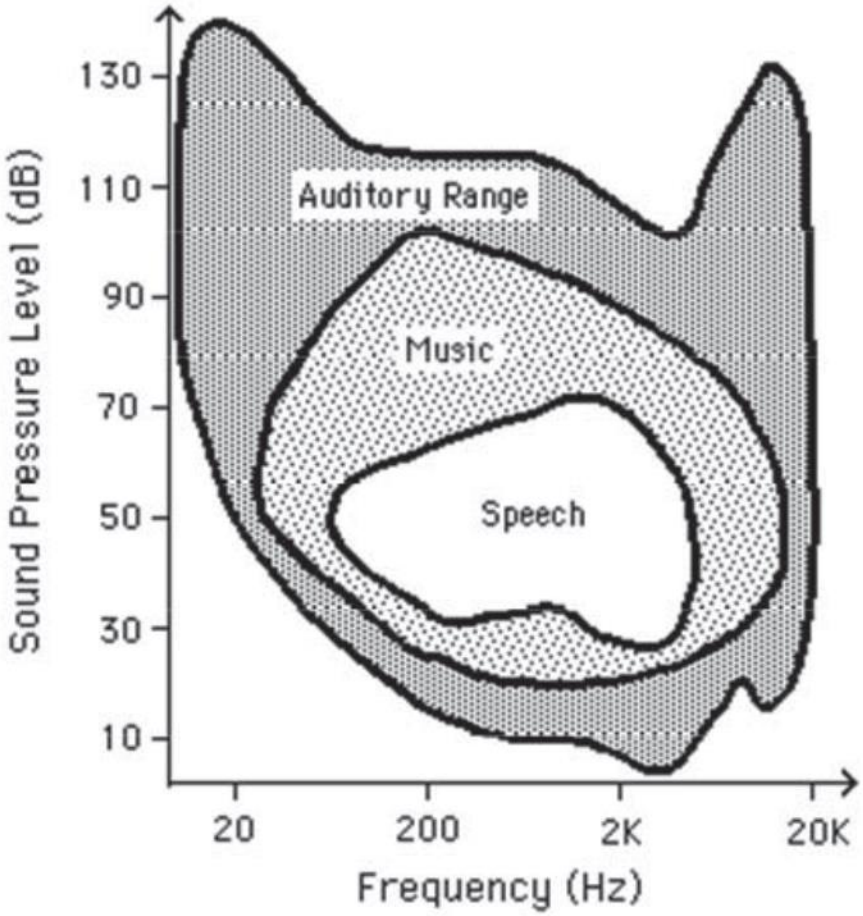
المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء

معهد بحوث فيزيقيا المنشآت والعوامل البيئية المحيطة

العزل الصوتى للواجهات

الموجات الصوتية

- عند الحديث عن الموجات الصوتية يجب اعتبار مقياسين هما
- الترددات بالهيرتز
- والضغط الناتج عن هذه الموجة ويقاس بشدة او قدرة الصوت
- ويقاس بالنيوتن/المتر المربع
- الانسان يسمع فى مدى الترددات من 20 الى 20 كيلو هرتز



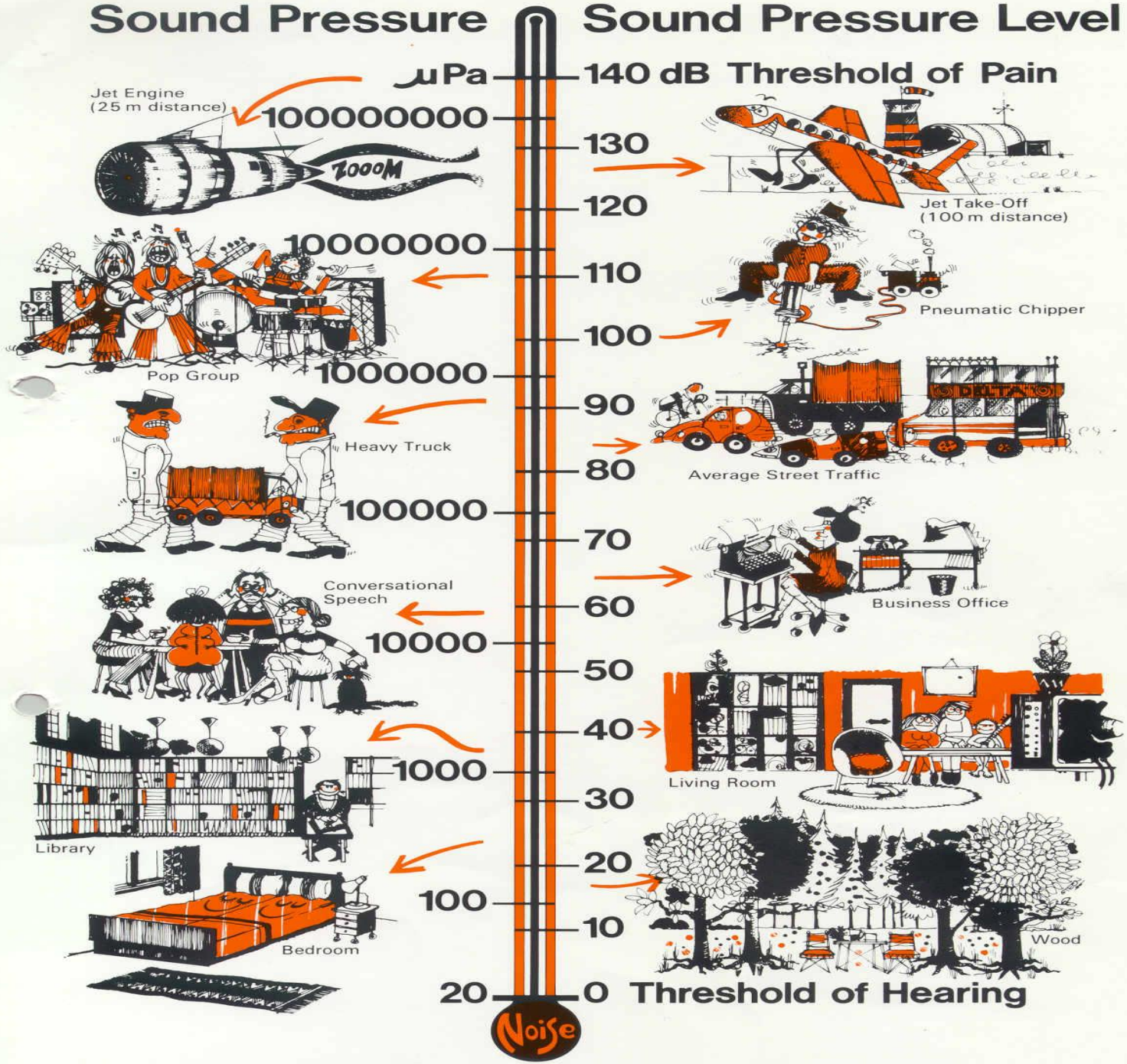
ضغط الصوت

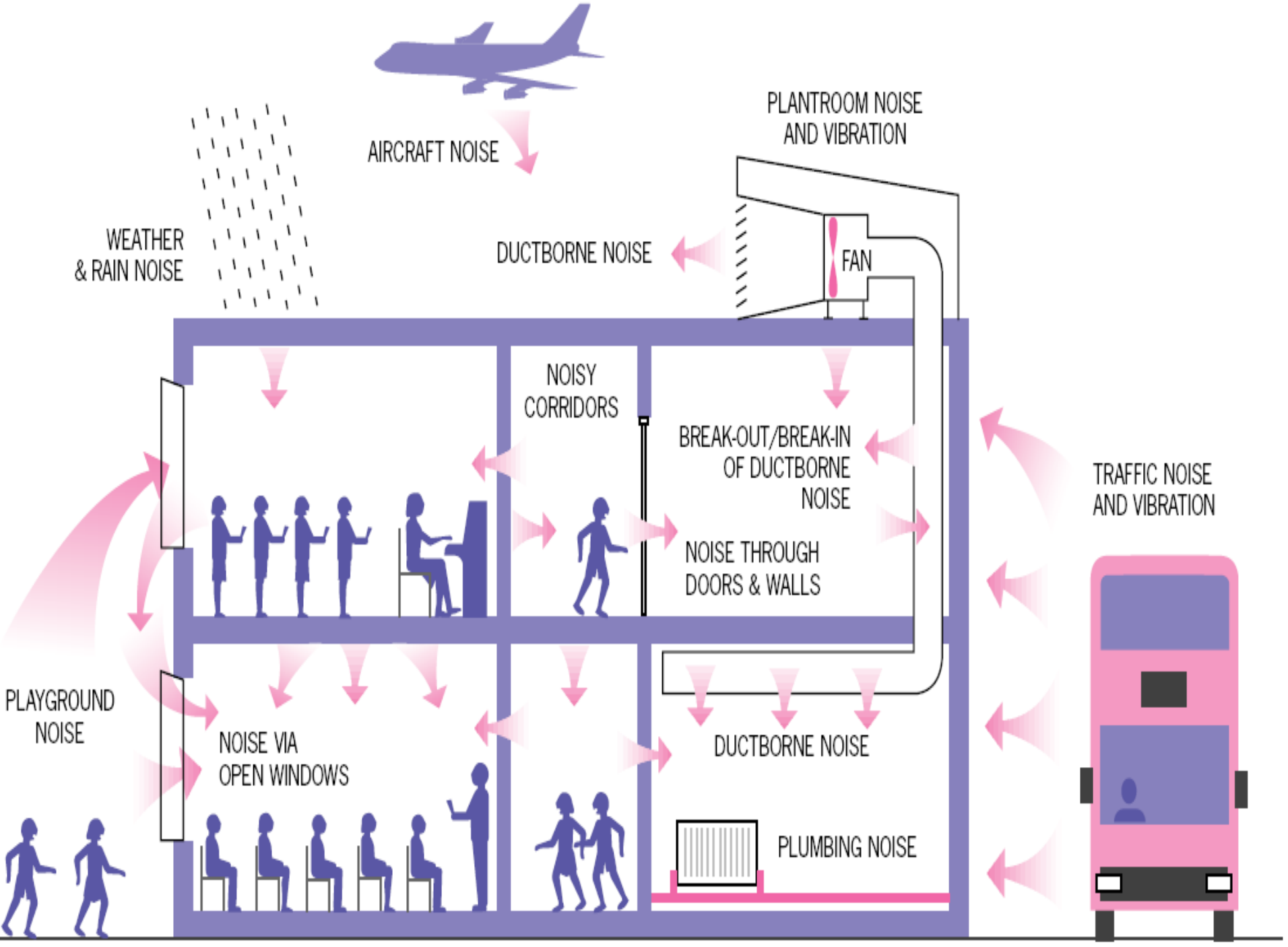
- ان التضاغط والتخللخل الناتج عن الطاقة الصوتية يسبب تغيرا فى الضغط الجوي
- التضاغط يزبد من الضغط الجوى
- التلخلخل يقلل من الضغط الجوى
- هذه الزيادة او النقصان تكون صغيرة جدا
- ينسب ضغط الصوت الى الضغط المرجعى
- وحدة قياس الصوت هى الديسبل (dB)

$$L_P = 20\log\frac{p(t)}{p_{ref}} \text{ dB}$$

$$SPL = 20\log\frac{p}{p_{ref}} \text{ dB}$$

$$p_{ref} = 2\text{X } 10^{-5} \text{ N/m}^2 = 20\mu \text{ pa}$$


Sound Pressure
μPa
Jet Engine
(25 m distance)
100000000
ZOOOM
10000000
Pop Group
1000000
Heavy Truck
100000
Conversational
Speech
10000
1000
Library
100
Bedroom
20
Sound Pressure Level
140 dB Threshold of Pain
130
Jet Take-Off
(100 m distance)
120
110
Pneumatic Chipper
100
90
80
Average Street Traffic
70
60
Business Office
50
40
Living Room
30
20
Wood
10
0 Threshold of Hearing
Noise


AIRCRAFT NOISE
PLANTROOM NOISE AND VIBRATION
WEATHER & RAIN NOISE
DUCTBORNE NOISE
FAN
NOISY CORRIDORS
BREAK-OUT/BREAK-IN OF DUCTBORNE NOISE
NOISE THROUGH DOORS & WALLS
TRAFFIC NOISE AND VIBRATION
PLAYGROUND NOISE
NOISE VIA OPEN WINDOWS
DUCTBORNE NOISE
PLUMBING NOISE

مصادر الضوضاء الخارجية

- الضوضاء الصادرة من المعدات والماكينات الخارجية
  ضوضاء المركبات
- ضوضاء الطائرات
- ضوضاء السكك الحديدية
- ضوضاء الانشاءات

التأثير السلبى للضوضاء

- التداخل مع الاتصالات
- ضعف السمع الناجم عن الضوضاء
- آثار اضطراب النوم
- التأثيرات الفسيولوجية النفسية
- الازعاج والتوتر

منهجية تقليل الضوضاء من خلال أغلفة المبانى فى مرحلة التصميم المبكر

- تقييم الاثر البيئى من مصادر الضوضاء الخارجية لتحديد مستوى الضوضاء امام البنى
- تقييم الضوضاء طبقا لمعايير الضوضاء حول المبنى (الكود المصرى للعزل الصوتى)
- تقييم خيارات التخطيط صوتيا
- تحديد العزل الصوتى المطلوب لاغلفة المبنى بناءا على الخطوات السابقة وطبقا للكود المصرى للعزل الصوتى

طرق تقليل الضوضاء فى المبانى

- التخطيط الجيد للمبانى بعيدا عن مصادر الضوضاء
- اختيار المعدات ذات الضوضاء المنخفضة
- التوهين الصوتي (الحاويات ، التبطين باستخدام مواد ممتصة للصوت)
- العزل الصوتى المناسب لاغلفة المبانى ،الجدران، الفواصل، الاسقف
- حواجز الصوت للضوضاء

معايير الضوضاء خارج المبانى

نوع المنطقة	الحد المسموح به لمستوى الضوضاء الكافئة (أ) بالديسيبل LAeq	
	نهارا من (7صباحا الي 10 مساءً)	ليلا من (10 مساءً الي 7 صباحاً)
1- مناطق سكنية ذات حساسية للتعرض للضوضاء	50	40
2- منطقة سكنية بها بعض الأنشطة المحدودة	55	45
3- منطقة سكنية مختلطة وبها أنشطة تجارية	60	50
4- منطقة وسط المدينة وبها بعض الورش أو الأنشطة التجارية أو الأنشطة الإدارية	65	55
5- منطقة صناعية (أ) صناعات خفيفة وبها بعض الأنشطة الأخرى ومناطق سكنية مختلطة	65	60
6- منطقة صناعية (ب) صناعات ثقيلة	70	70
7- المناطق الواقعة على طرق عرضها 12 متر فأكثر (على بعد 1 متر من واجهة المبنى)	70	60
8- المناطق ذات حساسية للتعرض للضوضاء الواقعة على طرق عرضها 12 متر فأكثر (على بعد 1 متر من واجه المبنى)	65	55

معايير العزل الصوتى لعناصر المبنى الخارجية (الواجهات)

ترتيب الضوضاء	مدى مستويات الضوضاء الخارجية بالديسبل (أ)	طراز الفراغ		
		غرف النوم فى المستشفيات والمراكز الصحية	الغرف المشغولة فى المبانى السكنية، غرف النوم فى الفنادق، الموتيلات، غرف الدراسة، إلخ....	المكاتب الإدارية
		قيمة R'_w لعنصر المبنى الخارجى بالديسبل		
I	حتى 55	35	30	–
II	من 56 حتى 60	35	30	30
III	من 61 حتى 65	40	35	30
IV	من 66 حتى 70	45	40	35
V	من 71 حتى 75	50	45	40
VI	من 76 حتى 80	52	50	45

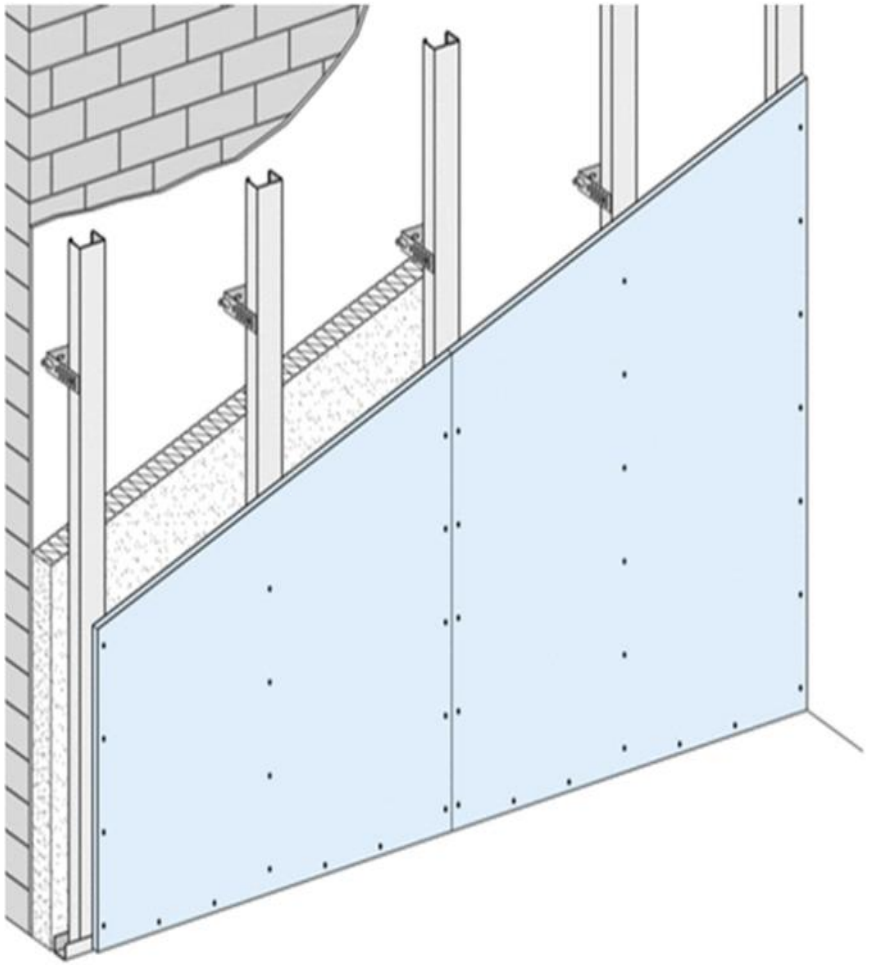
Application for noise control

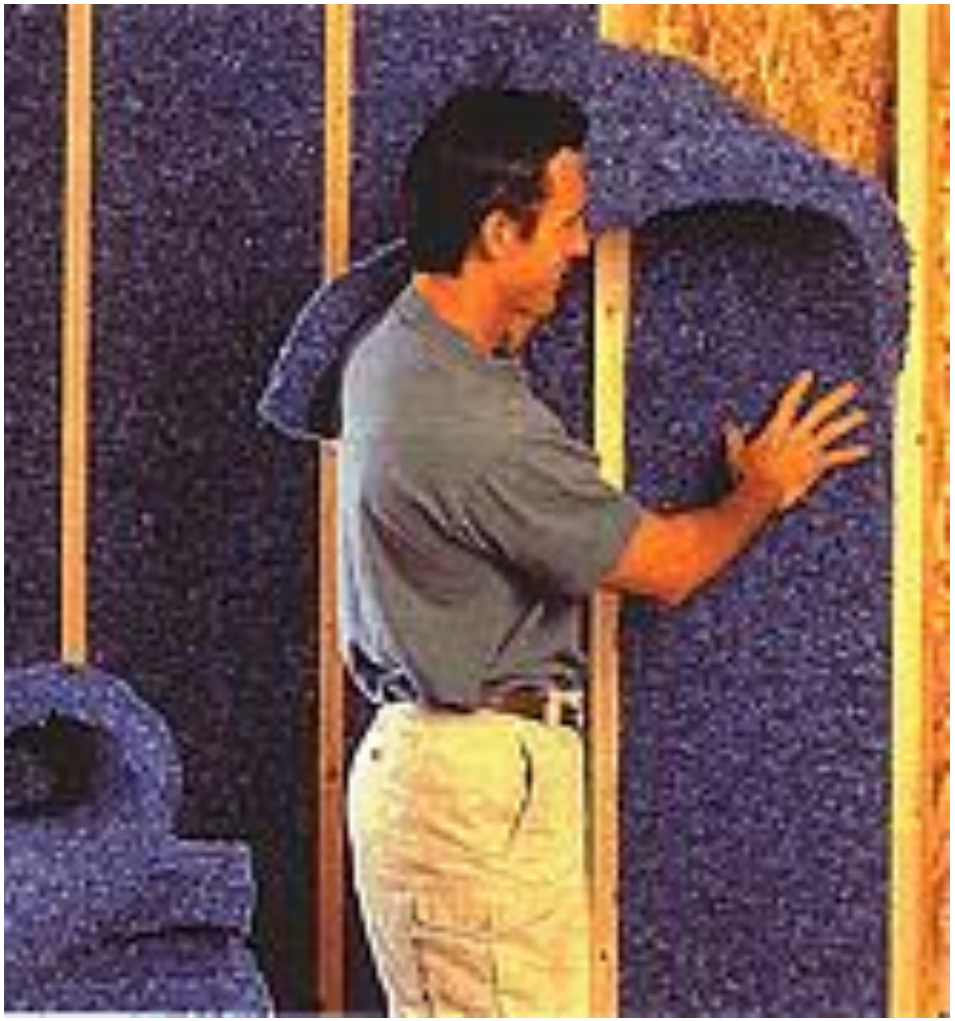
Outdoor noise control using enclosure

Outdoor noise control using barrier

Sound Attenuators

العزل الصوتى للحوائط

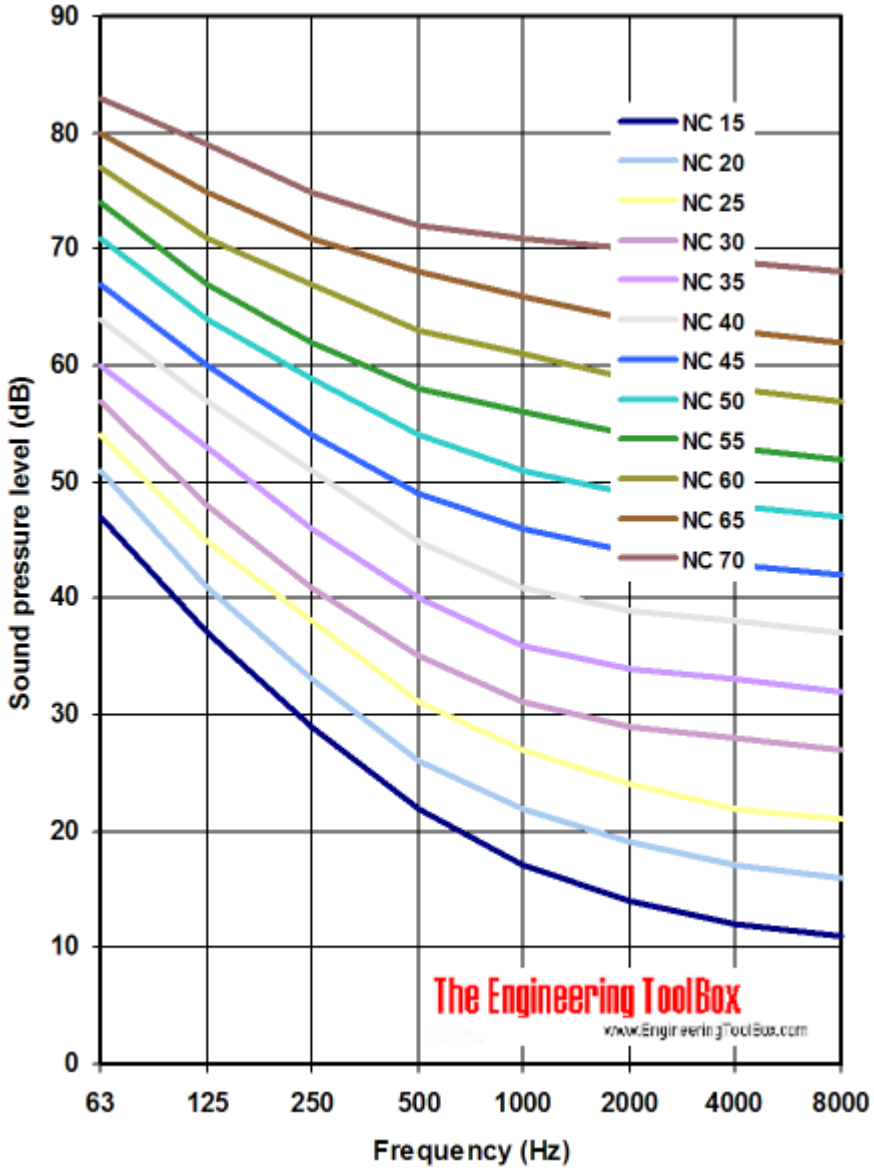




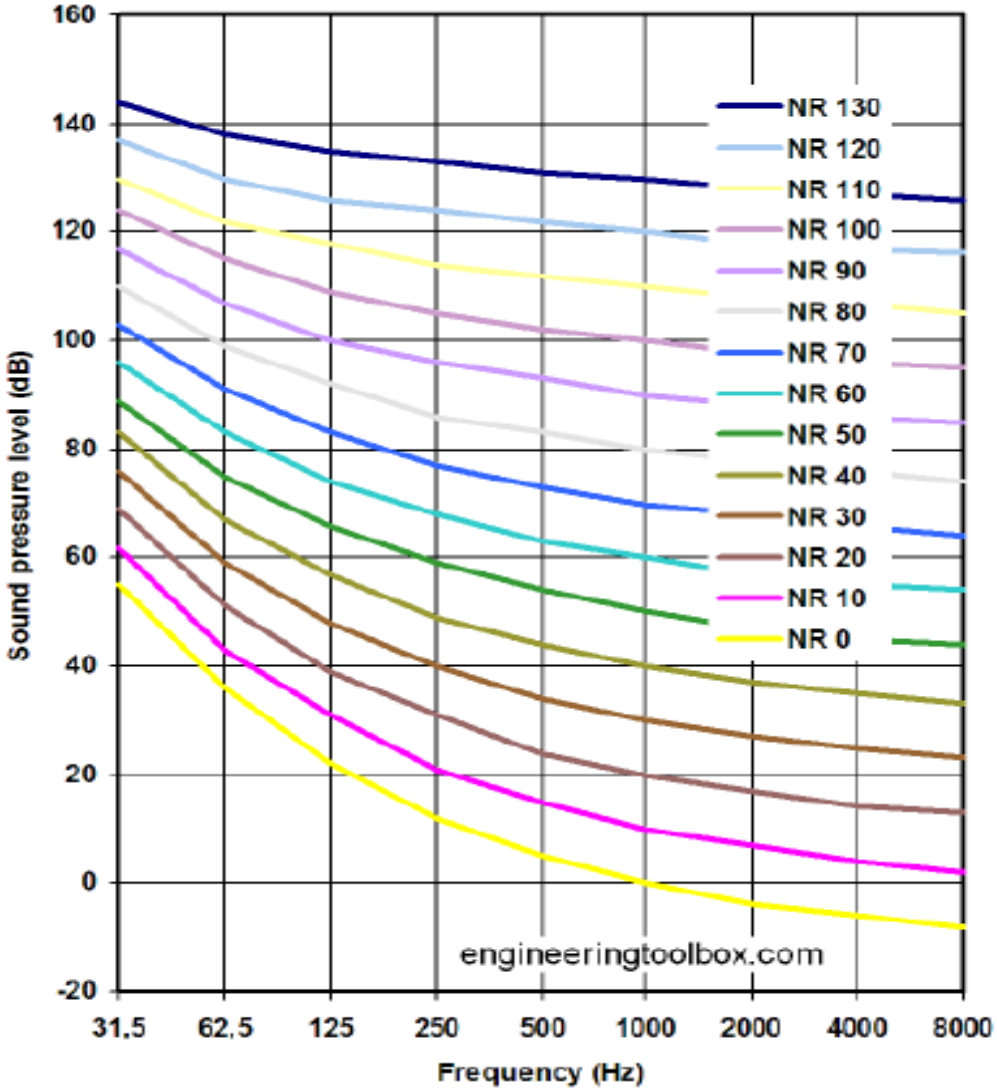
معايير الضوضاء داخل المبانى

نوع المكان ومتطلباته الصوتيه	القيم المسموح بها لمعايير الضوضاء		
	NR Curves	NC Curves	L_{eq} dB(A)
• قاعات إحتفالات موسيقية ودور أوبرا	20	20	25
• استوديوهات اذاعيه Studio, radio	15	20	25
• استوديوهات للتسجيل Studio, record	20	20	25
• استوديوهات تليفزيون T.V Studio	25	25	34
• مسرح كبير للدراما	25	25	30
• مسرح صغير –قاعة اجتماعات كبيرة	30	30	40
• قاعة مؤتمرات	25	25	30
• حجرات مؤتمرات صغيرة	30	30	40
• مكاتب خاصة	35	35	40
• مكتبة	35	35	40
• روضة اطفال	30	30	35
• فصول للدراسة	30	30	40
• سينما	30	30	35
• قاعات محكمة	30	30	35
مبانى سكنية			
• غرف نوم	30	30	30
• غرف المعيشة والاماكن المشابهة فى المساكن	40	35	45
الفنادق			
• الغرف والأجنحة	30	30	35
• صالات وممرات الفندق	35	35	40
• مطاعم الفنادق	40	40	45
• غرف جيمينيزيوم	35	35	40
• دور العباده	35	35	40
مكاتب ومبانى تجارية			
• مكاتب خصوصية أو شبه خصوصية وغرف للاجتماعات صغيرة ومكتبات وغيرها (ظروف استماع جيدة)	35	35	40
• أماكن الاستقبال ومحلات بيع بالتجزئة وكافتريا ومطاعم وما شابهها (ظروف استماع متوسطه)	45	45	50
• صالات الانتظار واماكن العمل فى المختبرات وغرف الرسم والهندسة واماكن السكرتاريه العامه (ظروف استماع مقبولة)	40	40	45

Noise Criteria NC



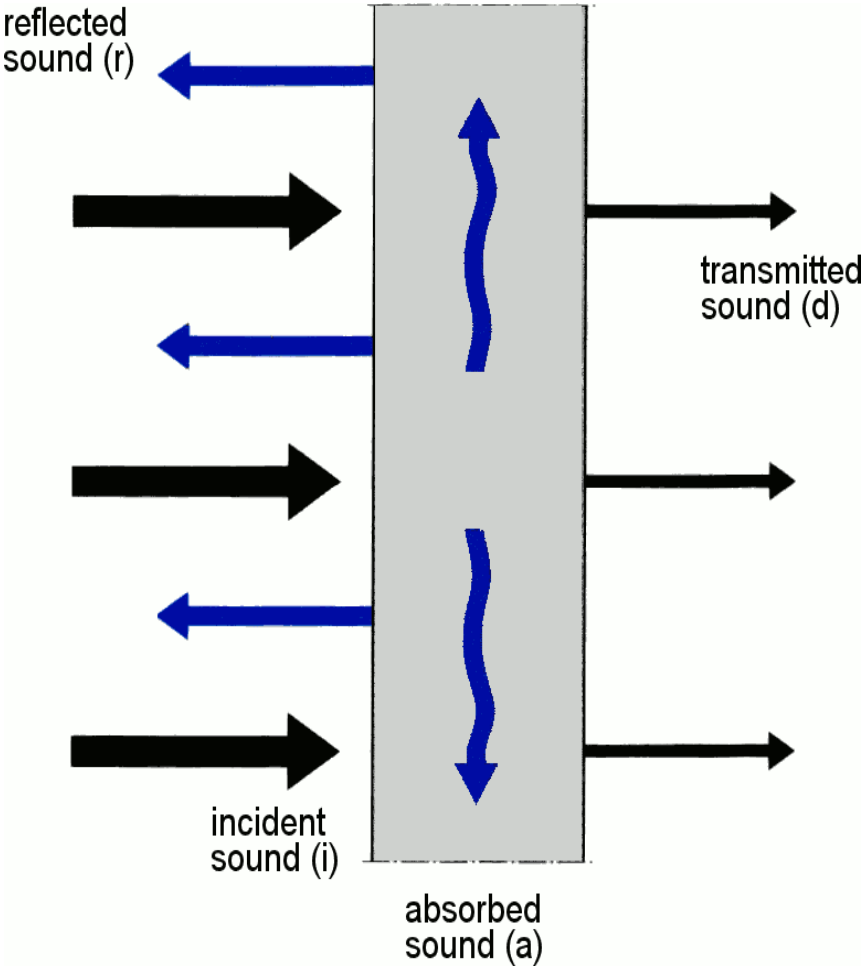
Noise Rating NR



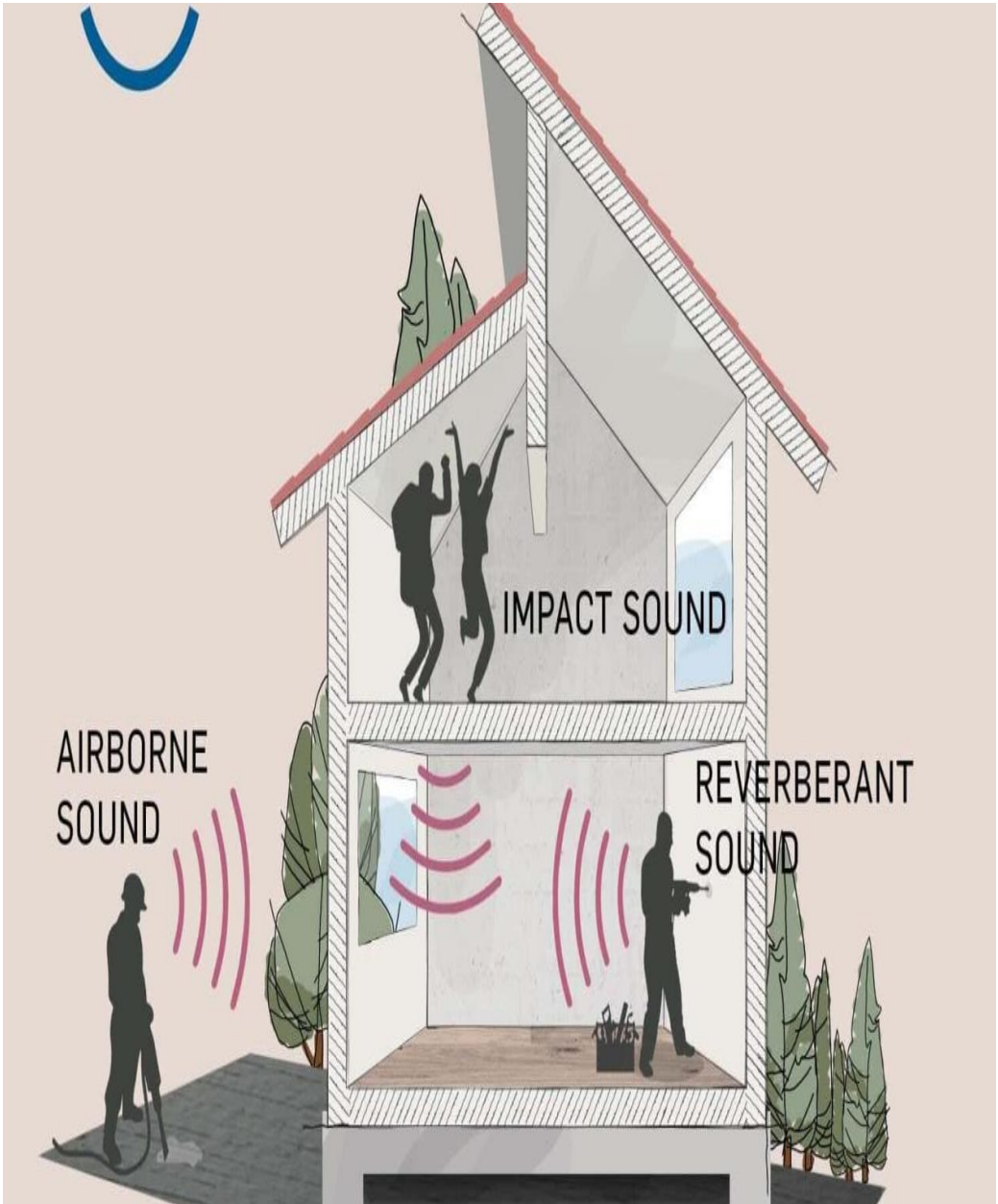
العزل الصوتى والامتصاص الصوتى

يقصد بالعزل الصوتى فى المبانى منع انتقال الصوت غير المرغوب به (الضوضاء) من خارج المبنى الى الداخل من خلال الواجهة أو بين الغرف من خلال الحوائط اوالفواصل

الامتصاص الصوتى هو توهين الطاقه الصوتيه عند مرورها خلال الوسط أو عند إصطدامها بسطح ما ، وكلما زاد توهين الصوت خلال الوسط زادت خاصية الامتصاص لهذا الوسط



العزل الصوتى فى المبانى



- يتم انتقال الصوت بطريقتين كمايلى
- انتقال الصوت بالهواء (Airborne noise) حيث يتم انتقال الصوت بالهواء مباشرتا من خلال الفتحات أو النوافذ أو من خلال اهتزاز الواجهة أو الجدار الفاصل بين الغرفتين
- انتقال الصوت بواسطة هيكل المنشأة (Structural borne noise) وهذا يحدث نتيجة اصطدام جسم بالارضيات أو السقف

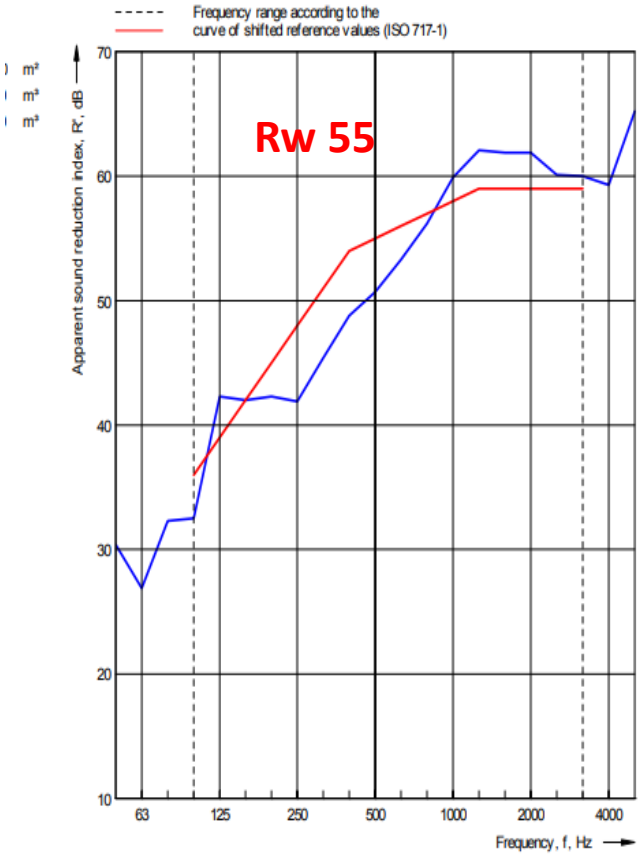
درجة العزل الصوتى لعنصر البناء

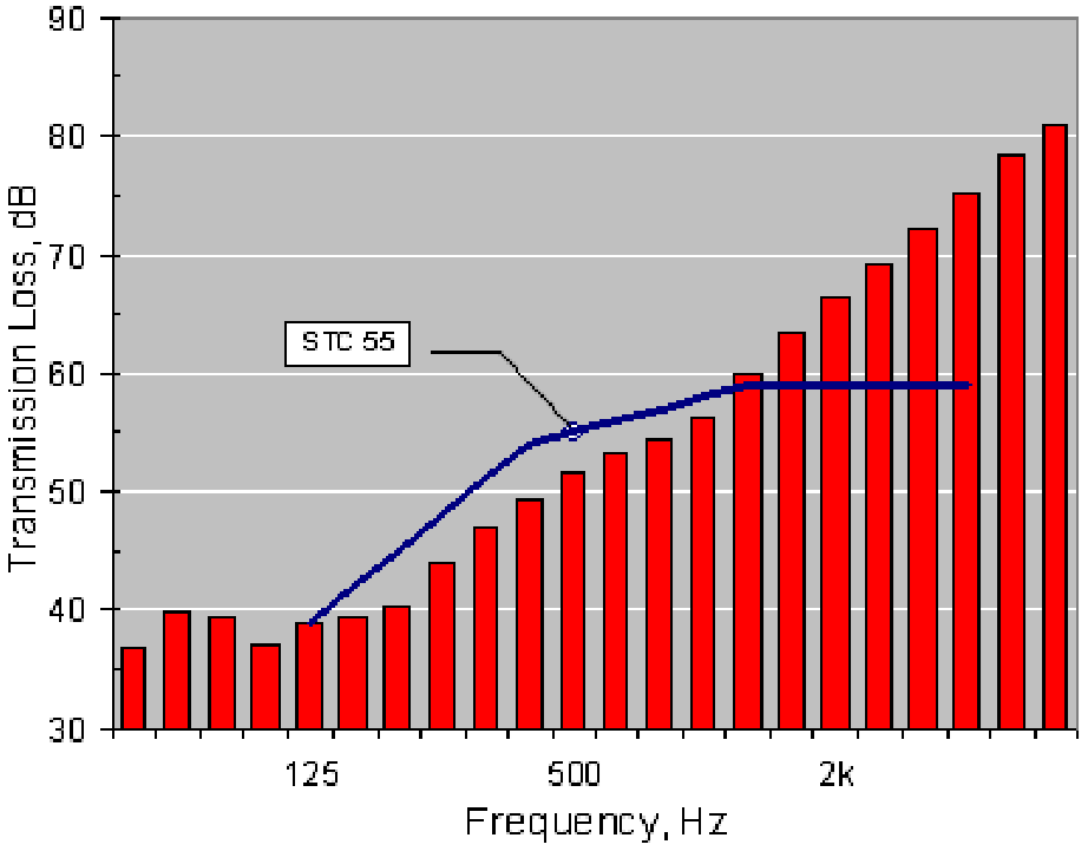
- درجة العزل الصوتى Sound transmission class (STC)
- معيار رقمي يستخدم فى تحديد درجة عزل الصوت المنقول بالهواء – مشتق من قيم انخفاض الصوت بالانتقال من خلال حائط أو باب أو شباك طبقا للمواصفة ASTM E90 & ASTM E 413

- درجة العزل الصوتى Rw وهو كمية إحادية (رقم فقط) يحدد ويميز خصائص عزل الصوت المنقول بالهواء لعناصر المبنى طبقا للمواصفة ISO 717-1 & ISO 10140-2
- درجة العزل الصوتى Dn,w وهو كمية إحادية (رقم فقط) يحدد ويميز خصائص عزل الصوت المنقول بالهواء لعناصر المبنى طبقا للمواصفة ISO 717-1 & ISO 140-4 فى الموقع

- درجة العزل الصوتى للواجهات OITC وتقاس باستخدام المواصفة ASTM E1332 ويتم فيها الاخذ فى الاعتبار الترددات المنخفضة وتستخدم لتحديد العزل الصوتى للواجهات فقط

قياس درجة عزل الصوت





العزل الصوتى لعناصر البناء

- الحائط المفرد ذو الرقيقة الواحدة ‘
- الحائط المزدوج ذو الرقيقتين،
- الأبواب.
- النوافذ.
- الحوائط الخارجية (الواجهات) والتى تشمل عادة على أكثر من عنصر حائط - شباك أو حائط – باب ....إلخ
- الأرضيات والأسقف

العزل الصوتى للحوائط

- تتكون عادة من أنواع مختلفة من القوالب (Blocks) بأنواعه (الطفلى، الرملى، الأسمنت..... إلخ)، ويمكن أن تكون هذه القوالب مفرغه ويكون العزل الصوتى لهذه الحوائط المشيده بالقوالب المفرغه أقل من مثيلاتها المشيده بقوالب مصمته.تنتج القوالب بقيم مختلفة لكل من السمك (تخانات أبعاد الفراغ، الكثافة...).

- يعتمد العزل الصوتى للحوائط على الكثافة وعلى المساميه (Porosity) للمادة المستخدمه، وكلما زادت المساميه للقوالب حيث تنفذ الموجات الصوتية بسهولة وبالتالى تقل درجة فقد العزل الصوتى فإنه يجب أن يسد الحائط بإحكام بإستخدام إحدى الطرق مثل (المونه، طبقة من البلاستيك..... إلخ)

- ويمكن سد إحدى سطحى الحائط أو الجانبين كما يمكن أيضاً إستخدام ألواح من الجبس على الحائط ويفضل تركيبه على دعائم مرنه وذلك لإتمام عملية نهو الحائط. ويمكن فى هذه الحالة زيادة رتبة العزل الصوتى للحائط STC بمقدار من (5-10) درجة.
- ويمكن زيادة العزل الصوتى باستخدام حائط مزدوج بينهما طبقة من الهواء او مادة ماصة للصوت مثل الصوف الصخرى او الصوف الزجاجى

العزل الصوتى للحوائط ذات طبقة واحدة
كداله للكتله السطحية

Colum	1	2
Line	mass per unit area m´ [kg/m²]	Weighted sound reduction index $R'_{w,}$ [dB]
1	85	34
2	90	35
3	95	36
4	105	37
5	115	38
6	125	39
7	135	40
8	150	41
9	160	42
10	175	43
11	190	44
12	210	45
13	230	46
14	250	47
15	270	48
16	295	49
17	320	50
18	350	51
19	380	52

العزل الصوتى للحوائط ذات طبقتين
كداله للكتله السطحية

1	2
mass per unit area m´ [kg/m²]	Weighted sound reduction index $R'_{w,}$ [dB]
630	58
680	59
740	60
810	61
880	62
960	63
1040	64

العزل الصوتى للنوافذ

- تنقسم النوافذ من حيث عدد الرقائق إلى :
- أ - النوافذ ذات الرقيقة الواحدة.
- ب -النوافذ ذات الرقيقتين
- جـ- النوافذ ثلاثية الرقائق
- يعتمد العزل الصوتى للنوافذ على الخصائص التقنية للزجاج وكذلك على طريقة التثبيت فى الإطار الخارجى.
- تشمل الخصائص التقنية للزجاج الكثافة، الجساءة (stiffness) والسمك (تخانه) وطريقة التركيب.

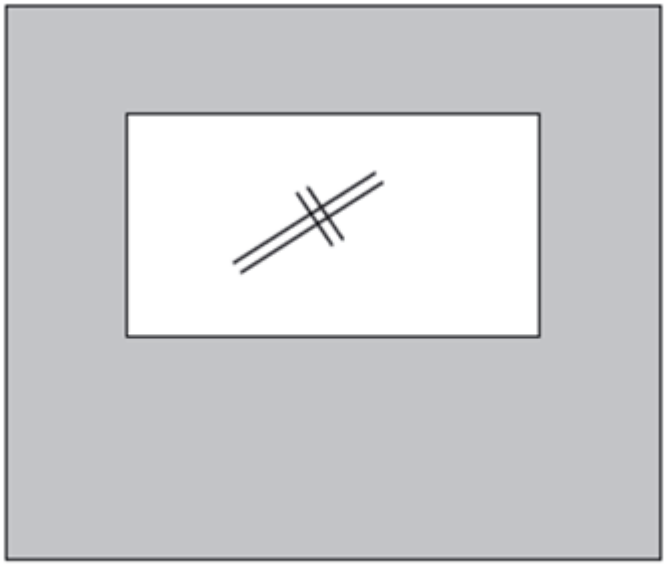
العزل الصوتى للنوافذ

للحصول على توهين قوى للموجات الصوتية من خلال النوافذ وبالتالى الحصول على رتبة عزل مناسبة يجب تحقيق المتطلبات الأتية:

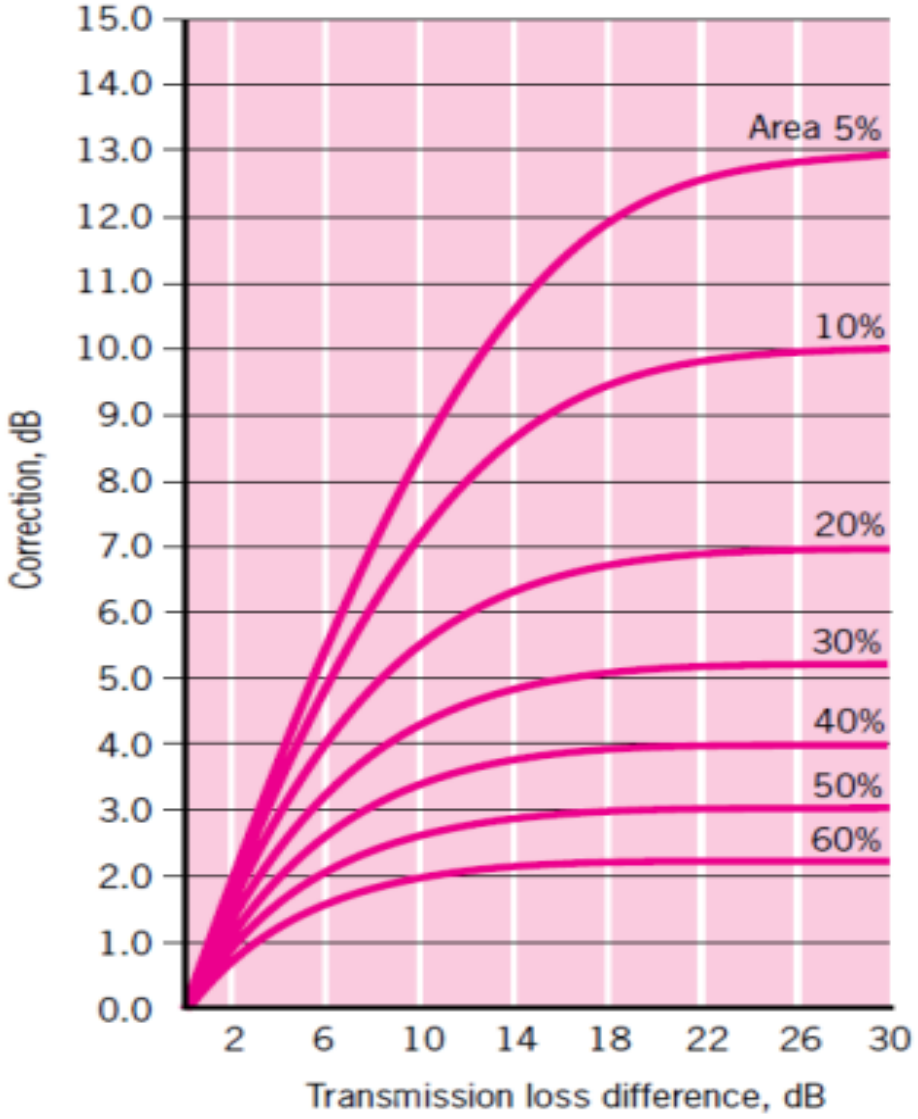
- إستخدام الزجاج الرقائقى(Laminated glass) ، نستخدم عادة طبقه داخلية من البوليفينيل بيوتيرال.(polyvinyl butyral)
- إستخدام فجوة من الهواء ذات أبعاد مناسبة بين لوحى الزجاج، يفضل ألا تقل عن 100مم لتوهين الموجات ذات الترددات المنخفضة والناشئه عن ضوضاء المرور وضوضاء الطائرات.
- النوافذ ثنائية الزجاج افضل فى العزل الصوتى من النوافذ ذات الزجاج المفرد بفرض ان تخانه الزجاج واحدة فى الحالتين. ولكن من عيوبها وجود تردد التطابق (coincidence frequency) ، ويفضل إستخدام زجاج مختلف التخانة لزيادة فقد إنتقال الصوت للنافذة ثنائية الزجاج ‘

أشكال متعدده لتراكيب زجاج النوافذ		دليل فقد الصوت الموزون (R_w)
– زجاج مفرد محكم سمك 4مم		25
–زجاج مفرد محكم سمك 6 مم.		28
(4–12–4) 4مم زجاج + 12 مم فجوه هواء + 4 مم زجاج.		
(6–12–6) 6 مم زجاج +12 مم فجوه هواء + 6 مم زجاج.		30
–زجاج مفرد محكم سمك 10 مم.		
–زجاج مفرد محكم سمك 12 مم.		33
(8–12–16) 16 مم زجاج + 12 مم فجوه هواء + 8 مم زجاج.		
– 10 مم زجاج رقائقى مفرد محكم.		35
(10–12–4) 4مم زجاج + 12مم فجوه هواء +10مم زجاج.		
(10–12–6) 6مم زجاج + 12مم فجوه هواء +10مم زجاج.		38
12مم زجاج رقائقى مفرد محكم.		
(6–12–10) 10مم زجاج + 12مم فجوه هواء + 6 مم زجاج رقائقى.		40

العزل الصوتى لاكثر من عنصر فى الواجهة



واجهه مع نافذة



العزل الصوتى للابواب

يعتمد العزل الصوتى للابواب على:

- التصميم (المواد المستخدمة خشب أو معدن وعدد الطبقات وطريقة الفصل أو الربط بينها وكتلة الباب)
- الحلق يجب استخدام نوعية مناسبة من الحلوق التي توفر عزل الصوتي من حيث نوعية وسمك الخامات المستخدمة، ومن حيث طريقة التركيب ومعالجة جميع الفراغات والشقوق فيما بين الحلق والحائط المحيط به ومعالجة العلاقة بين الحلق والضلفة بالمواد اللازمة والمناسبة لمنع تسريب الصوت
- الاكسسوارات المستخدمة
- احكام الغلق
- السمك الكلى للباب لايقل عن 5.5سم
- يفضل أن وزن الباب لا يقل عن 85-90 kg

Calculation of facade sound insulation

$$L_2 = L_{1,ff} - R + 10\,Log\left(\frac{ST}{V}\right) + 11$$

طبقا للمواصفة EN ISO 12345

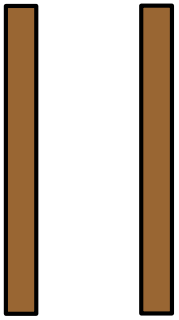
L_2 (dB) is the partial sound level in the room due to sound through the specified façade element;
$L_{1,\,ff}$ (dB) is the external free-field noise level at the position of the façade;
R (dB) is the sound reduction index of the façade component;
S (m^2) is the area of the façade component;
V (m^3) is the room volume;
T (s) is the room reverberation time; and,

Basic principles of the sound insulation

The combination of light boards with air volume between them increases the sound insulation between two premises

Single wall
Rw = 30 dB

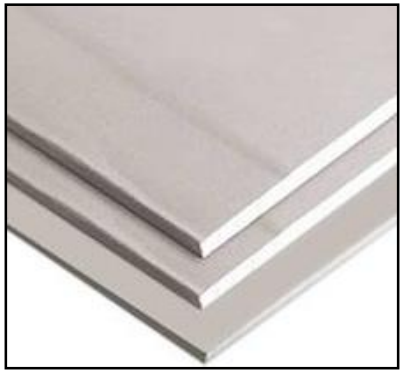
Double wall
Rw = 36 dB



Two separate walls
Rw = 50 dB

System for sound insulation of partition wall

The panels which are used for partition can be gypsum, gypsum faser, cement faser board or wooden boards



Gypsum
Density 600 – 700 kg. /m3
Thickness: 9.5, 12.5 , 15 мм

Gypsum faser
Density 1130 – 1180 kg. /m3
Thickness: 10, 12.5 , 15, 18 мм

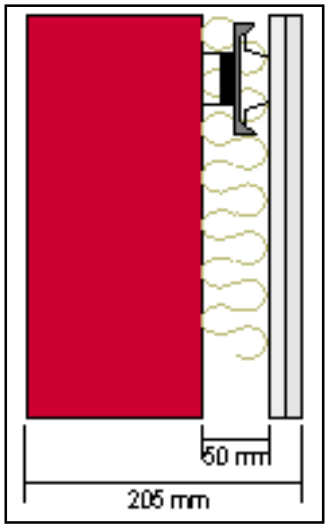
Cement fdaser board
Density1300 kg. /m3
Thickness: 10, 12.5 , 15 мм

Wooden boards
Density 500-800 kg. /m3
Thickness: 8, 10 ,15,20 мм

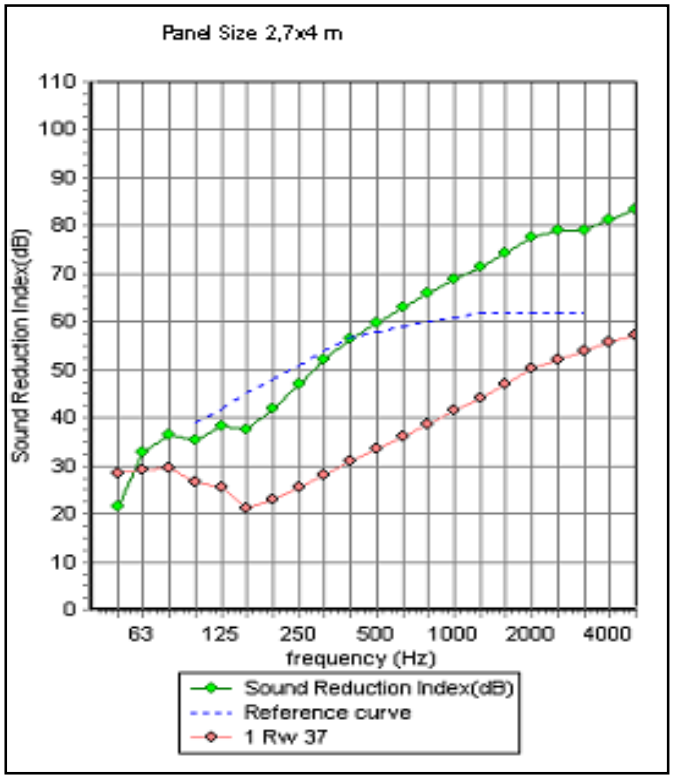
System for sound insulation of partition wall

Rw of brick wall = 37 dB

Rw of brick wall
with sound insulation= 58 dB



Rw	58 dB
C	-2 dB
C_{tr}	-8 dB



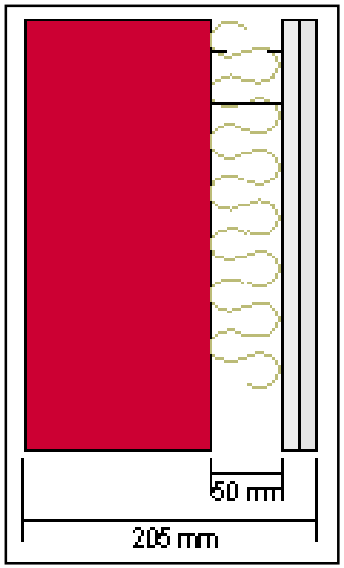
The index of sound insulation Rw of the partition wall with or without insulation & elastic connection

System for sound insulation of partition wall

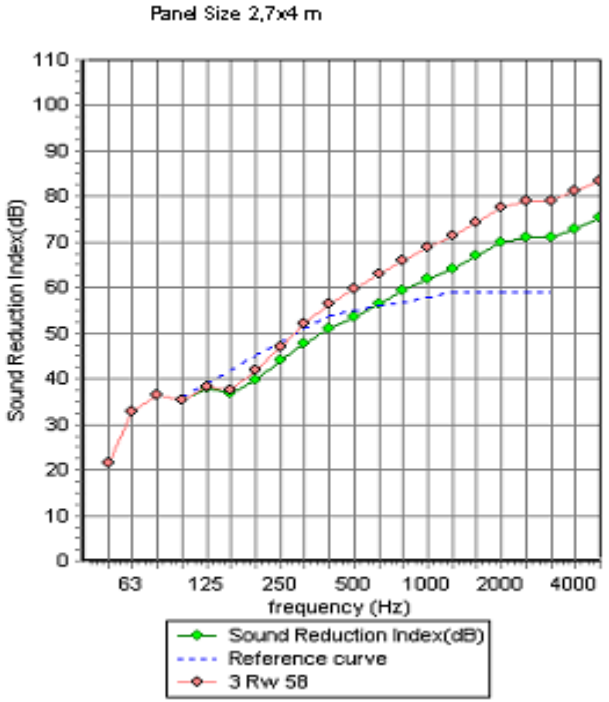
Index of sound insulation Rw of partition wall with rigid connection and with vibro hanger

Rw rigid connection = 55 dB

Rw vibro hanger = 58 dB



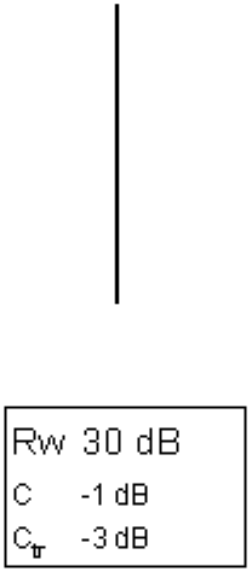
Rw	55 dB
C	-1 dB
C_{tr}	-6 dB

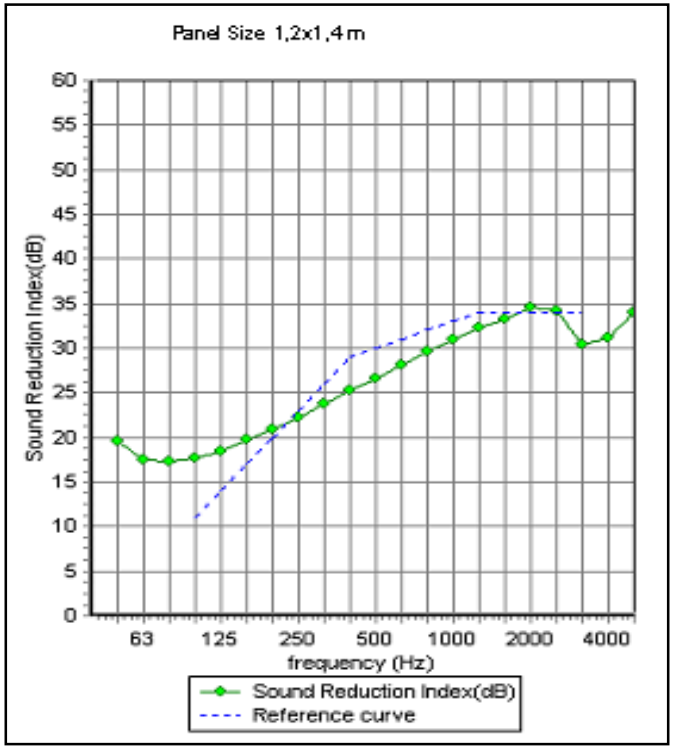


vibro hanger is the metal part with rubber pad

Sound insulation windows

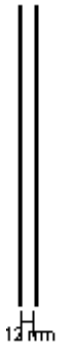
Index of sound insulation Rw of single window 8 mm



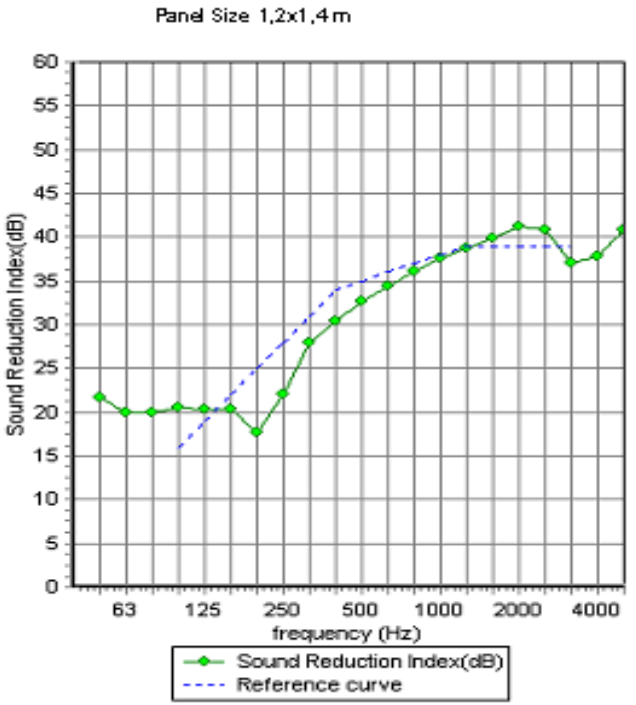


Sound insulation of windows

Index of sound insulation Rw of double window 6 + 12 mm air + 6mm



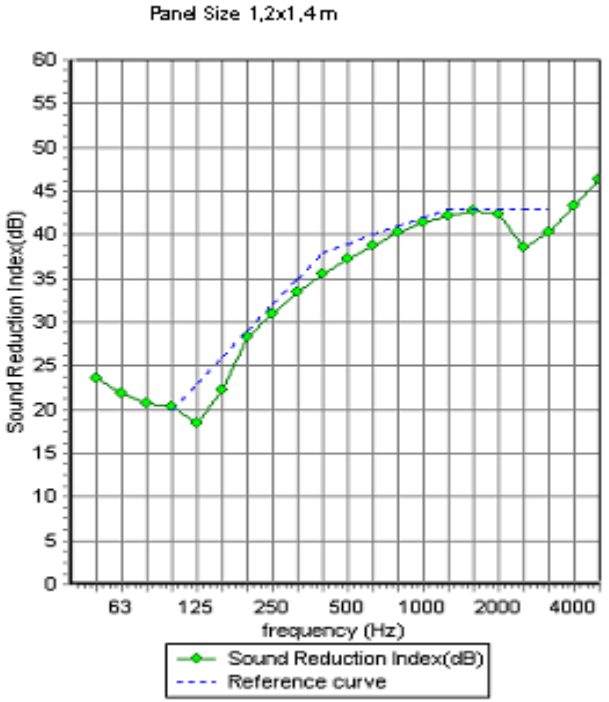
Rw	35 dB
C	-2 dB
C_{tr}	-6 dB



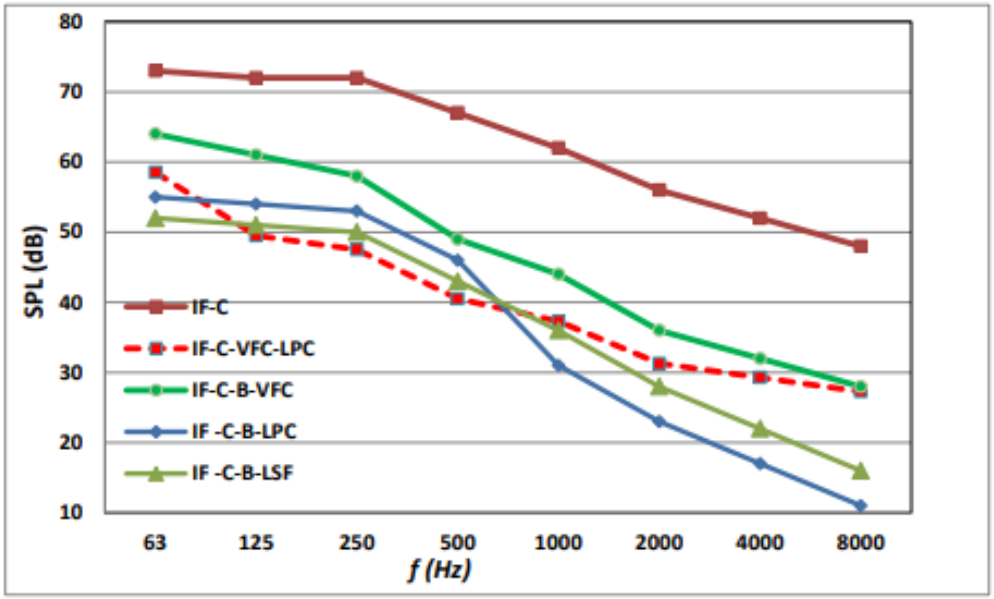
Sound insulation of windows

Index of sound insulation Rw of double window 6 + 24 mm air + 6mm

Rw	39 dB
C	-2 dB
C_{tr}	-6 dB



Cooling tower



Calculated Outdoor Sound Pressure Levels with Different Assembly Noise Reduction Methods.

Symbol	Calculating sound pressure levels in dBA	
	Control method	IF -C
	Without any control	68.6
CEN. F	Centrifugal Fan Units	62.6
VFC	Variable Frequency Control	60.3
LPC	Lined plenum champers	54.2
LSF	Low sound fan	52.6
QF	Quit Fan	47.6
B	Barrier	60
VFC & LPC	Variable Frequency Drive & Lined plenum champers	45.7
VFD & B	Variable Frequency Drive & Barrier	52.7
LPC & B	Lined plenum champers & Barrier	47.3
LSF & B	Low sound fan with Barrier	44.9

Thank you for your attention!