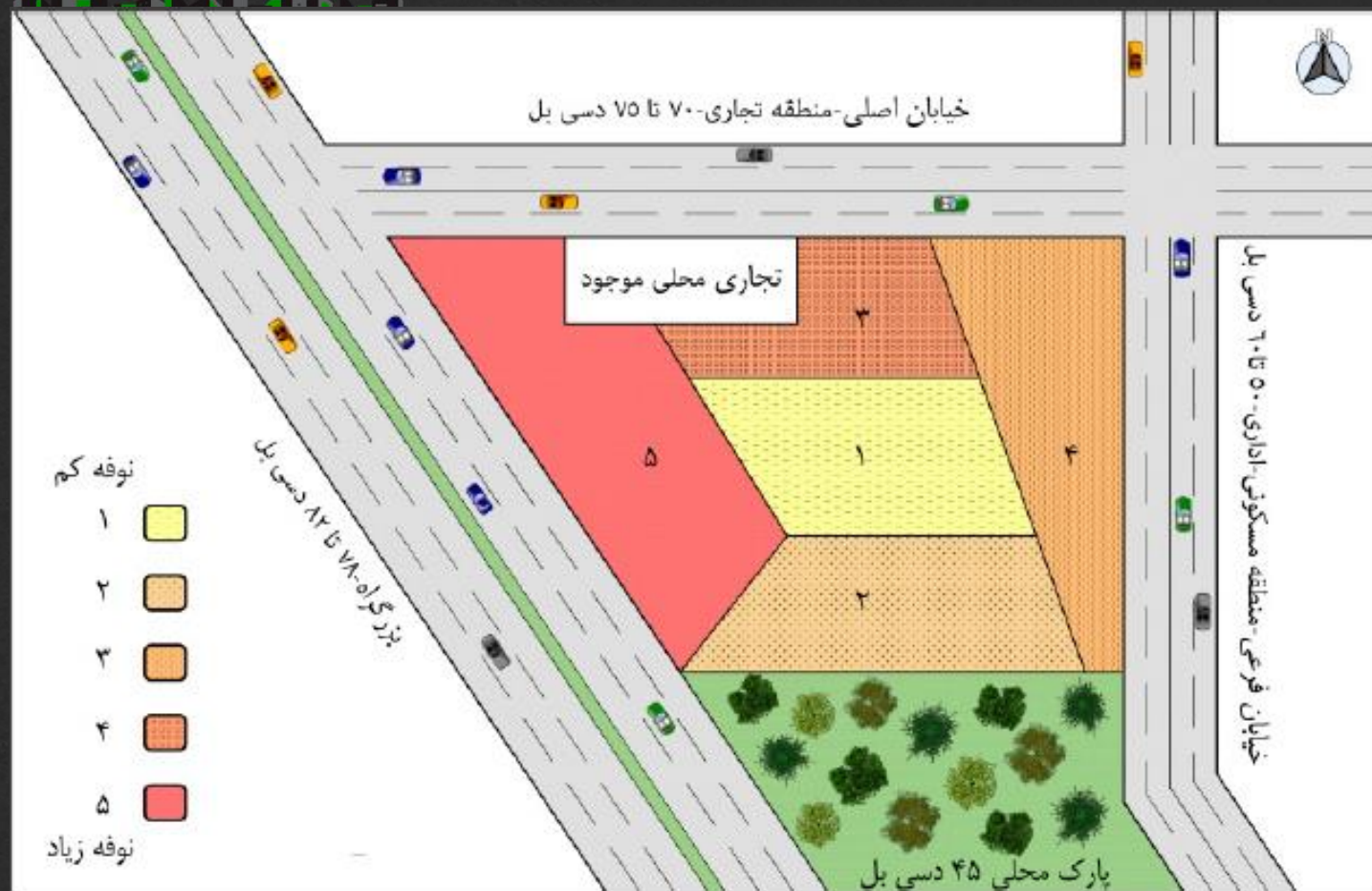


تعیین ساختار و مصالح با صدابندی مناسب



پایان همراه با آسایش صوتی

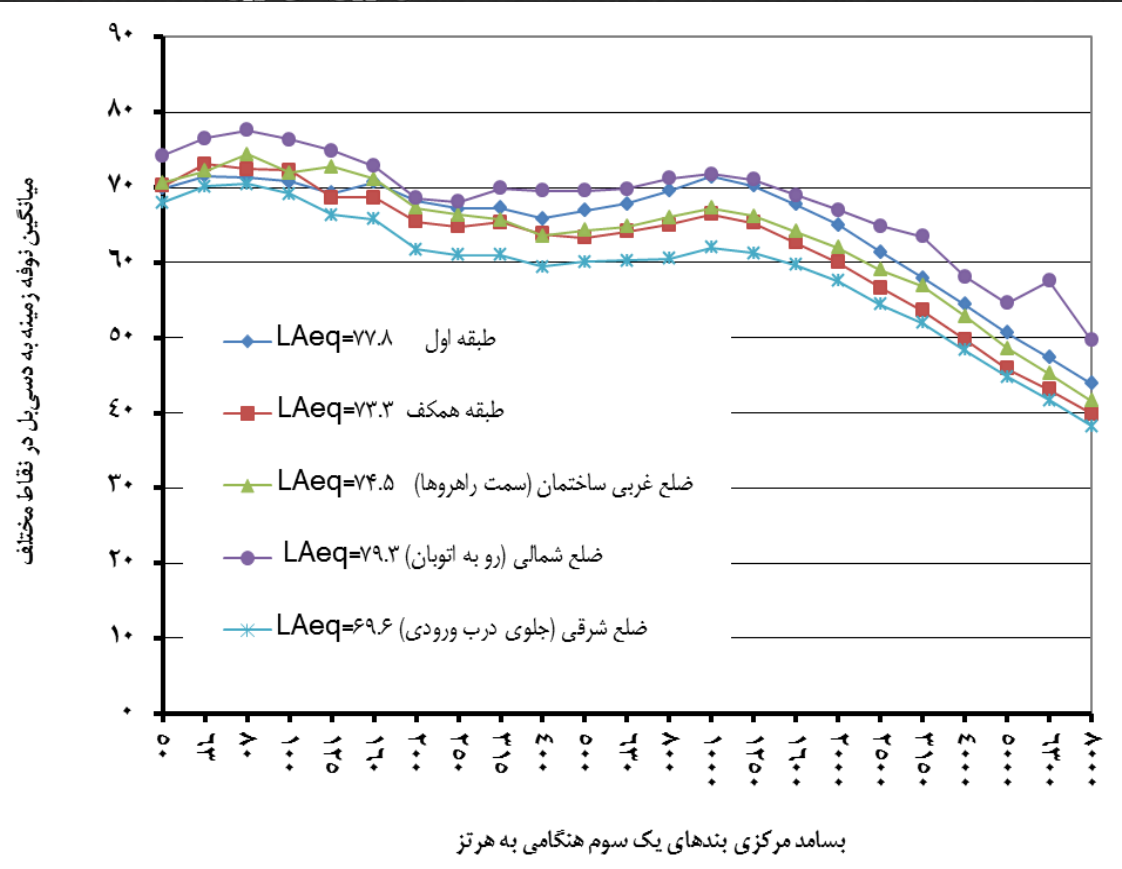
منطقه بندی آکوستیکی سایت



جدول ۱۸-۲-۱: منطقه بندی شهری از نظر تراز نوفه محیطی

نوع منطقه شهری از نظر نوفه	حداکثر تراز معادل صدا، L_{AeqT} به دسی بل		کاربری های مجاز
	از ۷ صبح تا ۱۰ شب	از ۱۰ شب تا ۷ صبح	
نوفه پایین	۵۵	۴۵	مسکونی، مراکز جهانگردی و پذیرایی، مراکز بهداشتی درمانی، مراکز فرهنگی، ورزشی، مراکز تجاری در حد محله
نوفه متوسط	۶۵	۵۵	آموزشی، اداری، باشگاه های ورزشی سرپوشیده، مختلط مسکونی - تجاری - اداری، مجتمع های تجاری، بازار، نمایشگاه
نوفه بالا	۷۵	۶۵	ترمینال ها، انبارها، پارکینگ ها، استادیوم های ورزشی روباز، میادین میوه و تره بار، صنعتی، نظامی، فرودگاه ها

هفتمین همایش ملی فن آوری های نوین صنعت ساختمان





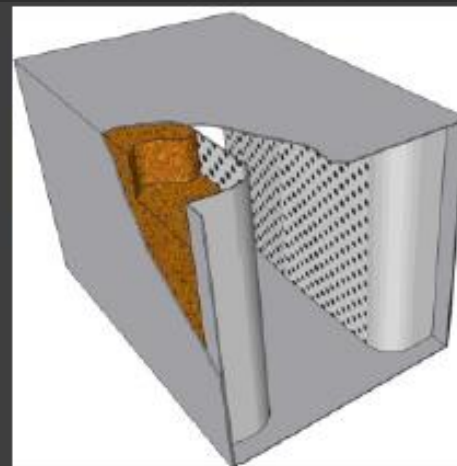
بار اقتصادی کنترل نوفه



هزینه



هزینه



هزینه



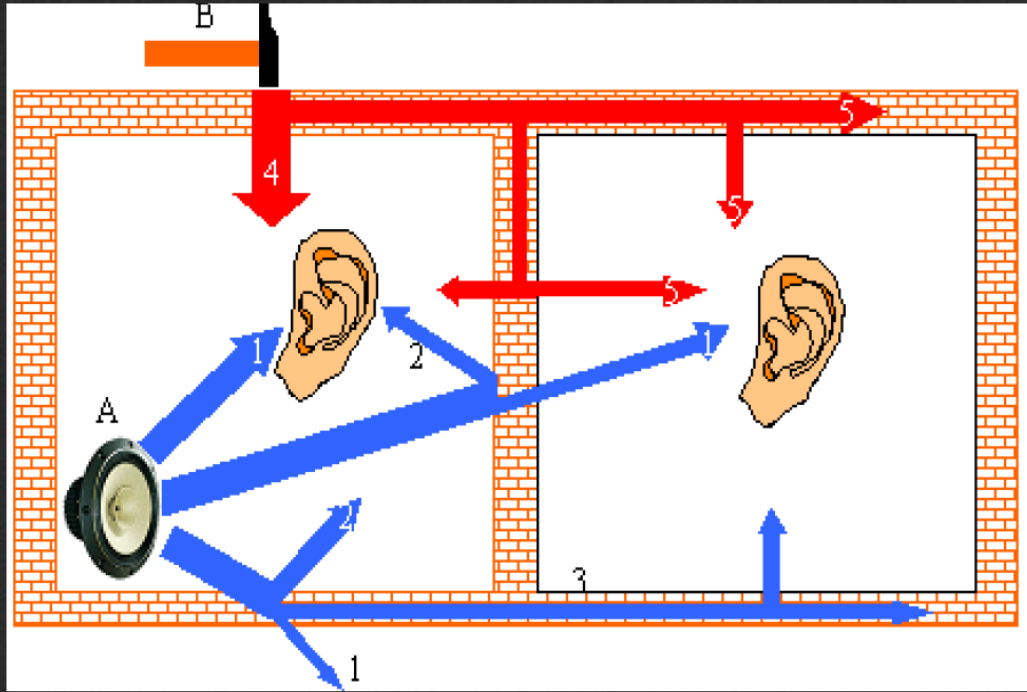
هزینه



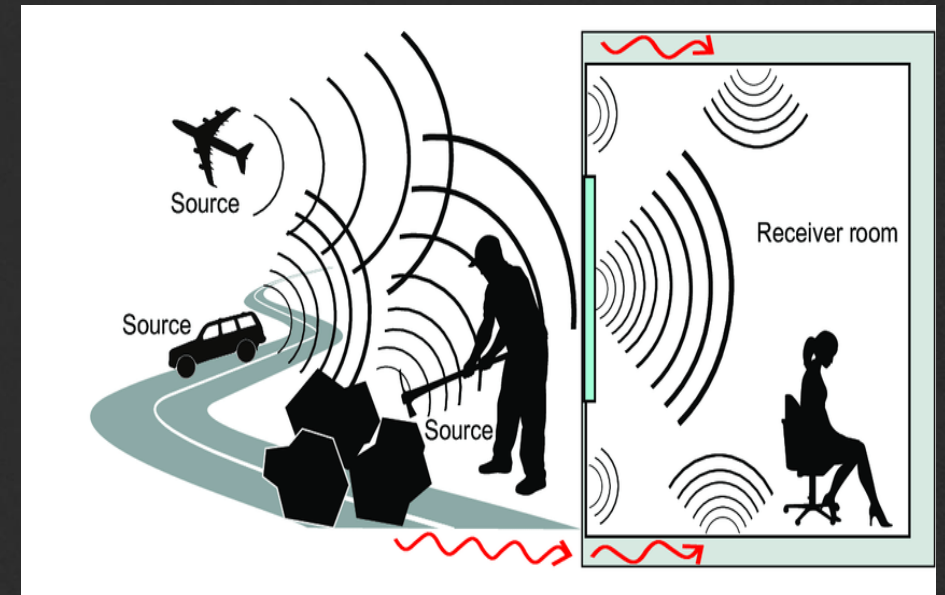
صدابندی هوابرد

راههای انتقال نوفه به ساختمان

✓ دو راه برای انتقال صدا به ساختمان وجود دارد که عبارتند از
صدای هوابرد که از طریق هوا منتشر می شود و صدای کوبه ای
(سازه برد) که از طریق مصالح به کار رفته در ساخت سازه ها و
مانند آنها منتقل می شود.

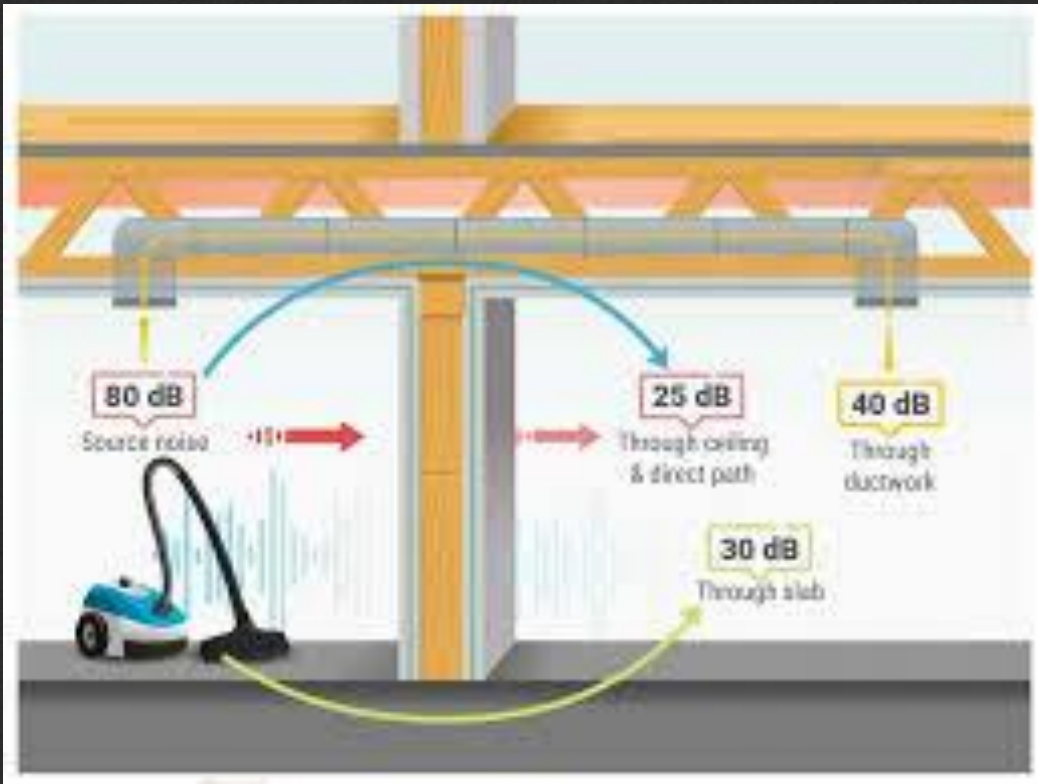


امواج صوتی هوابرد به امواج صوتی گفته می شود که محیط انتشار آن هواست.



صدابندی هوابرد

صدابندی هوابرد، جلوگیری از تراگیل صدا به فضای مجاور و یا به عبارت دیگر، کاهش انرژی صوتی تراگیل یافته به فضای مجاور است.



صدابندی جداکننده به صورت نموداری بر حسب بسامد داده می شود که به آن افت صوتی (TL) یا شاخص کاهش صدا (R) گفته می شود و برای سهولت بیشتر در آیین نامه ها با شاخص تک عددی (R_w) (شاخص کاهش صدای وزن یافته) یا STC درجه تراگیل صدا ارائه می گردد.



وضعیت شنیداری (صدایی که شنیده می شود)	درجه تراگیل صدا STC
گفتار معمولی به راحتی و با وضوح قابل درک است	۲۵
گفتار بلند به خوبی قابل درک است. گفتار معمولی شنیده می شود ولی مفهوم نیست	۳۰
گفتار بلند شنیده می شود ولی مفهوم نیست	۳۵
آستانه صدابندی مناسب	۴۰
گفتار بلند به صورت زمزمه (پچ) شنیده می شود	۴۲
گفتار بلند قابل شنیدن نیست. به طور آماری از نظر ۹۰٪ مردم صدابندی مناسبی است	۴۵
صداها بسیار بلند مانند صدای آلات موسیقی یا پخش استریو به طور ضعیف شنیده می شوند	۵۰
صدابندی بسیار خوب که در این شرایط بیشتر صداها غیر قابل شنیدن است	۶۰ به بالا





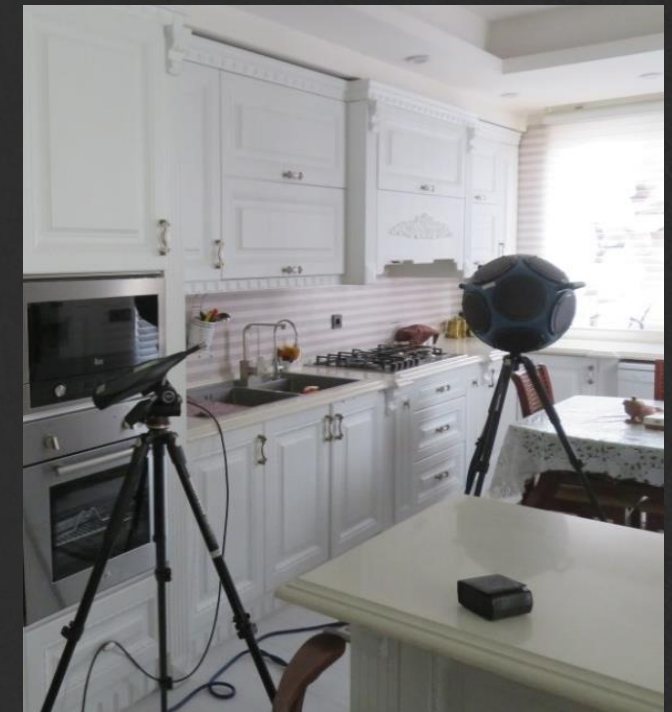
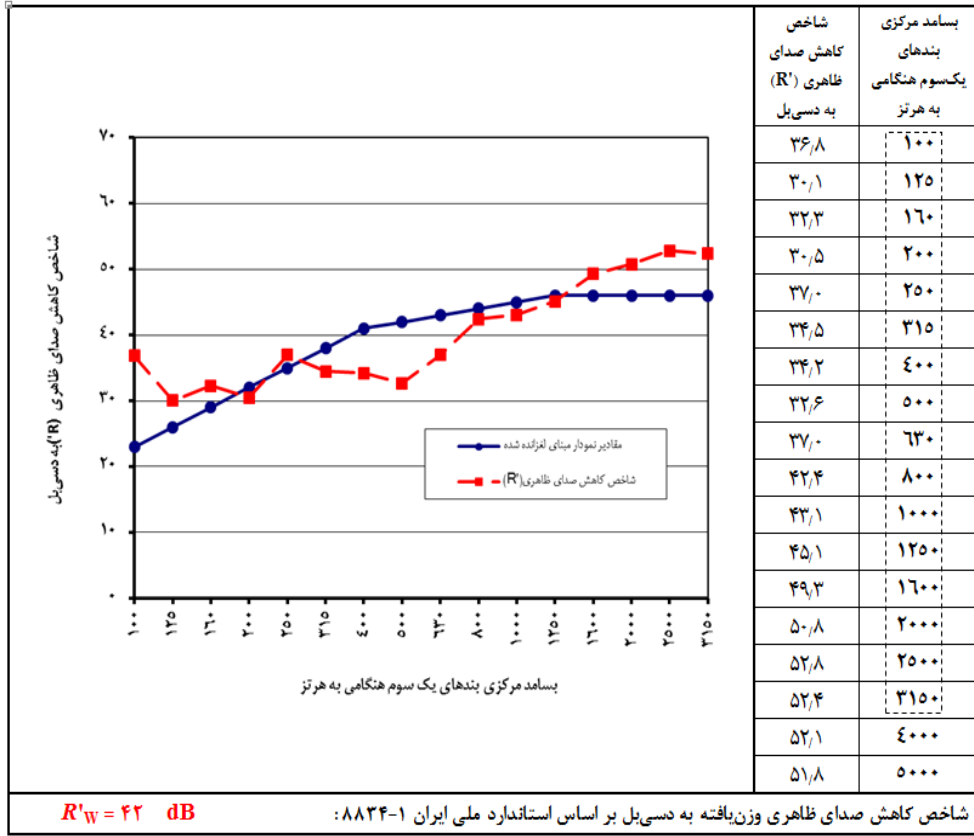
موقعیت جداکننده	نوع ساختمان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (Rw) / حداقل درجه تراگیل صدا (STC) بر حسب دسی بل
دیوار جداکننده واحد مسکونی از پارکینگ و سالن اجتماعات	مسکونی	۵۵
دیوار جداکننده کارگاه‌های سنگین از فضاهای مجاور	آموزشی	
دیوار جداکننده بین اتاق مهمان و سایر فضاها	هتل	
دیوار جداکننده بین فضاهای تأسیساتی و سایر فضاهای مجاور		
دیوار جداکننده بین آسانسور و سایر فضاهای مجاور		
دیوار جداکننده اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، جراحی از سایر فضاها	مراکز بهداشتی درمانی	
پوسته خارجی استودیوها	مراکز فرهنگی	
پوسته خارجی سالن‌های سخنرانی، تئاتر، کنسرت، اپرا و سینماها		
دیوار جداکننده استودیوها از فضاهای مجاور		
دیوار جداکننده فضاهای تأسیساتی، موتورخانه و آسانسور از سایر فضاهای مجاور	فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون	



موقعیت جداکننده	نوع ساختمان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R _w) / حداقل درجه تراکسیل صدا (STC) برحسب دسی بل
دیوار جداکننده بین دو واحد مجاور	مسکونی	۵۰
دیوار جداکننده کلاس درس نظری، آزمایشگاه، اتاق آموزش موسیقی، کارگاه‌های سبک و سمعی بصری از فضاهای مجاور	آموزشی	
دیوار جداکننده بین اتاق‌های مهمان	هتل	
دیوار جداکننده بین سالن انتظار (لابی) و سالن اجتماعات		
دیوار جداکننده بین سالن انتظار (لابی) و دفاتر اداری		
دیوار جداکننده اتاق‌های بخش بستری، مراقبت‌های ویژه، جراحی از فضاهای همانند	مراکز بهداشتی درمانی	
دیوار جداکننده بین اتاق جلسات و فضاهای مجاور	اداری / حرفه‌ای و کسبی / تجاری	
دیوار جداکننده سالن‌های سخنرانی، تئاتر، کنسرت و سینماها از فضاهای مجاور	مراکز فرهنگی	
دیوار جداکننده کتابخانه‌ها، موزه‌ها، گالری‌ها و اماکن مذهبی از فضاهای مجاور		
پوسته خارجی سالن‌های ورزشی	مراکز ورزشی و تفریحی	
پوسته خارجی مراکز تفریحی سرپوشیده		
دیوار جداکننده سالن‌های ورزشی از فضاهای مجاور		
دیوار جداکننده مراکز تفریحی سرپوشیده از فضاهای مجاور		
دیوار جداکننده سرویس بهداشتی عمومی از سایر فضاهای مجاور	فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون	

۵۰

واحد مجاور	تاریخ آزمون: ۹۸/۱۱/۰۲
حجم تقریبی اتاق دریافت: ۴۳ مترمکعب	دما: ۲۴ درجه سلسیوس
مساحت تقریبی جداکننده مورد آزمون: ۸ مترمربع	رطوبت نسبی: ۳۰٪
مشخصات جداکننده:	
دیوار به ضخامت تقریبی ۱۹ سانتیمتر ساخته شده با پانل های پیش ساخته سبک بتنی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر، پلی استایرن به ضخامت ۳ سانتیمتر و اندود گچ به ضخامت ۲ سانتیمتر در یک طرف دیوار، دوغاب سیمان به ضخامت ۳ سانتیمتر و کاشی به ضخامت ۱ سانتیمتر در طرف دیگر	



دیوار بین دو واحد مسکونی (آشپزخانه و اتاق خواب)

دما: ۴ درجه سلسیوس

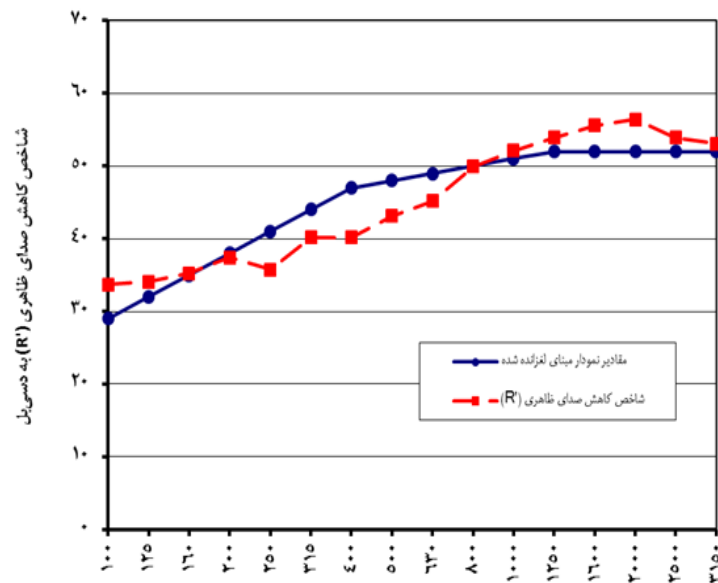
رطوبت نسبی: ۵۹٪

حجم تقریبی اتاق دریافت: ۳۵ مترمکعب

مساحت تقریبی جداکننده مورد آزمون: ۸ مترمربع

مشخصات جداکننده:

دیوار دوجداره به ضخامت تقریبی ۲۹ سانتیمتر ساخته شده با بلوکهای AAC به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر، پشم‌سنگ به ضخامت ۵ سانتیمتر (چگالی حجمی اسمی ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب) بین دو جدار، ۲ سانتیمتر اندود گچ در هر طرف دیوار



بسامد مرکزی پنجاهای یک سوم هنگامی به هرتر

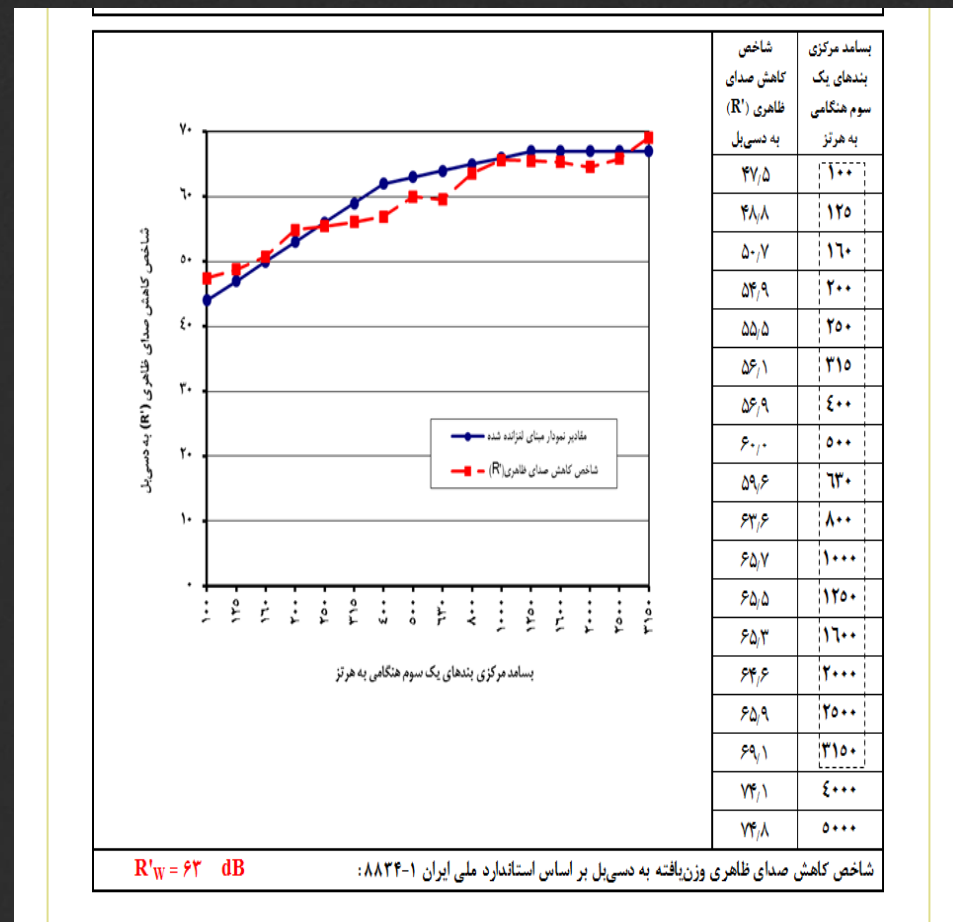
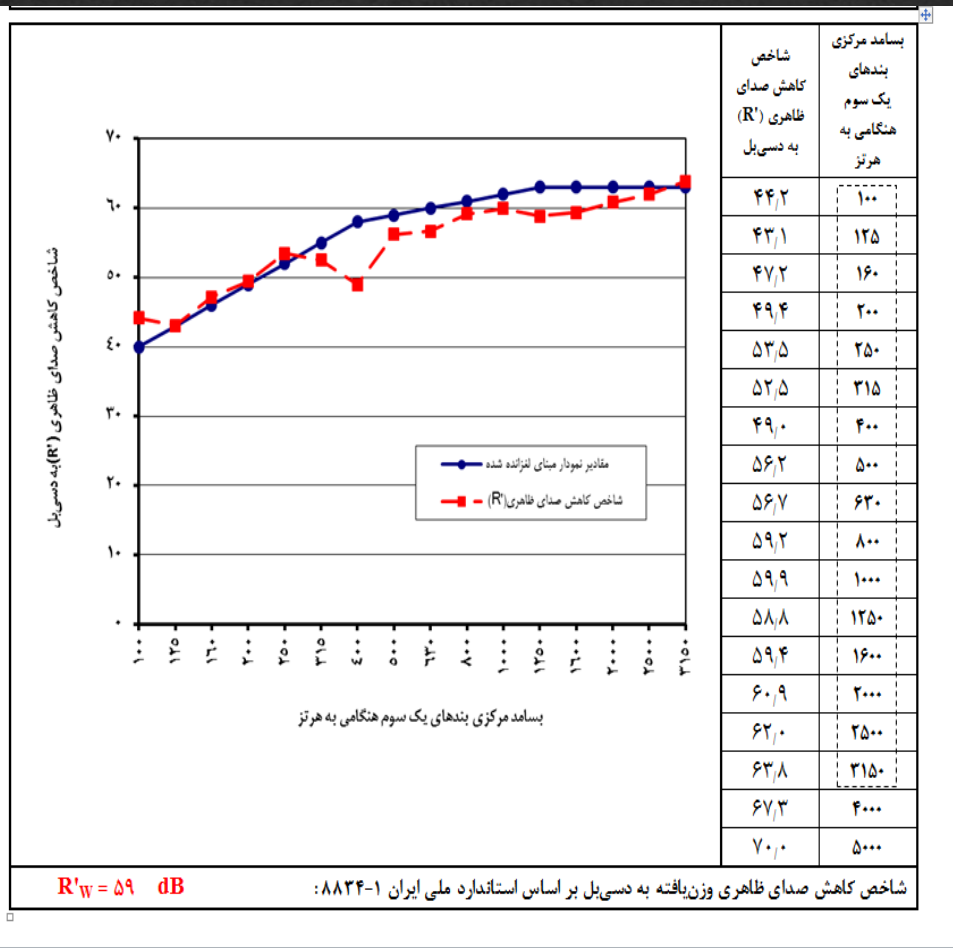
شاخص کاهش صدای ظاهری (R')	بسامد مرکزی پنجاهای یک سوم هنگامی به هرتر
۳۳٫۷	۱۰۰
۳۴٫۱	۱۲۵
۳۵٫۲	۱۶۰
۳۷٫۴	۲۰۰
۳۵٫۷	۲۵۰
۴۰٫۲	۳۱۵
۴۰٫۲	۴۰۰
۴۳٫۱	۵۰۰
۴۵٫۲	۶۳۰
۴۹٫۹	۸۰۰
۵۲٫۱	۱۰۰۰
۵۳٫۹	۱۲۵۰
۵۵٫۶	۱۶۰۰
۵۶٫۴	۲۰۰۰
۵۳٫۹	۲۵۰۰
۵۳٫۱	۳۱۵۰
۵۵٫۱	۴۰۰۰
۵۳٫۵	۵۰۰۰

$R'_w = 48 \text{ dB}$

شاخص کاهش صدای ظاهری وزن‌یافته به دسی‌بل بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۸۳۴-۱:

دیوار بین دو اتاق خواب در ساختمان مسکونی





دیوار بین دو اتاق مهمان در هتل



پوسته خارجی ساختمان

با توجه به الزامات مبحث ۱۸ م مقررات ملی ساختمان برای نمای ساختمان ها با کاربری های متفاوت و تلاش برای دستیابی به حداقل شاخص کاهش صدای تعیین شده در این مبحث، همچنان مسئله ضعف صدابندی پوسته خارجی (نما) باقی است. علت اصلی این امر **پایین بودن افت صوتی پنجره** هاست. عایق بندی صوتی پنجره، به مصالح انتخاب شده برای چارچوب و نیز ساختار و ضخامت آن، نوع شیشه کاری، نوع و ضخامت شیشه و نحوه نصب اجزا بستگی دارد. در میان قسمت های مختلف ساختمان مانند دیوار، سقف و که مانعی در برابر نوفه محسوب می شوند، پنجره ها ضعیف ترین عملکرد را در زمینه صدابندی ساختمان ها دارند. به منظور کاهش موثر ورود نوفه بیرونی به داخل یک ساختمان و متعاقبا حفظ آرامش ساکنین، توجه ویژه نسبت به ساختار پنجره ها ضروری است.



افت صوتی یک جداکننده مرکب در شرایط گوناگون

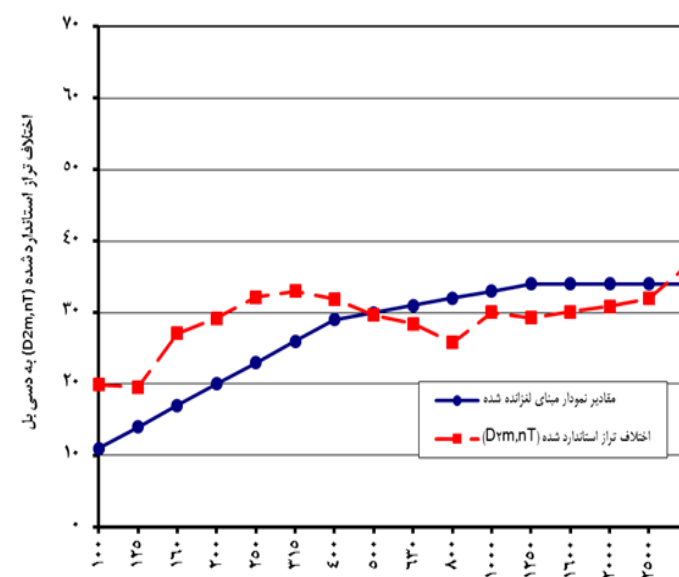
افت صوتی میانگین (دسی بل)	سطح پنجره به درصد	سطح دیوار به درصد	افت صوتی پنجره (دسی بل)	افت صوتی دیوار (دسی بل)
۲۲	۲۰	۸۰	۱۵	۵۰
۲۷	۲۰	۸۰	۲۰	۵۰
۴۱	۲۰	۸۰	۳۵	۵۰
۴۰	۳۰	۷۰	۳۵	۵۰



هفتمین فن آوری های نوین Prevalence of New Technology پیشرفت های نوین در معماری پیشرفت های نوین در معماری	موقعیت جداکننده	نوع ساختمان	حداقل شاخص کاهش صدای وزن یافته (R_w) / حداقل درجه تراکسیل صدا (STC) بر حسب دسی بل	
	پوسته خارجی	مسکونی	۴۵	
		آموزشی		
	پوسته خارجی اتاق مهمان	هتل		
				جداکننده بین اتاق مهمان و راهرو
				جداکننده فضاهای ورزشی تفریحی و سرویس های بهداشتی از راهرو
	پوسته خارجی اتاق های بخش بستری، مراقبت های ویژه، جراحی، فضاهای تشخیصی، درمانگاه های تخصصی و اورژانس	مراکز بهداشتی درمانی		
				دیوار جداکننده اورژانس، فضاهای تشخیصی و درمانگاه های تخصصی از سایر فضاها
				پوسته خارجی اتاق جلسات
	دیوار جداکننده بین اتاق های اداری، دفاتر تجاری و سایت های کامپیوتر	اداری / حرفه ای و کسبی / تجاری		
		پوسته خارجی کتابخانه ها، موزه ها، گالری ها و اماکن مذهبی		مراکز فرهنگی
	پوسته خارجی رستوران ها و کافه ها	مراکز ورزشی و تفریحی		
	پوسته خارجی سالن های انتظار در فرودگاه، راه آهن، مترو و ترمینال	مراکز ترابری		



پوسته خارجی هتل

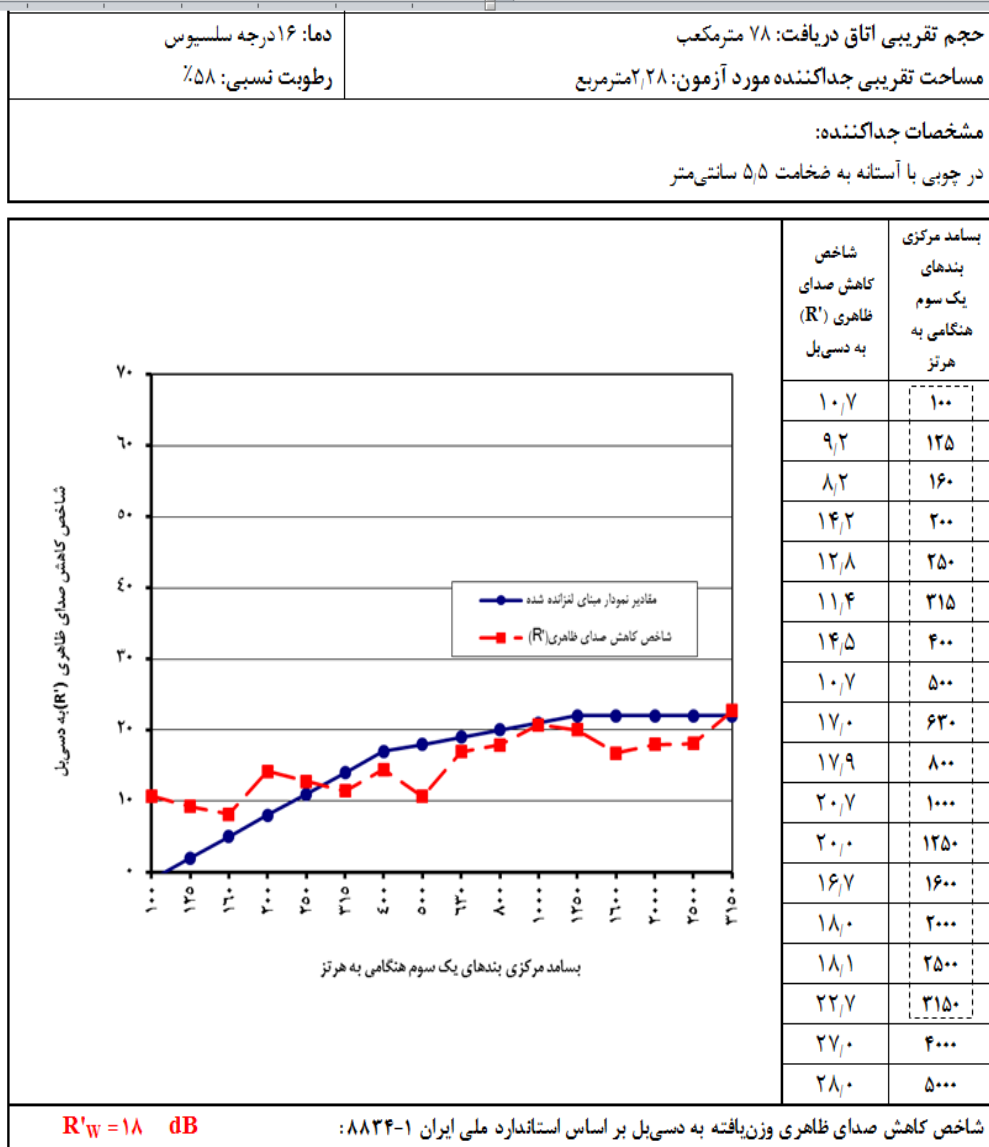


اختلاف تراز استاندارد شده (D _{2m,nT}) به دسی بل	بسامد مرکزی پنجهای یک سوم هنگامی به هرتز
۱۹٫۹	۱۰۰
۱۹٫۶	۱۲۵
۲۷٫۱	۱۶۰
۲۹٫۲	۲۰۰
۳۲٫۱	۲۵۰
۳۳٫۰	۳۱۵
۳۱٫۹	۴۰۰
۲۹٫۷	۵۰۰
۲۸٫۴	۶۳۰
۲۵٫۸	۸۰۰
۳۰٫۰	۱۰۰۰
۲۹٫۳	۱۲۵۰
۳۰٫۱	۱۶۰۰
۳۰٫۹	۲۰۰۰
۳۱٫۹	۲۵۰۰
۳۶٫۷	۳۱۵۰
۳۹٫۷	۴۰۰۰
۴۱٫۱	۵۰۰۰

$D_{2m,nT} = 30 \text{ dB}$

شاخص کاهش صدای ظاهری وزن یافته به دسی بل بر اساس استاندارد ملی ایران ۸۸۳۴-۱:

در ورودی اتاق مهمان در هتل





راههای افزایش صدابندی جداکننده در برابر صدای هوابرد

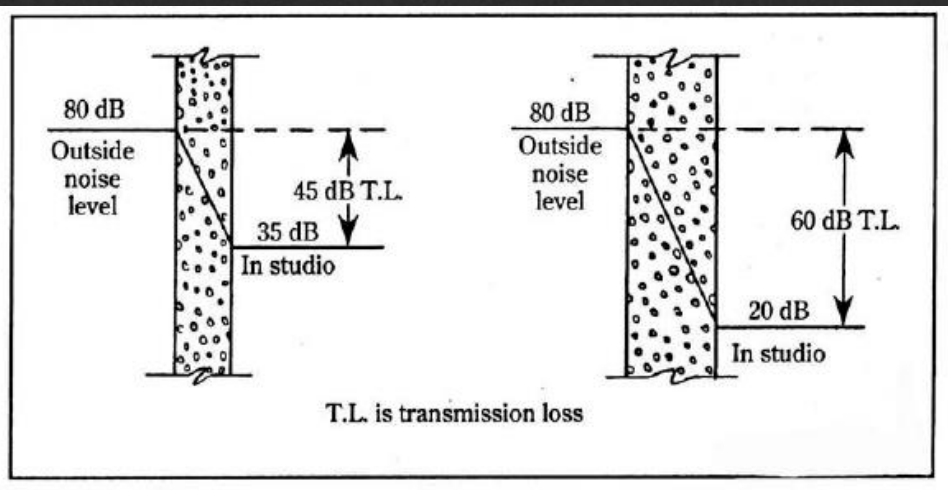
✓ سنگین کردن جداکننده (افزایش ضخامت و چگالی دیوار)

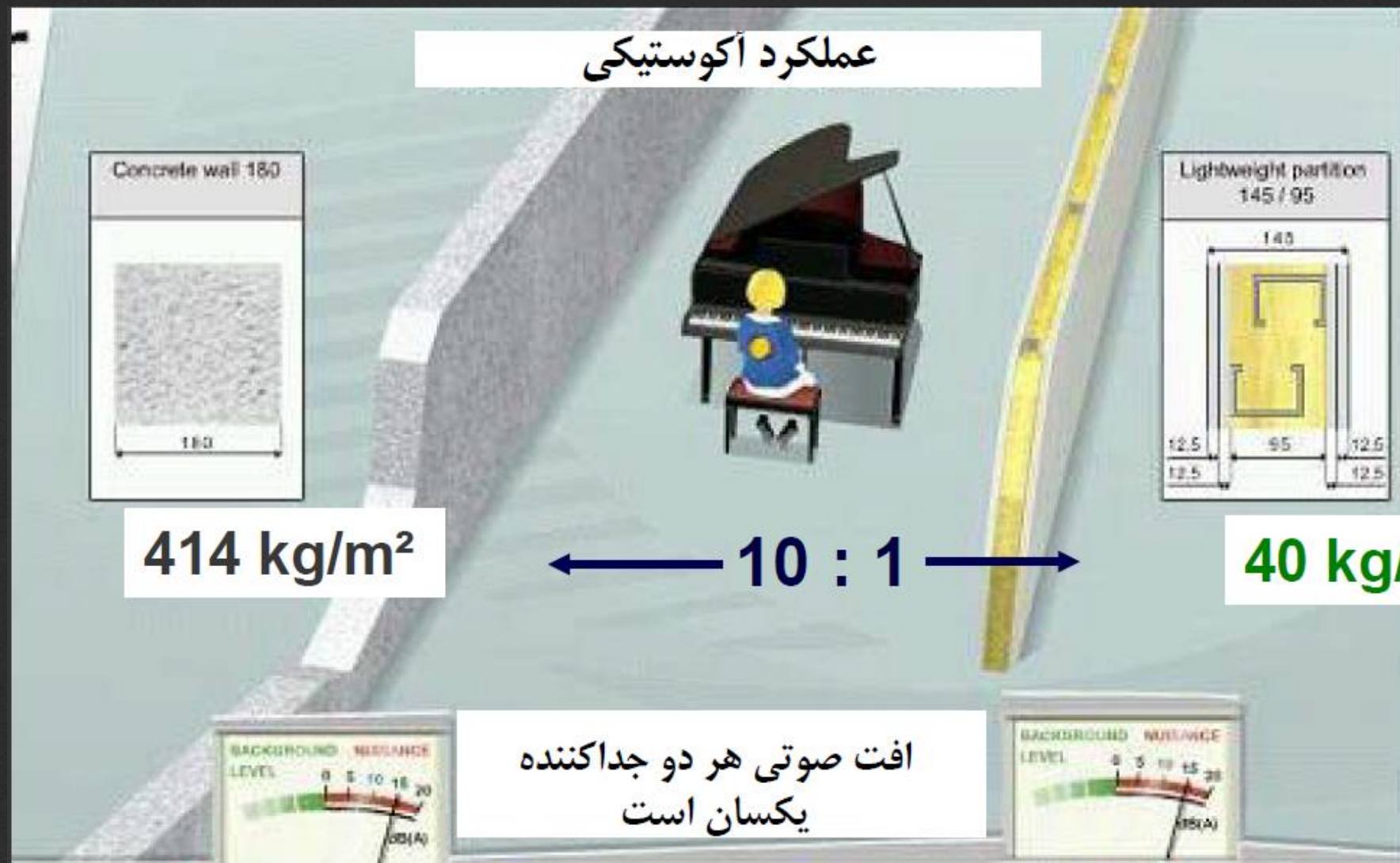
✓ تمهیدات اجرایی از قبیل بندکشی، اندودکاری

✓ دوجداره کردن دیوار

✓ انتخاب مصالح مناسب

فناوری های نوین ؟؟؟؟؟؟؟؟؟







چالش های اجرا

عدم اجرای صحیح دیوار، تعبیه سیستم های تهویه و کانال ها در دیوار، درزهای مختلف از جمله جای کلید و پریز برق، درزهای ناشی از والپست و وجود تراگیسل های جانبی باعث کاهش شدید صدا بندی هوا برد جدا کننده ها خواهد شد.

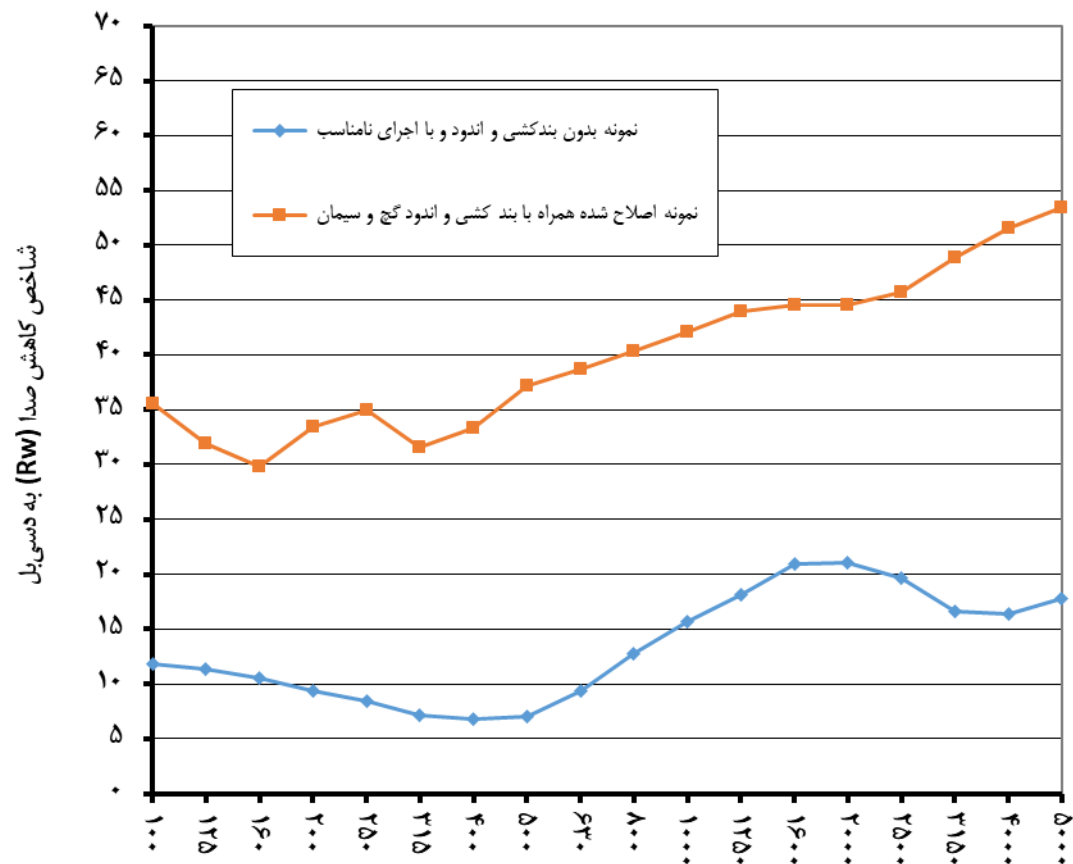
این امر هشدار می است تا سازندگان نظارت دقیقی در مراحل ساخت و اجرای سیستم ها داشته باشند که نتیجه بهینه و دلخواه حاصل گردد

چالش های اجرا



چالش های اجرا





بسامد مرکزی بندهای یک سوم هنگامی به هرتز

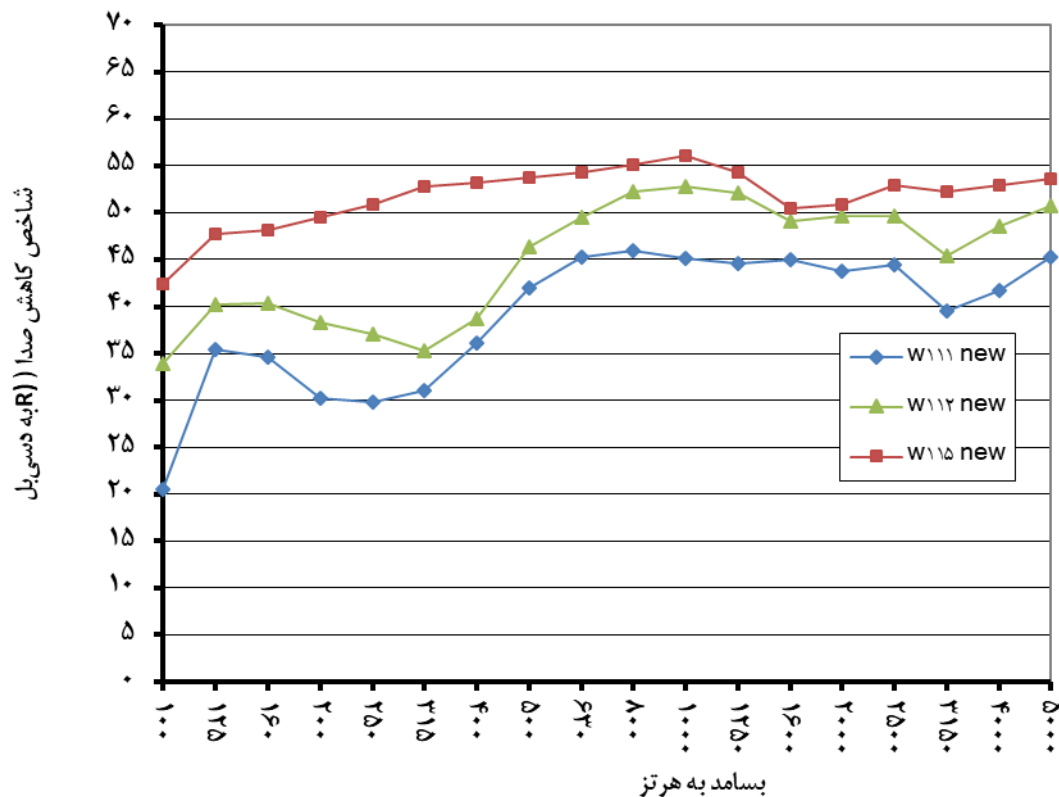
بسامد به هرتز	نمونه بدون بندکشی و اندود و با اجرای نامناسب	نمونه اصلاح شده همراه با بندکشی و اندود گچ و سیمان
100	11.8	35.6
125	11.3	31.9
160	10.5	29.8
200	9.3	33.4
250	8.4	35.0
315	7.1	31.6
400	6.8	33.4
500	7.0	37.3
630	9.3	38.8
800	12.8	40.4
1000	15.7	42.1
1250	18.1	44.0
1600	20.9	44.6
2000	21.0	44.6
2500	19.7	45.7
3150	16.6	48.9
4000	16.4	51.6
5000	17.8	53.5
R _w =	14	41

دیوار ساخته شده با بلوک‌های سیمانی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر و چگالی حجمی ۶۳۱ کیلوگرم بر مترمکعب، اندود گچ به ضخامت ۲ سانتیمتر در یک طرف و ۲ سانتیمتر اندود سیمان در طرف دیگر

drywall



drywall



w115 new:

ضخامت دیوار: ۲۵ سانتی متر ، فاصله هوایی دوبل ۱۰ سانتی متری که ۸ سانتی متر الیاف معدنی با چگالی ۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب در هر دو فاصله هوایی قرار داده شده است، دو لایه ۱.۲۵ سانتی متری تخته گچی در هر طرف دیوار

بسامد به هرتز	w112 new	w111 new	w115 new
100	33.9	20.6	42.4
125	40.3	35.5	47.7
160	40.3	34.6	48.2
200	38.3	30.2	49.5
250	37.1	29.8	50.9
315	35.3	31.1	52.7
400	38.7	36.1	53.2
500	46.3	42.0	53.8
630	49.5	45.3	54.2
800	52.2	46.0	55.2
1000	52.8	45.2	56.1
1250	52.1	44.6	54.3
1600	49.2	45.1	50.5
2000	49.6	43.8	50.9
2500	49.7	44.4	53.0
3150	45.4	39.6	52.2
4000	48.5	41.8	52.9
5000	50.7	45.2	53.6
R _w =	47	41	54
C	-1	-1	-1
C _{tr}	-3	-5	-2

w111 new:

ضخامت دیوار: ۱۲.۵ سانتی متر ، ۱۰ سانتی متر فاصله هوایی که ۸ سانتی متر الیاف معدنی در آن قرار داده شده است، یک لایه ۱.۲۵ سانتی متری تخته گچی در هر طرف دیوار

w112 new:

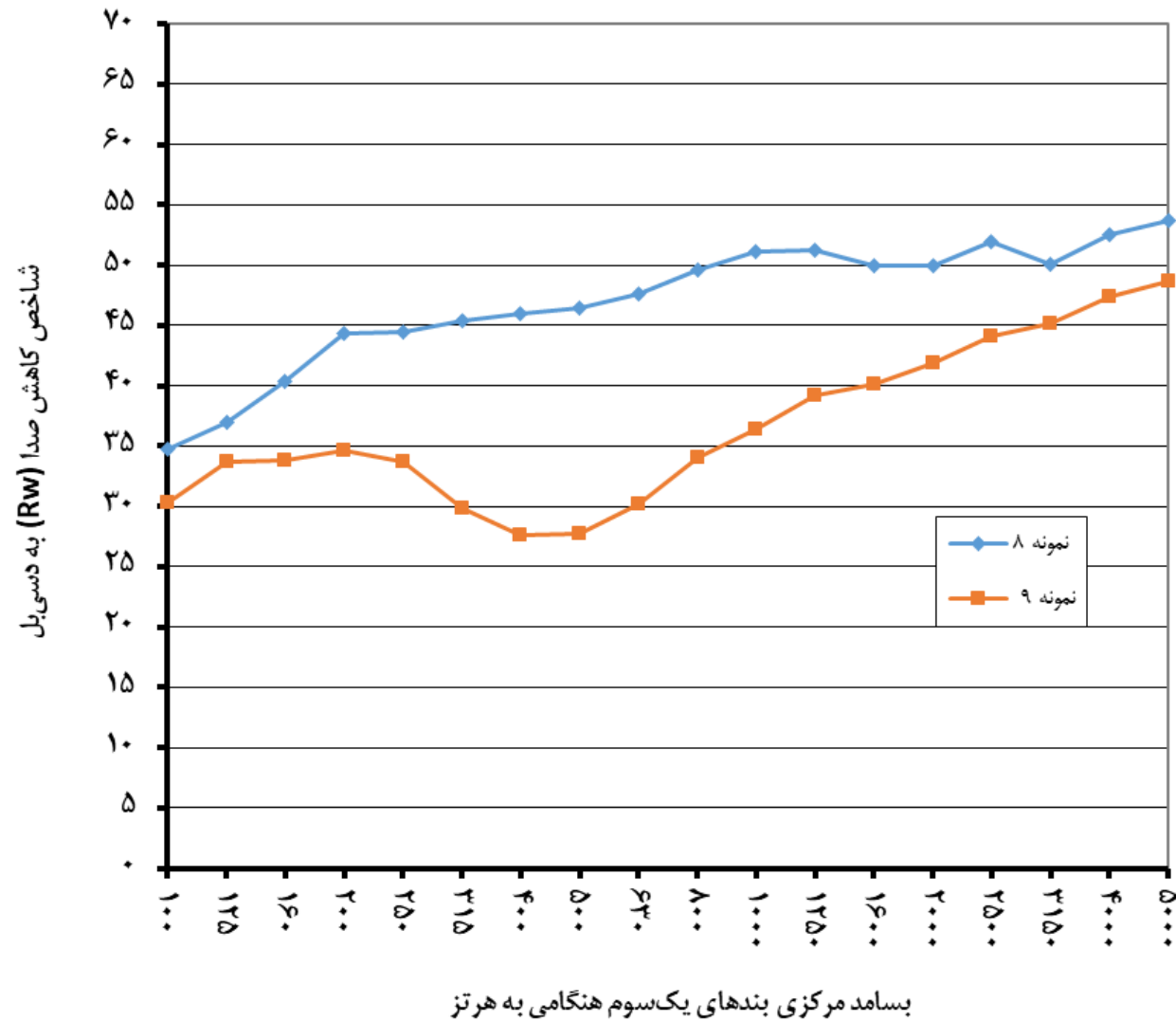
ضخامت دیوار: ۱۵ سانتی متر ، ۱۰ سانتی متر فاصله هوایی که ۸ سانتی متر الیاف معدنی در آن قرار داده شده است، دو لایه ۱.۲۵ سانتی متری تخته گچی در هر طرف دیوار

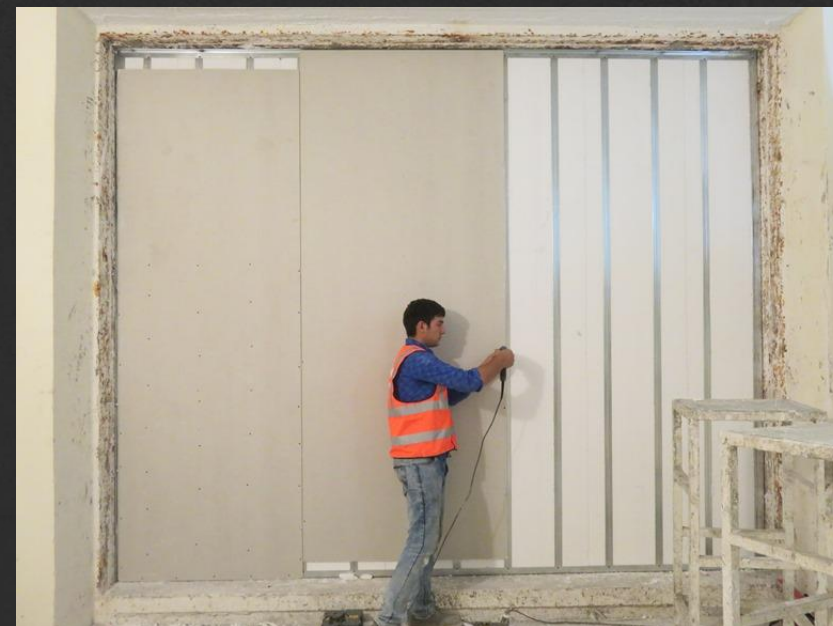
پانل کامپوزیتی

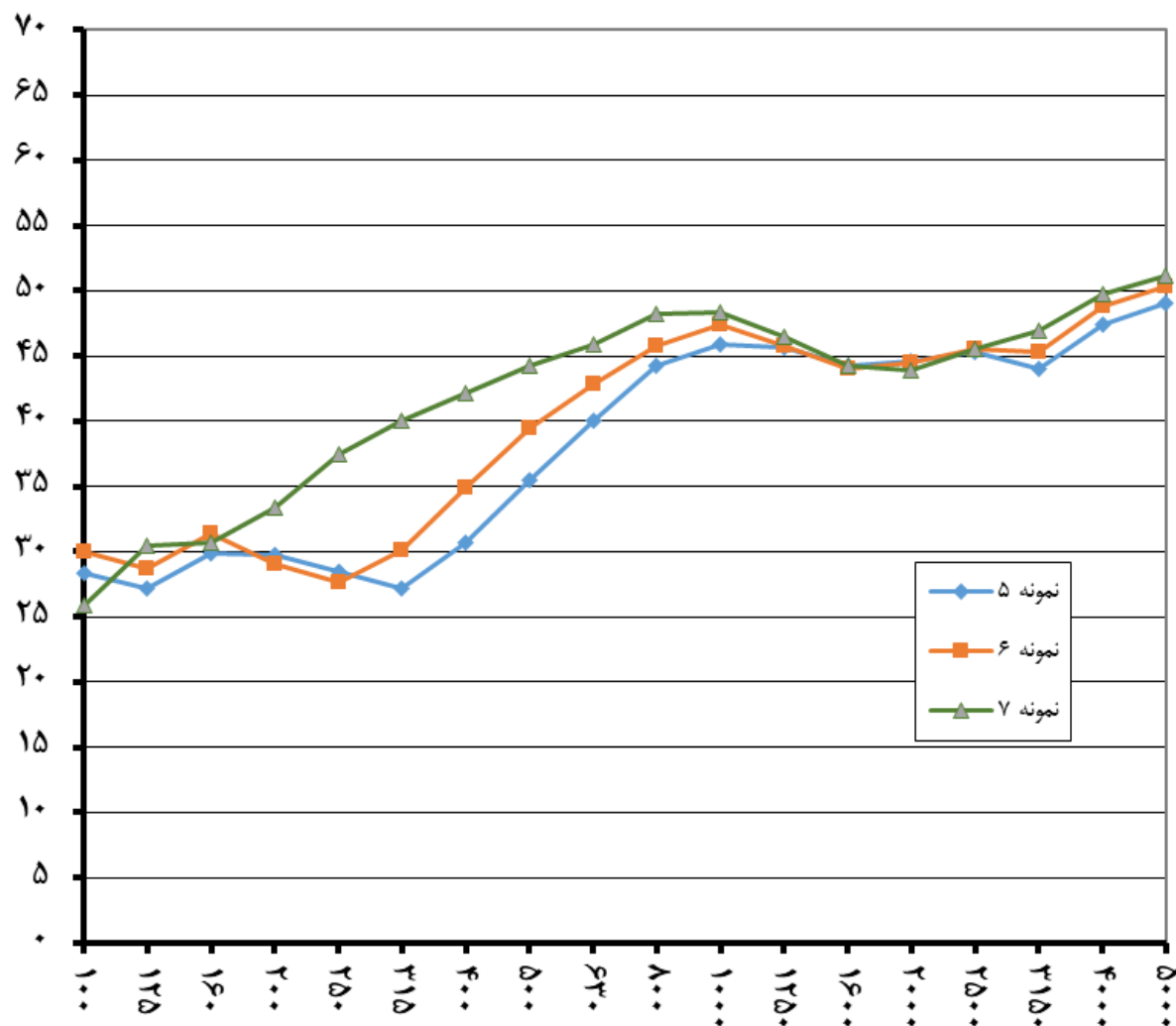


پانل کامپوزیتی

نمونه ۹	نمونه ۸	بسامد به هرتز
30.4	34.8	100
33.8	37.0	125
33.8	40.4	160
34.6	44.4	200
33.7	44.5	250
29.9	45.4	315
27.7	46.0	400
27.8	46.5	500
30.2	47.6	630
34.1	49.6	800
36.4	51.1	1000
39.2	51.2	1250
40.1	50.0	1600
41.9	50.0	2000
44.1	51.9	2500
45.2	50.1	3150
47.4	52.5	4000
48.7	53.7	5000
36	50	R_w=



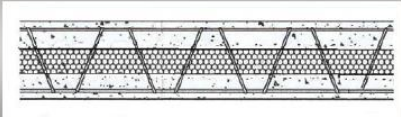
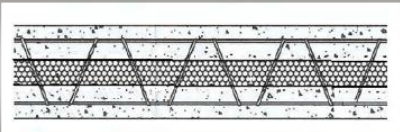
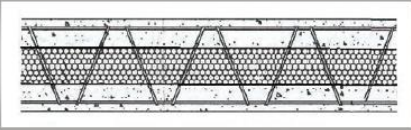




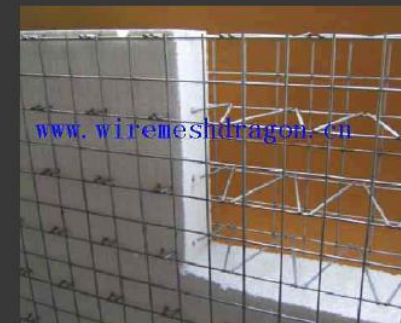
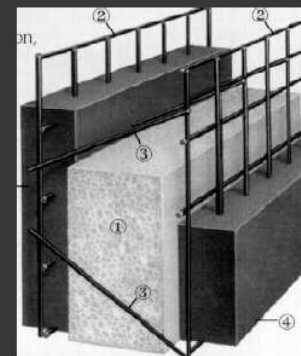
بسامد مرکزی بندهای یک سوم هنگامی به هرتز

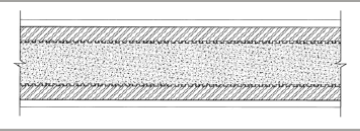
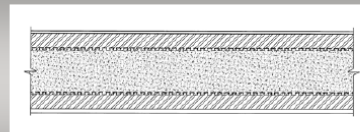
بسامد به هرتز	نمونه ۵	نمونه ۶	نمونه ۷
100	28.4	30.0	25.9
125	27.2	28.7	30.4
160	29.9	31.4	30.7
200	29.7	29.1	33.4
250	28.5	27.7	37.5
315	27.2	30.1	40.0
400	30.7	34.9	42.2
500	35.5	39.5	44.3
630	40.1	42.8	45.9
800	44.3	45.8	48.2
1000	45.9	47.4	48.3
1250	45.6	45.8	46.5
1600	44.3	44.0	44.2
2000	44.6	44.5	43.9
2500	45.3	45.5	45.5
3150	44.0	45.3	47.0
4000	47.4	48.8	49.8
5000	49.1	50.3	51.1
$R_w =$	40	42	45
C	-2	-2	-1
C_{tr}	-5	-5	-5

مقادیر صدابندی هوابرد تعدادی از دیوارهای 3D

STC یا R_w (dB)	جزئیات اجرایی	ضخامت کلی (cm)	ساختار دیوار
۴۶		۱۲	دیوار با ساندویچ پانل 3D: - پلی استایرن به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط - بتن با رویه لیسهای به ضخامت ۴ سانتیمتر در دو طرف
۴۷		۱۵	دیوار با ساندویچ پانل 3D: - پلی استایرن به ضخامت ۴ سانتیمتر در وسط - بتن با رویه لیسهای به ضخامت ۵/۵ سانتیمتر در دو طرف
۴۳		۱۴	دیوار با ساندویچ پانل 3D: - پلی استایرن به ضخامت ۶ سانتیمتر در وسط - بتن - با رویه لیسهای به ضخامت ۴ سانتیمتر در دو طرف

دیوار ساخته شده با سیستم 3D



STC یا R_w (dB)	جزئیات اجرایی	ضخامت کلی (cm)	ساختار دیوار
۴۵		۲۹	دیوار با ساختار قالب عایق ماندگار بتنی (ICF): بلوک‌های ۲۵ سانتیمتری پلی استایرن انبساطی (EPS)، پر شده با بتن مسلح، دو رو اندود با گچ و خاک و گچ پرداختی به ضخامت ۲ سانتیمتر
۴۸		۲۷/۵	دیوار با ساختار قالب عایق ماندگار بتنی (ICF): پانل‌های تخت ۲۵ سانتیمتری پلی استایرن که به وسیله بست‌های پلاستیکی به یکدیگر متصل شده‌اند پر شده با بتن مسلح به ضخامت ۱۵ سانتیمتر، یک لایه تخته گچی به ضخامت ۱/۲۵ سانتیمتر در هر طرف دیوار

دیوار ساخته شده با سیستم ICF

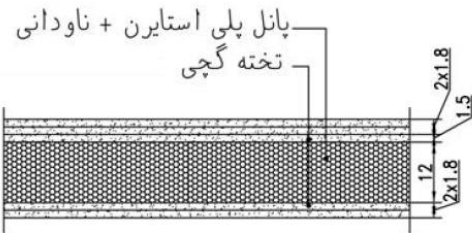


مقادیر صدابندی هوابرد دیوار پارتیشن با سیستم ICF پانلی

نوع جداکننده

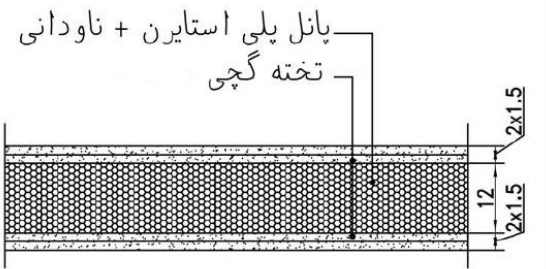
دیوار با پانل پلی استایرن ۱۲ سانتی با ناودانی از ورق ۶/۱ میلیتری یک طرف دو تخته گچی به ضخامت ۱/۸ سانتی متر و یک تخته گچی به ضخامت ۱/۵ ، طرف دیگر دو تخته گچی به ضخامت ۱/۸ سانتی متر (به ضخامت نهایی ۲۰/۷ سانتی متر)

دیوار با پانل پلی استایرن ۱۲ سانتی با ناودانی از ورق ۶/۱ میلیتری یک طرف دو تخته گچی به ضخامت ۱/۵ سانتی متر، طرف دیگر ت دو تخته گچی به ضخامت ۱/۵ سانتی متر (به ضخامت نهایی ۱۸ سانتی متر)



kg/m^2 چگالی سطحی = ۵۹

$R_w = ۵۰$ dB



kg/m^2 چگالی سطحی = ۵۰

$R_w = ۴۷$ dB

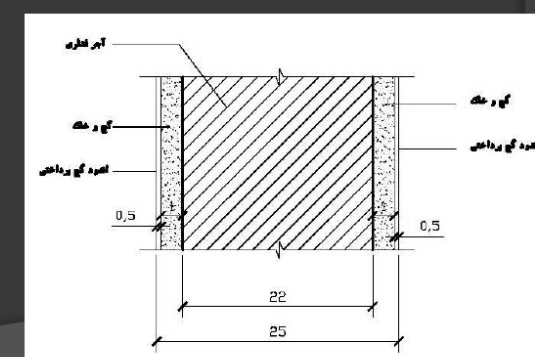
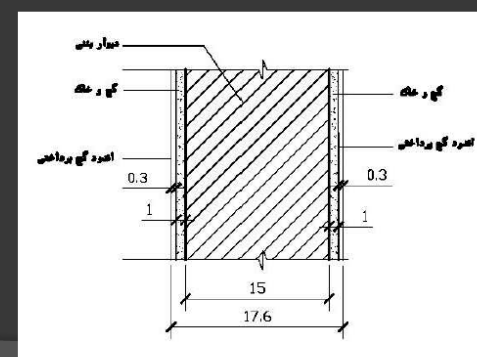
• دیوار پارتیشن با سیستم ICF پانلی





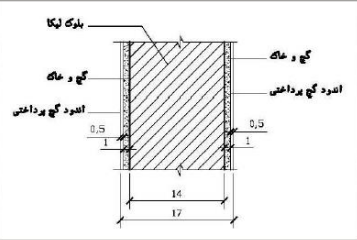
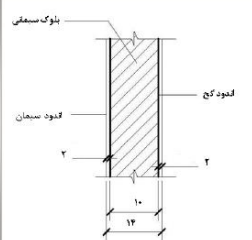
مقادیر شاخص کاهش صدای وزن یافته (RW) برای دو دیوار سنگین یک جداره

نوع جدا کننده	ضخامت (cm)	چگالی سطحی (kg/m^2)	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل
دیوار بتنی دو طرف اندود شده	۱۷/۶	۳۸۷	۵۳
دیوار آجری فشاری دو طرف اندود شده	۲۵	۳۶۵	۵۱



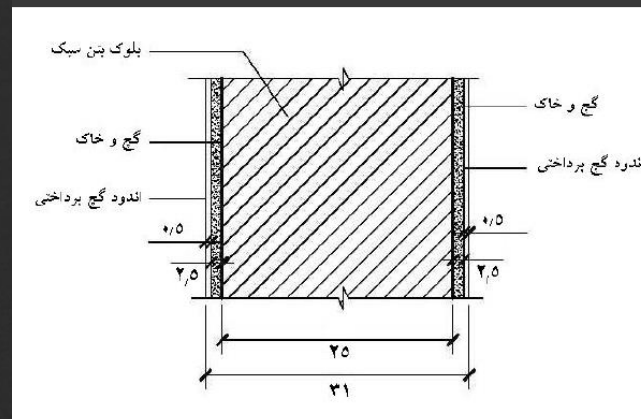
مقادیر صدابندی هوابرد دیوارهای سبک ساخته شده با بلوک‌های بتن سبک حفره‌دار

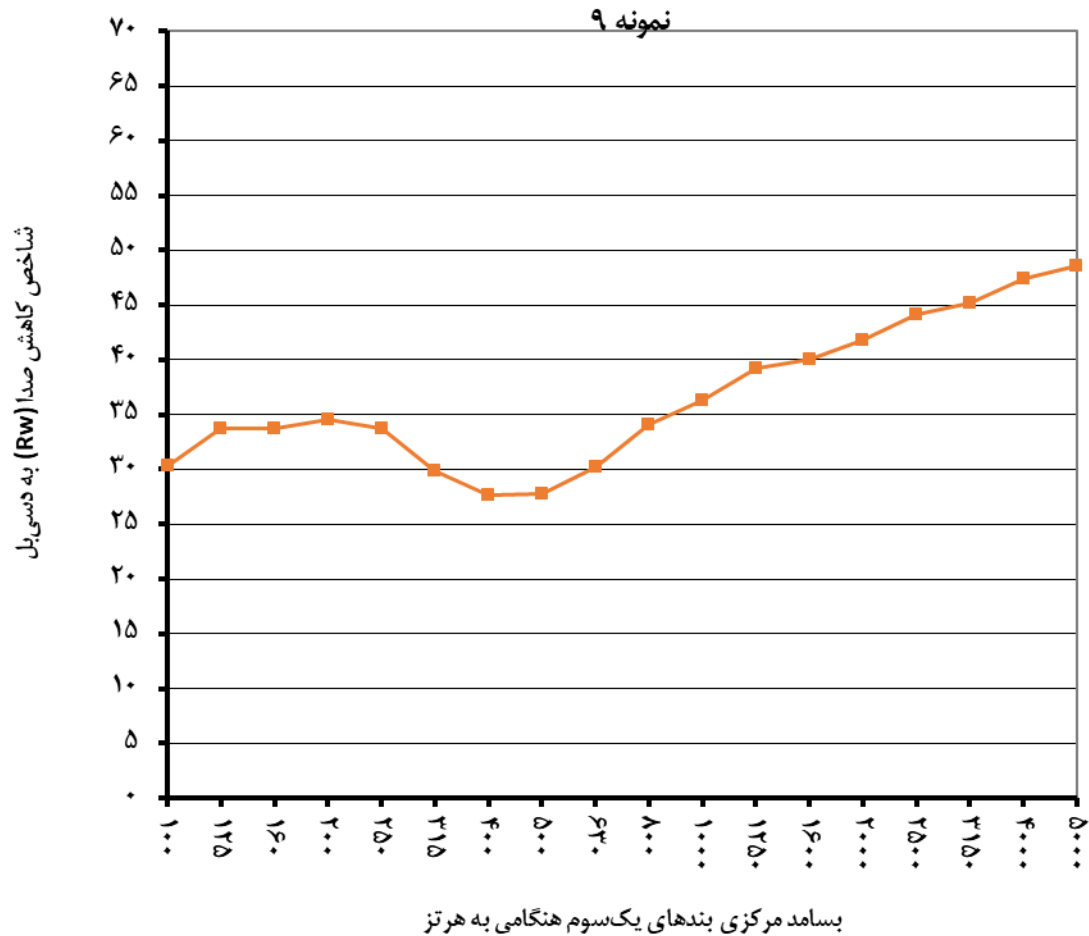
نوع جداکننده

دیوار با بلوک بتن سبک سوراخ‌دار به ابعاد $50 \times 20 \times 14$ به چگالی ۵۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب با $1/5$ سانتیمتر اندود در هر طرف (به ضخامت نهایی ۱۷ سانتیمتر)	دیوار با بلوک سیمانی سوراخ‌دار به ابعاد $40 \times 20 \times 10$ به چگالی ۵۷۷ کیلوگرم بر مترمکعب، یک طرف اندود سیمان به ضخامت ۲ سانتی‌متر، طرف دیگر اندود گچ به ضخامت ۲ سانتی‌متر (به ضخامت نهایی ۱۴ سانتیمتر)
	
	
چگالی سطحی = 138 kg/m^2	چگالی سطحی = 126 kg/m^2
$R_w = 46 \text{ dB}$	$R_w = 41 \text{ dB}$

مقادیر صدابندی هوابرد دیوارهای سبک ساخته شده با بلوک‌های بتن سبک

شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی بل	چگالی سطحی (kg/m^2)	ضخامت (cm)	نوع جداکننده
۵۲	۲۵۷	۳۱	دیوار با بلوک توپر از بتن سبک به ابعاد $60 \times 25 \times 25$ به چگالی ۶۵۵ کیلوگرم بر مترمکعب با ۳ سانتیمتر اندود در هر طرف





30.4
33.8
33.8
34.6
33.7
29.9
27.7
27.8
30.2
34.1
36.4
39.2
40.1
41.9
44.1
45.2
47.4
48.7
36

دیوار ساخته شده با بلوک‌های گچی پیش
ساخته به ضخامت 8 سانتیمتر با بندکشی و
بدون اندود چگالی حجمی تقریبی
795 کیلوگرم بر متر مکعب چگالی دیوار
64 کیلوگرم بر متر مربع

مقادیر صدابندی دیوارهای ساخته شده با بلوک‌های گچی

نوع بلوک گچی	چگالی سطحی (kg/m ²)	شاخص کاهش صدای وزن یافته به دسی‌بل
۷ سانتیمتری بدون حفره	۵۷	۳۵
۸ سانتیمتری بدون حفره	۶۳	۳۶
۸ سانتیمتری بدون حفره	۷۸	۳۸
حفره‌دار ۱۲ سانتیمتری	۸۹	۳۹

دیوار ساخته شده با بلوک‌های گچی در آزمایشگاه





شماره همراه:

۰۹۱۲۰۶۴۸۱۵۸

سیاسی از توجه شما

آدرس ایمیل:

S.AminiNasab@bhrc.ac.ir

Amininasab.bhrc@gmail.com